Tema 20. Régimen Variable en tuberías.

- **GOLPE DE ARIETE**. Impacto generado por una onda de choque generada al abrir o cerrar brúscamente una válvula, produciendo una variación brusca de la presión de la tubería.

Balbula bat ireki edo ixtean → talka-uhinak → inpaktua
Honekin batera hodiaren barneko presioaren bat-bateko aldaketa

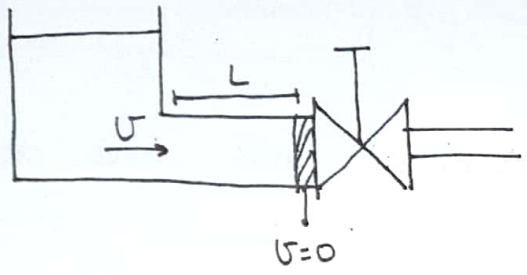
Oscilaciones de presión en una tubería. (Presioaren oszilazioak hodian)

- Golpe de ariete positivo (sobrepresión) (gainpresioa): Se produce aguas arriba de la válvula cuando se cierra y aguas abajo cuando se abre. La energía cinética del fluido se transformará en energía de presión.
- Golpe de ariete negativo (subpresión) (azpipresioa): Se produce aguas abajo cuando se cierra y aguas arriba cuando se abre. Se dará un fenómeno de "succión" por la tendencia del fluido para desplazarse hacia la siguiente sección de tubería. Se pueden dar casos de cavitación.

Aunque es físicamente imposible cerrar una válvula instantáneamente, el estudio inicial del caso de cierre instantáneo ayuda al estudio de los casos reales.

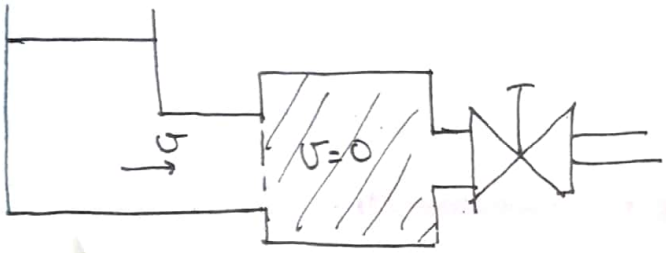
Al analizar el golpe de ariete, en este caso, vamos a considerar un periodo de $T = 4\frac{L}{C}$

1.

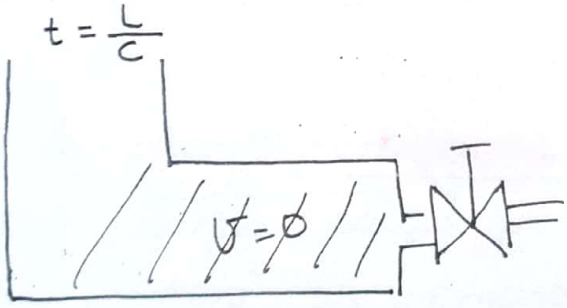


se cierra la válvula. La primera lámina de agua se para.

2. $t < L/c$

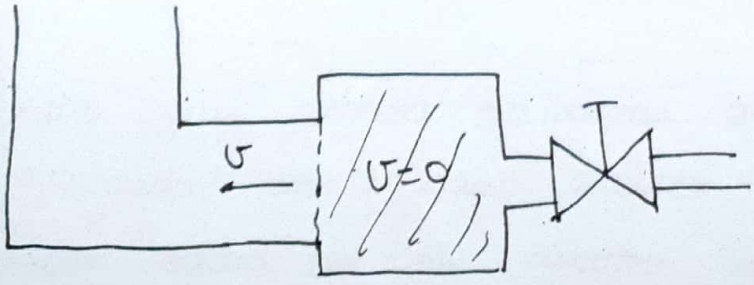


3. $t = \frac{L}{C}$



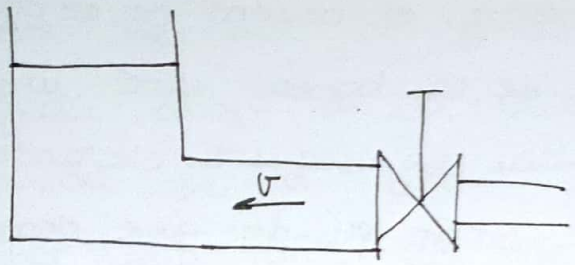
Agua estática pero con un exceso de presión.

4. $\frac{L}{C} < t \leq 2L/c$



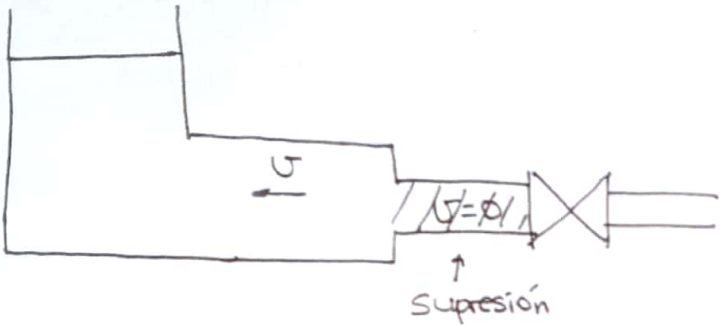
Se produce una descarga en sentido contrario.

(5.) $\frac{2L}{c} < t < \frac{3L}{c}$

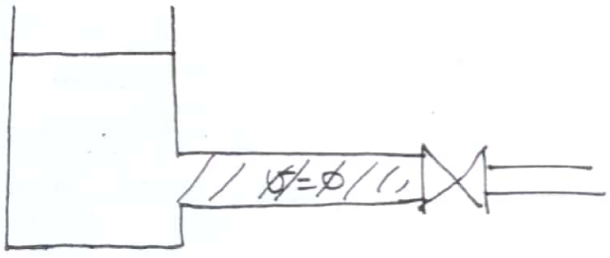


El agua comienza a fluir en sentido contrario.

(6.) $t = \frac{3L}{c}$

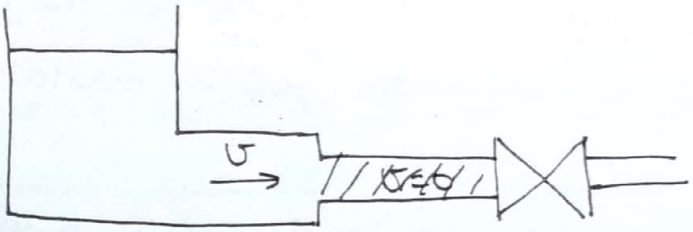


(7.) $t > \frac{3L}{c}$

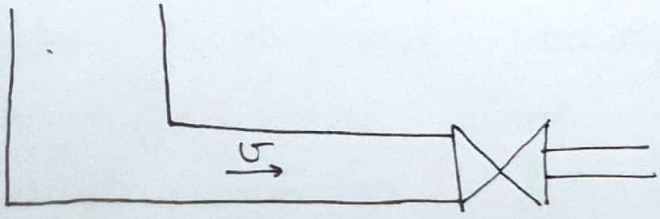


Subpresión en toda la tubería.

(8.) $t =$



(9.)



Situación inicial amortiguada.

GOLPE DE ARIETE EN INSTALACIONES DE BOMBEO.

En caso de parada imprevista, el caudal no se parará instantáneamente, el rodete de la bomba dará unas revoluciones y algo de caudal se seguirá elevando debido a la inercia del propio fluido que dependerá de la longitud de la instalación.

Tiempo de anulación: Tiempo desde que se para el motor hasta que el agua intenta retroceder. Se representa mediante la expresión de Mendiluce.

$$t = c + \frac{K \frac{Lv}{gHm}}{}$$

PROTECCIONES FRENTE AL GOLPE DE ARIETE.

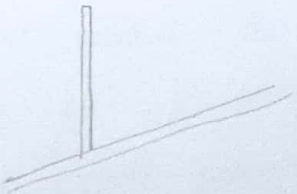
1- Volante de inercia: En caso de fallo eléctrico proporciona una parada gradual del rodete. Hace que la tanubación aumente por lo que el riesgo disminuye.

Los problemas que tiene es que hace falta mucho espacio y dinero.

2- Chimenea de equilibrio: Se utiliza en impulsiones de cierta magnitud con alturas de impulsión no muy elevadas, porque sino la chimenea podría resultar demasiado alta.

Lo que prentende es disminuir la distancia a la superficie libre (L).

$L \downarrow \Rightarrow t \downarrow \qquad t = \frac{2L}{c}$



Aire - galdaratxoa

3- Calderín de aire: El calderín es un recipiente parcialmente lleno de aire a presión, que se coloca inmediatamente aguas abajo de la válvula de retención que hay a la salida de la bomba. La compresibilidad del aire amortigua tanto las depresiones como las sobrepresiones. El problema es que ~~el~~ con el tiempo el aire se disuelve por lo que se suelen (konpresoreak) colocar una especie de "globos" para separar el aire del agua. Estos calderines no se suelen fabricar muy grandes por lo que no siempre vamos a disponer del tamaño que necesitamos.

Puxikadun aire - indargetzailea

4- Amortiguador de aire con vejiga. (globos)

Segurtasun balbulak edo lasaitze balbulak

5- Válvulas de seguridad o alivio. Al producirse un aumento de presión y por encima de un valor prefijado, la válvula se abre y se produce una descarga al exterior, evitando así la sobrepresión. No obstante, no sirven para evitar las depresiones. Muy económicas.

Presioa erregulatzen duten balbulak

6- Válvulas reguladoras de presión. Solucionan tanto las sobrepresiones como las depresiones. Son caras. Ariete-kolpea eta kabitazioa sahietu

Tarteko erreakzio balbulak

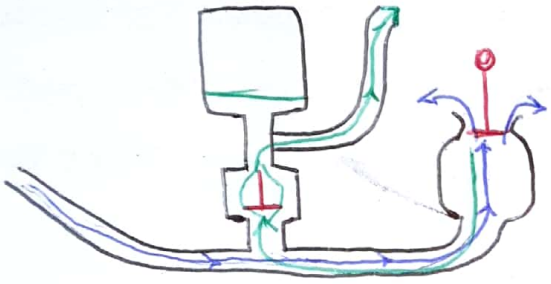
7- Válvulas de retención intermedias: Se suelen colocar unas cuantas a lo largo de la tubería, por lo que cuando el fluido quiere desplazarse en la dirección contraria a la normal, estas válvulas se cierran y no dejan pasar el fluido. De esta forma van frenando el fluido disminuyendo el golpe de ariete. Son como puertas para perros. Muy económicas.

Bentosak

8 - Ventosas. Más que nada se ponen para evitar problemas con el aire en el llenado y vaciado de instalaciones.

~~• KABITAZIOA:~~

• ARIETE HIDRAULIKO:



① Va hasta la válvula de escape y la cierra
② Al cerrarse pega golpe de ariete y escapa por la válvula de antiretorno.
③ Se comprime el depósito de aire y el agua circula por la manguera.

Tema 22. Máquinas hidráulicas.

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINAS.

Def./ Una máquina es un sistema que transforma energía, absorbiendo energía de una clase, por ejemplo, la energía potencial de un fluido y restituyendola en energía eléctrica.

Máquinas de fluidos
- Máquinas térmicas: Hay cambios termodinámicos. $\rho \neq cte$.
- Máquinas hidráulicas: $\rho = cte$.

Máquinas hidráulicas
- Turbomáquinas: cambian la velocidad del fluido.
- Máquina de desplazamiento positivo: cambian la presión del fluido.

En esta asignatura nos vamos a centrar en las turbomáquinas.

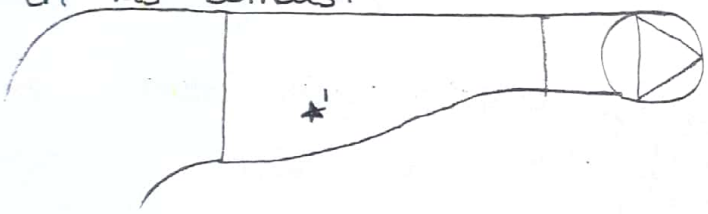
Turbomáquinas: Una turbomáquina de fluidos en la que el intercambio de energía se realiza con un conjunto mecánico de revolución que gira alrededor de un eje de simetría con una o varias ruedas (rodetes)

provistas de álabes formando canales a través de los cuales se mueve el fluido. Si el flujo que pasa a través de esos álabes posee energía disponible, la máquina se diseña de forma que el rodete se apodere del máximo de esta energía, que se transformará en trabajo en el eje que lo sustenta, como en el caso de las turbinas.

ELEMENTOS DE LA TURBOMÁQUINA.

1- Distribuidor *2

En las bombas:



*1 El distribuidor tiene esta forma para que el aire pueda salir bien.

En las turbinas:

En las turbinas el distribuidor está completamente sumergido y genera un remolino y orienta el fluido de la manera más hidrodinámica posible. Pueden ser fijos y móviles, así podemos cambiar el caudal.

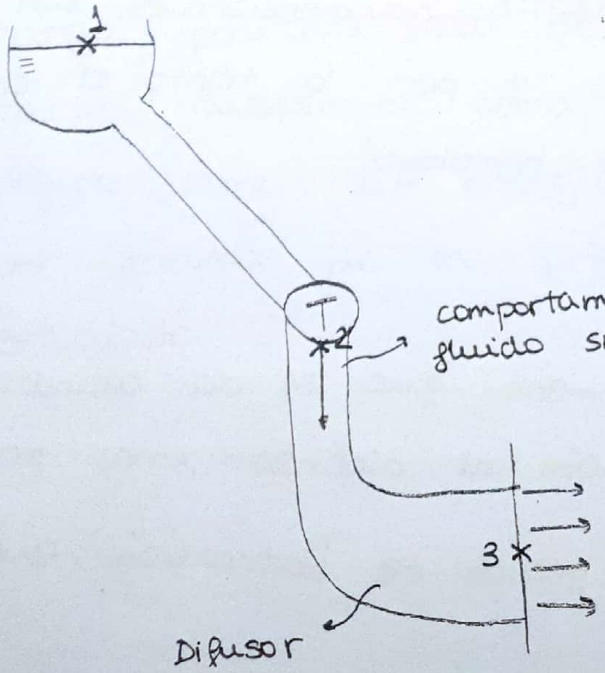
*2 Órgano fijo cuya misión es conducir el fluido desde la sección de la entrada de la máquina hasta la entrada del rodete con una velocidad conveniente. En bombas será un cono convergente; en turbinas un órgano de regulación que regula el caudal.

2- Rodete

Es el elemento esencial de la turbomáquina. Está provisto de álabes en los que tiene lugar el intercambio de energías del fluido.

3- Difusor

Tiene una función doble. En el caso de las bombas, sirve para guiar el agua que sale del rodete conduciendola con la menor pérdida de energía posible y además, sirve para disminuir la velocidad con la que el agua sale del rodete, gracias a lo cual se transforma en energía de presión. En las turbinas, por un lado, si el rodete por razones de explotación, está instalado a cierta altura por encima del canal de fuga, permite la recuperación de esta, que en otro caso se perdería. Por otro dado, permite recuperar parte de energía a la salida del rodete, para lo cual si debe ensancharse.



De esta forma sale más despacio.

ECUACIÓN DE EULER

La ecuación de Euler es la ecuación que expresa la energía intercambiada en el rodete de las turbomaquinas. No incluye las pérdidas por rozamientos y choques y supone además que todas las partículas fluidas entran en el rodete con la misma velocidad absoluta y salen con otra misma velocidad absoluta. Esta guía perfecta no es posible a menos que imaginemos infinitos álabes sin espesor material. Esta hipótesis se conoce como teoría unidimensional o teoría del número infinito de álabes.

$$H_E = \frac{C_{1u} u_1 - C_{2u} u_2}{g}$$

TEOREMA FUNDAMENTAL DE LAS TH.

"Si se tiene una familia de TH que tiene iguales cualesquiera de los parámetros adimensionales, son iguales todos los demás, y por lo tanto el rendimiento, siendo su funcionamiento homólogo."

CAVITACIÓN

La cavitación, es el fenómeno que se da cuando un líquido entra en ebullición al alcanzar una zona de presión inferior a su presión de saturación, que TTAS

ser arrastrado a lo largo de la tubería alcanzará zonas de mayor presión condensandose de una manera brusca y violenta. Este fenómeno aumentará la presión local hasta miles de atmósferas pudiendo provocar grandes daños en la instalación.

Además, hay que añadirle el efecto de corrosión debido a la alta concentración de oxígeno en estas burbujas, que corroen el material.

Efectos:

- Ruidos y vibraciones.
- Destrucción de la instalación
- Cambio en el caudal, aumento de las pérdidas de carga.
  - ↳ Disminución del rendimiento.

- **NPSH**

Para especificar las condiciones de succión mínima de una turbomáquina, frecuentemente se emplea la carga positiva neta de succión (NPSH), que es la carga disponible para evitar la cavitación. Se define como la energía que dispone el líquido por encima de la presión de vapor, en el punto estudiado.

SEMEJANZA EN TURBOMÁQUINAS.

Las leyes de la semejanza se utilizan para comparar entre sí una familia de turbomáquinas geométricamente semejantes o analizar una de ellas en diferentes condiciones.

Cuando se tienen dos turbomáquinas geométricamente semejantes cuyo funcionamiento es igualmente semejante se dice que tienen un comportamiento homólogo.

En general habría que referirse a la familia de TH que está formada por infinitos miembros, todos ellos semejantes geométricamente entre sí.

NÚMERO DE CAMERER.

Velocidad expresada en rpm a que tendría que girar una máquina homóloga al modelo y al prototipo que bajo el salto de un metro diera la potencia de 1 CV.

$$n_{s0} = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

P = Potencia
N =
H = Altura

NÚMERO DE BRAUER.

Velocidad expresada en rpm a que tendría que girar una máquina homóloga al modelo y al prototipo que impulse un caudal de 1 m^3 creando una Hm de 1 m.

$$n_{sQ} = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

N =
Q = Caudal
H = Altura

Tema 23. Turbinas hidráulicas. Centrales hidroeléctricas.

- **TURBINA HIDRÁULICA.**

Una **turbina hidráulica** es una turbomáquina motora destinada a transformar energía hidráulica en la mayor cantidad de energía mecánica posible.

Elementos constitutivos fundamentales:

Canal de llegada o tubería forzada: Lleva el agua hasta la turbina. Al final de este elemento se instala una válvula.

Caja o cámara espiral: Transforma la energía de presión en energía de velocidad.

Distribuidor: Da a las partículas de agua la dirección y la velocidad óptimas para su transformación. Se debe procurar que las pérdidas de carga sean mínimas.

Rodete móvil: Provisto de álabes o cucharas que transmiten la energía obtenida.

Tubo de aspiración: Órgano de desagüe. Crea una depresión a la salida del rodete. Inexistente en las turbinas de acción.

• CLASIFICACIÓN DE TURBINAS SEGÚN GRADO DE REACCIÓN.

$$\varepsilon = \frac{h_p}{h_\varepsilon}$$

ε: grado de reacción.

h_p =

h_ε =

Turbinas de acción ($\varepsilon = 0$)

- Flujo tangencial
- Turbinas pelton y de flujo cruzado.
- Rodete a presión atmosférica.
- Aprovecha la energía cinética, no la de presión.
- Son de admisión parcial. En las turbinas que aprovechamos el chorro y sinmas le da una hostia al rodete están a Patm. La turbina solo interactúa con el agua en un punto, por eso se les llama de admisión parcial.

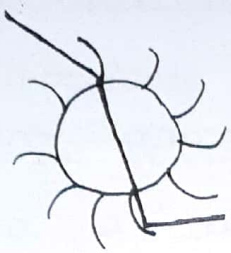
Turbinas de reacción ($\varepsilon > 0$) hasta 0,67.

- Presión en el rodete superior a la atmosférica.
- Rodete inundado
- Admisión total.
- Aprovechan la energía cinética y la de presión.
- Flujo diagonal / Flujo axial ↔ con álabes fijos / con álabes orientables.

• TURBINA DE FLUJO CRUZADO, OSSBERGER O BANKI - MITCHELL.

Desvía el agua y la manda hacia el corazón del rodete.

solo se puede utilizar para alturas menores a 12m y podemos extruirla lo que queramos, por lo que no tenemos limitación de caudal. Tiene un rendimiento bueno.



Dos puntos de contacto con el chorro de agua.

• TURBINA PELTON

Las turbinas pelton se utilizan para grandes alturas y bajos caudales. El rendimiento de la turbina depende de la geometría de la cuchara.
Se controla el chorro mediante la válvula de aguja.

Es como un taponcito. Podemos moderar la sección de paso para moderar el caudal.

El funcionamiento es sencillo, el chorro pega de manera tangencial al rodete, aprovechando el cambio de dirección le da un par al rodete y lo hace girar. Aunque tiene limitaciones. No tenemos ni idea lo que pasa cuando el chorro le pega a la pala. Si el chorro es grande no le pega igual a la pala en la esquina y en el medio por lo que intentamos que el chorro no sea demasiado gordo para que le pegue a la pala lo más al medio posible. Para eso se ha marcado un diámetro máximo de chorro de 20 cm.

Por otro lado, se suelen poner más de un inyector para aumentar la potencia*. Suele haber de dos o de seis inyectores. Un inyector suele ser horizontal y el otro tiene 60° respecto al otro (Página 2. Fig. 9.)

En caso de fallo de freno:

Desviamos el chorro para cerrarlo lentamente y evitar el golpe de ariete.

Se pone un contrachorro a la turbina para frenarla

* No suelen ser de gran potencia.

② • TURBINA FRANCIS (de reacción).

Se suele utilizar para caudales y alturas medias (40-500m).

Esta turbina coge el agua por la periferia y la lleva al corazón del rodete. Esto hace que la tendencia que tiene el rodete a embalarse disminuya.

El rendimiento es alto, mayor que el 90%. El rango de caudal y altura es bastante alto.

$$\eta > 90\% \qquad 40\% < Q_N < 105\% \qquad 60\% < H_N < 125\%$$

La cámara espiral por la que se dirige el agua consigue que la velocidad sea más o menos igual en toda la periferia. Dentro de la espiral existen diferentes elementos para orientar mejor el agua.

Lo que teóricamente queremos conseguir es que el agua gire en el rodete y después que baje para

abajo verticalmente. El problema, es que la velocidad a la salida es enorme. Para que esto no ocurra se pone un tubo de aspiración.

Las potencias máximas instaladas son de hasta 500.000CV.

Es muy importante la energía cinética de descarga, la disminución de velocidad (hasta 646 veces) provoca ~~una~~ un vacío a la salida del rodete ~~que~~ no debe llegar a valores de cavitación.

③ • **TURBINAS HÉLICE:**

Se utilizan para caudales elevados y saltos pequeños (< 60 m). Estas turbinas tienen el inconveniente de que trabajan mal a cargas parciales. Se parece a la turbina Francis solo que el rodete tiene forma de hélice. ~~En~~ Por otro lado, la cavitación resulta inevitable ya que trabaja con velocidades muy altas.

En cuanto al rendimiento, es muy alto pero en una franja pequeña. Si el caudal está al 65% del nominal, el rendimiento baja hasta un 75%. Este rendimiento es muy bajo ya que un rendimiento aceptable es del 90%.

• **TURBINAS KAPLAN:**

Son similares a las turbinas hélice solo que solucionan el problema del trabajo a carga parcial. El ángulo de los álabes se puede variar y esto hace que

de fabricación de la turbina sea elevado.
El límite de altura está en 70 m y el caudal en 550 m^3/s.

- **BULBO**

En estas turbinas se coloca la helice dentro de un tubo enorme. Encima tiene capacidad de trabajar como bomba aunque no es capaz de subir el agua a muchos metros.
La obra es mucho más barata porque tiene menos elementos por lo que tiene menos pérdidas de carga.

- **DERIAZ** (Viene de la Francis).

Es igual que una turbina francis pero ésta tiene la capacidad de orientar las palas. Con esto subió el rendimiento a carga parcial.
También puede trabajar como una bomba.
Desde el punto de vista económico sería conveniente sustituir las francis de entre 35-170 m, porque obtendríamos una mejora del 3% anual. Solo habría que cambiar el rodete.

- **TURBINAS BOMBA REVERSIBLES.**

Esto es interesante porque el η de la bomba es 80% y el de la turbina de 90% por lo que el rendimiento global es de 72%. Para que

la instalación nos salga rentable tenemos que bombear el agua en horas valle para poder turbinarla después en hora punta.

RESUMEN TURBINAS

Pelton Q↑ H↑

Francis → Deriaz Q↕ H↕

Helice → Kaplan Q↑ H↓

Bulbo Q↑↑ H↓↓

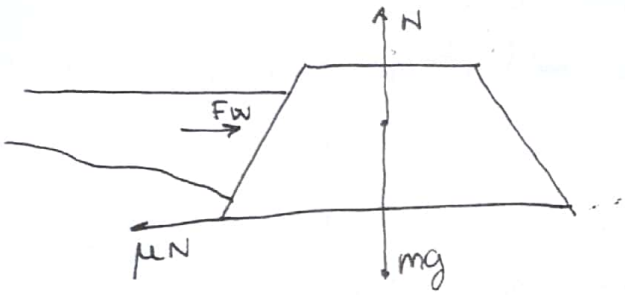
TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

La finalidad de una central hidroeléctrica es aprovechar un salto existente en un curso de agua, transformando la energía potencial del fluido en energía eléctrica. Dos tipos básicos de centrales:

Centrales de agua fluyente. Son aquellos aprovechamientos que, mediante una obra de toma, captan una parte del caudal circulante por el río y lo conducen hacia la central para ser turbinado. Posteriormente este caudal se devuelve al cauce del río. Se caracterizan por tener un salto prácticamente constante y un caudal turbinado muy variable, dependiendo de la hidrología. Son las concesiones

las que marcan cuanto caudal se puede turbinar en estos casos, aunque siguen siendo las mismas desde la época de Franco.

Centrales a pie de presa. Son aquellos aprovechamientos hidroeléctricos que tienen posibilidad de almacenar las aportaciones de un río mediante la construcción de un embalse. Se regulan los caudales de salida para ser turbinados en el momento que se precise.



mg ↑↑ por lo que el empuje no le afecta tanto.

Por otro lado, el terreno aguas arriba debería ser impermeable para que no se de el fenómeno de ~~subrepión~~ subpresión, pero normalmente no suele ser así por lo que se hacen unos agujeros para desaguar el agua que le empuja para arriba.

También hay embalses que se construyen con un fin diferente al de producir energía eléctrica, estos son:

- Centrales de regulación.
- Centrales de bombeo. Todo lo de antes del 72%. y las horas valle.

FORMACIÓN DE SALTO DE AGUA EN UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

El salto de agua se forma como consecuencia de la retención del cauce del río obtenida por la realización de obra civil. Dos tipos de obra:

Azud: Consiste en un muro dispuesto transversalmente al curso del agua y que no produce una elevación notable del nivel. Su función es provocar un remanso en el río para desviar parte del caudal hacia la toma. El agua que no es derivada vierte por el aliviadero y sigue su curso normal.

Presa: Provoca una notoria elevación del nivel del río mediante la creación de un embalse.

- De gravedad
- De bóveda
- De contrafuertes
- De arco
- De tierra
- De escollera.

(Mirar figuras de 35-43)

ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

Además del azud o presa para la formación del salto, otros elementos fundamentales de la central son:

- Toma. Ensanchamiento inicial con las menores pérdidas de carga posibles. Tiene una rejilla para evitar la entrada de objetos que dañen la turbina.
- Canal y cámara de carga: El caudal derivado se conduce hasta la cámara de carga. Sigue las

líneas de nivel con una ligera pendiente. La cámara de carga consiste en un depósito situado al final del canal y del cual arranca la tubería forzada. Debe tener una zona de aliviadero para el caso de parada de central.

Tubería forzada. Lleva el agua a la turbina salvando el desnivel necesario. Debe soportar la presión de la columna de agua y el posible golpe de ariete (incorporación de la chimenea de equilibrio).

Edificio de la central. Turbinas, generadores, equipo eléctrico, cuadros de control...

Elementos de cierre y regulación. Dispositivo de aislamiento en caso de parada de la turbina (válvulas).

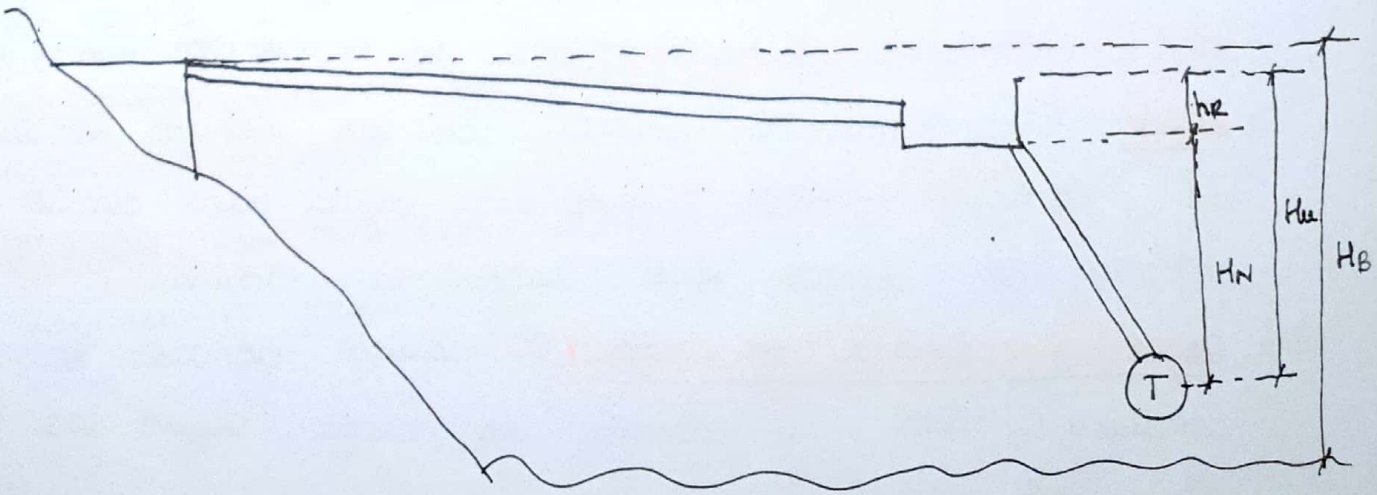
Equipos auxiliares.

Canal de evacuación o desagüe. Vuelta del caudal turbinado al río.

- **TIPOS DE SALTOS**

H_B: Salto bruto H_N: Salto neto $P = \rho g Q H_N$

H_u: Salto útil



TEMA 24. BOMBAS HIDRÁULICAS Y VENTILADORES

Nerea ①

Clasificación de las bombas hidráulicas

- **Bombas de desplazamiento positivo (BDP)**

Constan de un elemento, el desplazador, que desplaza positivamente el líquido desde una zona donde hay un líquido a una presión reducida a otra donde se encuentra líquido a una presión superior. Dependiendo del elemento desplazador se pueden subclasificar en alternativas y rotativas.

- **Turbobombas (TB)**

Mediante el giro producido por un motor de arrastre, producen una fuerza exterior que hace que se incremente la velocidad, la cantidad de movimiento.

Ventajas de las turbobombas respecto a las BDP

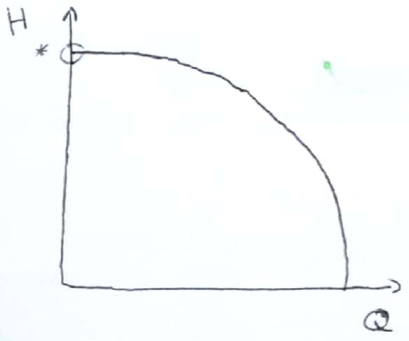
- Mayor velocidad de rotación: acoplamiento directo al motor de accionamiento; ahorro de la transmisión y disminución de pérdidas.
- Reducción del peso y el volumen (mayor potencia por unidad de peso) y consecuentemente, reducción de costes.
- El puente-grúa de la estación de bombeo se reduce en capacidad y precio.
- Eliminación de partes móviles, excepto del rodete: menos piezas sometidas a desgaste por rozamiento.

- Carencia de válvulas y mayor juego entre las partes en movimiento relativo, prestándose más al bombeo de fluidos con sólidos en suspensión (arenas, fangos...)
- Ausencia de fuerzas de inercia descompensadas, si el rotor se equilibra estática y dinámicamente.
- Flujo continuo del fluido bombeado y eliminación del depósito regulador.
- La válvula de impulsión completamente cerrada no constituye ningún peligro. Esto mismo conduce a averías en las BDP.
- El fluido bombeado no se contamina. Si los cojinetes están fuera de la carcasa, el fluido no se pone en contacto con el aceite: diseño fácil de bombas sanitarias.

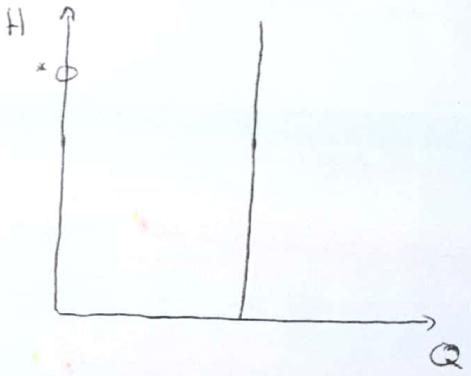
Liburua (24.4) / Nerea (2)

Gráficas de las bombas

TB



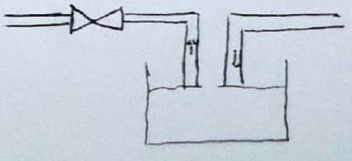
BDP



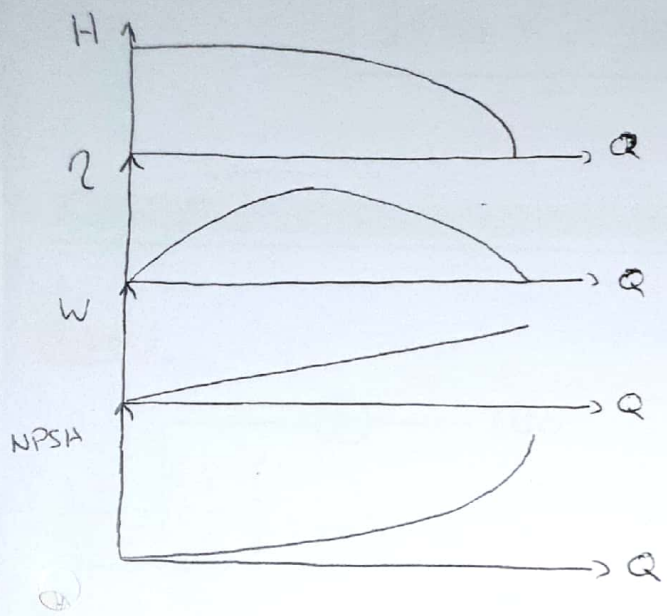
Cuanto más altura menor caudal y viceversa.

Importante

En las TB no hace falta abrir la válvula antes de activar la bomba. Como dice la gráfica de arriba * tendría una H enorme y Q=0. Pero en las las BDP si enciendes la bomba y la válvula está cerrada se joderá la válvula, la tubería o el pistón de la bomba.



Gráficas de altura, rendimiento, trabajo y NPSH.



Ventajas de las bombas de desplazamiento positivo frente a las TB

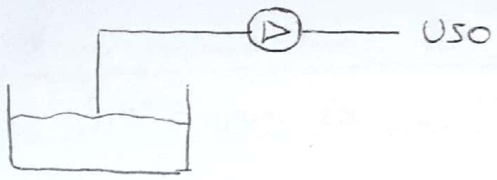
- Tiene presión máxima ilimitada. Por ello, el bombeo a muy grandes presiones está reservado a las BDP.
- Mayor rendimiento, sobre todo en el campo de las grandes presiones. Al aumentar la presión, el número de etapas de las TB disminuye rápidamente el rendimiento.
- Son autocebantes, hacen el efecto jeringuilla.
- La presión es independiente al caudal. Por ello se utilizan en el campo de las transmisiones y controles hidráulicos.

- Cuando el fluido está sucio es mejor una turbobomba que una de desplazamiento positivo.

TEMA 25. INSTALACIONES DE BOMBEO

Tipos fundamentales de instalaciones de bombeo

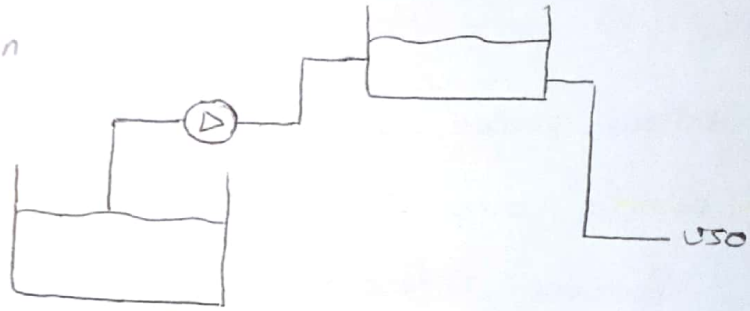
Tipo 1



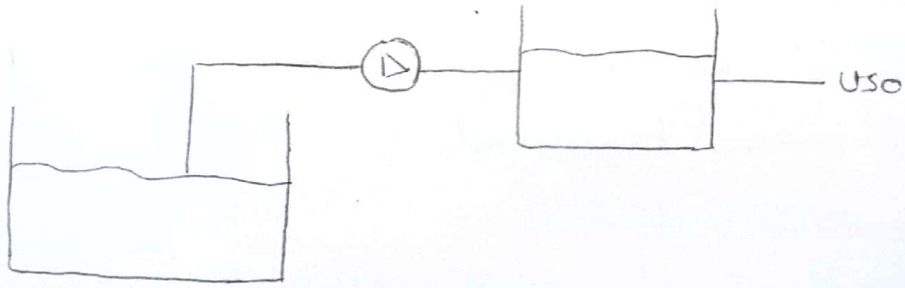
- Si la bomba se estropea, no hay margen, la instalación falla. Huts egin
- Apropiada para una demanda constante. Eskaera kte
- La instalación más barata. Merkea
- Necesidad de una bomba grande para cubrir picos. Ponpa handia
- Ez dui batez-besteko erantzunik

Tipo 2

- Batez-besteko eta diseinaturiko emarien artean
- La instalación más cara.
- El segundo depósito tiene que dar con su altura toda la presión. Suele estar en el monte.
- Arranke eta parada asko
- Bat-bateko erantzuna



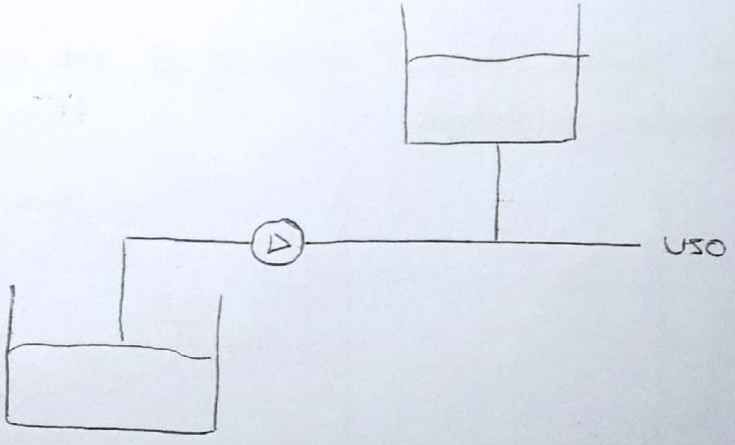
Tipo 3



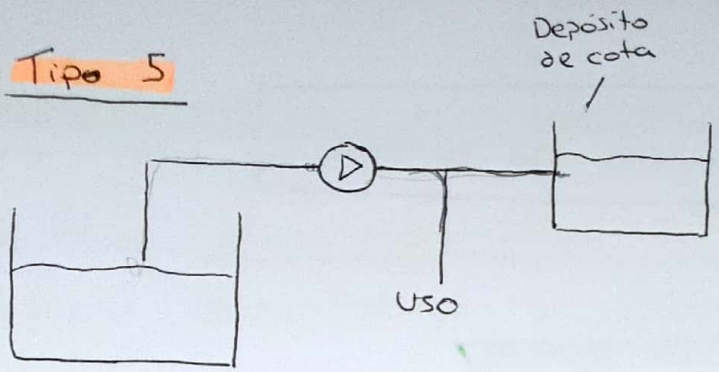
- Metaketa txikiko biltegia
- Ponpa handia

Tipo 4

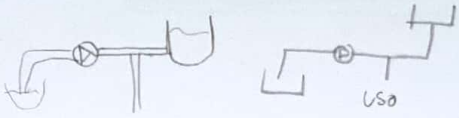
- La bomba siempre trabaja a la misma potencia. Si no hay demanda vertirá al depósito.
- En picos el depósito ayuda.



Tipo 5



- Típico para pueblos que en verano hay una demanda enorme y el depósito sirva de apoyo para cubrir esos picos.



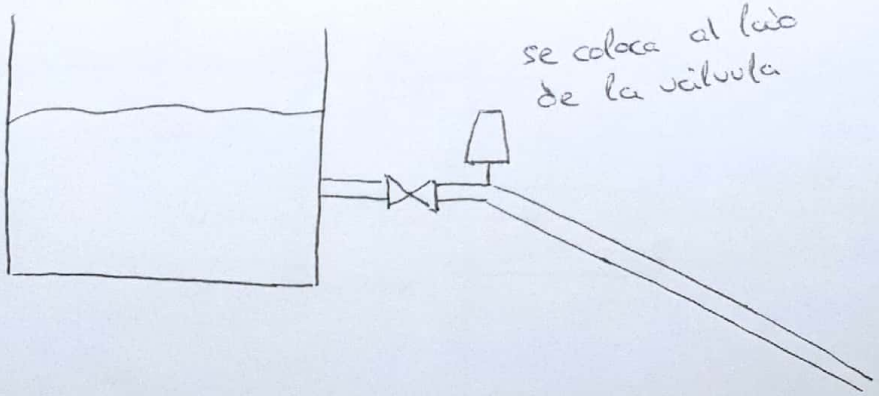
Peligrosidad del aire en conducciones. Ventosas

Es el mayor enemigo de las instalaciones de bombeo. Es muy difícil evitar la entrada de aire en las conducciones. Las ventosas se utilizan para purgar el aire en tuberías de abastecimiento grandes.

Las ventosas pueden cumplir solo la función de purgar, la de evacuar y/o admitir aire durante el llenado y vaciado o para las tres, llamadas trifuncionales.

Dónde deben colocarse las ventosas:

- En los cambios de rasante (molda-aldaheta), para no formar bolsas de aire. En ese caso se colocan ventosas trifuncionales.
- En quiebros pronunciados. Norabide aldaketa
- En tramos largos descendentes de pendiente pronunciada.
- Molda aldaketa



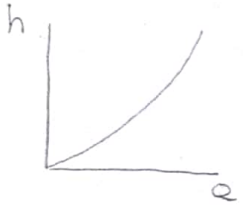
Curva característica de una instalación de bombeo

Se llama **altura manométrica de la instalación** a la energía necesaria para trasegar un determinado caudal de líquido desde el depósito inferior al superior.

Altura manométrica de la bomba es la energía útil que la bomba comunica al líquido. Diferencia de energía a la entrada y salida de la bomba.

Curva con **altura geométrica nula**

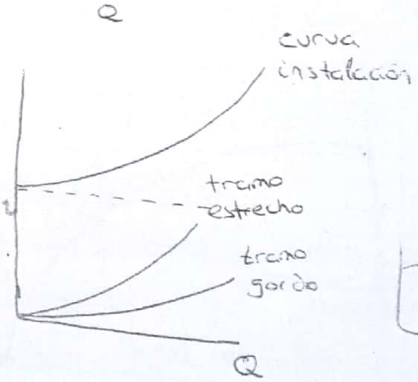
Cota piezométrica nula. La curva pasa por el origen de coordenadas

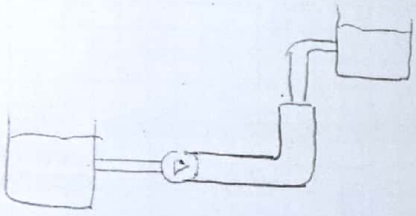


Tuberías en serie. Curva

La curva se separa para cada tramo. $Q_{TOT} = Q_1 = Q_2$

$h_{TOT} = h_{R1} + h_{R2}$



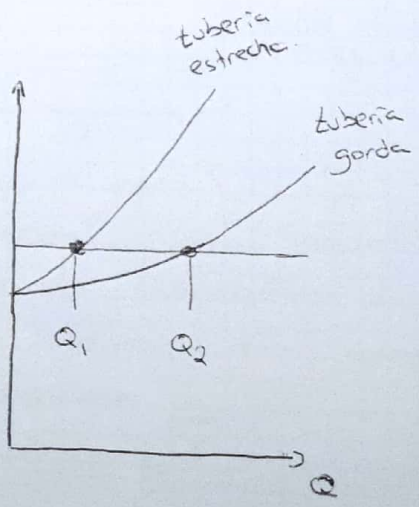


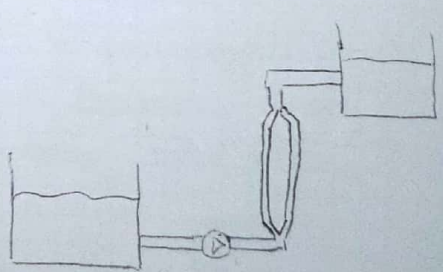
Tuberías en paralelo. Curva

La curva de pérdidas de carga también se traza por separado. El gasto total es la suma de los diferentes ramales.

$Q_{TOT} = Q_1 + Q_2$

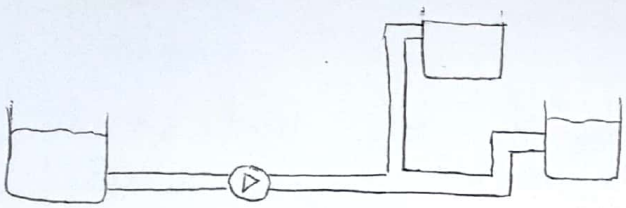
$h_{RTOT} = h_{R1} = h_{R2}$

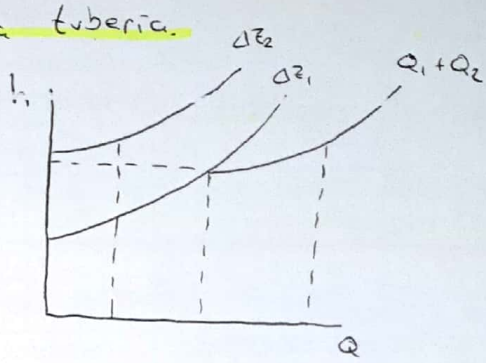




Curva con depósitos en cotas diferentes

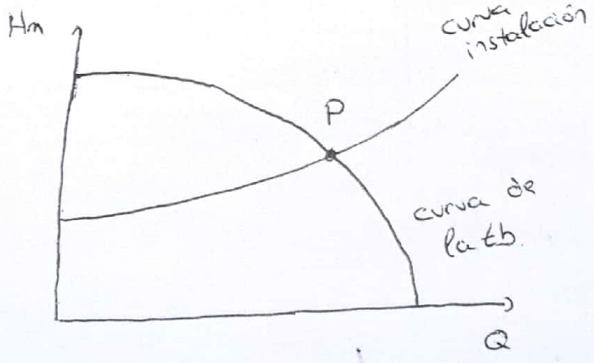
Cuando hay dos depósitos a los que se entrega líquido y tienen cotas diferentes, hay que construir aparte la curva altura manométrica - caudal para cada tubería.





Selección de bombas. Punto de operación o de funcionamiento.

La curva característica de la turbobomba es la representación de la variación de la altura manométrica de la tb en función del caudal. Si representamos en una misma gráfica ambas curvas, el punto de funcionamiento de la bomba será la intersección de ambas curvas.



ARIETE KOLPEA

Balbula bat bat-bateaan ixtean gainpresioa eta azpipresioa sortuko da balbularen albo banatan. Hau da, fluidoa doan norabidea AB izanik, A puntuan gainpresioa eta B puntuan azpipresioa.

Gain presioa sortu den puntuan ulin bat agertzen da, presio hori c abiaduraz urretan gora garraiatzen duena. Presio igoera hau kolpe bat bezala entzuten da eta hori da ariete kolpea. Ulin horrek ~~jo~~ uraren jatorrizko depositu-raino egiten du bidea, eta gero berriz balbulararte eta horrela hurrenez hurren desagertzen den arte. Nahiz kasu ideal batean etengabea litzatekeen, hodiaren deformazioak eta fluidoaren biskositateak oszilazioa indargetzen dute.

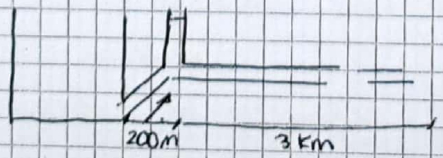
Aspipresioa sortu den puntuari dagokionez, ariete kolpe negatiboa deritzo, eta batzutan presioak zero absolututik hurbilekoak izan daitezke. Horrez gain, presioa hainbeste pusteak kabitazio arriskuak dakartza, arazoak sor ditzakena.

- Babesak Ponpaketa instalazioetan

1- Inertzia bolantea. (Ponpen kasua) Masa handia, ponpa gelditzean baratzen purrantu. Emariaren anulazioa atzeratzen du, gelditze denbora↑ gainpresioa murriztu delarik. Tamaina handia. Gutxi erabilia.

2- Oreka tximinia.

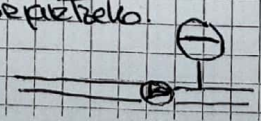
Tamaina handiko inpultsioetan, baina altuera handiegi gabeak. Hasierako malda handia.



Ulina tximinian gora joango da $\frac{2L}{c}$ txikituz. Tixte↓

3- Aire galdara (Ponpa eta gero.)

Presiziozko airez beteriko ontzia. Airearen konprimagarritasunak depresio eta gainpresioak indargetzen ditu. Arazoa airea poliki gastatzen dela, disolbatuz edo... Konpresore bat behar aire bolumena birjartzeko.



4- Puxikadun indargetzailea

Presiziozko airea puxika baten sartzen da, urarekin kontakturik izan ez dezan. Horrela ez da konpresorerik behar. Arazoa: tamaina jakin batera soilik, instalazio handietan ez.

5- Segurtasun balbulak edo lasaitze balbulak

Ponparen ondoan daggen erretentzio balbularekin paraleloan. Edozergatik presioa finkaturikoa bainio handiagoa denean irekitzen da, kanpora deskargatuz. Arazoa: depresioak ez ditu saihesten.

6- Presioa erregulatzen duten balbulak

Seriean eta lasaitze-balbula paraleloan. Gampresio eta depresioak kontrolatu, beraz, kabitazioa ere ekidin. Arazoa: Garestia.

7- Tarteko erretentzio-balbulak

Oso merkea eta asko erabilia. Zenbait erretentzio balbula jartzen dira hodian (inpultsioan). Balbulak ixtean presioa lasaitu. Arazoa: hr ↑ inpultsio ponpak potentzia handiago behar du. Balbula bat matxuratuz → oso zaila konpontzea daggen puntuaren arabera, eta instalazioa babesik gabe. Bainia erretentzio balbula oso ziurrak daude.

8- Bentosak

Presioa atmosferikoa bainio txikiagoa denean airea sartzen utzi eta presio handiegia bad, kanporatu.

MAKINA HIDRAULIKOAK

FLUIDO MAKINAK

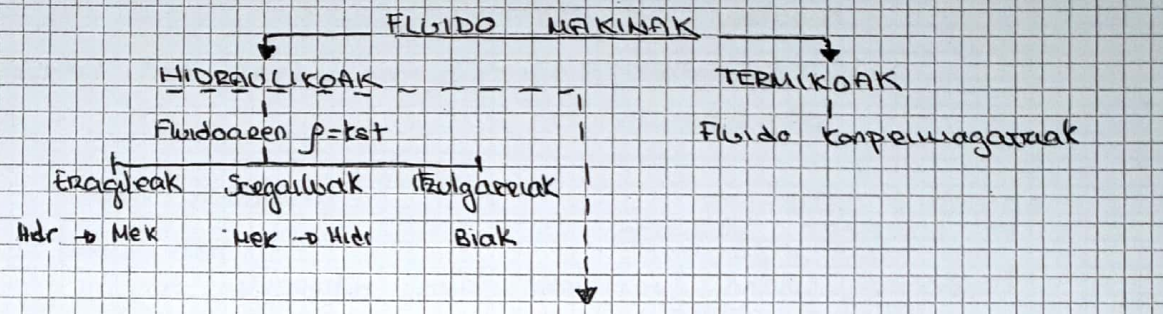
- HIDRAULIKOAK
  - Fluidoaren $\rho = kst$
    - Eragileak — Hidr → Mek
    - Sorgailuak — Mek → Hidr
    - Itzulgarriak — Biak
- TERMIKOAK
  - Fluido konprimagarriak

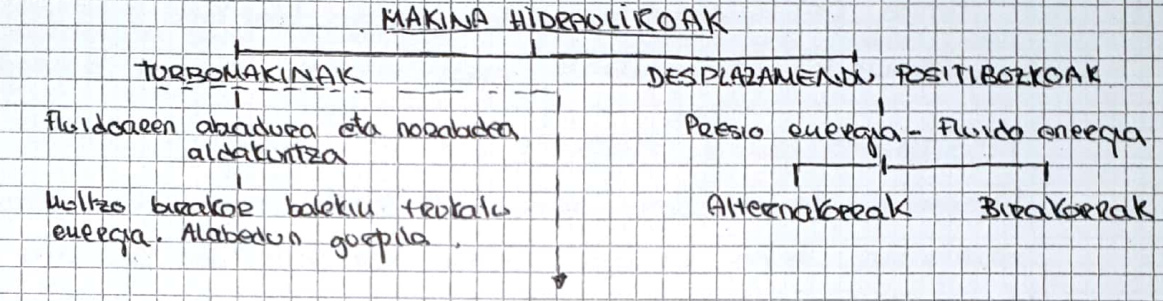
MAKINA HIDRAULIKOAK

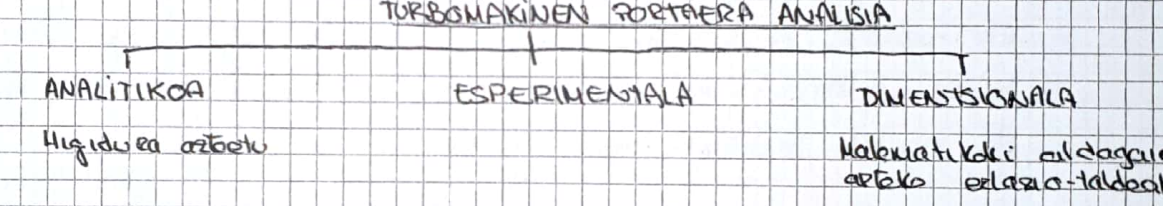
- TURBOMAKINAK
  - Fluidoaren abiadura eta norabidea aldakuntza
  - Multzo birakor balekin trukatu energia. Alabedun gurpila.
- DESPLAZAMENDU POSITIBOZKOAK
  - Presio energia - Fluido energia
    - Alternakorrak
    - Birakorrak

TURBOMAKINEN PORTAERA ANALISIA

- ANALITIKOA — Higidura aztertu
- ESPERIMENTALA
- DIMENTSIONALA — Matematikoki aldagaien arteko erlazio-taldeak







TURBOMAKINAK

BANATZAILEA: Finkoa. Fluidoa errodetearen sarrerara abiadura eta norabide egokiaz bideratzeko.

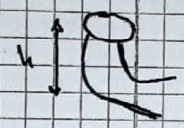
- Ponpetan: Kono konbergentearen forma. Horren aurretik aspirazio hoda
- Turbina: Garrantzitsua. Erregulaziorako organoa. Alabe orientagarriak, harrera osoa edo partziala errodeteak, edota itxi.

ERRODETEA: Funtzeskoa. Alabedun gurpila. Energia transformazioa bertan, fluido → mekaniko. Partikulen ibilbideak behartzen ditu, eta honen arabera:

- Erradialak, zentrifugoak. Fluxua ⊥ Birakota ardatza.
- Axialak. Fluxua // biraketa ardatza
- Helikozentrifugo, mixto.

DIFUSOREA:

- Ponpan: ura gidatzeko energia-galera txikienarekin eta abiadura txikiagotzeko. E. zinetiko gehiena p. energia bihurtuz



• Turbinetan: Era zuzen edo ukondotuan zabalduz doan forma. Normalean ukondotua espazio arazoengatik.

1. Errodete eta ines hodiaren arteko altuera berreskuratzea.
2. Irteerako e.zinetikoaren parte bat berreskuratzea

D↑ V↓

He Eulerren altuera.

Fluidoaren masa unitateko lana adierazten du.

- Ponpa. (+) Fluidoari emanako energia teorikoa
- Turbina (-). Errodeteak aprobetxaturiko energia baliagarria.

KABITAZIOA.

Fenomeno hau puntu batean fluidoaren presioa minimo onargarria baino txikiagoa denean gertatzen da. Minimo hori bapore presioa da. Hau gertatzean, fluidoa baporatu eta burbuilak oratzen dira. Horiek presio altuagoko puntu batera heltzean kondentsazio bortitza pisaten dute implosionatuz, eta inpaktu bortitzak gerta daitezke.

Solido batekin kontaktuan implosio horiek poroetan gertatuz gero solidoaren tentsio erresistentza gainditu, eta solidoa apur daiteke.

Efektuak:

1. Zarata eta bibrazioa
2. Materialen deuseztapena.
3. hR ↑ η ↓

Babesa disemu egokian oinarritzen da.

NPSH → kabitazioa ekiditeko beharrezko karga eskuragarria.

TURBINA HIDRAULIKOAK

ERREAKZIO MAILA

$$\varepsilon = \frac{h_p}{h_E} \quad \begin{matrix} \text{presio altuera} \\ \text{altuera totala} \end{matrix}$$

Akzio turbinak

Ur presioa = kst.

Errodetea p atm-n.

E. zinetikoa soilik aprobetxatu.

Erreakzio turbinak

P. sarrera > Patm

P. irteera < Patm

Errodetea murgilduc.

AKZIO TURBINA (Pelton, Ossberger, Banki Mitchell) H↓

Ura alio zuzentzaile batetik bideratu errodetera.

Sarreran deskonposatu.

Energiaren zesio bikoitza → η one.

Ura p. atm-n atera. Absorzio hodiak ez luke erajinik presiorik ez duguako. Hustubidea erabiltzen da.

PELTON

H ↑ Q ↓

Toberak v ↑ jaurti txorrota alabeen kontra. v ↓ kanporatu alabeetatik eta huste kanalera.

Admisio partziala → txorrotak koilara batzutan talka ez periferia osoan.

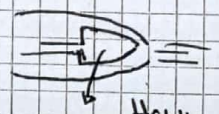
Koilara itxurako alabeek eragin handia η an.

Txorrotak erdian jo eta bi alboetara banandu. Goiko zatian hutsunea dauka atzeko koilararen erdian eman ahal izateko txorrotak.

dmax txorrota 20cm !

$\frac{D \to \text{errodete}}{d \to \text{txorrote}}$ (10-14)

Txorrota kontrolatzeko injektorea:

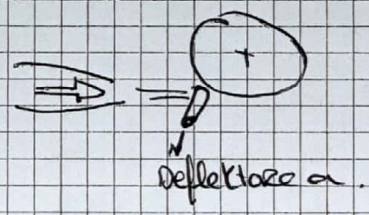


Hau mugituz.

Eskari elektrikoa bat-batean jaitsiz edo deskonektatuz azelerazioa ekiditeko.

1. Deflektorea ibilbidea aldatzeko txorrotari
2. Injektoriak emaria erregulatu bitartean karga berriaren arabera. Itxiz gero ariete kolpea gertatuko litzatekeelako.

3. Kontra txorrota.



ERREAKZIO TURBINAK

FRANCIS

H 400-500m Q ezberdinak.

η >%90 baldintza optimoetan.

Ura espiral formako karkasatik bideratzen da, eta alabeen bidez, periferia osoan uraren abiadura uniformea lortzen da.

Banatzaileak 2 koro kontzentriko ditu. Bata finkoa eta bestea higikorra. Finkoak ura bideratzen du higikorrera eta ona berean karkasa espirala tinkotzen du. Alabe higikorrak orientagarriak dira eta emaria ernegulatzen dute fluxua errodetera turbulentzi maila txikienarekin bidaliz.

Errodetean urak presio putsiera jasan, irteeran duen altuera - abiadura - H baliagarriaren %20ra irits daiteke eta kori presio-altueran transformatzeko espantzio hodi bat jartzen da ura abiadura txikiz izurtzeko kanalera. Irteera beti murgildurik.

Aspirazio hodia:

1. kabitazio mugen artean turbina irteeraren eta hustubidearen arteko altuera aprobetxatzea.
2. E. zinetikoa aprobetxatzea hodi dibergente baten bidez.

Errodete irteerako presioa atmosferikoa baino txikiagoa denez, ura aspiratu turbinan zehar.

Zub konpentsatzailea deskarga balbula bat da, ariete kolpearen aurkako babesa.

KAPLAN TURBINAK H↓ Q aldakor.
Errodeteak itsasontzietako helizeen forma
Karga partzialean funtzionamendu ezegokia hasieran, Kaplanek konpondu.
Kargaren arabera alabeen angelua automatikoki daitzen duen turbina sortuz. Garestia.
Alabe finkodunak soilik altuera eta karga konstantea denean.
Emari oso aldakorra → Kaplan.
η %90 emari nominalean.

20m tik goka Francis Kaplanen D handia delako.

Bulbo motako turbina-taldeak
Alabe finkoak dituen helize-errodetea eta sorgailua errodeteari akoplatua.
H↓ Q↑
Egitura erreza edo simplea.
Noranzko bietan funtzionatzen dute. Itsas mareak aprobetxatzeko erabiliak.

Deriaz turbina. (Francisaren eboluzioa)
Alabe orientagarriak.
1. η hobea partzialki funtzionatzean.
2. Funtzionamendu aldorantzgarria: turbina edo ponpa.

Turbo ponpa itzulgarriak
Ieteerako ur mailak turbinarena baino altuago, presio deskarga kanalaren bidez lortzen da. (lurpeko zentrala)

η ponpa 90
η turbina 90 > %75 Blok. Noiz interesatu?

Energia soberan dagoenean ponpatuz merke, gero eskaria dagoeneau garestiago saldu.

Bi errodeteek batera biratzen dute, baina inkomunikaturik daude, eta bata hutsean ariko da biraka.

ZENTRAL HIDROELEKTRIKOAK

UR LASTERREKO ZENTRALA

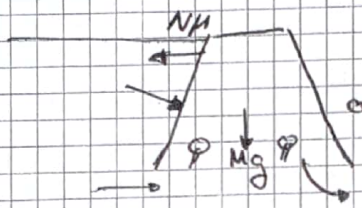
Ibaiko ur parte bat hartu, eta turbinatu. Gero baira itzuli. H = kst Q aldakorra.

Pendiera konstanteko kanala → Hodi bortxatua

PRESA OINEKO ZENTRALA

Ura pilatzeko biltegia. Q erregulagarria. < Erregulazioz koa / Ponpatze.

⚠ Subpresio arazoa lur iragazgaitzetan



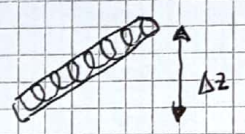
Ura azpitik sartu, bulkada ageret Nμ ↓ mugitu.

Konpontzeko ura ateratzeko zuloak.

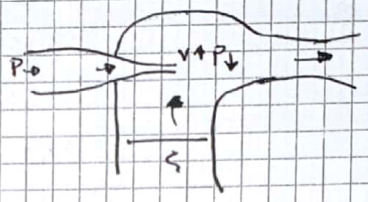
PONPA HIDRAULIKOAK

ENERGIA HANDIAGOTZEKO

- KOTA HANDIAGOTZEA → Arkimidesen torlojua



- E. ZINETIKOAREN HANDIAGOTZEA
  - injektorea → konpresioa
  - ejektorea → Depresioa → Hutsa bestek beste fluido bete.



- PRESIO HANDIAGOTZEA → DPP

TURBOPONPAK

Autozebantzak

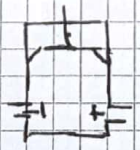
← Desplazamendu Positibozko Ponpak (DPP)

1. Alternatiboak edo joan-etorrikoak.

- Pistoi bidezkoa.

Presioa atzeko oztopoa gainditu behar izaleak ematen dio, ez sistemak berak. Jeterra libre utziz ez litzateke p↑ ko.

- Mintza dutenak.

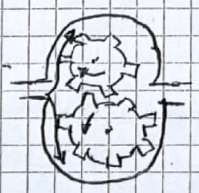


Aplikazioa: medikuntza. ez oliorik ez kontaminatzailerik kontaktuan.

Ez autozebantzak

2. Birakorrak.

Engranajezkoa



Palotaduna

← Turbopompak

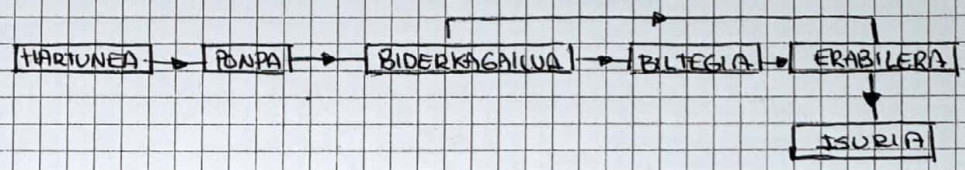
Ixketa eraztunak p↑ irtetzen den fluidoaren atzeranzko bidea oztopatzeko.

Mantentzeko errazago. garbitasuna.

Seriam presio handiagoak lortzeko zeren D↑ v↑ dakar periferian, kabitazio arriskua. Etapa anitzekoak.

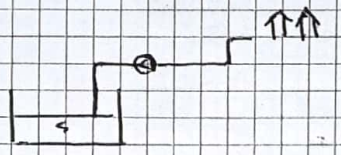
PONPAKETA INSTALAZIOAK

Helburua: likidoaren presioa ↑



MOTAK

(1)



Abantaila

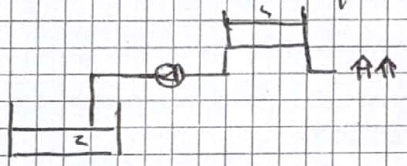
- Merkeagoa

Ezabantaila

- Potentzia eskari maximoa hornitzeko beste izan behar.
- Ponpa apurtuz urik ez.
- Karga partzialatan lanean momentu askotan.
- Ez du berehalako eranitzunik.

- Q = kst eta kontsumo purrantuerako.

(2)



Abantaila

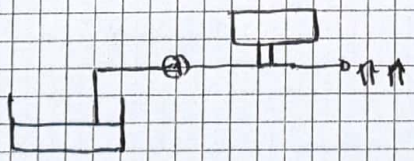
- Bat bateko eranitzuna
- Ponpak eskariaren bataz bestekoa ponpatu.
- Puntu optimoan lanean.
- Matxura bat gertatuz, biltegiko ura bukatu arte martxan.

Ezabantaila

- Garestia (depositua)

- Fidagarritasun handia behar denean.

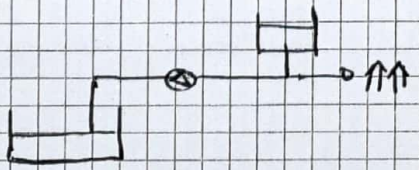
(3)



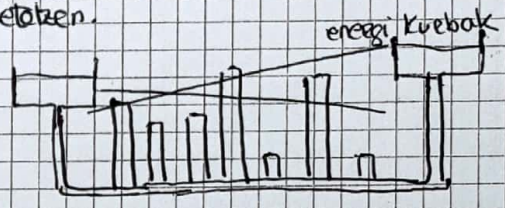
Hodietan zehar gelditzen den ura xurgatzen du. Aurreko bien tartako.

Depositu presurizatua.

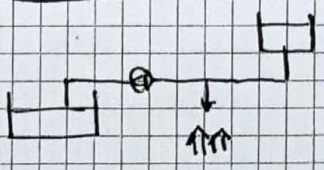
(4)



Beheko urak bultzatuta hasten da betetzen.



(5)



Inguruko puntu altuenetan depositu bat bamo gehiago. Energia kurbak beti puntu altuenaren gainetik egotea ahalbidetzen du.

OSAGAIAK

① Iragazkidun ain-balbula. → Iragazi / → Erretentzio balbula.

② Konporta balbula

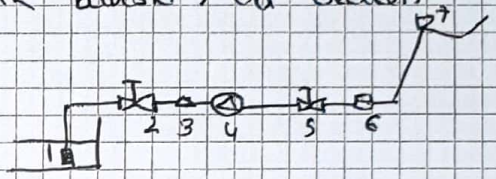
③ Kono erreduktorea. Diametro ezberdintasuna dela eta. Horizontalean egotea komeni da, airea eteteko.

④ Pompa.

⑤ Konporta balbula. ariete kolpea eliminatzeko.

⑥ Erretentzio balbula. Ariete kolpetik babestu, eta uraren atzeranzko bidea eragotzi.

⑦ Bentosa



BENTOSA

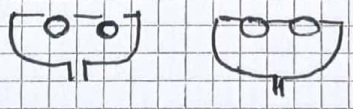
Zirkuitueetan aire poltsak sortzen dira, eta gaimpresio leherkorrak sor daitezke hodietan.

Arazoak saihesteko → Bentosak.

Purgaren funtzioa dute, airea ateraz edo sartuz.

Flotadore bat da, bentosan airea sartzean uraren mailak behera egitean jeisten da eta ageerian uzten ditu airea ateratzeko zuloak. Airea irtetean ur maila igotzen da.

Trifuntzionalak → hustea, betetzea



Non?

- Punturik altueneau → Trifuntzionalak.
- Bat-bateko norabide aldaketetan.
- Malda handiko beheranzko tarteetan.
- Tarte luze horizontaletan.
- Balbulekin batera.