



EL6000 CLASE 4

Desarrollo de un proyecto hidroeléctrico.



AGENDA

- Etapas de un proyecto minihidro
 - Estudio de pre-factibilidad
 - Componentes de una minihidro (inversión)



ETAPAS DE UN PROYECTO





ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD

- Corresponde a una primera evaluación del proyecto.
 - Se establece una cartera de soluciones.
 - Se determinan en forma gruesa los costos de inversión, fijos y de operación de cada solución.
 - Se estiman los ingresos de cada solución
 - => Flujo de caja
 - Basado en esta información, se escoge la mejor solución, pasando a la etapa de factibilidad donde se estudia en detalle la solución (ingeniería de detalles, costos más certeros, entre otros)



ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD

○ Pasos a seguir

- Derechos de agua
- Hidrología del afluente (existe información?)
 - Estadística hidrológica
 - Estadística hidrológica + Altura neta + Rendimiento



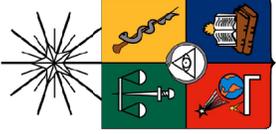
Matrices de Energía Generable

- Detalle de componentes de la central y su valorización (inversión)
- Estimación de costos fijos y variables
- Mediante matrices de energía generable: cálculo de energía y potencia generables (Ingresos)
- Flujo de caja
- Determinación de la capacidad óptima a instalar

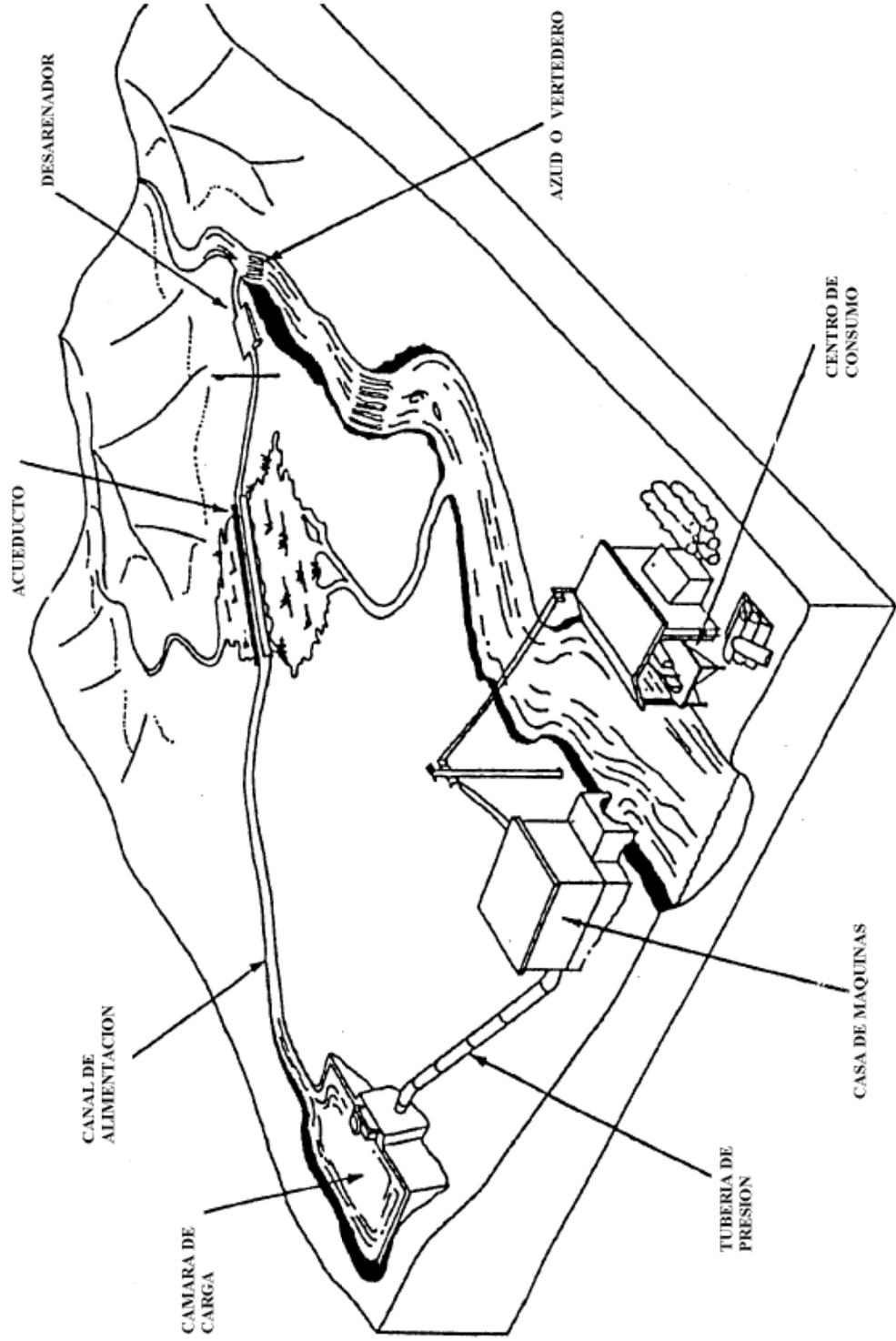


COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

- Barrera y bocatoma
- Desarenador
- Conducto (canal, túnel o tubería de baja presión)
- Cámara de carga
- Rejillas
- Compuertas
- Tubería de presión
- Sistemas de protección
- Válvula principal
- Turbina
- Generador
- Transformador de poder
- Equipos de protección
- Regulador de velocidad



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO BOCATOMA (I)

- Estructuras destinadas a desviar el agua a un canal de aducción, para su posterior conducción mediante una tubería en presión a la casa de máquinas.
- Se distinguen tres obras principales:
 - Barrera
 - Obra de captación
 - Obra de desripiación
- Barrera: Obra que cierra el río y permite elevar el nivel para captar el caudal de diseño
- Obra de captación: Obra que permite el ingreso del fluido para su posterior utilización
- Obra de desripiación: Obra adosada a la captación que permite movilizar aguas abajo los depósitos de sedimentos acumulados en la zona de captación.



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

BOCATOMA (II)

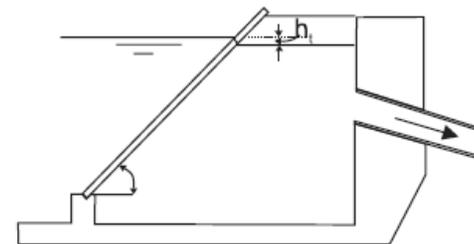
- En una obra de bocatoma, además de un caudal líquido, existen dos tipos de "corriente líquida"
 - Acarreo en suspensión
 - Acarreo por arrastre
- Acarreo de fondo
 - Fracción que se acumula en el fondo del cauce (grava, gravilla y arenas gruesas).
 - Partículas gruesas que se deslizan debido a las fuerzas hidrodinámicas a las que están sometidas.
 - Ya que la distribución de velocidad en el cauce no es uniforme, estas partículas transitan por las zonas de menor velocidad. → se acumulan en las de baja velocidad. (pueden bloquear canal de aducción) → compuerta desripeadora





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO BOCATOMA (III)

- Acarreo en suspensión:
 - Partículas de sedimentos más pequeñas (arenas finas).
 - La mayor cantidad de sedimentos que se transportan en el cauce de un río corresponden a los acarreos por suspensión.
 - Suficientemente móviles y no presentan los inconvenientes graves que suelen presentar los acarreos de fondo.
 - Si pueden producir abrasión en los álabes de las turbinas
 - Se aconseja su eliminación con el uso de desarenadores
- Arrastre de cuerpos flotantes
 - Corresponde a troncos, ramas, hojas, etc.
 - Se eliminan mediante rejas que se instalan antes de las compuertas de la bocatoma





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO BOCATOMA (IV)

- Barr
- F
- m
- V
- ex
- M
- p



Vertedero
río
actada.
jo
n el

Ingeniero Daniel Garrido



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO BOCATOMA (V)

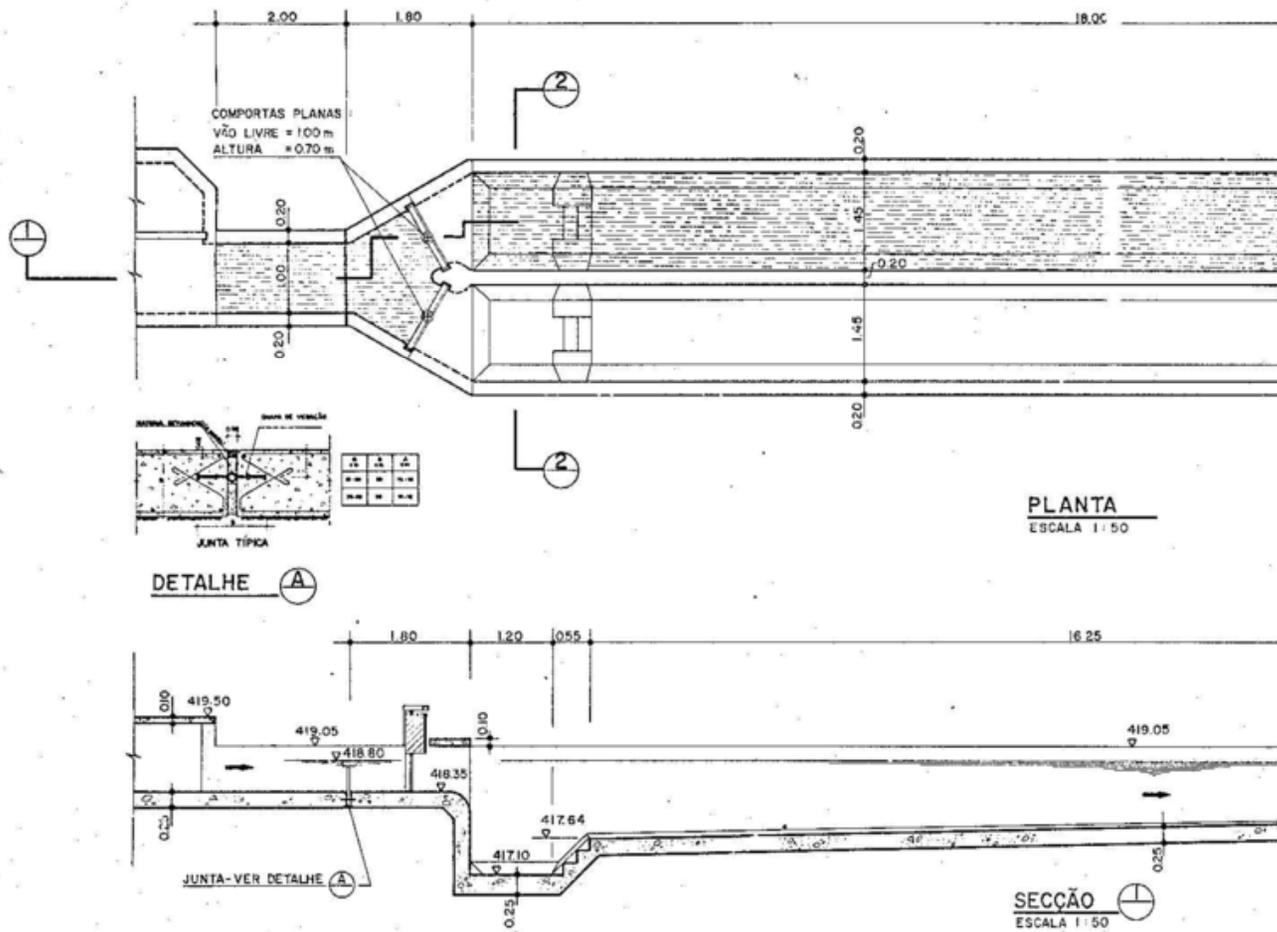
- La barrera, en general compuesta de una sección fija y una móvil (varias compuertas móviles), es la encargada de “detener el flujo del canal” y de lograr la altura suficiente para captar el caudal de diseño de la bocatoma (recordar $Q=v*A$). Esta barrera considera una altura adicional de seguridad, para evitar que una crecida en el río deteriore las obras civiles
- La compuerta móvil más cercana a la bocatoma, sirve para limpiar el ripio (o desechos sólidos) que acumula la barrera.
- Cada compuerta considera redundancia.



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

DESCARRENADOR

- Se ad dis
- Fu in
- Re pa el
- No pa el



Ingeniero Daniel Garrido

as

r



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO CONDUCTO (ADUCCIÓN I)

- Puede ser un canal abierto, un tubo a presión o un túnel

- I
l
r



Ingeniero Daniel Garrido



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO CONDUCTO (ADUCCIÓN II)

- Un criterio de diseño del canal, que impacta de forma apreciable en la evaluación económica del proyecto minihidro, es su pendiente.
- Es posible construir un canal de velocidad baja y gran sección que llegue a una cota mas alta que un canal de mayor velocidad y menor sección.
- Evaluar costo beneficio considerando las pérdidas de energía por la disminución de cota



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

CÁMARA DE CARGA (I)

- Su función es acumular agua para encauzarla en la tubería de presión.





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

CÁMARA DE CARGA (II)

- Comprende compuertas y rejillas.
 - Compuertas para mantenimiento general (también poseen redundancia)
 - Rejillas para eliminar los últimos sólidos antes de que el fluido ingrese a la tubería en presión.

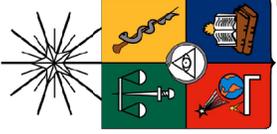


COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO TUBERÍA EN PRESIÓN

Ingeniero Daniel Garrido

18





Ingeniero Daniel Garrido

19



COMPONENTES TUBERIAS



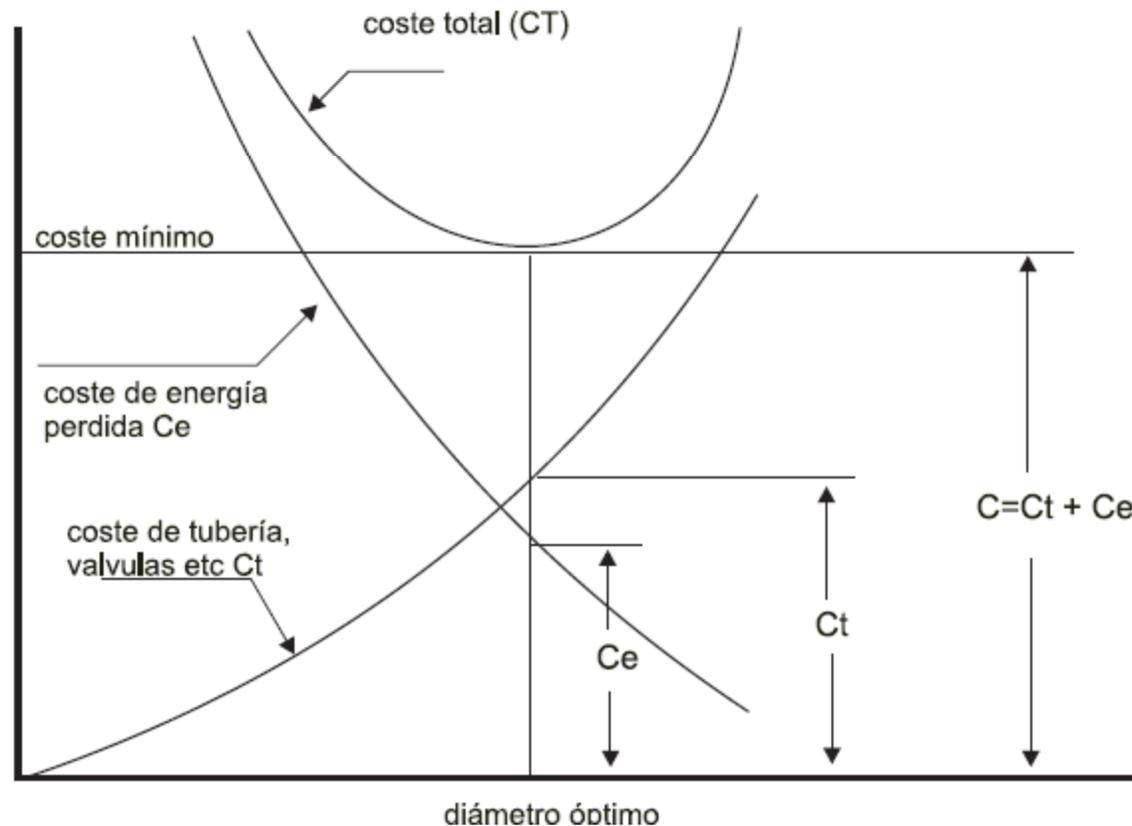
COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO TUBERÍA EN PRESIÓN

- Diámetro de la tubería es resultado de un cálculo costo beneficio.
 - Potencia útil es proporcional a la altura neta.
 - La altura neta disminuye con las pérdidas por fricción y turbulencia, ambas proporcionales al cuadrado de la velocidad del fluido.
 - Luego, al disminuir el diámetro de la tubería (y así disminuir el costo de la obra) aumentan las pérdidas de energía.



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO TUBERÍA EN PRESIÓN

- Es posible realizar un cálculo riguroso del diámetro óptimo de la tubería comparando el valor actualizado de las pérdidas de energía con el costo de la obra civil





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO TUBERÍA EN PRESIÓN

- Otra opción es limitar las pérdidas a un cierto porcentaje (aceptable según la experiencia)
- En la práctica, las pérdidas significativas en una tubería en presión son las pérdidas por fricción. Las pérdidas por turbulencia, paso por la rejilla, codos, cambios de sección y válvulas son menores.

- De la fórmula de Manning
$$\frac{h_f}{L} = 10,3 \frac{n^2 Q^2}{D^{5,333}}$$

- Limitando las pérdidas al 4% D resulta

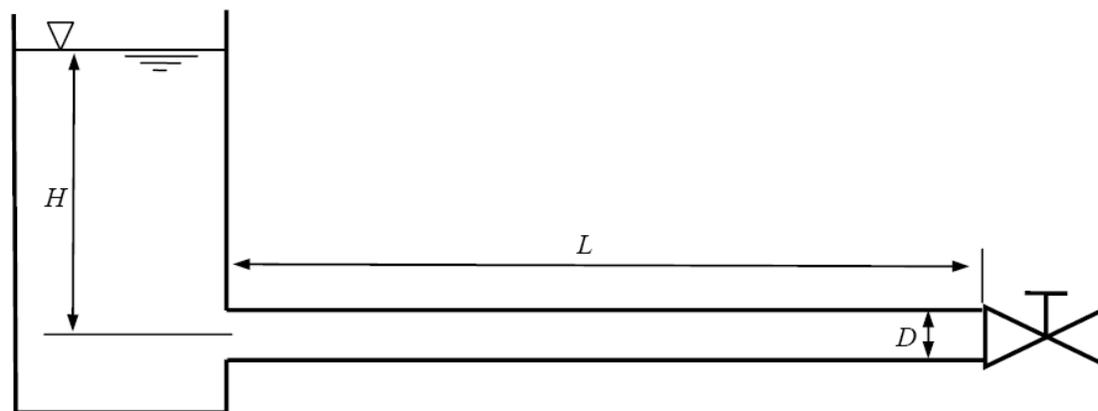
$$D = 2,69 \left(\frac{n^2 Q^2 L}{H} \right)^{0,1875}$$



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

GOLPE DE ARIETE

- Junto a la cavitación, son los principales causantes de daños en los sistemas hidráulicos.
- Se origina ya que el agua es ligeramente elástica (a pesar que en ocasiones se asume como un fluido incompresible).

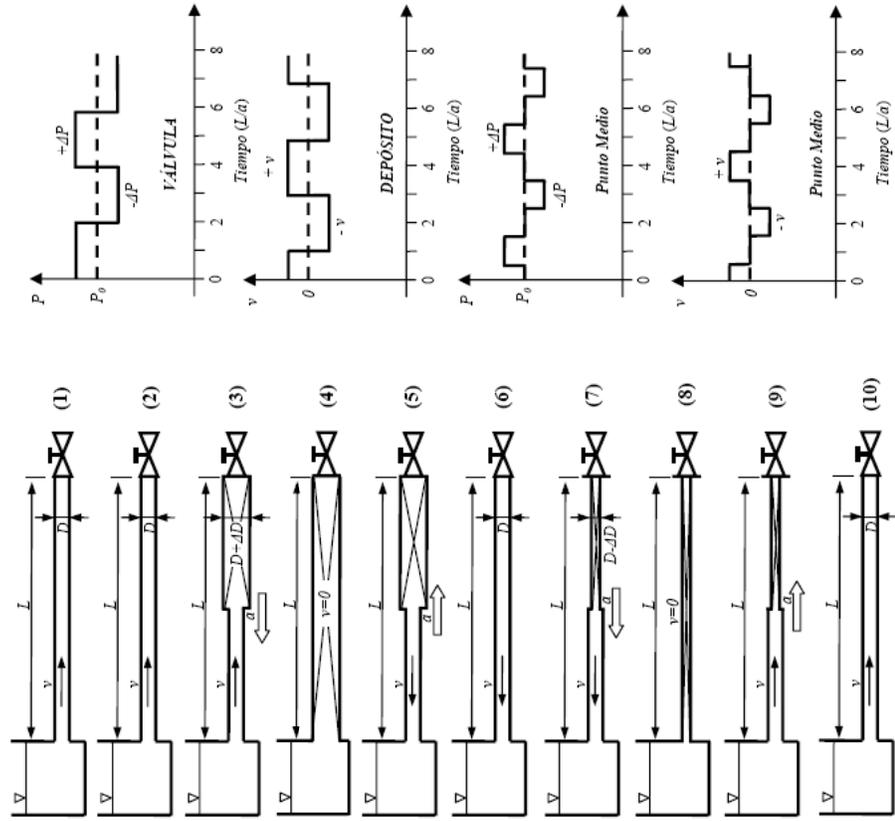




COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

GOLPE DE ARIETE

Ingeniero Daniel Garrido





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

SISTEMAS DE PROTECCIÓN GOLPE DE ARIETE

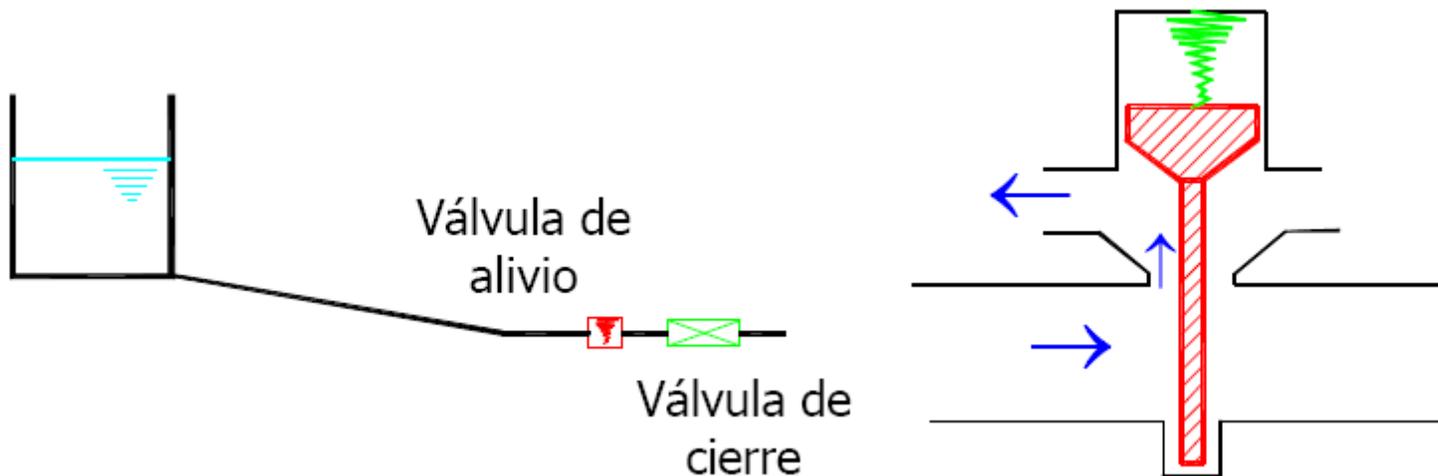
- Dada la gran importancia de este fenómeno en la operación segura de un proyecto hidráulico, existen variados métodos para evitar que se produzca.
- Entre ellas, las más utilizadas son:
 - Válvula de alivio
 - Chimenea de equilibrio



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

SISTEMAS DE PROTECCIÓN GOLPE DE ARIETE

- Válvula de alivio:
 - válvula de resorte o diafragma que opera cuando la presión del fluido supera un umbral.



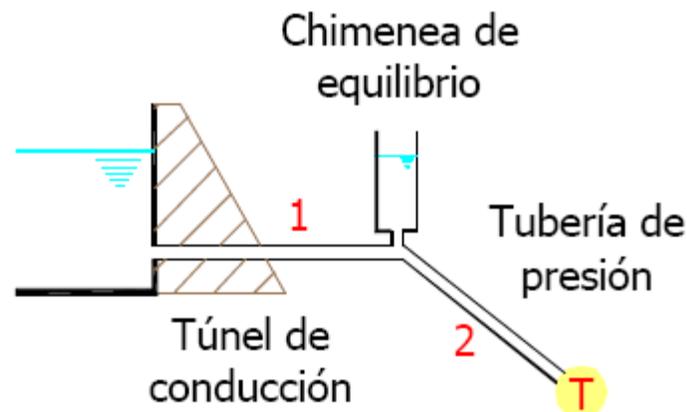


COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

SISTEMAS DE PROTECCIÓN GOLPE DE ARIETE

○ Chimenea de equilibrio:

- Permite la reducción del golpe de ariete en el Tramo 2 por la reflexión parcial que se produce, transformando el fenómeno en el Tramo 1 en una oscilación de masas.
- Estructuralmente consiste en un pozo vertical. Cuando existe una sobre presión de agua encuentra menos resistencia para penetrar al pozo que a la cámara de presión de las turbinas haciendo que suba el nivel de la chimenea de equilibrio. En el caso de depresión ocurrirá lo contrario y el nivel bajará. Con ésto se consigue evitar el golpe de ariete





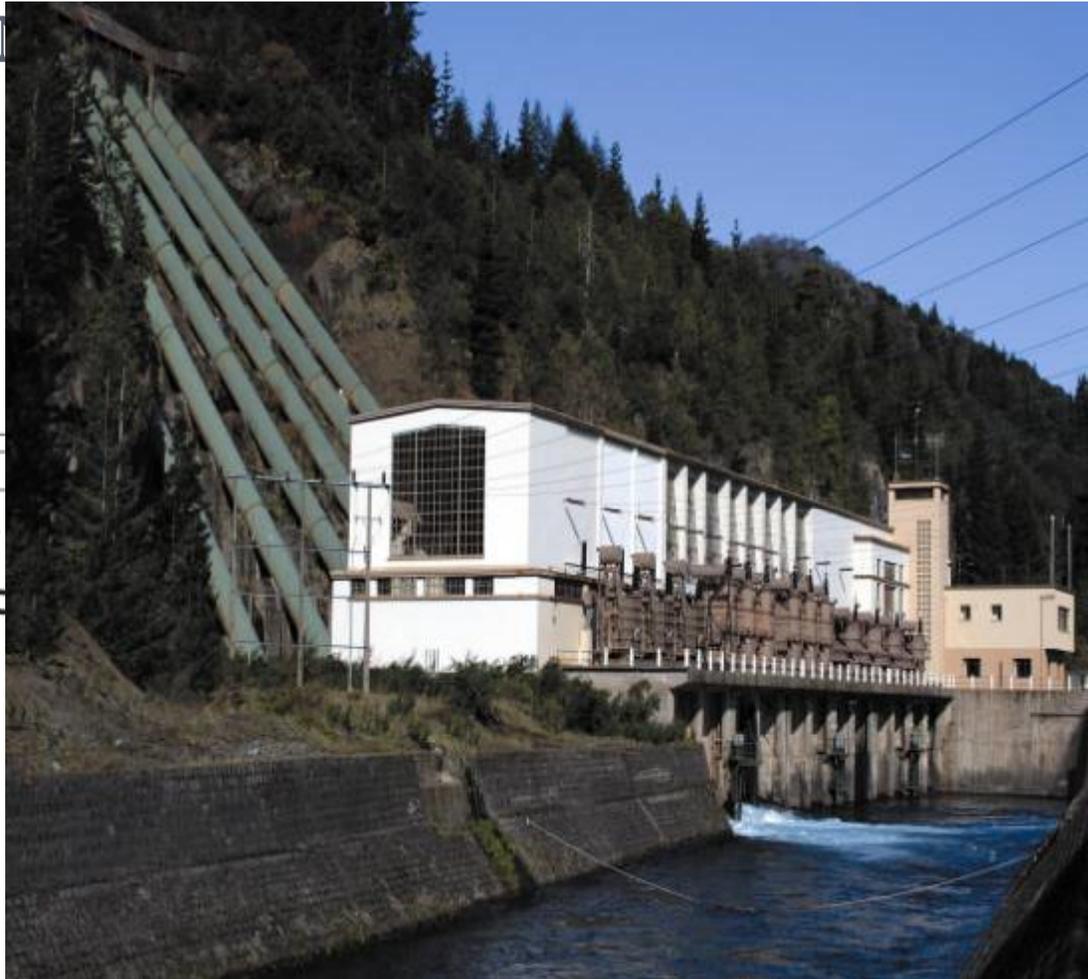
COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO CASA DE MÁQUINAS

- En la casa de máquinas se ubican máquinas de gran volumen y peso.
- Tiene como misión proteger de las adversidades climatológicas el equipo electrohidráulico que convierte la energía potencial en eléctrica
- Además de la turbina y generador, se ubican las válvulas de mantenimiento de las turbinas (si existiese más de una) y la válvula principal (para mantenimiento de todo el sistema)



COMPONENTES

- En pes
- Tie el e en rejilla
- Ade ma válv

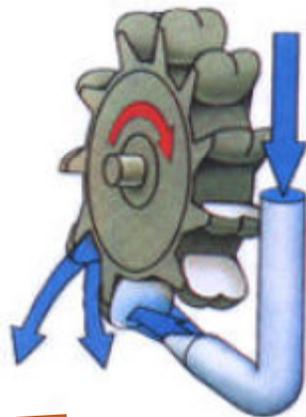


volumen y
atológicas
potencial
vulas de
(na) y la
tema)

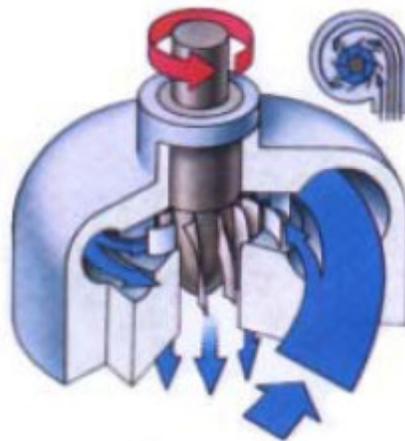
Ingeniero Daniel Garrido



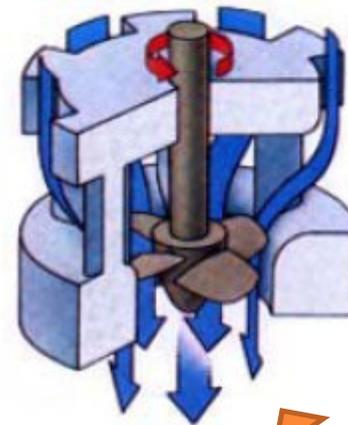
COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO TURBINA



Pelton



Francis



Kaplan



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO GENERADOR

Ingeniero Daniel Garrido

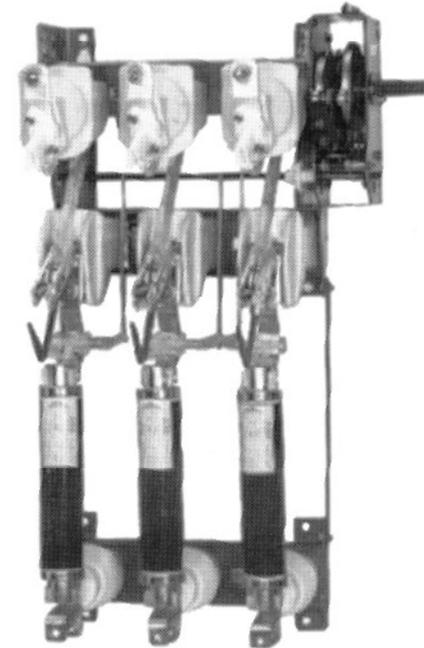
31





COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO S/E ELEVADORA

- Compuesta básicamente de un transformador de poder, un interruptor, desconectador y transformadores de medida.





Ingeniero Daniel Garrido



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO LÍNEA DE TRANSMISIÓN

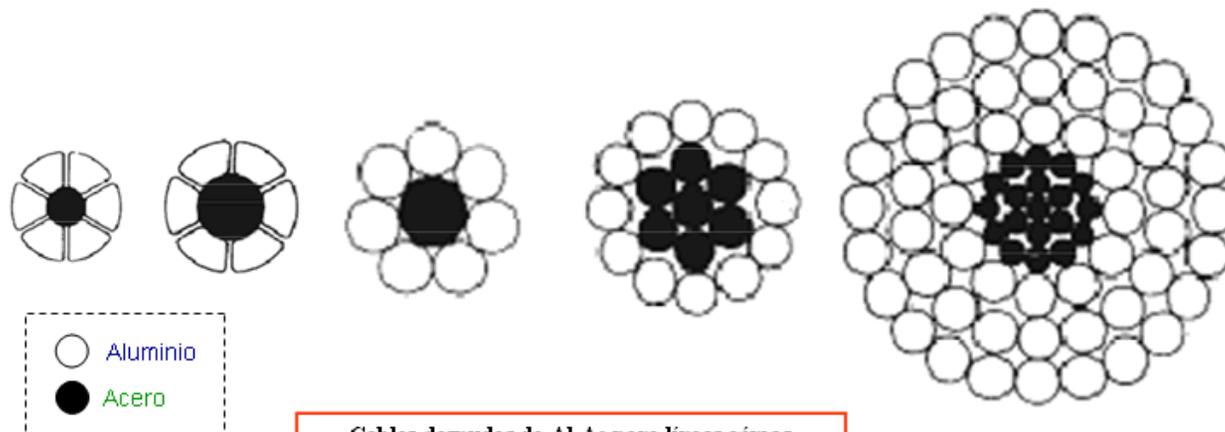
- Componentes:
 - Conductores
 - Aisladores
 - Soportes
 - Cable de guardia



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO LÍNEA DE TRANSMISIÓN

○ Componentes:

- Conductores
 - Desnudos
 - De cobre y aluminio
 - Distintas secciones para niveles de tensión y potencia a transmitir
- Aisladores
- Soportes
- Cable de guardia



Cables desnudos de Al-Ac para líneas aéreas



Circuito Simple

Ingeniero Daniel Garrido



Circuito Doble

Ingeniero Daniel Garrido



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- Protecciones del generador
 - Sub y sobrefrecuencia
 - Sub y sobretensión
 - Falla en estator
 - Falla en rotor
- Protecciones del sistema de transmisión
 - Protecciones de fase y residuales
 - Protecciones de distancia
 - Protecciones de sobrecorriente
 - Protecciones direccionales



COMPONENTES DE UNA MINIHIDRO

PUNTO CONEXIÓN AL SISTEMA

- Punto (tap off, S/E de enlace) en que se conecta a la red de transmisión (troncal, subtx, adicional, Dx)
- Para cada punto de conexión hay un precio definido