

CENTRALES HIDROELECTRICAS

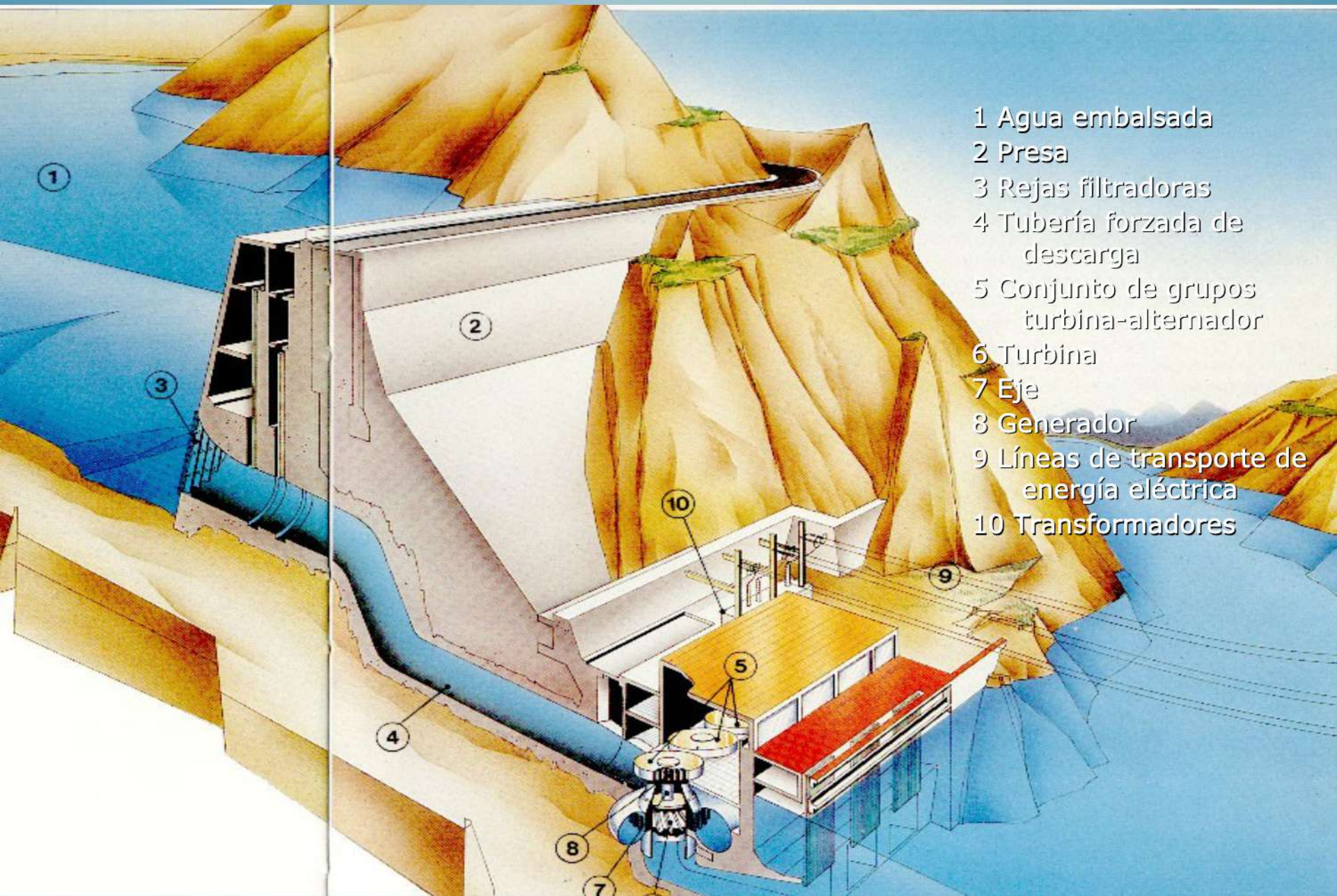
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BOMBEO



- ① Embalse superior
- ② Presa
- ③ Galería de conducción
- ④ Chimenea de equilibrio
- ⑤ Tubería forzada
- ⑥ Turbinas
- ⑦ Generador
- ⑧ Transformadores
- ⑨ Desagües
- ⑩ Línea de transporte de energía eléctrica
- ⑪ Embalse inferior o río



ELEMENTOS DE UN CENTRAL HIDROELÉCTRICA



1 Agua embalsada

2 Presa

3 Rejas filtradoras

4 Tubería forzada de
descarga

5 Conjunto de grupos
turbina-alternador

6 Turbina

7 Eje

8 Generador

9 Líneas de transporte de
energía eléctrica

10 Transformadores

CENTRALES HIDROELECTRICAS

Las Centrales hidroeléctricas se constituyen En muy diversas gamas de potencia, desde la Más pequeña hasta las de mayor potencia Conocida. Su instalación esté vinculada en Muchos casos a obras de riego o de regulari- Zación de rios para atemperar crecidas. Se Utiliza la energía potencial.

ING. FREDDY TAMAYO

CENTRALES HIDROELECTRICAS

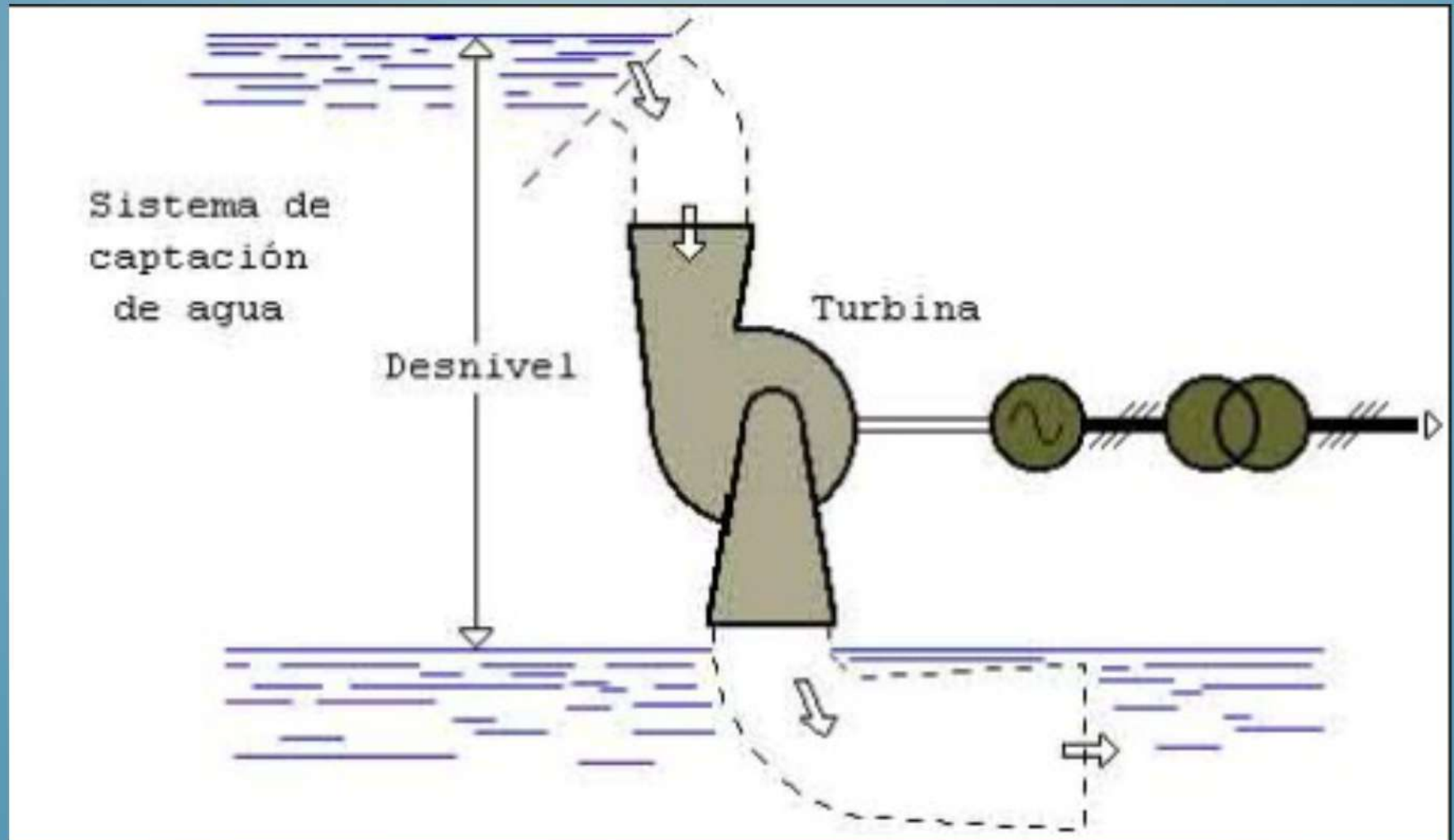
Generalidades

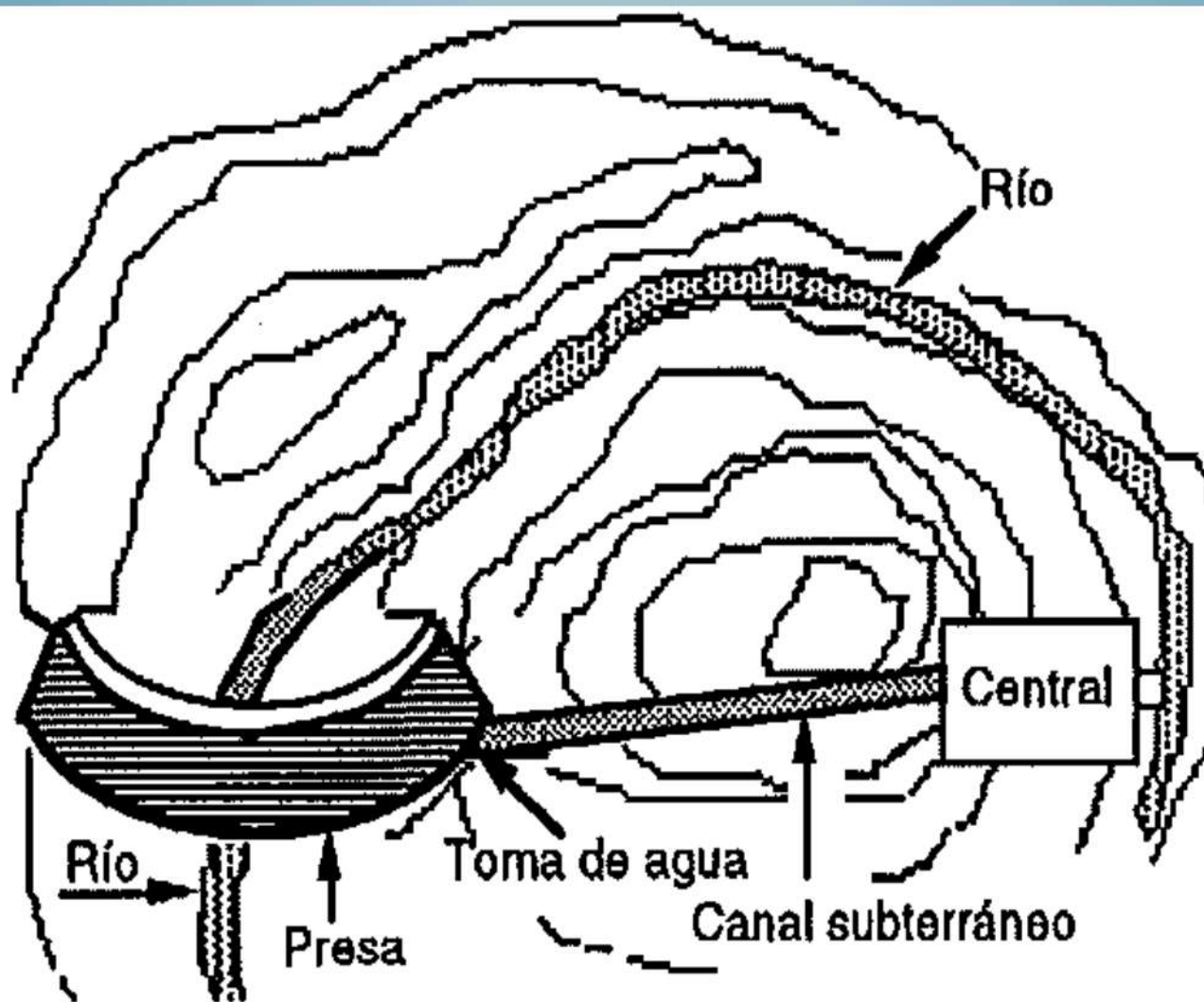
Un sistema de captación de agua provoca un desnivel que origina una cierta energía potencial acumulada dependiente de la velocidad del agua y de su caudal. La corriente de agua es desviada por un canal lateral la cuál tiene una pendiente diferente del cause primitivo.

También se puede atajar el agua por medio de una presa o azud.

CENTRALES HIDROELECTRICAS

Generalidades

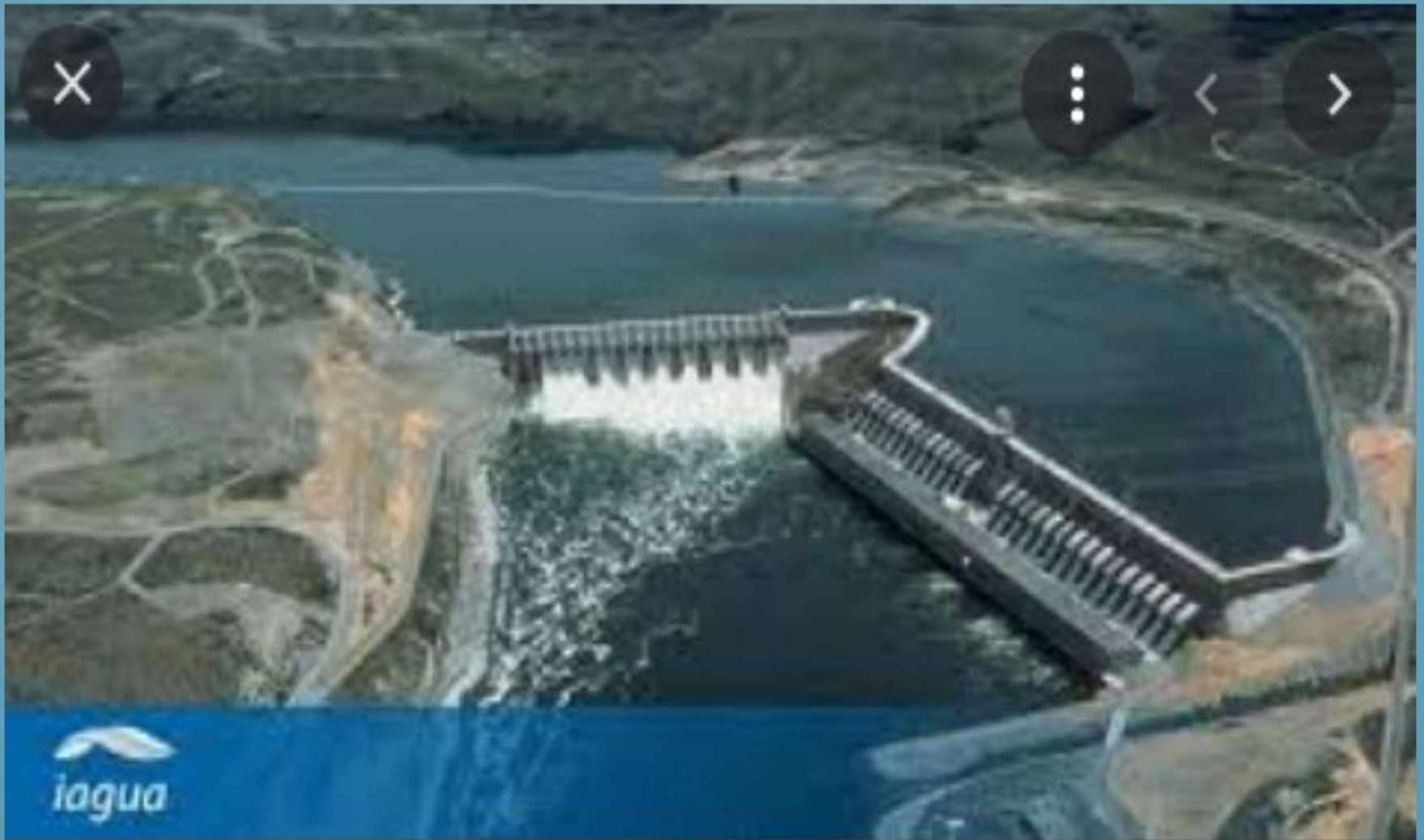




CENTRAL ELÉCTRICA DE PASADA



CENTRAL ELÉCTRICA CON REPRESA



CLASIFICACIÓN

La clasificación de las centrales hidroeléctricas dependen de muchos factores entre las cuáles Podemos mencionar:

- 1)La ubicación del rio
- 2)Embalce
- 3)La potencia que deberá generar.
- 4)El caudal del rio
- 5)Etc.

CLASIFICACIÓN

Centrales de alta presión

Alturas de salto hidráulico superiores a los 200 m. Como máquinas motrices se utilizan Generalmente turbinas Pelton o, para saltos De menor altura turbinas Francis.

La potencia de una central depende del salto de Agua.

CLASIFICACIÓN

Centrales de media presión

Alturas de saltos hidráulicos Comprendidos entre 20 y 200 m. Las máquinas motrices empleadas son las Turbinas Francis medias y rápidas.

Centrales de baja presión

Alturas de salto hidráulico inferiores a 20 m. Es la Zona de utilización de las turbinas Francis extrarápidas Las turbinas de hélice y sobre todo las turbinas Kaplan

CLASIFICACIÓN

Centrales de agua corriente.

Esto es cuando el agua del río no es represada. Mediante Canales apropiados se desvía el agua elevando su energía Potencial. Este tipo de central generalmente esta en el Rango de centrales de baja potencia.



CLASIFICACIÓN

Centrales Embalsadas.

Esto se consigue mediante un embalse artificial O pantano, en el cuál se acumula el agua que Podemos aprovechar en la central. El embalse Se consigue generalmente por medio de una Presa situada en lugares apropiados del rio.



DISPOSICIÓN GENERAL DE UNA CENTRAL HIDRÁULICA.

Para la formación de un salto de agua es preciso elevar el nivel superficial de ésta sobre el nivel de la corriente atajando el agua mediante una presa

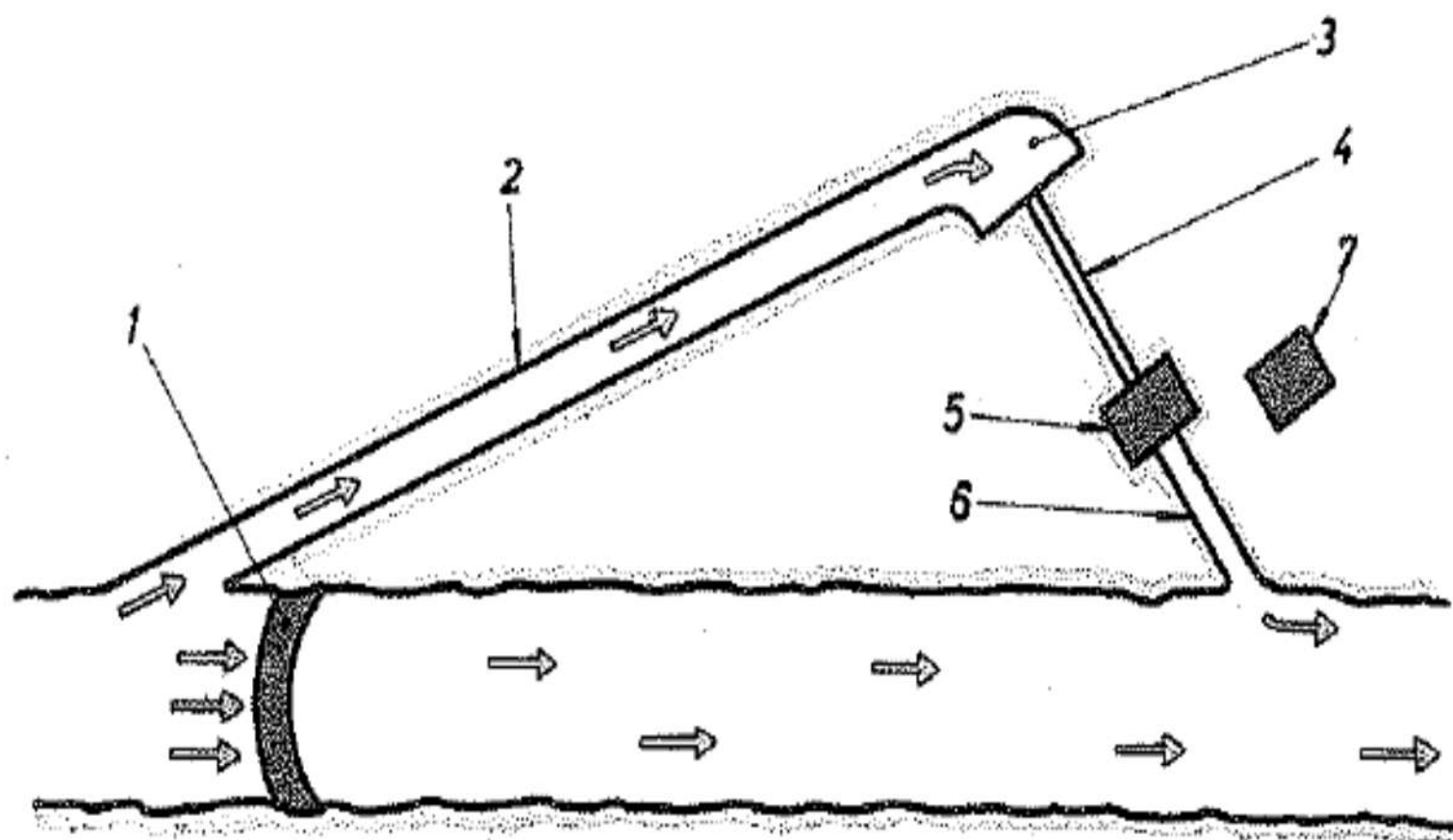


Fig. — Central hidráulica con canal de derivación, cámara de presión, tubería de presión y tubería de desagüe: 1—Presa. 2—Canal de derivación. 3—Cámara de presión. 4—Tubería de presión. 5—Central. 6—Tubería de desagüe. 7—Parque de distribución a alta tensión.

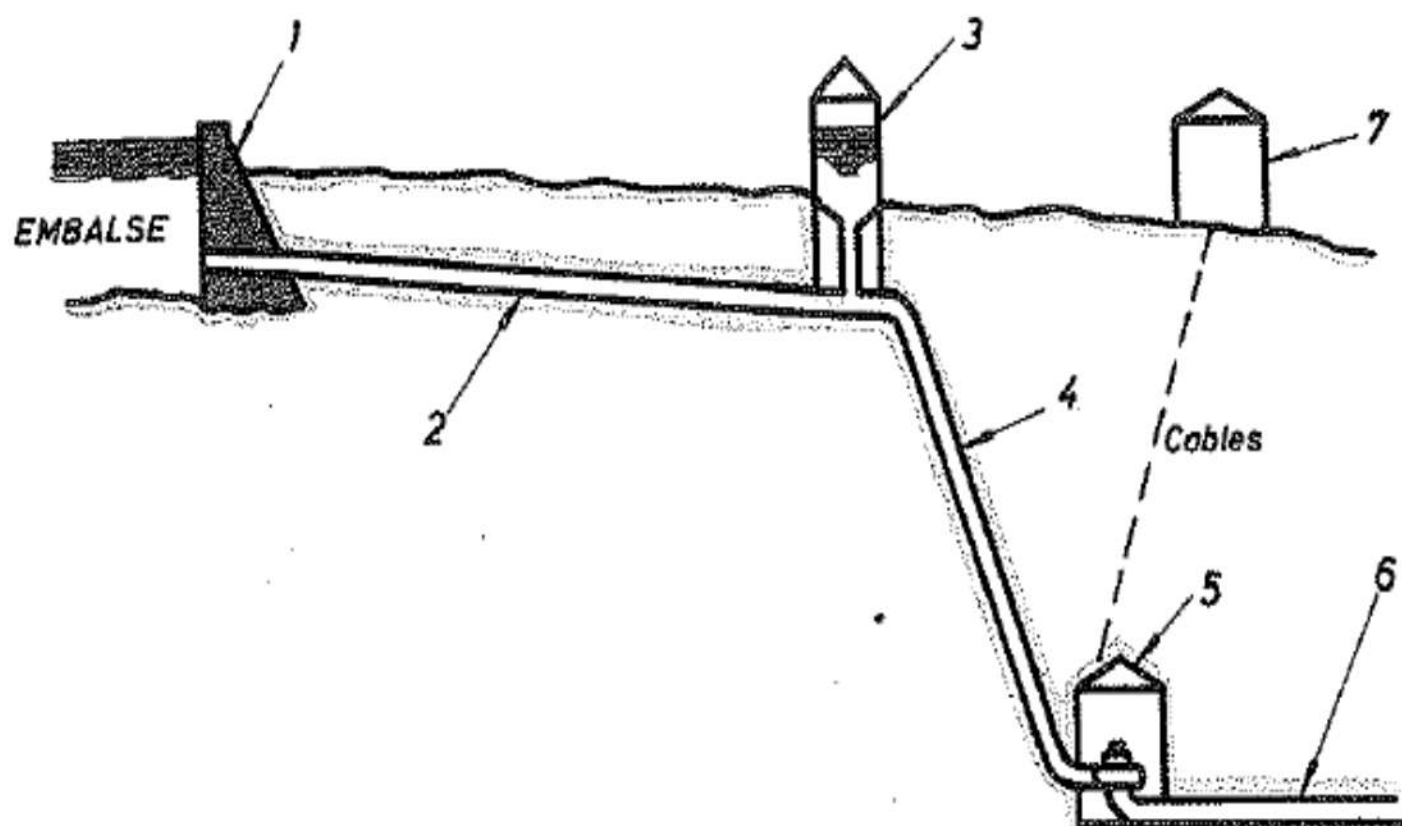


Fig. 20.—Central hidráulica con galería de presión, chimenea de equilibrio, tubería de presión y canal de desagüe: 1—Presa. 2—Galería de presión. 3—Chimenea de equilibrio. 4—Tubería de presión. 5—Central. 6—Canal de desagüe. 7—Parque de distribución a alta tensión.

La cámara de presión y la chimenea de Equilibrio tienen como función aliviar las Presiones debido a la variación de volumen Del agua. Las **chimeneas de equilibrio**, también llamadas pozos de oscilación o torres piezométricas, son estructuras complementarias a infraestructuras que trabajan con agua y cuyo objetivo es servir de amortiguador a sobrepresiones y Sub-presiones del canal.

Disposición. Salto sin canal de derivación y constituido, por lo tanto, tal como se indica en la figura , es decir, por los siguientes elementos :

1. Presa.
2. Tubería de presión, que parte directamente de la presa.
3. Central.
4. Canal de desagüe.
5. Parque de distribución a alta tensión.

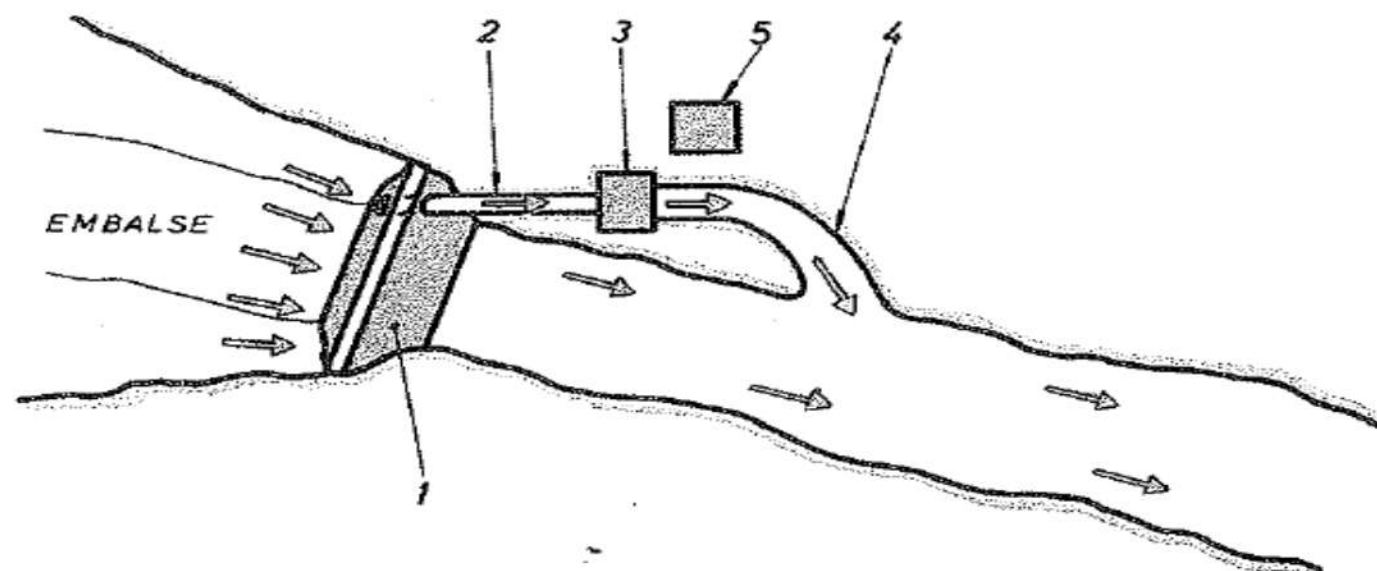


Fig. 22. — Central hidráulica con tubería de presión y canal de desagüe: 1—Presa. 2—Tubería de presión que parte directamente de la presa. 3—Central. 4—Canal de desagüe. 5—Parque de distribución a alta tensión.

Disposición. Se denominan *centrales de pie de presa*. Tal como puede apreciarse en la figura 30, no hay canal de derivación, ni tubería de presión ni canal de desagüe, lo que simplifica extraordinariamente la construcción de la central que está construida directamente

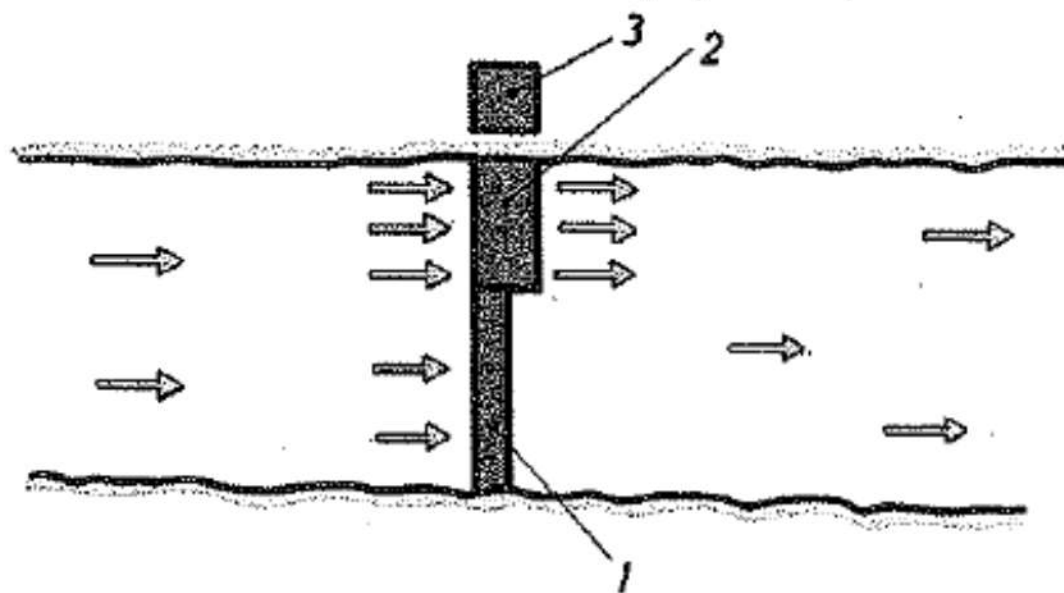


Fig. 30. — Central hidráulica de pie de presa: 1—Presa. 2—Central. 3—Parque de distribución a alta tensión.

formando conjunto con la presa. Por lo general, se trata de centrales de agua corriente, para pequeños saltos. De acuerdo con la figura 30, los elementos constitutivos de una central de este tipo, son los siguientes :



Componentes de una central a pie de presa

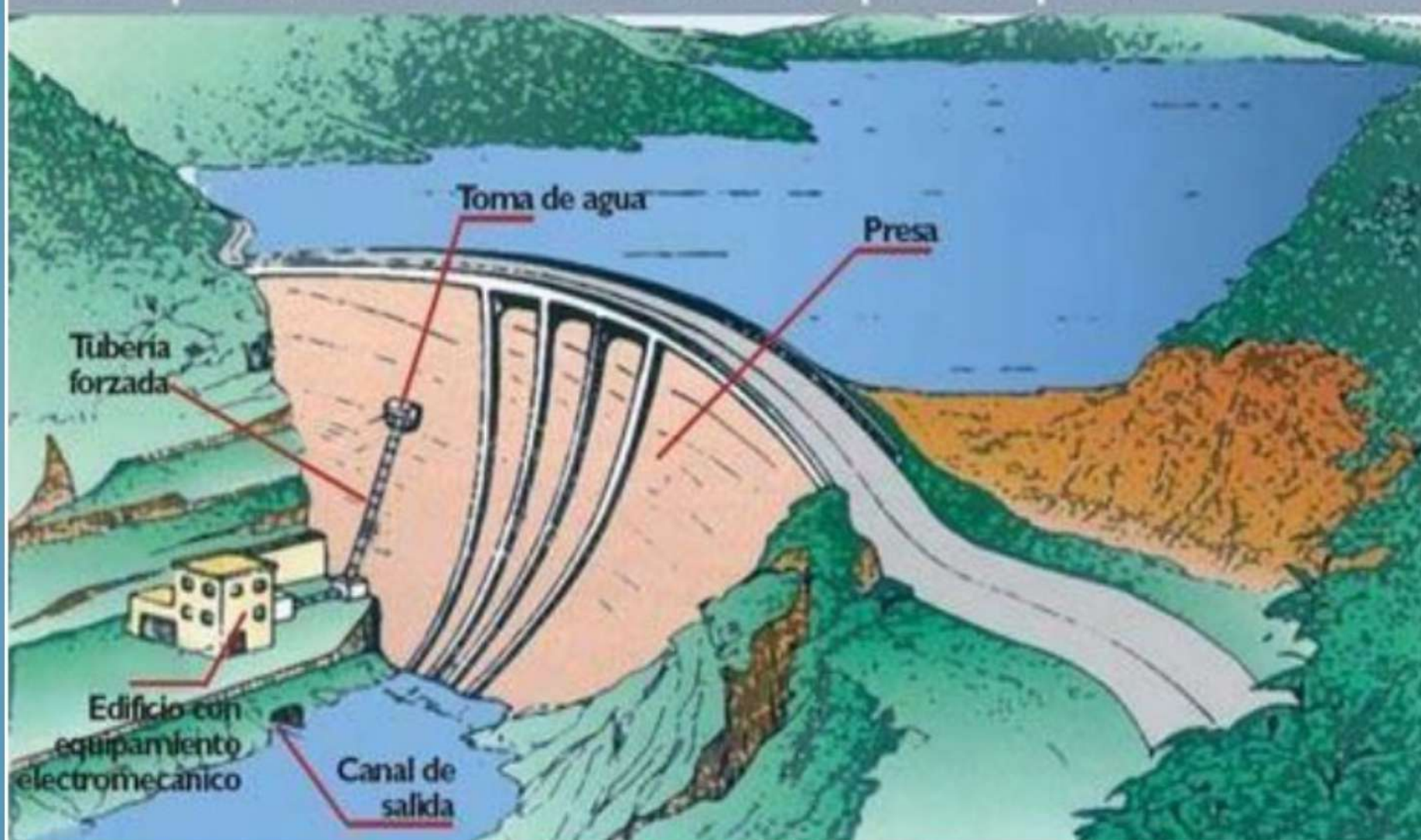
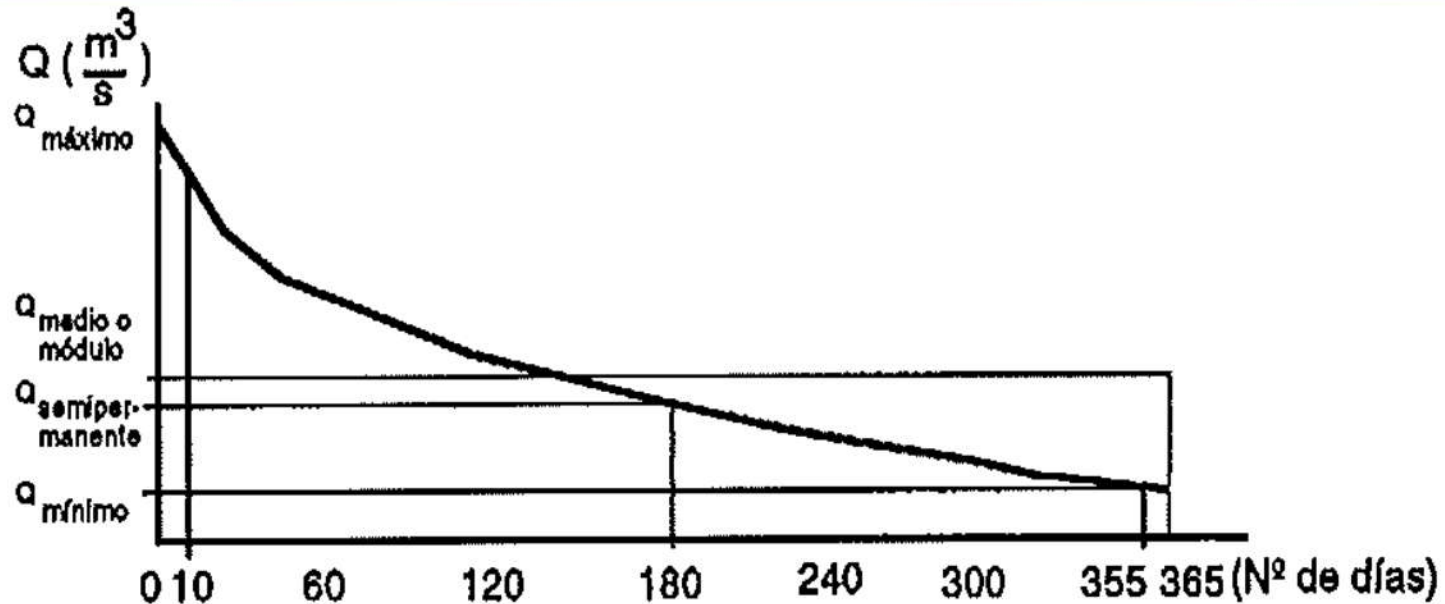
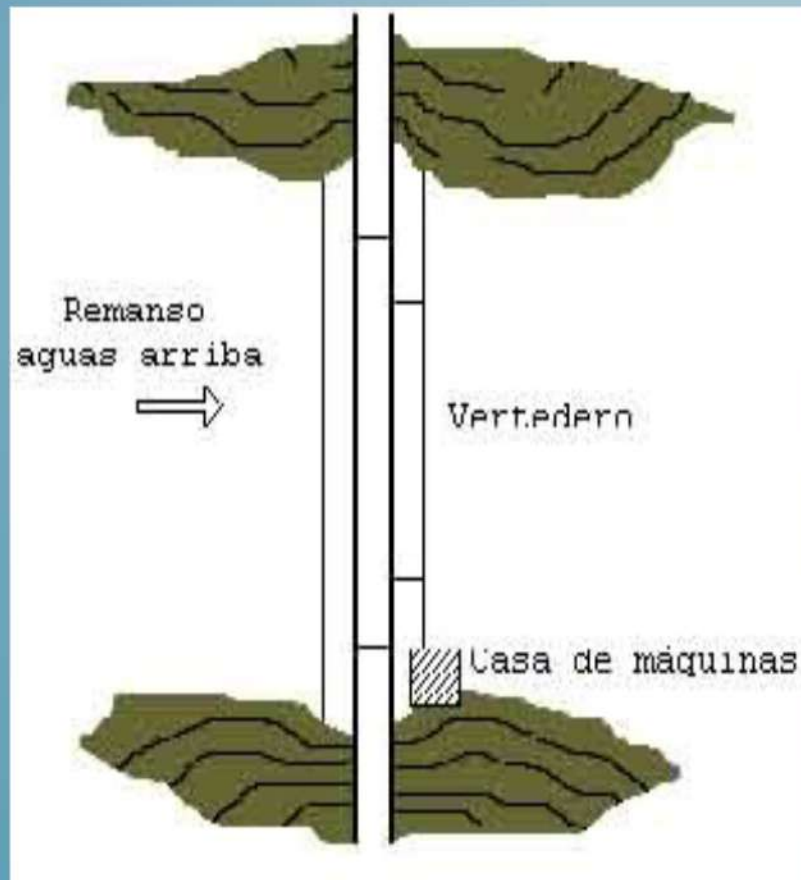


Figura 4: Componentes de una central a pie de presa. Fuente: www.ecovive.com

- SALTO DEL APROVECHAMIENTO: H_n (m)
- SALTO BRUTO: H_c (m)
- SALTO ÚTIL: H_m (m)



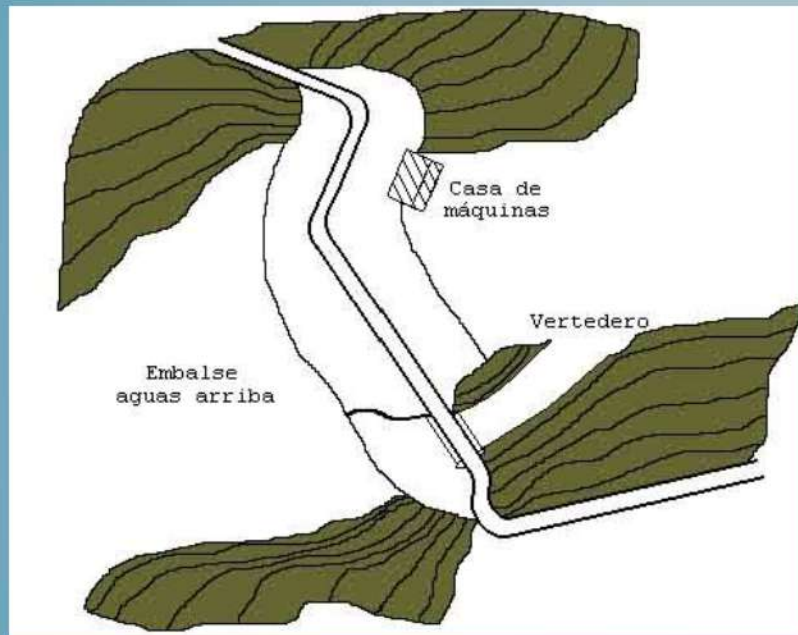
- CAUDAL MEDIO O MÓDULO
- CAUDAL INFERIOR (355 días)
- CAUDAL MÁXIMO (10 días)
- CAUDAL SEMIPERMANENTE (180 días)



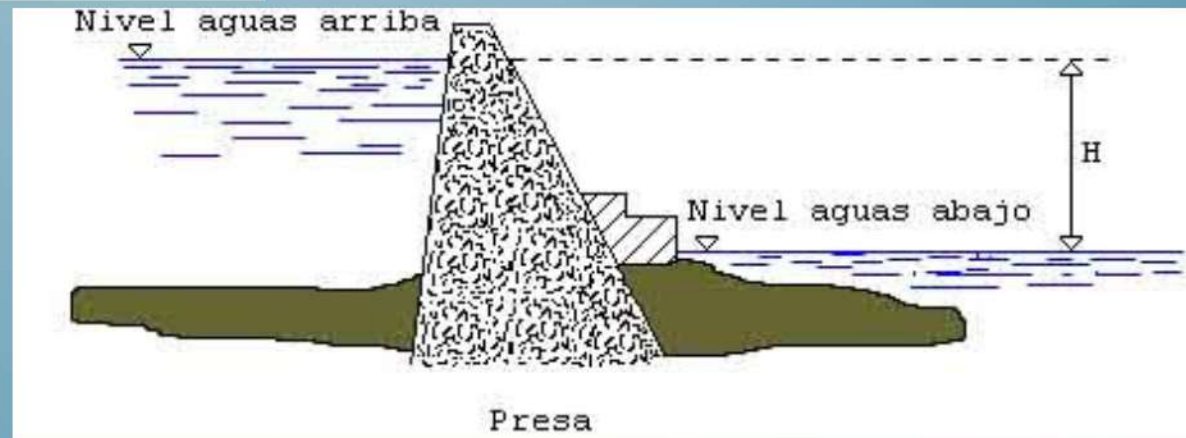
- EL DESNIVEL ENTRE "AGUAS ARRIBA" Y "AGUAS ABAJO", ES REDUCIDO
- EL EMBALSE TIENE CAPACIDAD REDUCIDA EN RELACIÓN AL MÓDULO

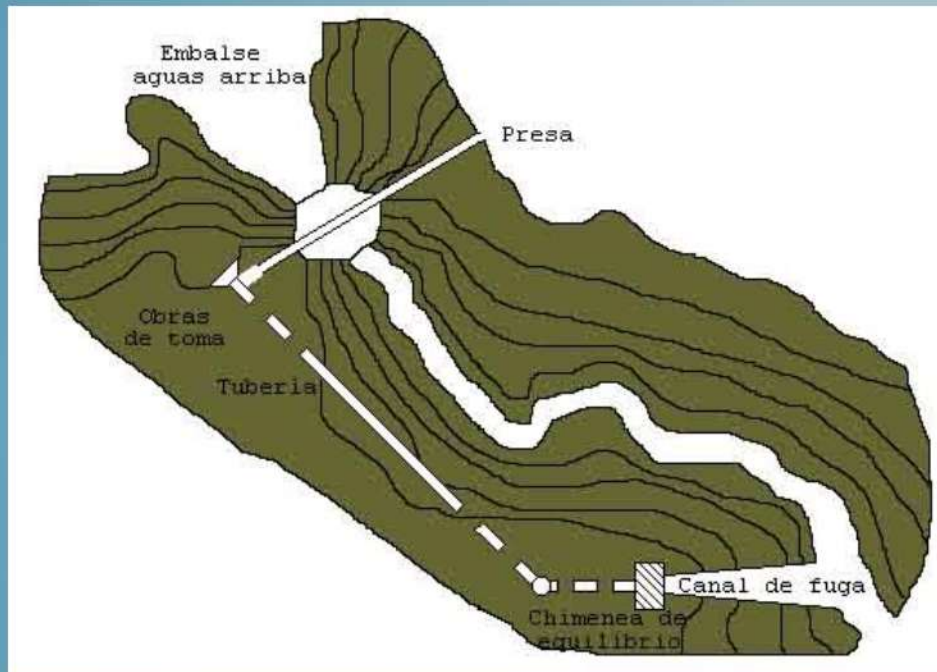


CENTRAL HIDROELÉCTRICA CON EMBALSE DE RESERVA Y CASA DE MÁQUINAS AL PIE DE LA PRESA

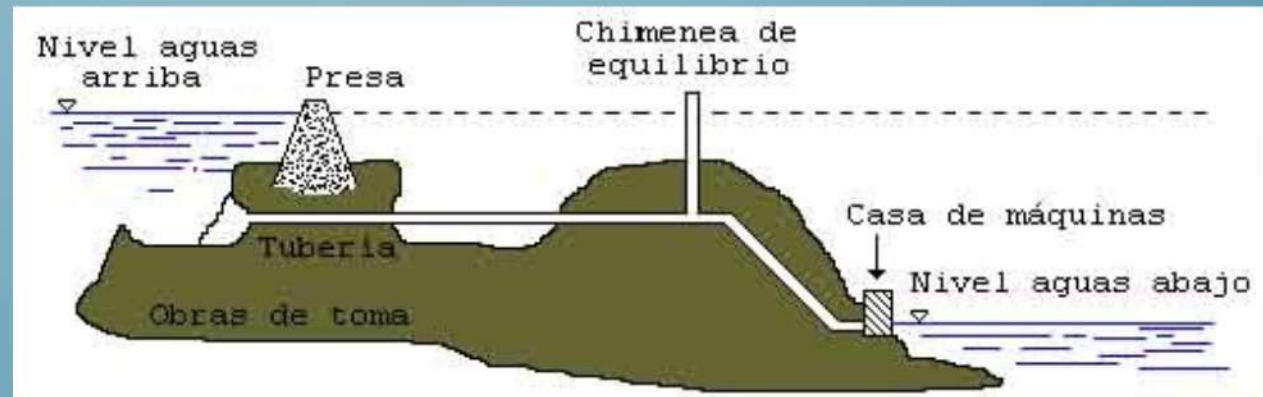


- SE EMBALSA UN VOLUMEN CONSIDERABLE DE LÍQUIDO "AGUAS ARRIBA" DE LAS TURBINAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA O MÁS PRESAS QUE FORMAN LAGOS ARTIFICIALES





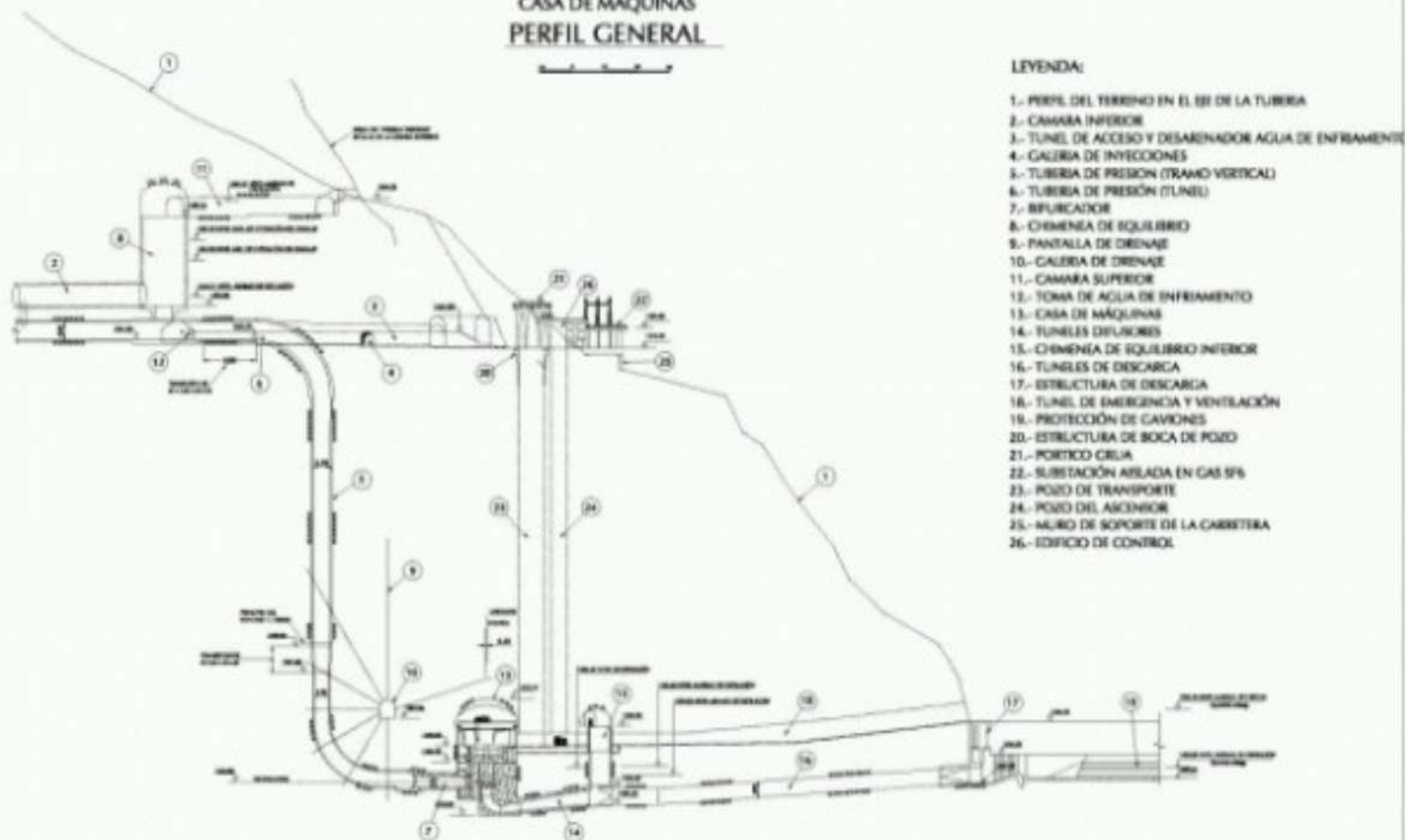
- EN EL LUGAR APROPIADO POR LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO, SE UBICA LA OBRA DE TOMA DE AGUA, Y EL AGUA SE CONDUCE POR MEDIO DE CANALES, O TUBERÍAS DE PRESIÓN, HASTA LAS PROXIMIDADES DE LA CASA DE MÁQUINAS.



Perfil General Casa de Maquinas Central Agoyán

GRAFICO 24

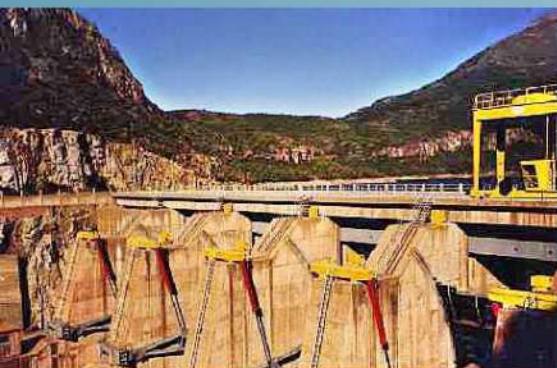
INECEL
CENTRAL AGOYAN
CASA DE MAQUINAS
PERFIL GENERAL



PRESA DE MATERIALES SUELTOS CON NÚCLEO IMPERMEABLE - CONDUCCIÓN EN TÚNEL Y PUENTE TUBERÍA

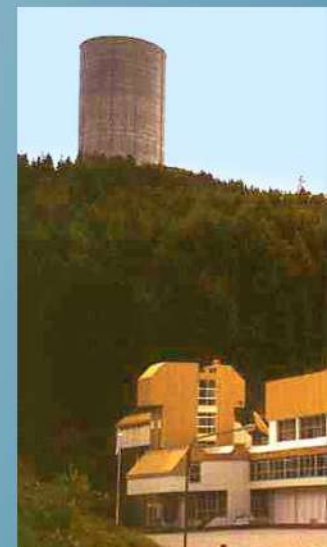


PRESA



VERTEDERO

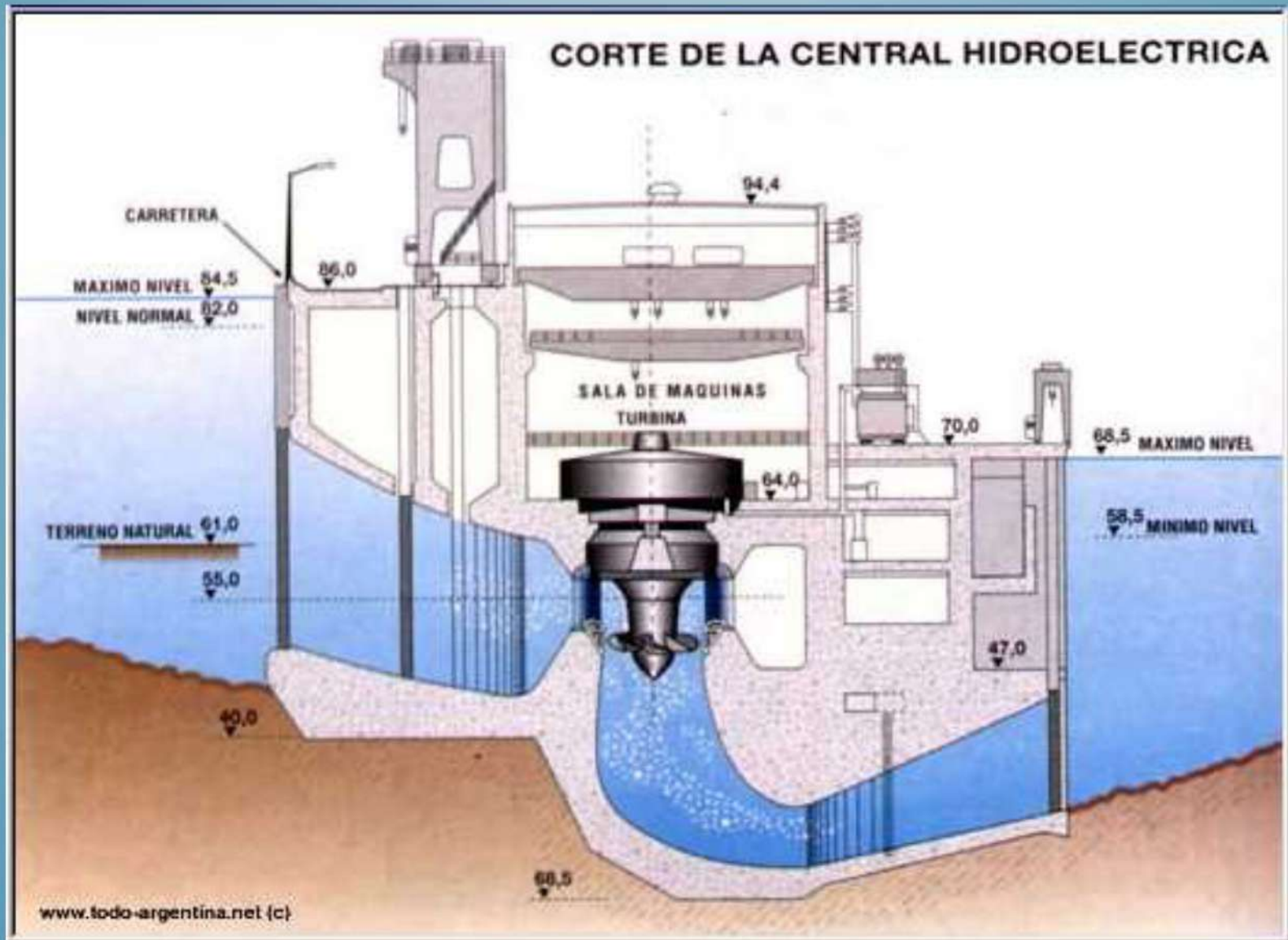
PUENTE TUBERÍA



CHIMENEA DE EQUILIBRIO

**FUTALEUFÚ - CHUBUT - CUENCA RÍO FUTALEUFÚ
CON 4 TURBINAS FRANCIS DE 112 MW CADA UNA**

CORTE DESCRIPTIVO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA CENTRAL HIDRAÚLICA

ALTURA DEL SALTO APROVECHABLE

En las centrales hidráulicas no se aprovecha toda la altura del salto, existe pérdidas de altura por diversas causas. Se denominará :

Salto total.- A la diferencia de las cota máxima y mínima

Salto Bruto o disponible .- A la diferencia de niveles de agua entre la cámara de presión y el final del tubo de aspiración.

ALTURA DEL SALTO APROVECHABLE

Salto Neto.- Al efectivamente utilizado por las turbinas.

Utilizaremos la siguiente nomenclatura para describir la terminología de las ecuaciones para el cálculo de los saltos de agua enunciados.

h1 Pérdida de altura debida al remanso

h2 Pérdida ,presa , canal de derivación y elementos constitutivos

h3 Pérdida de presión en la cámara de presión y chimenea de equilibrio.

h4 Pérdidas en la tubería de presión

h5 Pérdida den la turbina

h6 Pérdidas en el tubo de aspiración

h7 Pérdida en el canal de desague.

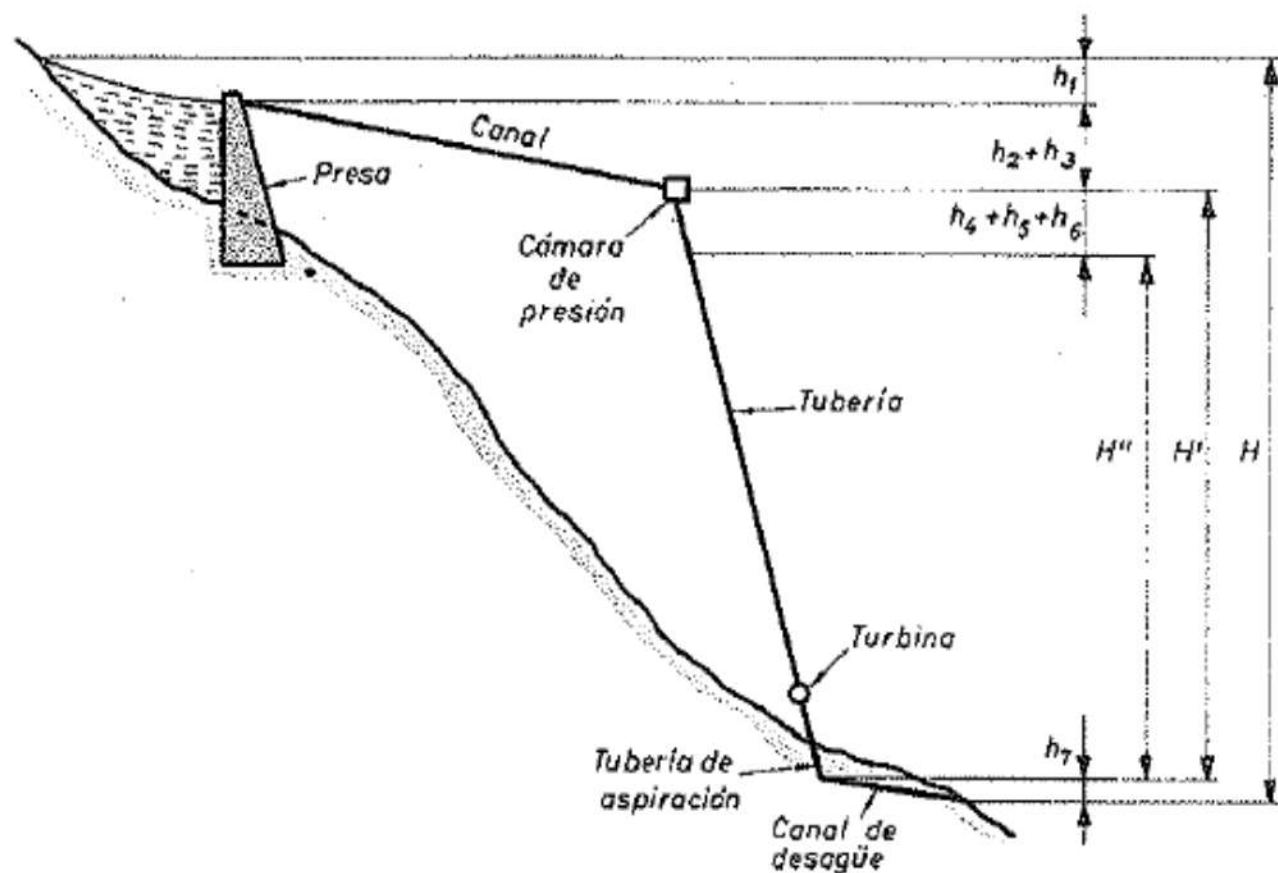


Fig. — Representación esquemática de la altura de salto aprovechable: h_1 —pérdida debida al remanso. h_2 —pérdida en el canal. h_3 —pérdida en la cámara de presión. h_4 —pérdida en la tubería. h_5 —pérdida en la turbina. h_6 —pérdida en el tubo de aspiración. h_7 —pérdida en el canal de desagüe. H —altura de salto total. H' —altura de salto bruto. H'' —altura de salto neto.

ALTURA DEL SALTO BRUTO O DISPONIBLE

$$H' = H - (h_1 + h_2 + h_3 + h_7)$$

Donde:

H Altura del salto total

H' Altura del salto bruto

h_1, h_2, h_3, h_7 ya se han definido

ALTURA DEL SALTO NETO

$$H'' = H - (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7).$$

$$H'' = H' - (h_4 + h_5 + h_6).$$

Donde:

H'' Altura del salto Neto

H, H', h_1 hasta h_7 ya han sido definidas.

POTENCIA DE UN SALTO DE AGUA

Es el trabajo durante un segundo por una Masa de agua o caudal que pasa de una Posición superior a una inferior. Por otra parte Es la energía correspondiente a la misma unidad de tiempo, de la velocidad que el agua Puede adquirir en las turbinas como consecuencia de la presión a que esta sometida.

POTENCIA DE UN SALTO DE AGUA

$$P = 1000 * Q * H' \quad (\text{kg/seg})$$

$$P = 1000 * Q * H' / 75 \quad (\text{Cv})$$

Donde:

Q: caudal en m cúbicos por segundo

H': El salto bruto o disponible.

RENDIMIENTO DE LA TURBINA

$$\eta_t = \frac{H'}{H''}$$

Donde H' y H'' ya se han definido anteriormente

Potencia suministrada por el generador

$$P = 1000 * Q * H * nt * \frac{ng}{75} (CV)$$

Siendo ng el rendimiento del generador.

Si $nt = 0.82$ y $ng = 0.92$ y $Kw = 1.34 Cv$

La expresión de potencia será.

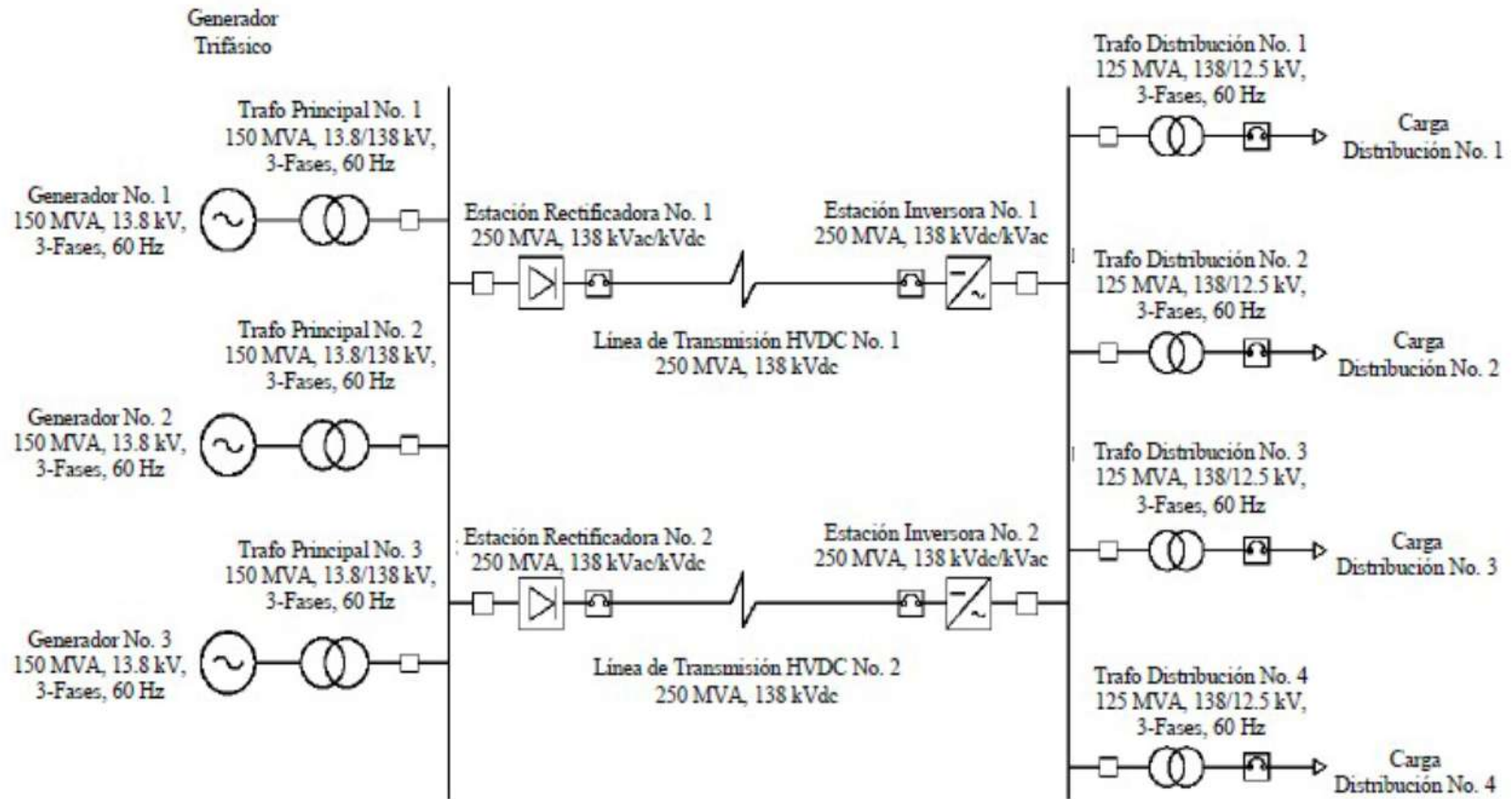
$$P = 7.4 * Q * H' (kW)$$

Características de carga de una central

Para determinar la capacidad de una central hidráulica se han de tener en cuenta los siguientes factores.

- 1) Características generales de la carga (factores de : carga, demanda, instalación etc.
- 2) Exigencias presentes y futuras del mercado
- 3) Salto utilizable.
- 4) Caudal del río en los diferentes años y épocas del año
- 5) Posibilidad de regulación del agua.
- 6) Costo de las obras con o sin regulación de agua.
- 7) Costo de la energía producida y comparación con el valor de venta.
- 8) Interconexiones.
- 9) Necesidad de centrales auxiliares
- 10) Importancia de los picos en las curvas de demanda.
- 11) Factor de utilización hidráulico $f = \frac{\text{vol_agua_anual turb}}{\text{vol_Agua -anual_total}}$

DISPOSICIÓN DE CENTRALES DE GENERACIÓN ELECTRICA EN UN SEP



Fuente: Imagen Autor ®

Figura 1.01: Generación AC – Transmisión HVDC – Carga AC

Componentes Principales de una Central Hidroeléctrica

Presa o Embalse

La presa o embalse almacena agua proveniente de las lluvias, los ríos y las corrientes con los objetivos siguientes: Control de inundaciones; agua potable para acueductos; agua para riego de predios agrícolas, y, producción de electricidad. En algunos casos sirve para fines turísticos.

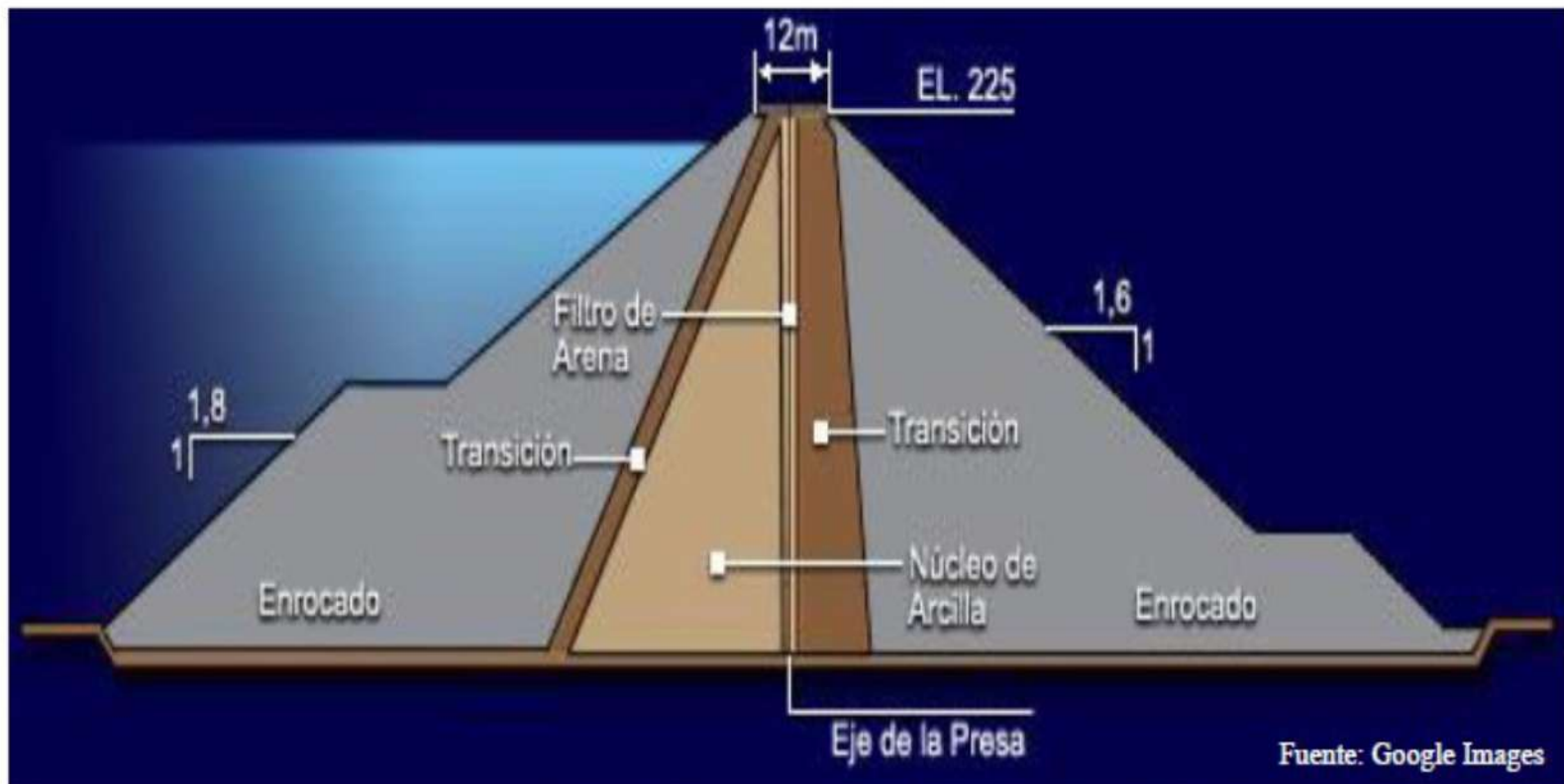
Las presas pueden clasificarse por el material empleado en su construcción en:

1. Presa de Tierra.
2. Presa de Hormigón.
 - 2.1) Presa de Gravedad.
 - 2.2) Presa de Arco o de Bóveda.

COMPONENTES DE UNA CENTRAL HIDRAULICA

Presa de Tierra

Es aquella presa cuyo muro es construido fundamentalmente de arcilla compactada y roca como se muestra en la Figura 8.05 siguiente:



Elementos constitutivos de una presa de tierra.

Estas presas son constituidas por materiales Naturales, consiguiendose impermeabilidad Por apelmazamiento del material mediante Apisonamiento, dimentación etc.

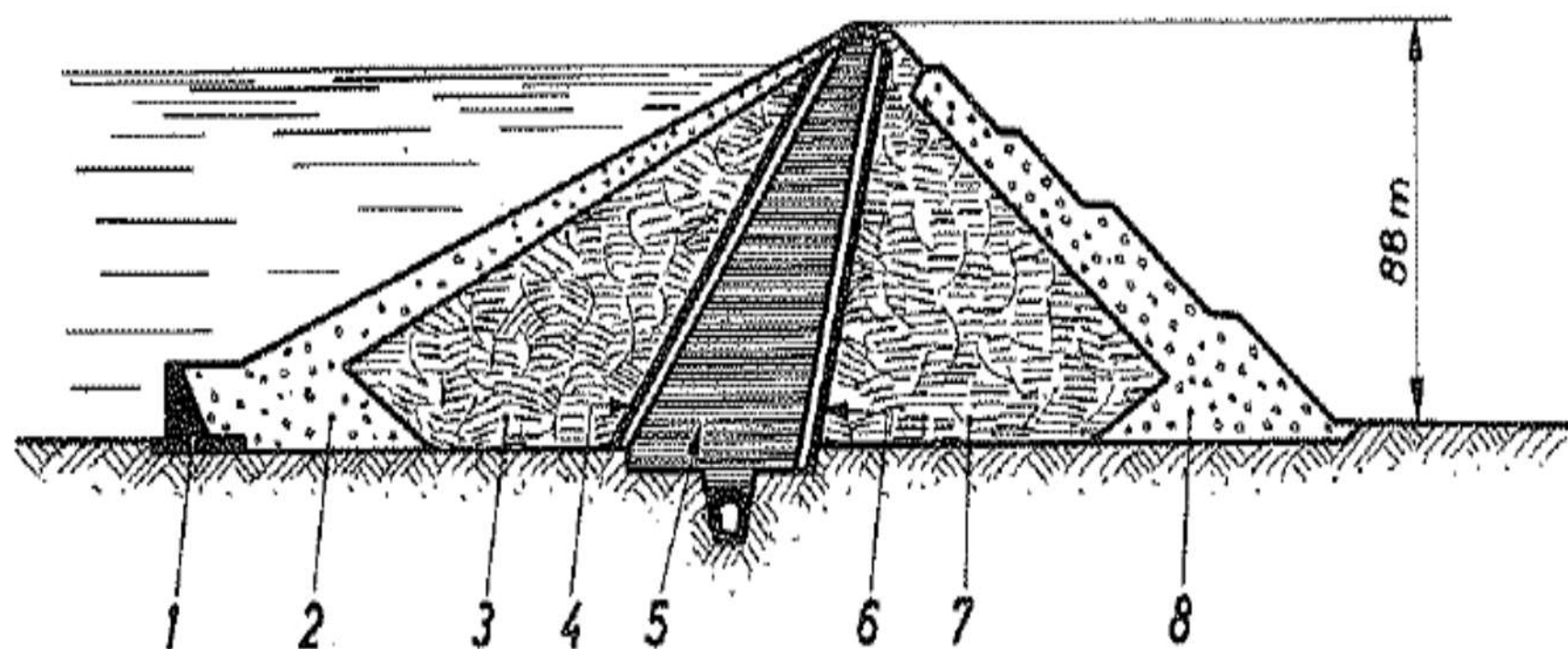
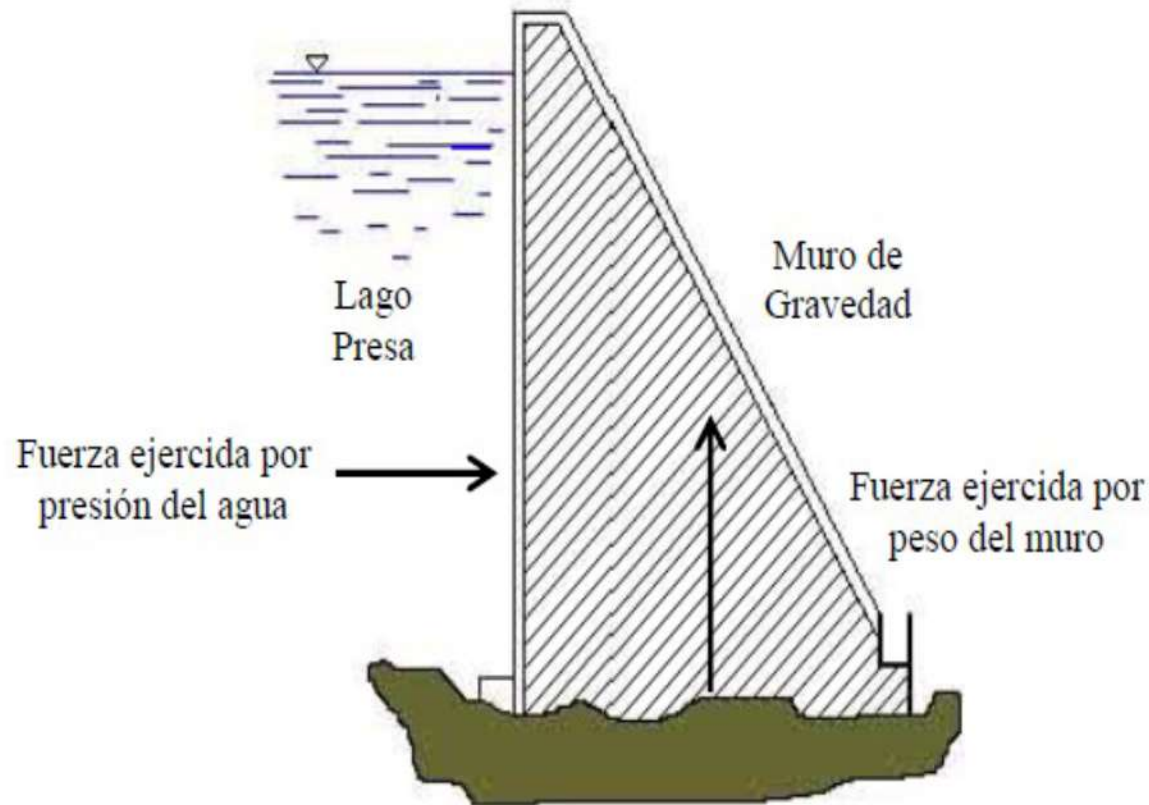


Fig. 45.—Presa de tierra y escollera de la central de Portodemouros, sobre el río Ulla (Hidroeléctrica Moncabril): 1—Ataguía. 2—Paramento de aguas arriba, de escollera vertida. 3—Relleno impermeable de pizarra apisonada. 4—Pantalla de hormigón en masa. 5—Núcleo de arcilla apisonada. 6—Pantalla de hormigón en masa. 7—Relleno impermeable de pizarra apisonada. 8—Talud de aguas abajo, de escollera vertida.

Presa de hormigón.- En este tipo el muro es construido de hormigón armado. Hay, a su vez, dos tipos de presas de hormigón: Presa de gravedad y Presa de Arco o de Bóveda.

La Presa de Gravedad tiene un peso adecuado para contrarrestar el momento de vuelco producido por la columna de agua, como se puede apreciar en la Figura 8.07 siguiente:



Fuente: Google Images

Características presa de hormigón de gravedad.

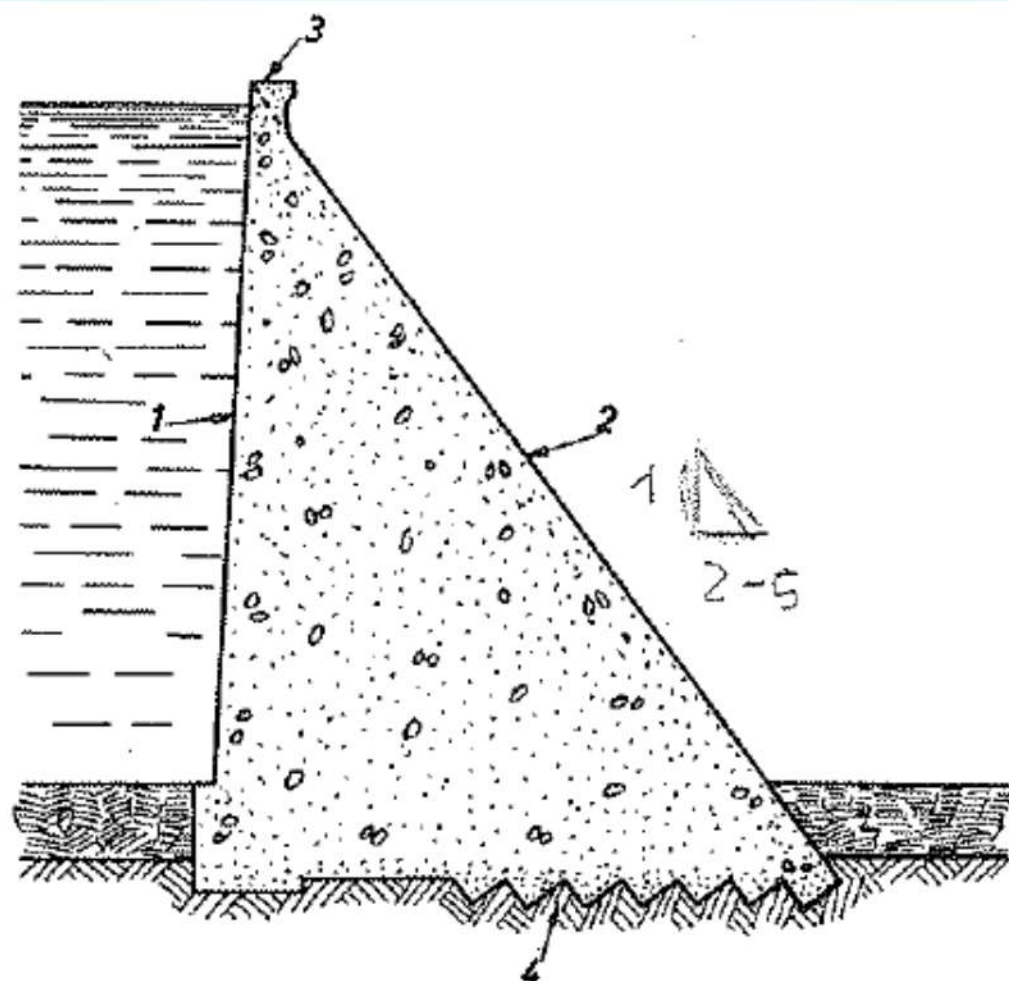


Fig. — Perfil de una presa de gravedad: 1—Dorso, o paramento de aguas arriba. 2—Talud, o paramento de aguas abajo. 3—Coronación. 4—Base.

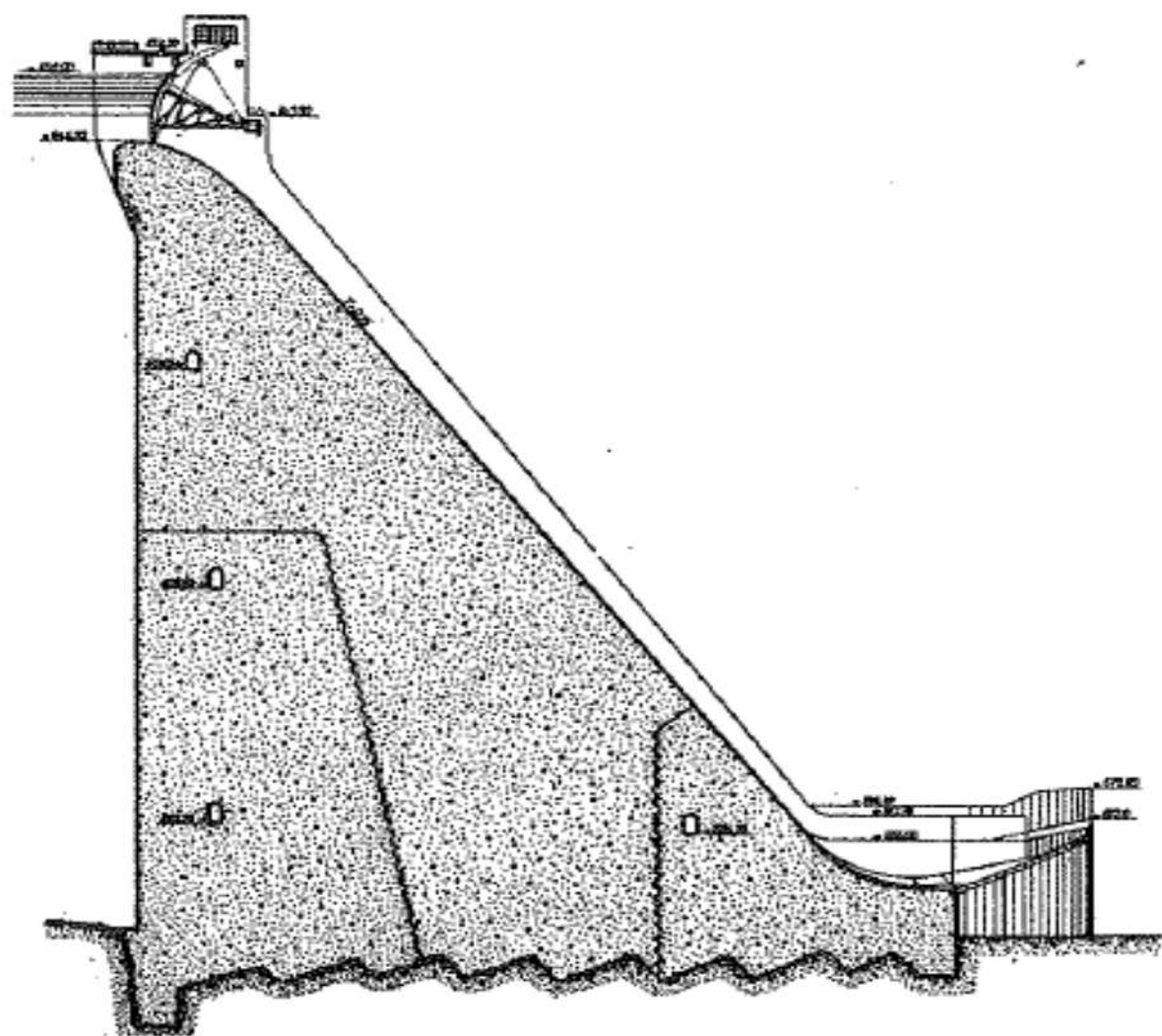


Fig. — Perfil, por el vertedero, de la presa de gravedad de Bao, sobre el río Bibey (Saltos del Sil S. A.).

La Presa de Hormigón tipo Bóveda es menos masiva en su construcción, poseen forma de arco y se instalan entre montañas, sobre todo aquellas que están formadas por rocas y poseen gargantas estrechas. A medida que el agua ejerce presión sobre el muro, este se acuña en las laderas de la montaña.

La Figura siguiente muestra una fotografía de la Presa de Hoover, edificada entre los Estados de Arizona y Nevada, 30 millas al Sudeste de la ciudad de Las Vegas, Estados Unidos de América, construida como una presa tipo bóveda.



Presa Hoover, tipo bóveda, Arizona y Nevada, Estados Unidos.

SECCION POR UNA TOMA

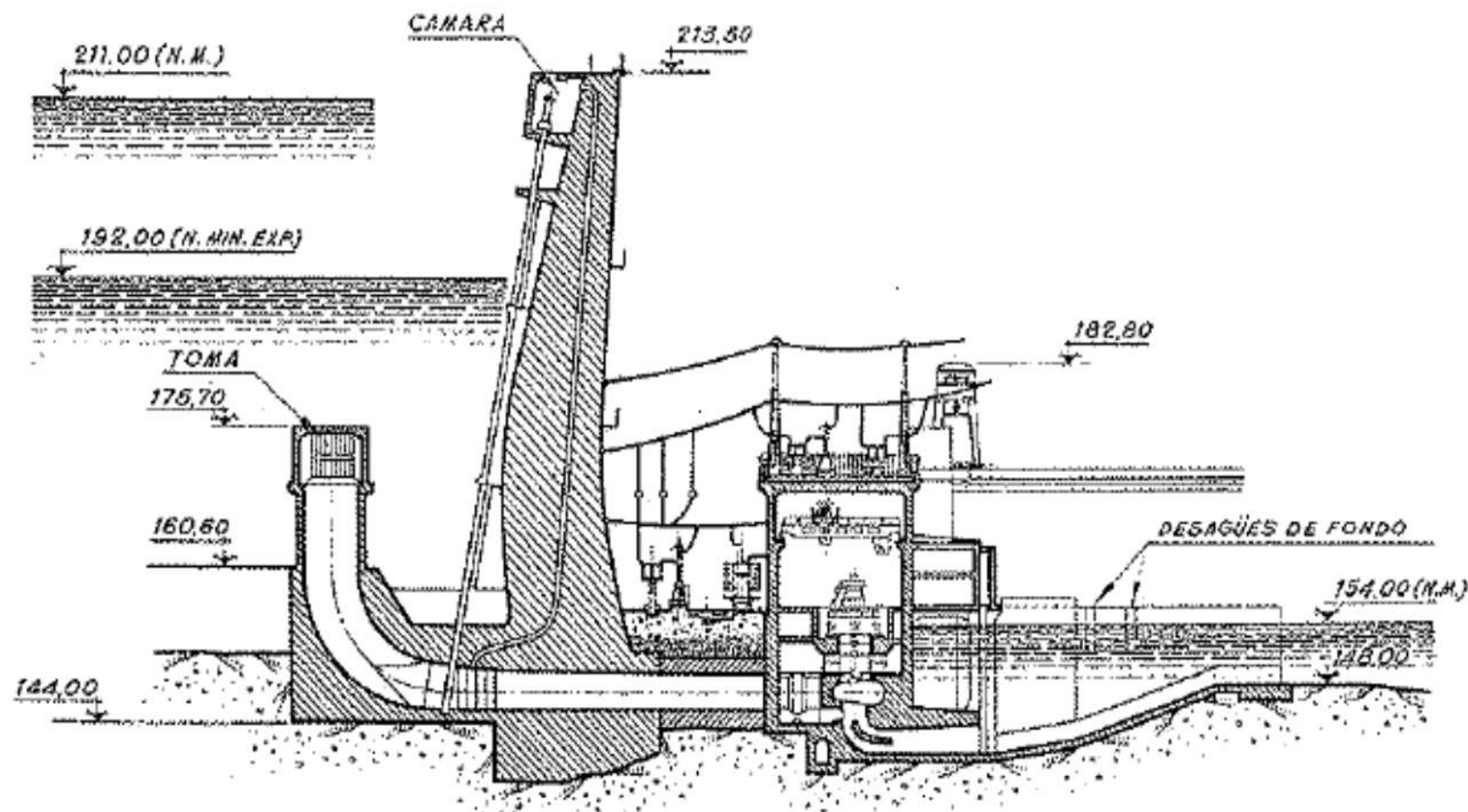


Fig. 54. — Sección de la presa de arco sencillo y de la central de pie de presa del salto de Valdecañas (Hidroeléctrica Española S.A.).

PRESAS DE ARCOS MULTIPLES

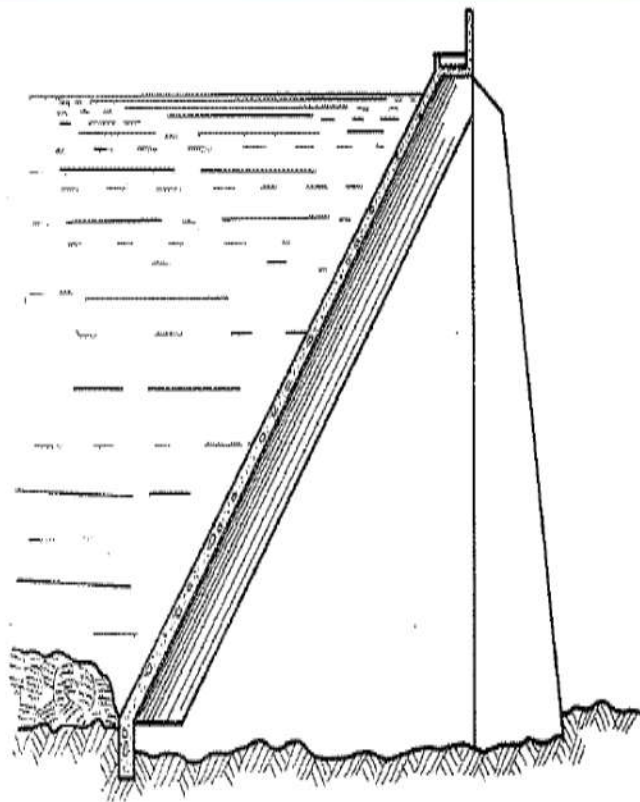
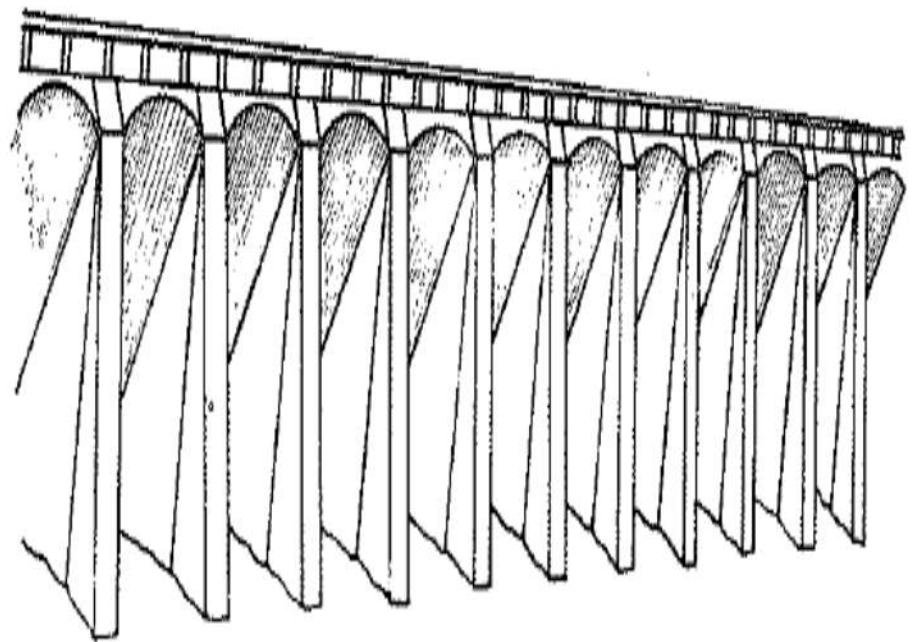


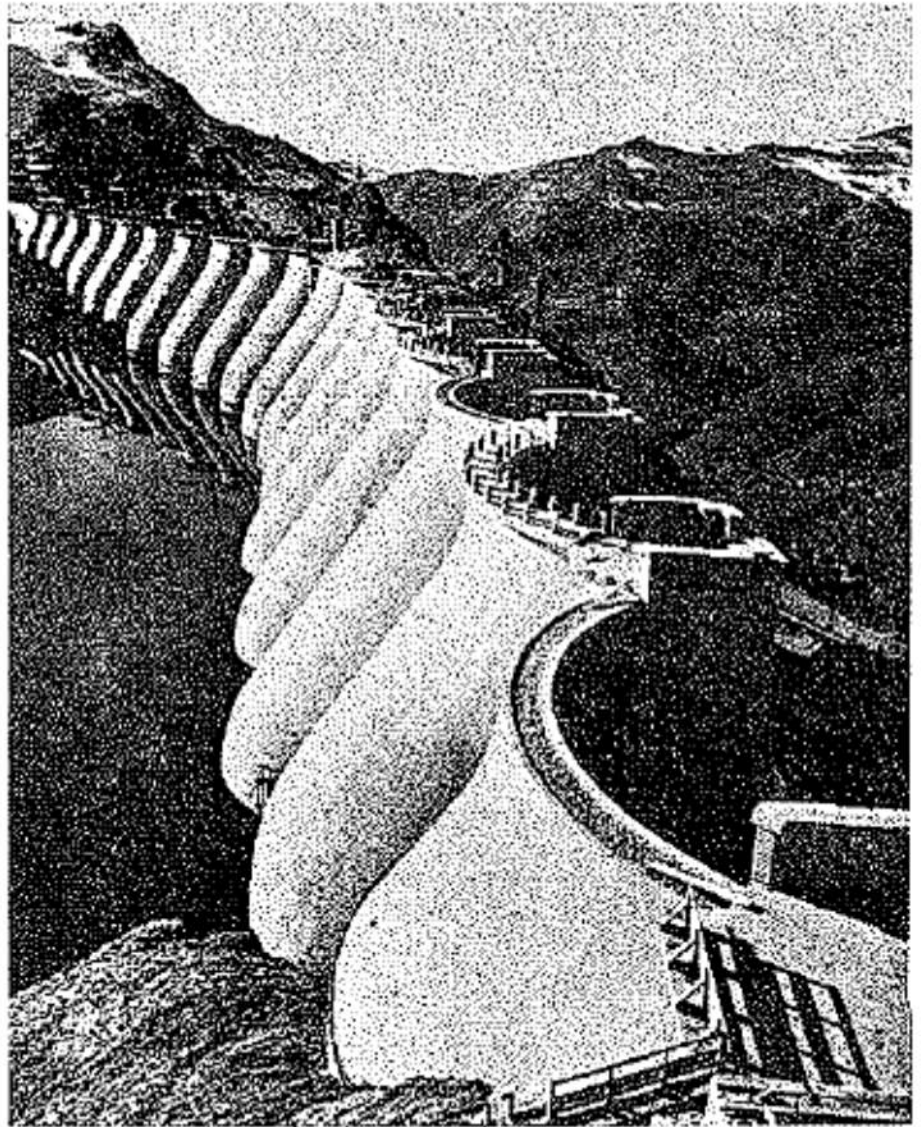
Fig. 61.—Perfil de una presa de arcos múltiples.



Vista en perspectiva, lado aguas abajo, de una presa de arcos múltiples.

En las presas de arcos múltiples el perfil Transversal queda Dividido en varios vanos que se cierran Por medio de bóvedas

Fig. 63. — Presa de arcos múltiples de la Girotte, sobre el lago del mismo nombre, en Francia.



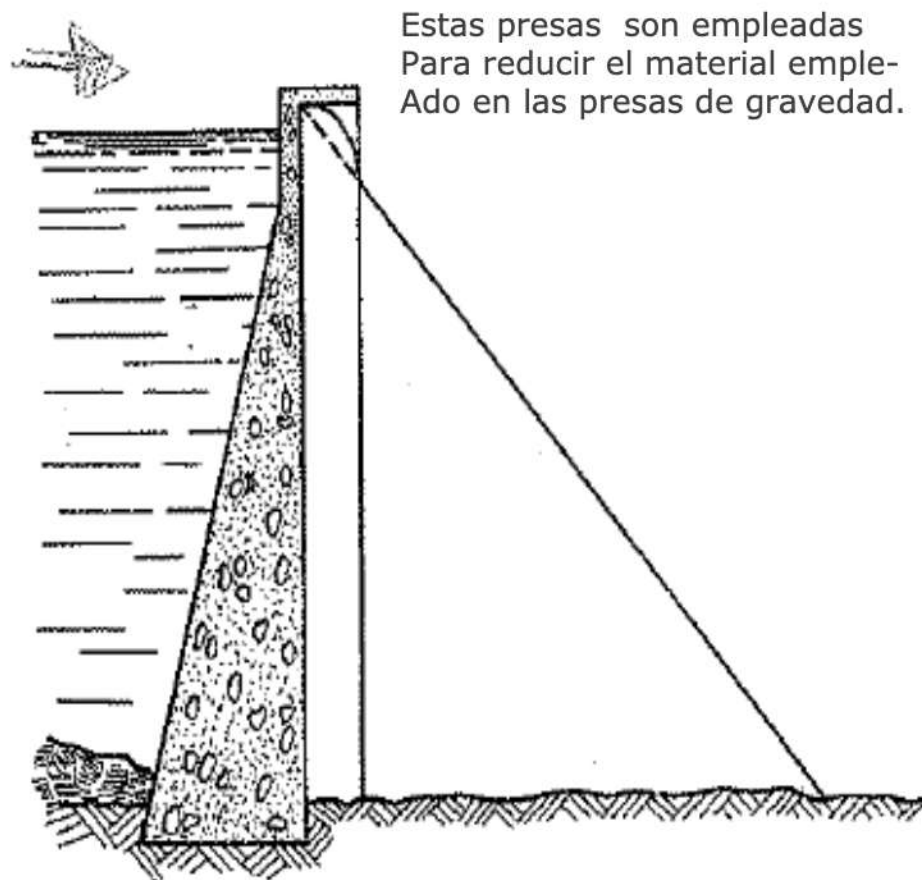


Fig. 64. — Perfil de una presa de contrafuertes.

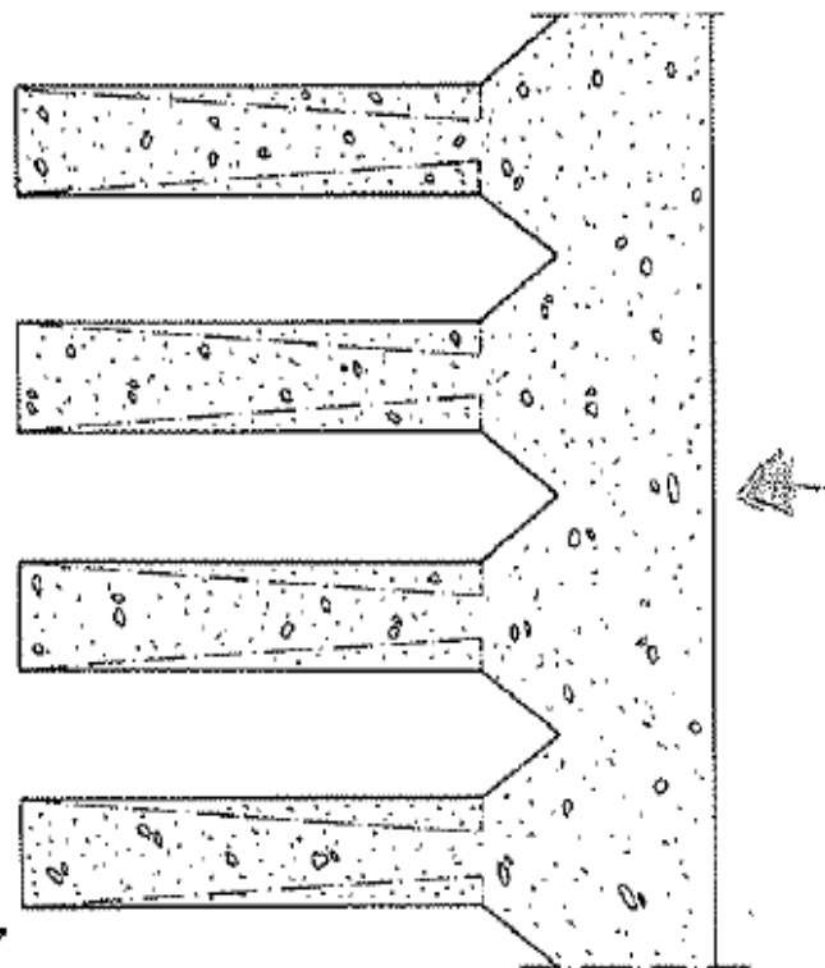


Fig. 65. — Corte horizontal, parcial, de una presa de contrafuertes.

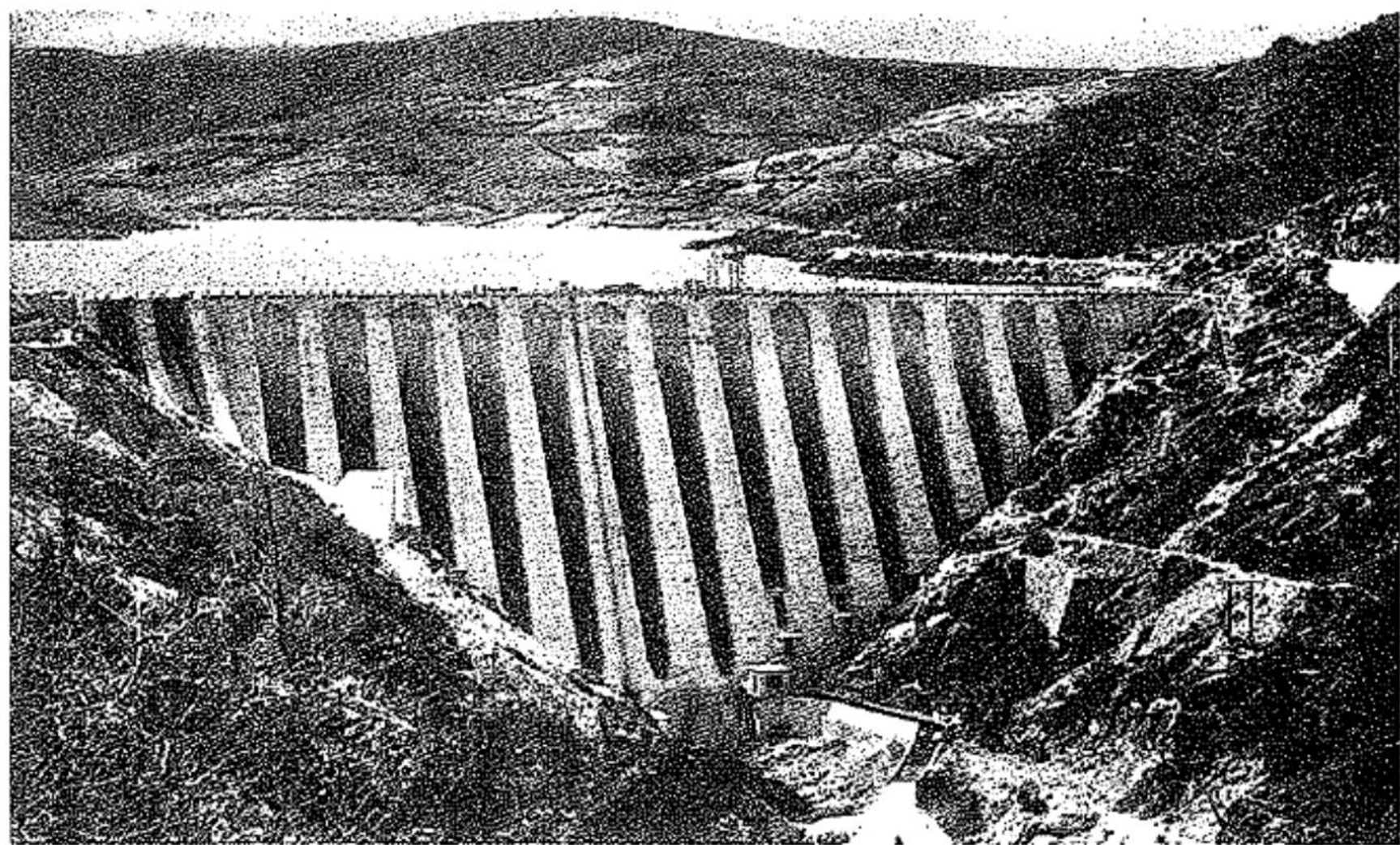


Fig. 68. — Fotografía de la presa de contrafuertes de Chandreja, en la cabecera del río Navea (Saltos del Sil S. A.).

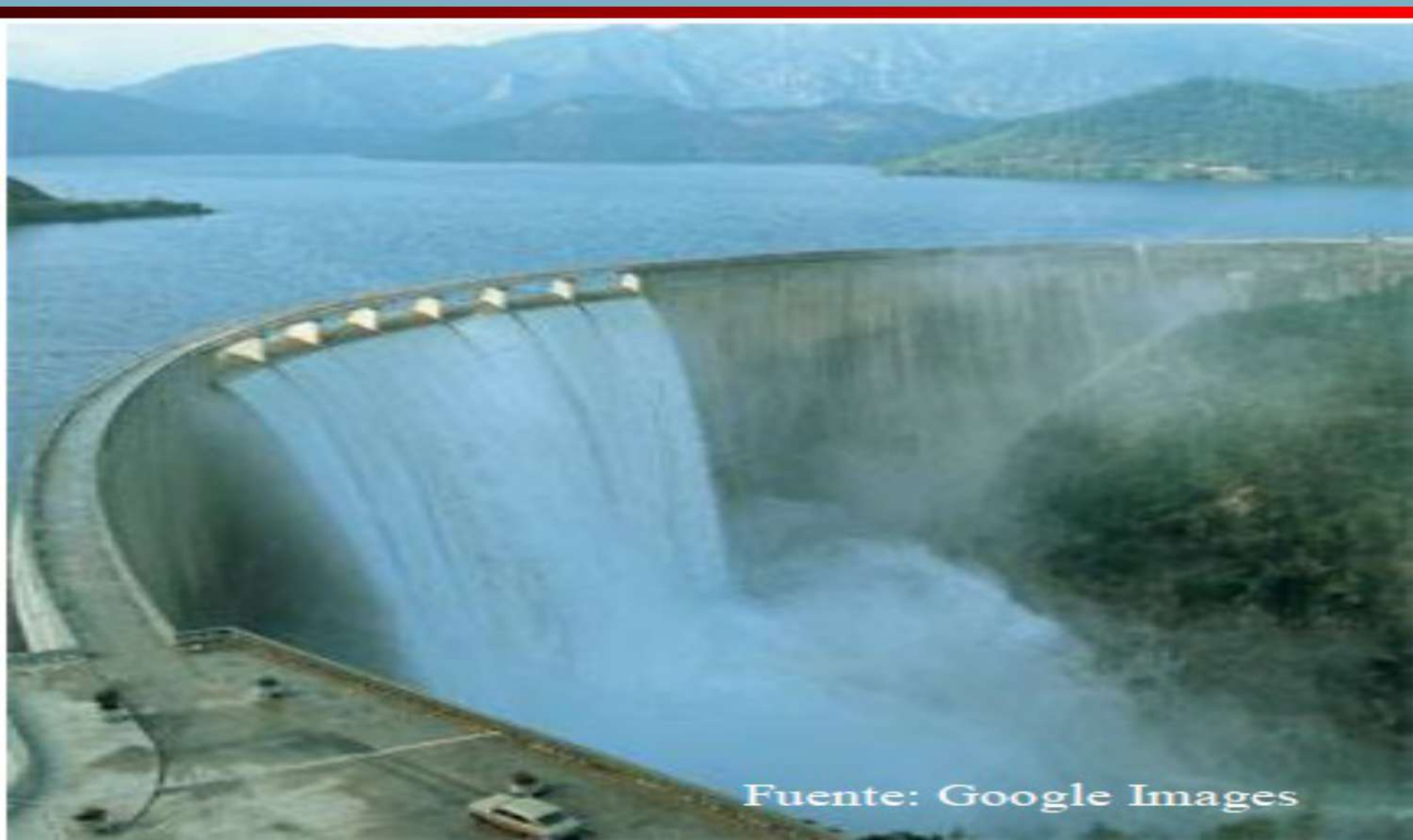
DESAGUES DE LOS ENVALSES

Los desagües de los embalses tienen los siguientes objetivos:

- 1) Verter las aguas sobrantes cuando está lleno el embalse y que pueden determinar una excesiva elevación del nivel máximo de dichas aguas , poniendo en peligro la estabilidad de la presa; a estos se les llama , en general aliviaderos.
- 2) Captar las aguas necesarias para el funcionamiento de la central estos desagües se denominan tomas de agua.
- 3) Vaciar el embalse cuando sea necesario; por ejemplo, para eliminar los sedimentos que hayan podido producirse o para examinar el origen de filtraciones a través del fondo o de las laderas del embalse, son los denominados desagües de fondo.

El **vertedero o aliviadero** es una estructura hidráulica que tiene por objetivo garantizar la integridad del muro de presa, permitiendo la salida de agua del lago, ya sea por rebose, compuertas o drenajes. Los más comunes son los vertederos o aliviaderos de compuerta y de rebose.

En presas de concreto es corriente construir el vertedero de excesos dentro del cuerpo de la presa; pero en presas de tierra y en algunos casos particulares de estructuras de concreto resulta más conveniente diseñar y construir el vertedero de excesos como una estructura independiente. La Figura 8.09 siguiente muestra el vertedero de compuertas de una central hidroeléctrica:



Fuente: Google Images

Vertedero de compuertas en presa concreto tipo bóveda.



<http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRtZpqYsdbJTl2q2msKdalv6yqy8mNUh8xQewDhRApj2YOvIGRycw>

Fuente: Google Images

Vertedero por rebose.

Los vertederos o aliviaderos terminan en una estructura hidráulica denominada canal de desfogue o de amortiguamiento, con la finalidad de evitar la erosión de la base de la presa. La Figura 8.11 muestra un canal de desfogue de una presa hidroeléctrica:



Fuente: Google Images

Figura 8.11: Canal desfogue presa hormigón de gravedad.

Canal de Derivación o Tubería de Presión

El canal de derivación o tubería de presión, dependiendo del tipo de canalización, conduce el agua desde el embalse o presa hasta la casa de máquinas, donde están instalados los turbo-generadores de la central hidroeléctrica.

La Figura 8.12 muestra el túnel de derivación de una central hidroeléctrica:

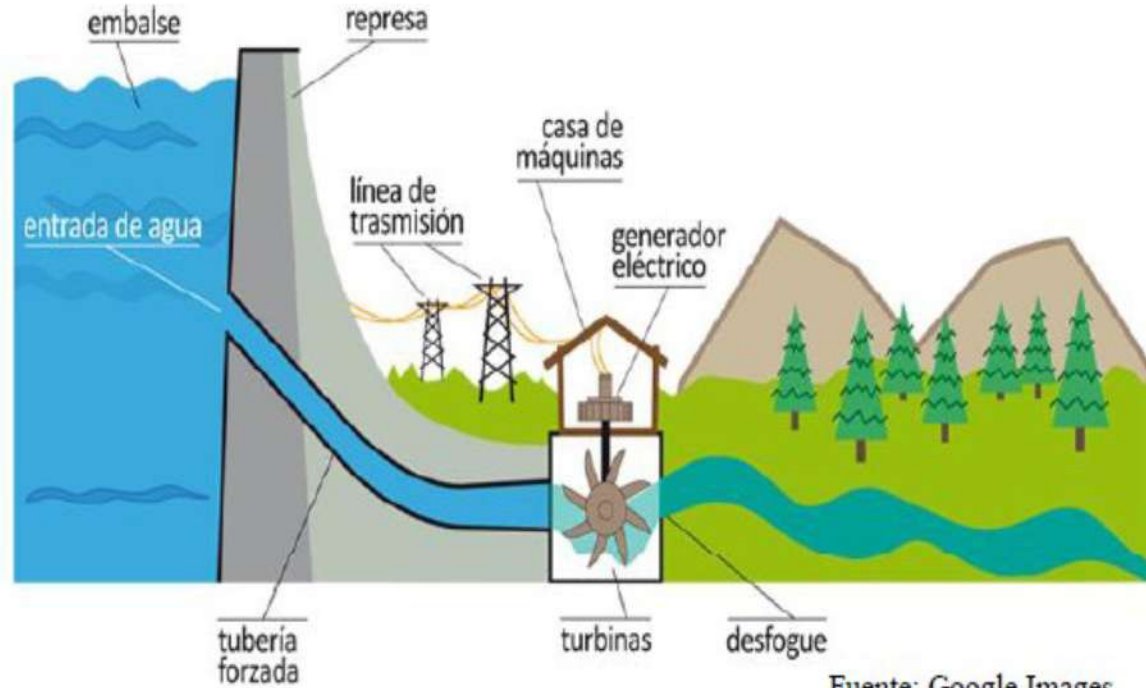


Figura 8.12: Túnel de derivación de una presa hidroeléctrica.

La *chimenea de equilibrio* tiene por finalidad absorber las variaciones de flujo de agua que se producen cuando varía la carga eléctrica del generador y cuando se produce el disparo o desconexión de la unidad de su sistema eléctrico. De no existir la chimenea de equilibrio, estos cambios bruscos de carga pueden producir presiones excesivas en la tubería de presión y en los alabes de la turbina. La Figura 8.13 representa las funciones de la chimenea de equilibrio:



Figura 8.13: Chimenea de equilibrio en una presa hidroeléctrica.



Fuente: Google Images

Figura 8.14: Chimenea de equilibrio excavada en montaña.

8.8 Niveles del Embalse

Los criterios de operación de las presas hidroeléctricas han establecido las siguientes definiciones de niveles:

Nivel máximo:

Es el nivel por encima del cual la integridad y seguridad de la presa se ve comprometida. Es fundamental preservar este nivel evacuando la misma cantidad de agua que entra a la presa por unidad de tiempo.

Nivel máximo operacional:

Este nivel determina la necesidad del vertido de agua en dosis y a un ritmo tal que no afecten comunidades aguas abajo del embalse.

Nivel medio:

Es el nivel que determina el criterio de clasificación de la central, en de servicio general, primaria o de base o secundaria o de picos, en función de la capacidad de reposición del embalse y los criterios de operación de la misma.

Nivel mínimo operacional:

Por debajo de este nivel la presa se convierte en inoperable. Es imprescindible establecer un criterio de manejo de la presa de tal suerte que se evite llegar al nivel mínimo operacional.

La Figura 8.16 muestra una sección transversal de un embalse de una presa hidroeléctrica, donde se indican los diferentes niveles de agua de la misma:

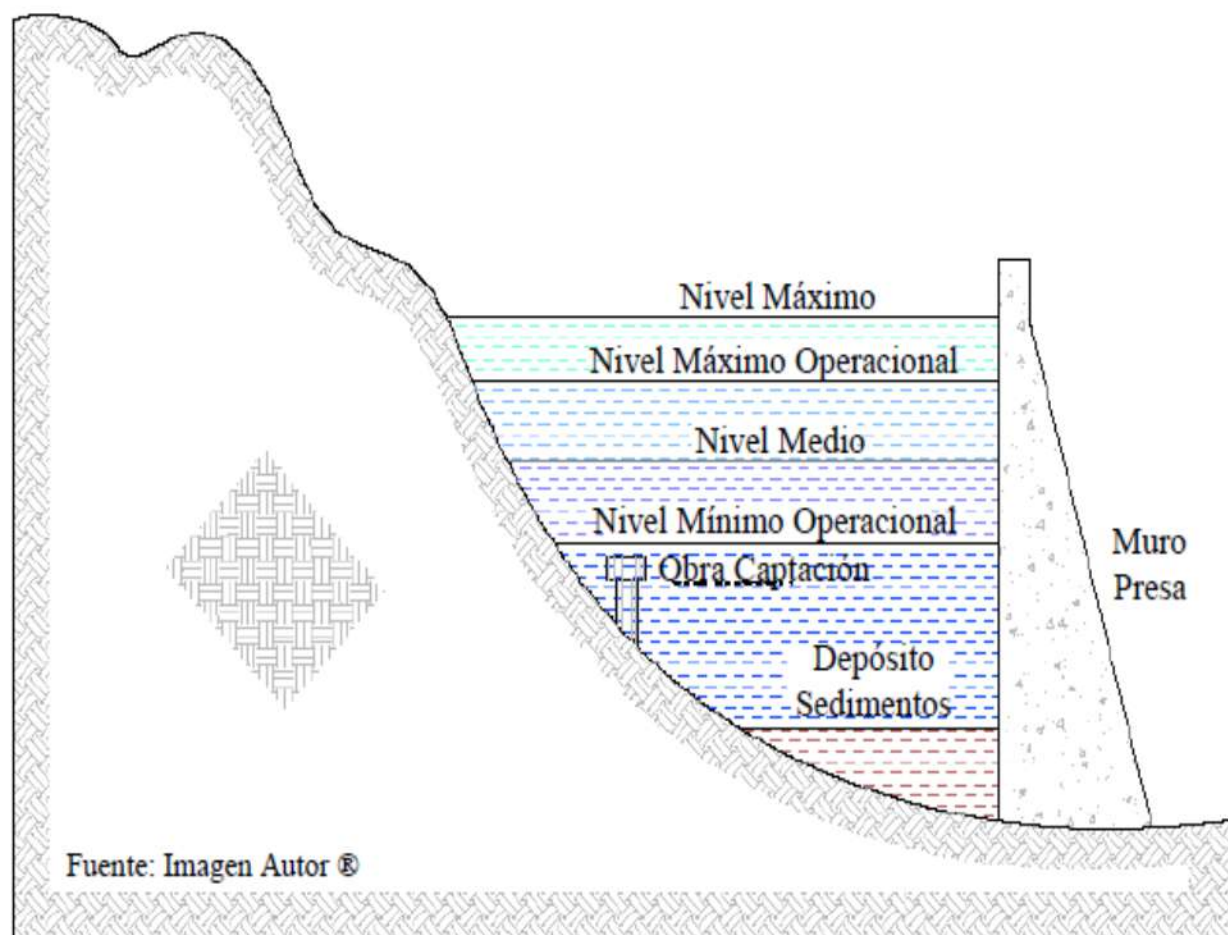


Figura 8.16: Niveles de una presa.

Caudal Volumétrico del Embalse

El *caudal volumétrico del embalse* mide y establece la cantidad o volumen de agua que se puede almacenar en el lago de la presa hidroeléctrica.



Fuente: Google Images

Figura 8.23: Presa o embalse Hidroeléctrico

Para calcular la capacidad de agua almacenada en un embalse requerimos los planos de vista en planta del lago, las curvas de nivel del fondo o plano de batimetría del lago y un instrumento de medición denominado planímetro. Se procede a medir con el planímetro las áreas creadas por cada una de las curvas de nivel

La Figura 8.26 representa la vista en planta del lago de una presa, donde se indican las cotas de las diferentes curvas de nivel, así como las áreas medidas, con un planímetro, de cada una de dichas superficies

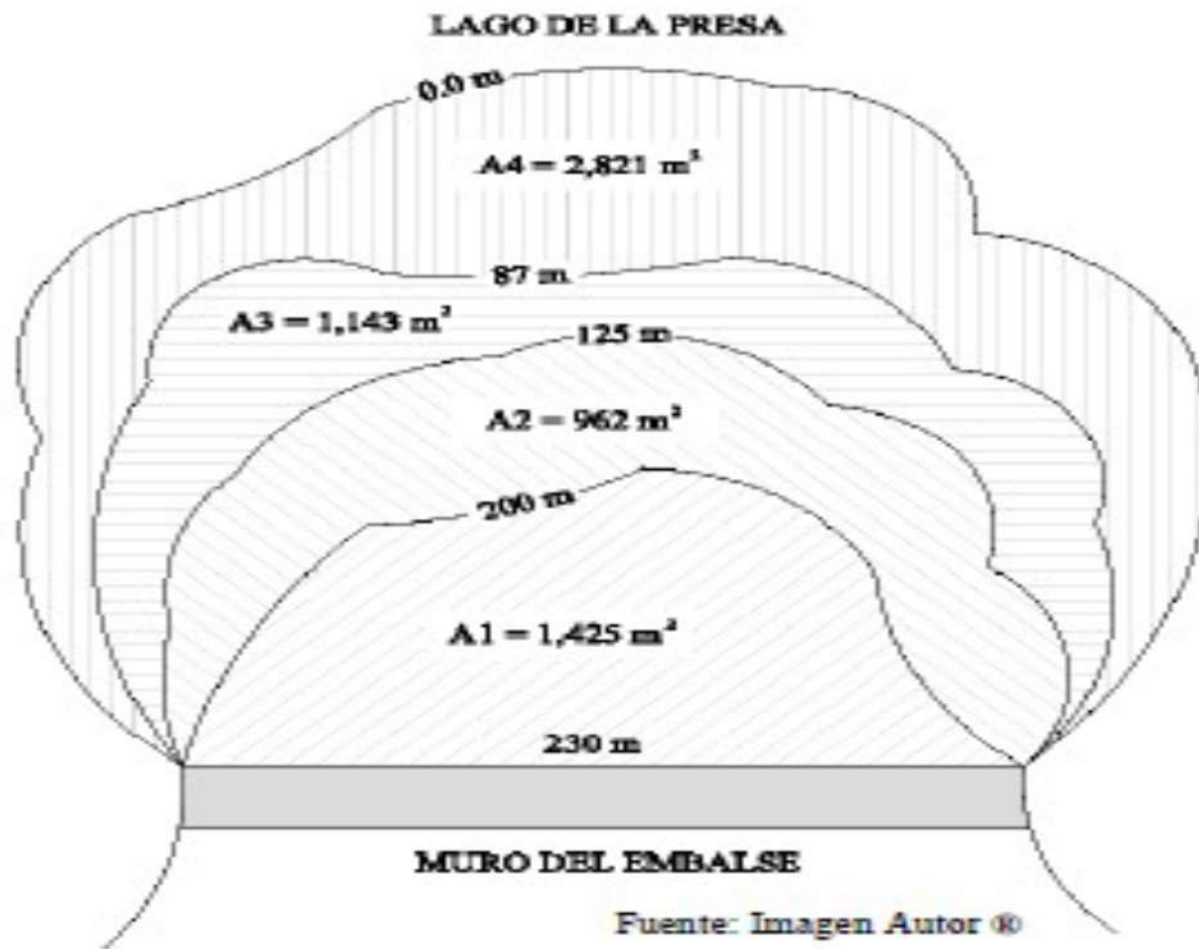


Figura 8.26: Lago presa hidroeléctrica.