



Generalidades de pico y microgeneración

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

AGENDA

- Fuentes de la energía
- Energía Renovables
- Pico Hidro
- Desarrollo
- Generación
- Hidrología
- Turbinas
- Equipo Eléctrico
- Obras Civiles
- Ventajas
- Beneficios Sociales

ENERGIA EN EL MUNDO

- Fuentes
- Usos
- Ejemplos de países:
Polonia: carbón
Escocia: eólica
Francia: nuclear



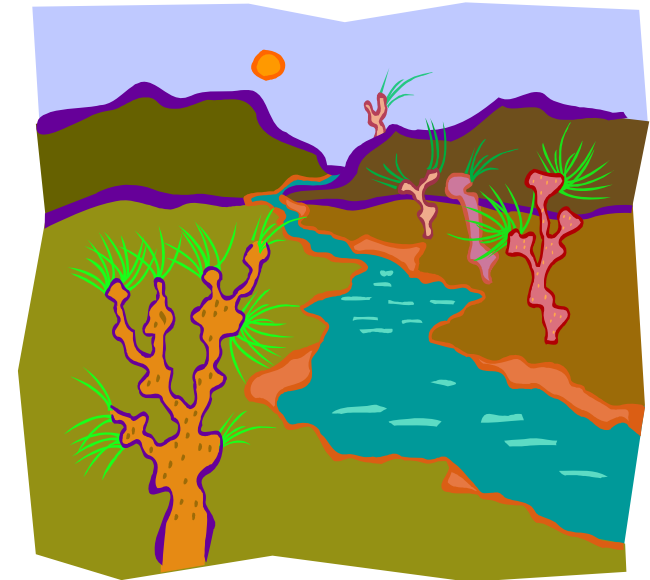
ENERGIA RENOVABLE

- Diferencia con energía convencional:
 - limpia
 - fuentes ilimitadas y locales
 - disponibles en cada país
- Fuentes naturales
- Tecnologías



PLANTAS PICO HIDRÁULICAS

- Historia
- Tamaño: hasta 5kW
- Costos y precios de la electricidad
- Requisitos de la instalación



PLANTAS PICO HIDRAÚLICAS

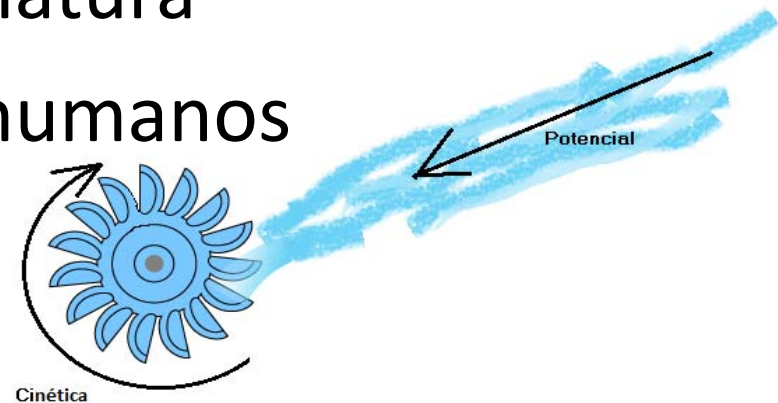
ASPECTOS A CONSIDERAR:

- Hidrología
- Legales y permites
- Medio ambiental
- Equipo mecánico
- Equipo eléctrico
- Obras civiles
- Operación y Mantenimiento (O&M)
- Costos y Financiamiento



GENERACION

- Trabajo: energías potencial y cinética
- Diseño del tamaño de la planta
- Máxima potencia
- Riesgos causados por natura
- Riesgos causados por humanos



HIDROLOGIA

Calculo de la potencia:

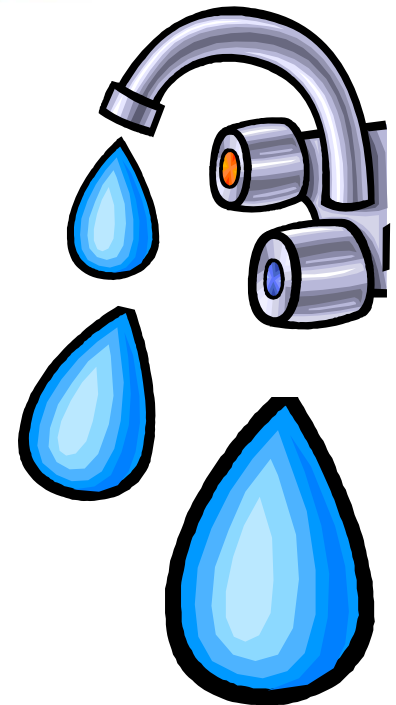
$$Potencia [W] = Flujo [l/s] \times Desnivel[m] \times 9.81$$

Otros aspectos importantes:

Propiedad del terreno, derechos del agua, distancia y acceso.

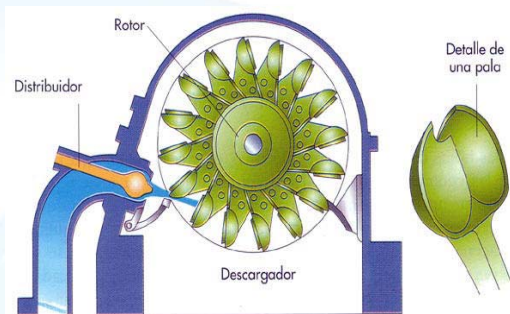
Cambios del flujo:

Velocidad, área y volumen: Embalse, canales y tubería de carga.



V.1

COMPONENTES: TURBINAS



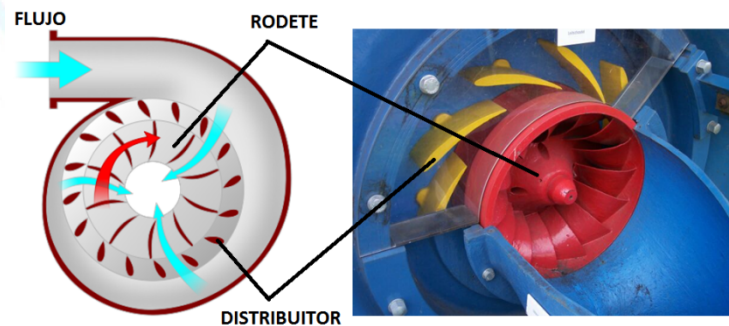
PELTON

TURBINAS DE ACCION

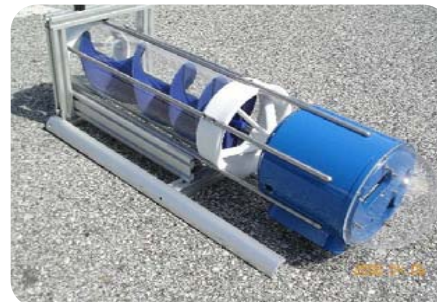


TURGO

TURBINAS DE REACCION



FRANCIS



**TURBINA DE
TORNILLO**



**PROPULSOR
(KAPLAN)**

V.1

COMPONENTES: EQUIPO ELÉCTRICO

Voltaje y frecuencia: 220V, 50Hz

Se cambia la electricidad generada con uso de:



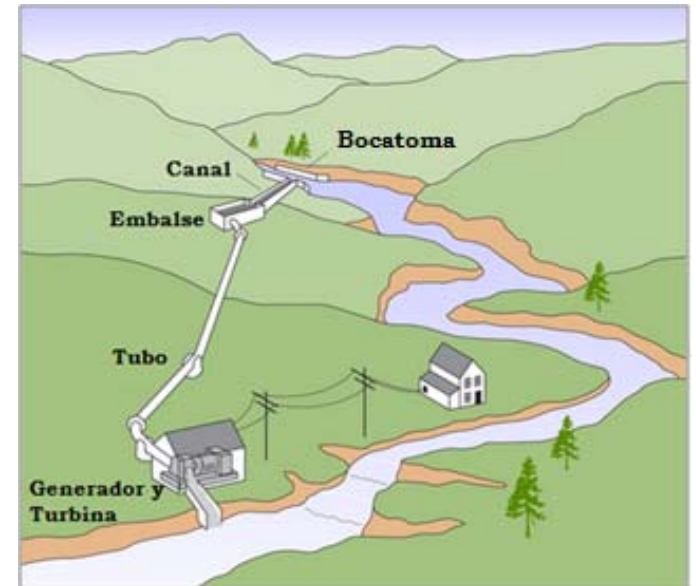
TRANSFORMADOR



CONTROLADOR

COMPONENTES: OBRAS CÍVILES

- **6 partes:** bocatoma, canales, embalse, tubería de carga y casa de maquina
- **Bocatoma:** de energía, de transporte
- **Filtro:** MUY IMPORTANTE en pico hidro!
- **Materiales:** costo contra estabilidad
- Drenaje
- Líneas de distribución



VENTAJAS

- Evaluación rápido de la fuente y el sitio
- Instalación rápida
- Materiales baratos y locales posibles
- Impactos ambientales bajos
- Generación constante
- Sin emisiones
- Integración con la red fácil
- Vida de la planta larga
- Varios usos



V.1

BENEFICIOS SOCIALES

- Acceso a la electricidad
- Desarrollo en la comunidad: social, educación, economía.
- Creación de trabajos
- Cero emisiones
- Estabilidad en suministro de la electricidad
- Reducción de la cuenta de la electricidad
- Fácil conexión con sistemas híbridos
- Propiedad
- Riesgo financiera bajo
- Planta pequeña y limpia



V.1

GRACIAS POR SU ATENCION



V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl



Nociones de hidrología aplicada a la pico generación

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

Hidrología

Que hay disponible ?



Energía Cinética

Se usa la velocidad del agua



Energía Potencial

Se usa la presión del agua

- Dependerá de cada lugar

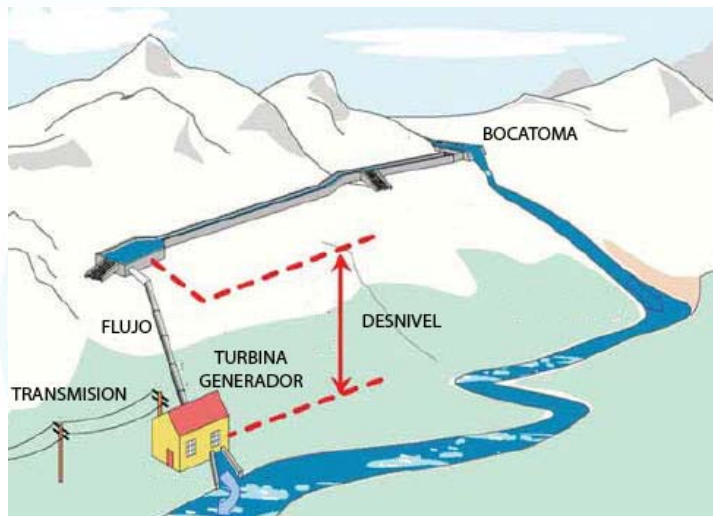
V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

Hidrología

Elección de Sitio



- Información esencial : **Flujo** y **Desnivel**

No hay que olvidar las variaciones del flujo a través del año

- Importantes:

Distancia y Accesos

Estimar demanda futura

Propiedad de los terrenos

Derechos de agua

Hidrología

Mediciones de Flujo

Flujo es el volumen de agua que pasa en un determinado punto del arroyo o canal en una cierta cantidad de tiempo.
Se mide en litros por segundos o en litros por minuto.

Existen dos opciones para medir el flujo:

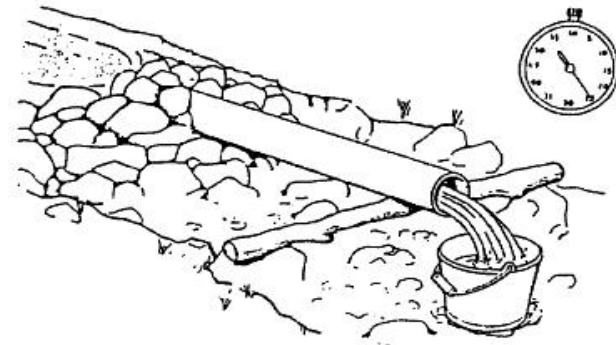
1. Medir **Volumen** de agua y **Tiempo**
2. Medir **Velocidad** del agua y **Area** de una seccion del arroyo o canal

▪ La opción mas conveniente dependerá de cada lugar

Hidrología

Mediciones de Flujo (1)

Para arroyos pequeños donde es posible derivar momentaneamente todo el flujo, basta medir cuando se demora llenar un volumen conocido.



$$\text{Flujo [litros/seg]} = \text{Volumen[litros]} / \text{Tiempo[seg]}$$

Ejemplo:

Supongamos que un tambor de **200 litros** se llena en **40 segundos**.

$$\text{Flujo} = 200[\text{lt}] / 40[\text{seg}]$$

$$\text{Flujo} = 5[\text{lt/seg}]$$

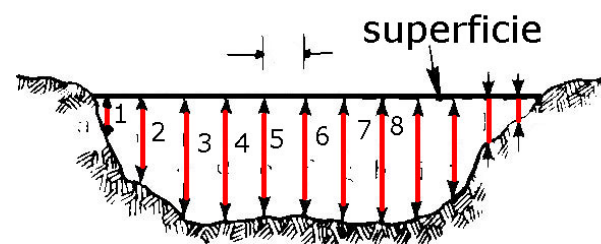
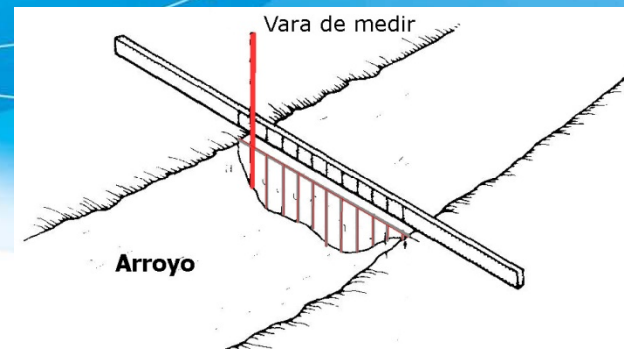
- Útil para arroyos pequeños

V.1

Hidrología

Mediciones de Flujo (2. Area)

Para arroyos de tamaño mediano es necesario medir velocidad del agua y el area de una seccion del arroyo o canal.



Profundidad media [m] = Suma de mediciones / Numero de mediciones

$$\text{Area [m}^2\text{]} = \text{Profundidad Media [m]} \times \text{Ancho [m]}$$

Hidrología

Mediciones de Flujo (2. Velocidad)

Existen instrumentos que miden directamente la velocidad de agua pero son delicados y caros.

Mini correntómetro



Conductímetro



Es mas conveniente medir el tiempo que se demora un balde de salmuera en recorrer una distancia conocida en el arroyo.

$$\text{Velocidad [m/seg]} = \text{Distancia [m]} / \text{Tiempo [seg]}$$

Hidrología

Mediciones de Flujo (2)

Finalmente, teniendo el **AREA** de una seccion del arroyo y la **VELOCIDAD** del agua, podemos calcular el **FLUJO**.

$$\text{Flujo [m}^3\text{/seg]} = \text{Area[m}^2\text{]} \times \text{Velocidad [m/seg]}$$

Para convertir metros cubicos por segundos a litros por segundos es necesario dividir por mil.

■ Se usa en arroyos medianos

V.1

Hidrología

Teodolito

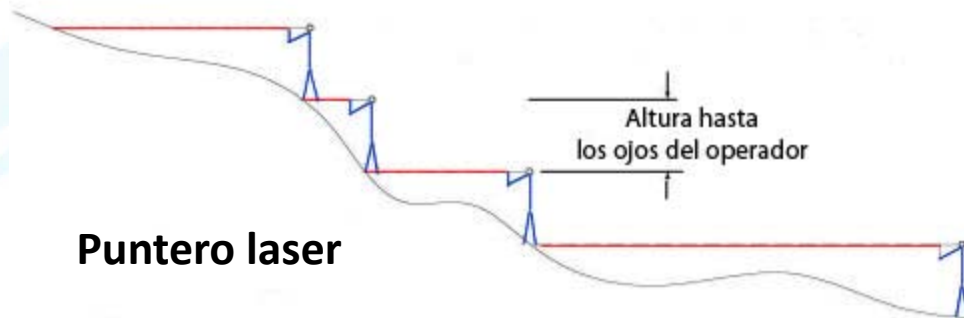
Medición de Desnivel

Para medir desnivel existen equipos muy caros como los teodolitos, que además requieren de técnicos especialistas.



■ \$\$\$!

Un método más práctico cuando no se requiere mucha precisión es usar un puntero láser



Puntero láser

■ No necesitamos mucha precisión

V.1

Hidrología

Calculo de Energía Disponible

Máximo ideal

$$\text{Potencia [Watts]} = \text{Flujo [litros/seg]} \times \text{Desnivel [mts]} \times 9,8$$

Ejemplo:

Desnivel **20 metros**

Mínimo flujo anual disponible **70 litros/segundo**

20%-30% pérdidas en la turbina, generador, etc.

$$70 \text{ [lt/s]} \times 20 \text{ [m]} \times 7 = \mathbf{9,8 \text{ [kW]}}$$

Problemas que pueden ocurrir si :

1. Failure to realize how important full field data is for proper design.
2. Failure of homemade equipment made with junked parts.
3. Over-estimating the amount and constancy of the stream flow.
4. Penstocks or flumes that are too small to allow the plant to operate at full capacity.
5. Failure to anticipate the expense of keeping trash racks clear and machinery in good repair.
6. Overestimation of a proposed plant's capability.
The average home has demand peaks varying from 4 to 12 kilowatts.



Turbinas utilizadas en pico generación

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

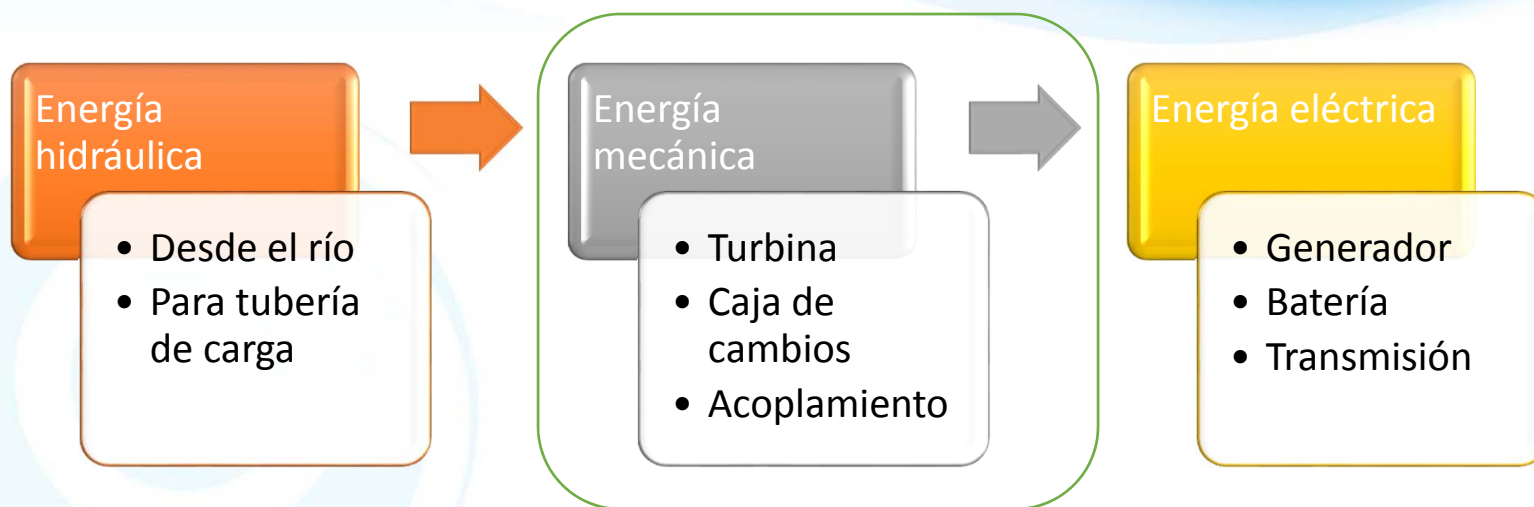
www.alakaluf.cl

Agenda

- Función
- Categoría
- Tipo de turbina
- Elección de turbina
- Comparación
- Instalación
- Transmisión
- Conclusión

Turbina

Función



- Transformación de la energía hidráulica en energía mecánica
- Elegido en función del **desnivel** y del **flujo**

Categorías

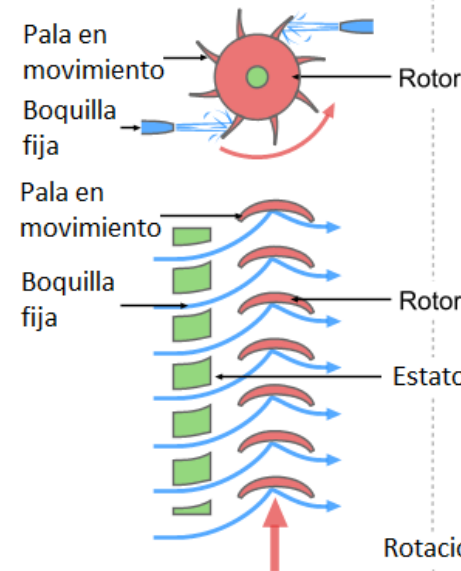
Acción

- Presión $\Rightarrow$ Velocidad
- Impacto del flujo sobre las palas
- Traslada de energía cinética

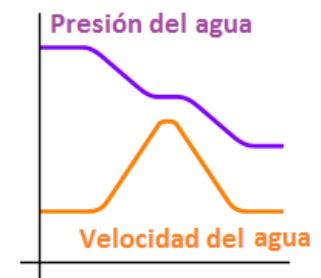
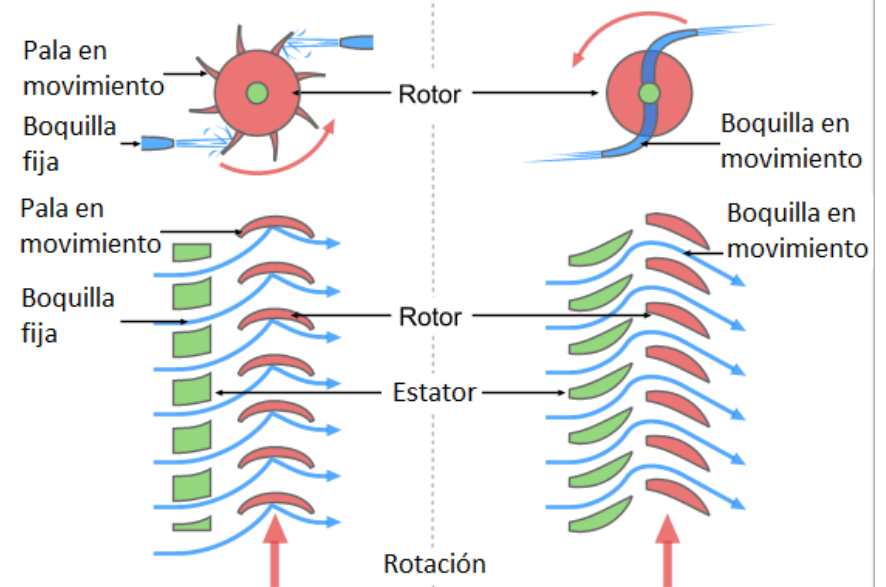
Reacción

- Presión de fluido sobre las álabes
- Traslada de energía cinética y de potencia

Turbina de acción



Turbina de reacción



Turbina de acción

Pelton

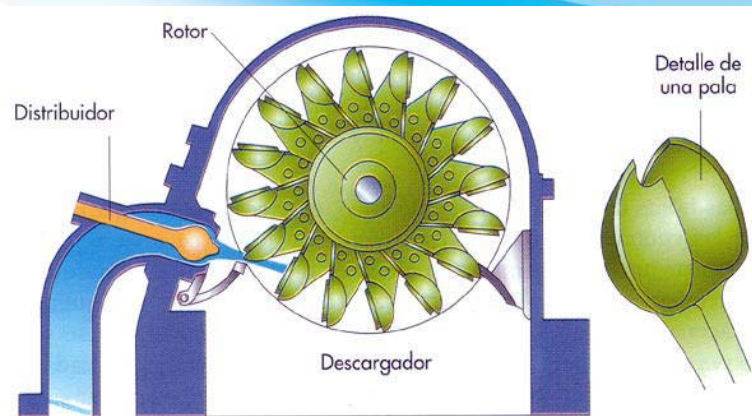
- Desnivel alto
- Flujo bajo
- Presión atmosférica
- Palas semiesféricas dobles
- Eficiencia máxima (alta):

$$V_{\text{rueda}} = 0,5 \times V_{\text{flujo}}$$

- Desnivel muy alto:

↗ número de boquillas

↗ número de ruedas



Turbina de acción

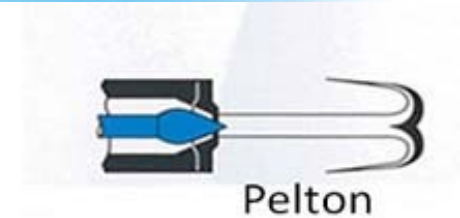
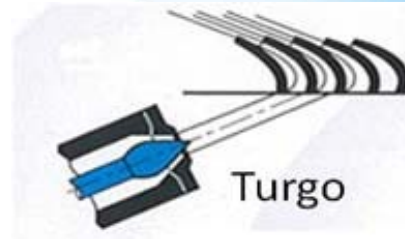
Turgo

- Desnivel alto
- Flujo bajo
- Mas flexible que la Pelton
- Presión atmosférica
- Forma de pala diferente

Mas simple

Mas barato

Menor eficiencia

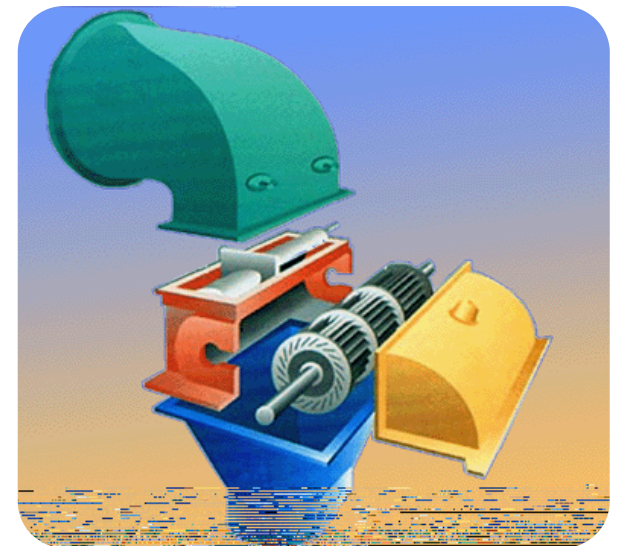
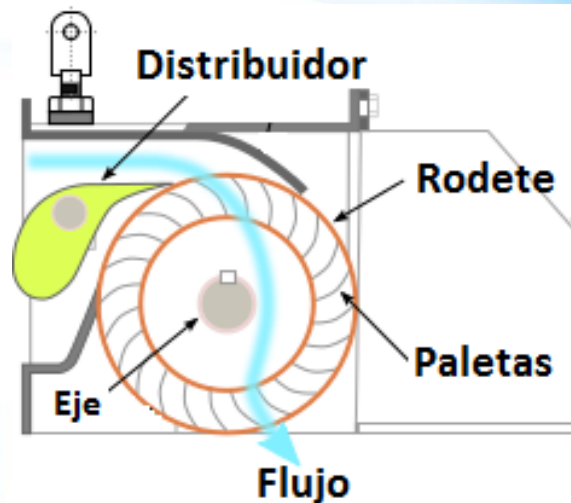


V.1

Turbina de acción

Flujo transversal

- Desnivel medio
- Flujo medio
- Presión atmosférica
- Eficiencia media
- Alta flexibilidad al flujo
- Eficiencia constante a menos flujo
- Simple y barato
- Auto lavado



Turbina de reacción :

Francis

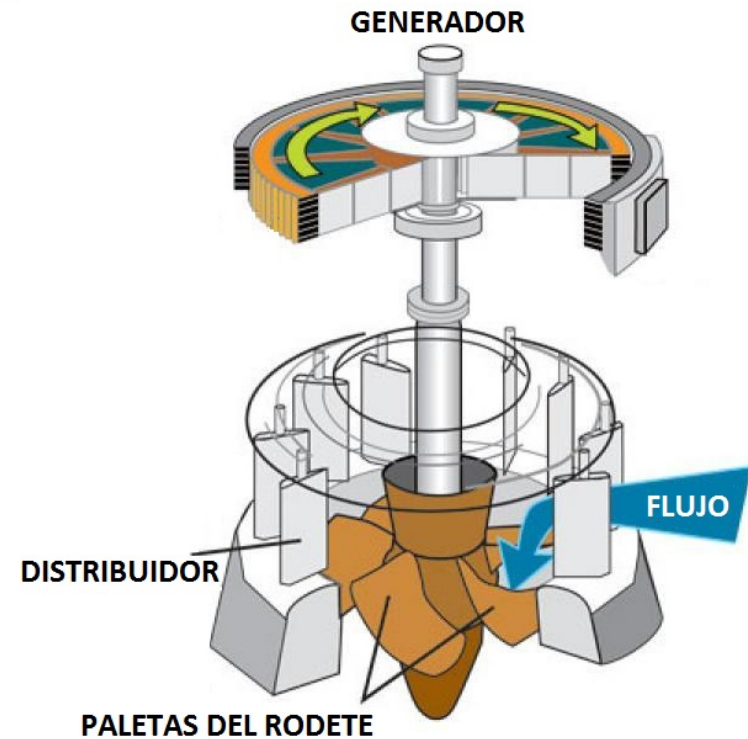
- Desnivel medio
- Flujo alto
- Presión confinada
- Eficiencia alta
- Paletas de guía ajustables
- Alabes fijos
- Compleja y cara
- Alternativa: Bomba reversa



Turbina de reacción

Kaplan

- Desnivel bajo
- Flujo alto
- Alta flexibilidad al flujo
- Presión confinada
- Eficiencia alta
- Paletas de guía ajustables
- Alabes ajustables
- Compleja y cara



Turbina de reacción

Propulsor

- Alternativa a Kaplan
- Eficiencia alta
- Paletas de guía fijas
- Alabes fijos
- No flexibilidad
- Simple y barata



Turbina de reacción

Tornillo

- Desnivel bajo
- Flujo medio
- Eficiencia media
- Funciona bien con escombros
- Simple y barata
- Adaptada para peces



Elección de turbina

Criterio: Desnivel



Elección de turbina

Criterio: Desnivel

Desnivel Bajo

- Turbina de reacción
 - Propulsor
 - Tornillo
- Flujo alto
- funciona con escombros pequeños

Flujo transversal

Desnivel Alto

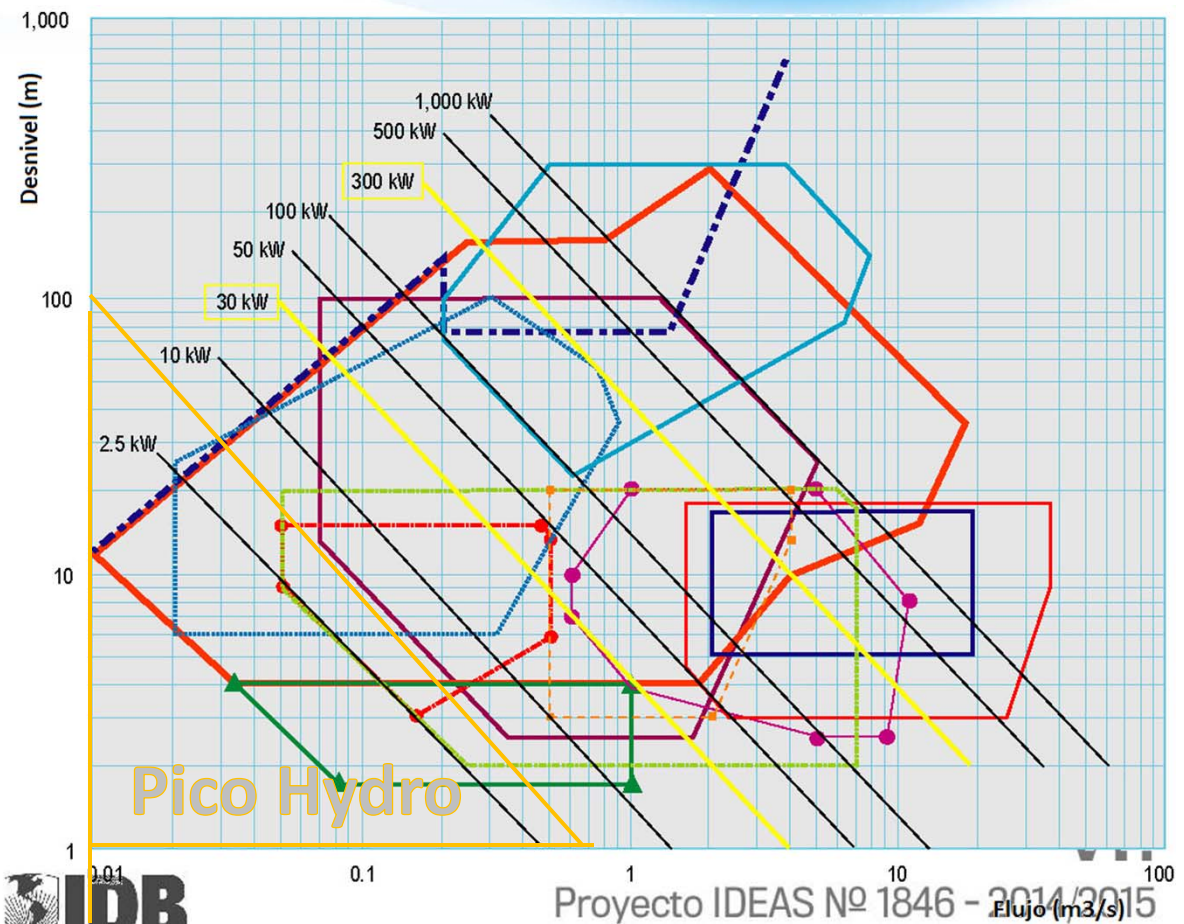
- Turbina de acción
 - Pelton
 - Turgo
- Flujo muy bajo
- Para desnivel muy alto
 - ↗ numero de boquillas
 - ↗ numero de ruedas
- No funciona bien con escombros

Elección de turbina

Criterio: Grafico

LEYENDA

- Pelton H-Eje
- Francis H-Eje
- Turbina de flujo transversal
- Tubular S-Tipo
- Tubular V-Eje
- - - Rueda hidráulica
- - - Propulsor V-Eje
- - - Propulsor H-Eje
- Turgo
- Bomba Reverso
- Bomba Submergido
- Bajo Desnivel V-Eje



Comparación

Criterios

- **Eficiencia - en el diseño:** la eficiencia en el flujo diseñado.
- **Eficiencia – fuera del diseño:** la eficiencia fuera del flujo diseñado.
- **Complejidad:** La complejidad del sistema, el número de partes, piezas estándar, montaje, etc
- **Portabilidad:** Peso por Watt.
- **Mantenimiento:** mantenimiento necesario para que el sistema funcione correctamente y la complejidad involucrada en el proceso de mantenimiento.
- **Costo:** el costo monetario para producir el sistema.

Comparación

Tabla

	Pelton	Turgo	Flujo transversal	Francis	Bombeo	Propulsor	Tornillo
Eficiencia – en el diseño	Buena	Buena	Pobre	Buena	Buena	Buena	Buena
Eficiencia – fuera del diseño	Buena	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Pobre	Buena
Complejidad	Buena	Buena	Buena	Pobre	Pobre	Buena	Buena
Portabilidad	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
Mantenimiento	Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena	Buena	Buena
Costo	Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena	Buena	Buena



Bueno



Moderada



Pobre

V.1

Comparación

Pelton y Turgo

- Buen eficiencia en diseño
- Buen eficiencia fuera de diseño
- Presión atmosférica:
no cavitación
- Puede ser diseño para desnivel bajo:
Rueda mas grande
- Velocidad de rotación baja:
Caja de cambio



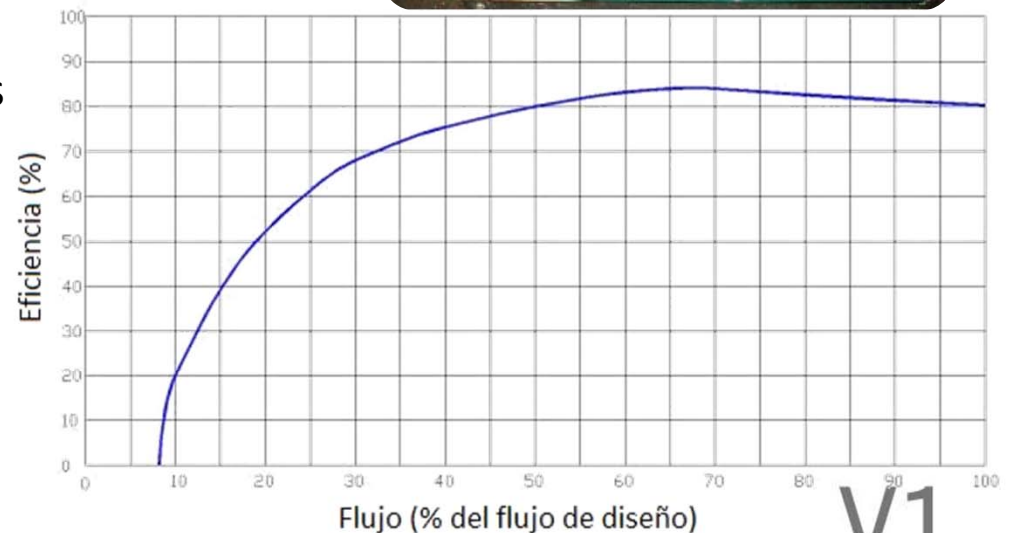
Comparación

Flujo transversal

- Eficiencia mas baja en diseño
- Eficiencia constante fuera de diseño hasta 25% del flujo de diseño

Mejor eficiencia anual por los ríos pequeños

- Fácil de construir
- Fácil a mantener



Curva de eficiencia típica para turbine de flujo transversal de tamaño grande
V.1
Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

Comparación

Francis

- Eficiencia muy alta
- La eficiencia cae dramáticamente fuera de diseño
- Caro a construir
- Difícil a mantener
- No tan generalizada para pico hydro

Bomba

- Eficiencia moderada
- Para gama más amplia de desnivel y flujo
- La eficiencia cae fuera de diseño
- Muy barata a construir
- Moderada a mantener

Comparación

Propulsor

- Eficiencia alta
- La eficiencia cae dramáticamente fuera de diseño (específica para un sitio)
- Barata a construir
- Fácil a mantener
- Ligera

Tornillo

- Buena eficiencia
- La eficiencia cae fuera de diseño
- Barata a construir
- Fácil a mantener
- Ligera

Instalación

Turbinas de acción

- Desnivel alto
- Usar el agua de la tubería de carga
- Tecnología de represa-bocatoma c/s canal
- Casa de protección



Instalación

Turbinas de reacción

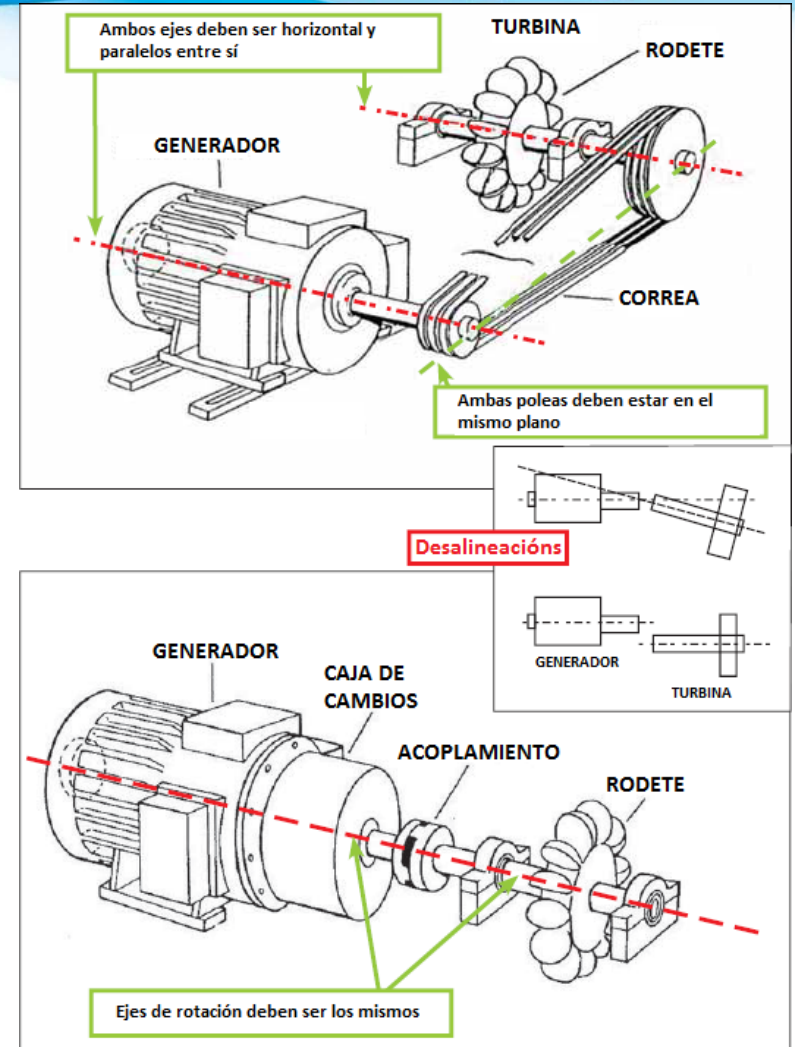
- Desnivel bajo
- Instalación en:
 - El río
 - En una cascada
- Con o sin represa
- Con o sin tubería de carga



Transmisión

Función

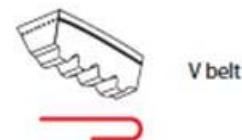
- Energía mecánica en energía eléctrica
- Generalmente para pico hydro, ambos la turbina y el generador son en el mismo eje
- A contrario, necesita un sistema de transmisión
- Con o sin caja de cambio



Transmisión

Sistema de poleas y de correa

- Eje: horizontales y paralelos entre sí
- Poleas: en el mismo plano
- Correa plana: Alta tensión
Vida de los cojinetes disminuida
- Correa en V: tensión moderada
Vida de los cojinetes aumenta



Transmisión

Sistema de acoplamiento coaxial

- Eje de la turbina y eje del generador tiene que ser coaxial
- El acoplamiento permite un error de alineación y de ángulo



Conclusión

▪ Sitio:

- Desnivel
- Flujo
- Variación de flujo
- Remoto
- Pescado



▪ Turbina:

- Eficiencia en diseño
- Eficiencia fuera de diseño
- Complejidad
- Portabilidad
- Mantenimiento
- Costo

Referencias

Williamson, S. J., Stark, B. H., & Booker, J. D. (2011), “Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis”, *World Renewable Energy Congress*, Linköping, Sweden.

Philippian Department of Energy (2009), “Manuals and Guidelines for Micro-hydropower Development in Rural Electrification - Volume I”,



Gracias por su atención



V.1
Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015
www.alakaluf.cl



Sistema eléctrico en pico generación

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

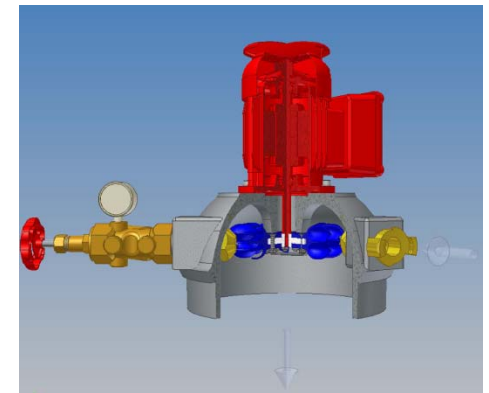
Agenda

- Conversión de Energía Mecánica a Energía Eléctrica
- Características principales
- Consumos típicos
- Corriente Continua o Corriente Alterna ?
- Alternador
- Control de carga
- PELIGROS

Sistema Eléctrico

Conversión de Energía Mecánica a Energía Eléctrica

- La turbina solo convierte la energía hidráulica en energía mecánica, que es la rotación del eje.
- Se necesita acoplar un generador eléctrico.
- En sistema grandes se usan poleas.
- En los pequeños se instalan directamente al eje.



▪ La parte eléctrica requiere de personas entrenadas

Sistema Eléctrico

Mini

Tamaños de Centrales Eléctricas

- Minicentral 100 kW - 1MW
- Microcentral 5 kW - 100 kW
- Picocentral 500 W - 5 kW



Micro



Pico



■ Solo veremos las pico centrales

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

Sistema Eléctrico

Características de la Electricidad

- **Potencia** : son los watts que entregara el sistema. Ese valor nos limita que cosas podemos conectar.
- **Continua / Alterna** : corriente continua es por ejemplo la de las baterías y alterna es la corriente domiciliaria.
- **Voltaje** : en Sudamérica el voltaje de la corriente alterna es de 220 Volts y las baterías normalmente son de 12 o 24 Volts.
- **Frecuencia** : la corriente alterna además posee una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

▪ 220V - 50Hz es nuestro objetivo **V.1**

Sistema Eléctrico

Consumos típicos

- Juguera **300W**
- Refrigerador **500W**
- Plancha **1.000W**
- Lavadora **500W**
- Microonda **600-1.500W**
- Sierra circular **1.400W**
- Lijadora **1.200W**
- Ampolletas bajo consumo **15W**

Con estos valores se
calcula que podremos
hacer funcionar

▪ No todos los aparatos funcionan al mismo tiempo !

Sistema Eléctrico

Alternador

- Los generadores para potencias menores son normalmente alternadores : entregan corriente alterna.
- Son de bajo costo pero tienen una desventaja : el voltaje y la frecuencia varia según las revoluciones de la turbina.
- Si el flujo de agua baja, la turbina se frena y, si el consumo eléctrico sube, el generador frena la turbina.
- Al disminuir las revoluciones de la turbina baja el voltaje y la frecuencia del alternador.

■ Es necesario **REGULAR**

Sistema Eléctrico

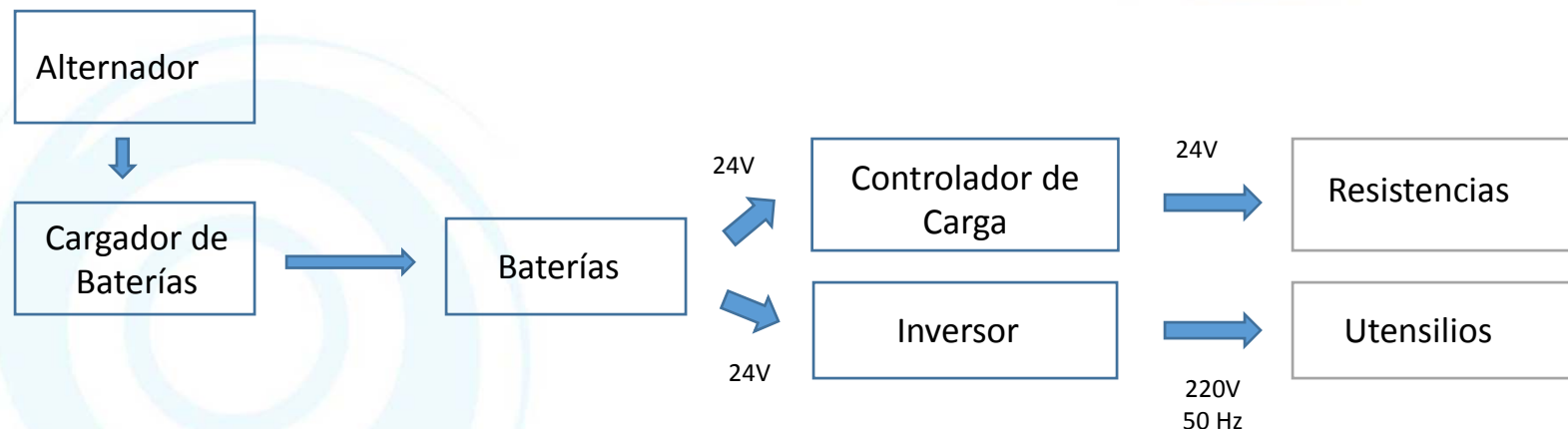
Regulación de la corriente eléctrica

- Existen varias opciones para la regulación del voltaje y la frecuencia, pero la mas común en sistemas pequeños es usar un banco de baterías.
- El uso de baterías tiene dos grandes ventajas :
 1. Sirven de respaldo en caso de fallas
 2. Los motores para partir necesitan mucho mas corriente que durante su funcionamiento normal
- Por ejemplo un refrigerador que consume 500W puede necesitar hasta 1,500W durante la partida

▪ La parte eléctrica requiere de un especialista

Sistema Eléctrico

Control de carga



- El alternador solo alimenta el Cargador de Baterías
- El Inversor cambia la corriente continua de las baterías a corriente alterna para los utensilios y/o luces.
- Cuando baja el consumo en los utensilios, para no sobrecargar las baterías se “bota” potencia en las resistencias

■ Faltan los fusibles e interruptores

V.1

Sistema Eléctrico

Control de carga

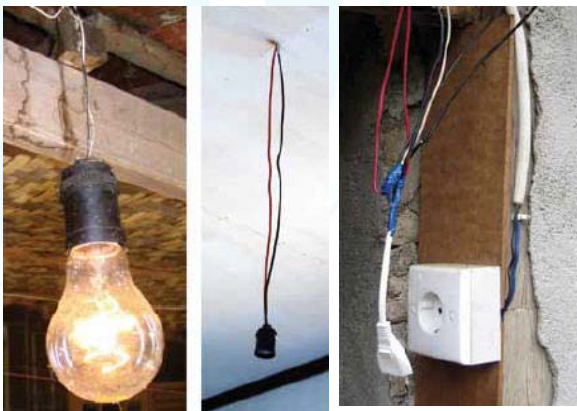
- Los utensilios caseros tienen la llamada “carga fantasma”, que es un consumo pequeño cuando están apagados.
- En su conjunto pueden sumar solo unos 100 W, pero esto es muy significativo para una picocentral pequeña.
- Es conveniente desenchufar los equipos en vez de solo apagarlos.

Sistema Eléctrico

La electricidad mejora la calidad de vida pero puede **ELECTROCUTAR** o causar un **INCENDIO**



Conexiones riesgosas



Panel con linterna de emergencia



- No olvidar una buena conexión a tierra

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl



Obras civiles en pico hidro

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

AGENDA

- Estructura de pico hidro y componentes
- Bocatoma
- Canales
- Desnivel
- Filtro
- Casa de maquina y Canal de descarga
- Fundación: Hormigón y Otros Materiales
- Otros temas
- Conclusiones
- Referencias

Estructura de Pico Hidro

- Hay 6 componentes principales:

1. Presa o elevación del agua
2. Canales
3. Puerta del desnivel
4. Tubería de carga
5. Casa de maquina
6. Canal de descarga



Estructura Pequeña

Características:

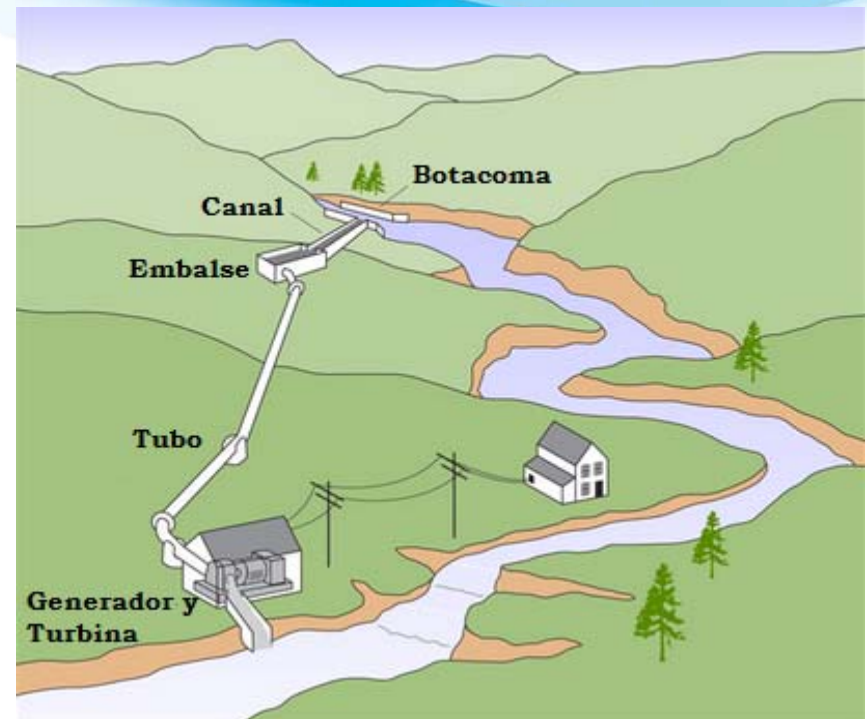
- Obras civiles míniales
- Sin tubería de carga o muy corta
- Sin canal de descarga en el fin de flujo
- Sin casa de maquina separada



Diseño ampliado

Características:

- Bocatoma para diversión del agua
- Canales
- Embalse para almacenamiento del agua
- Filtro y separación de los escombros de canales
- Tubería de carga por varios metros
- Casa de maquina construida
- Líneas de distribución separadas



ELEVACION DEL AGUA

- A veces esto esta usando a controlar el nivel del agua y actúa como una presa.



BOCATOMA

- Esto es el componente usando a orientar el agua en los canales o directamente a tubería de carga.
- El diseño es muy importante para la vida silvestre en la corriente del río.
- Diseño favorable consiste en una ruta separada del río lo que permite los peces omitir la presa o canales.

BOCATOMA

Hay dos tipos:

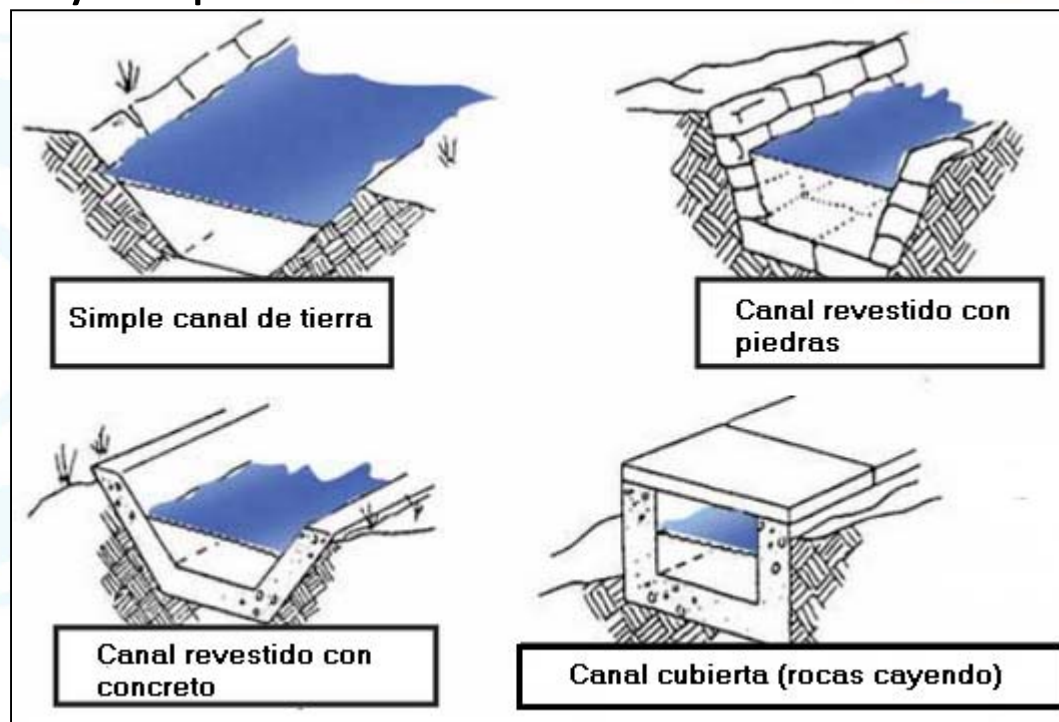
1. Toma de energía: agua va a la desnivel directamente
2. Toma de transporte: suministra agua primero al canal



V.1

CANALES

Canales no están requisitos, pero si hay una necesidad por ellos, hay 4 tipos:



DESNIVEL

- Es la altura a la que se coloca la toma del agua
- Velocidad del agua es crucial para un diseño efectivo de la puerta de basura
- Sigüientes aspectos deben estar tomados en consideración en el diseño:
 - Minimización de separación del flujo
 - Distribución uniforme del flujo
 - Dispositivo de supresión de vórtice
 - Diseño apropiado de la puerta para residuos

FILTRO

- Este componente separa escombros antes el agua entra en la tubería de carga
- Debe tener solo barras verticales, que son mas fáciles para limpiar
- Puede estar en la bocatoma o en la entrada a la tubería de carga



FILTRO

Muchas veces planta pico hidro van a tener tubería de carga suministrada el agua directamente de la fuente, donde la punta del tubo tiene un filtro.

+ es barato (US\$30 - US\$400)

- Requiere mucho mantenimiento



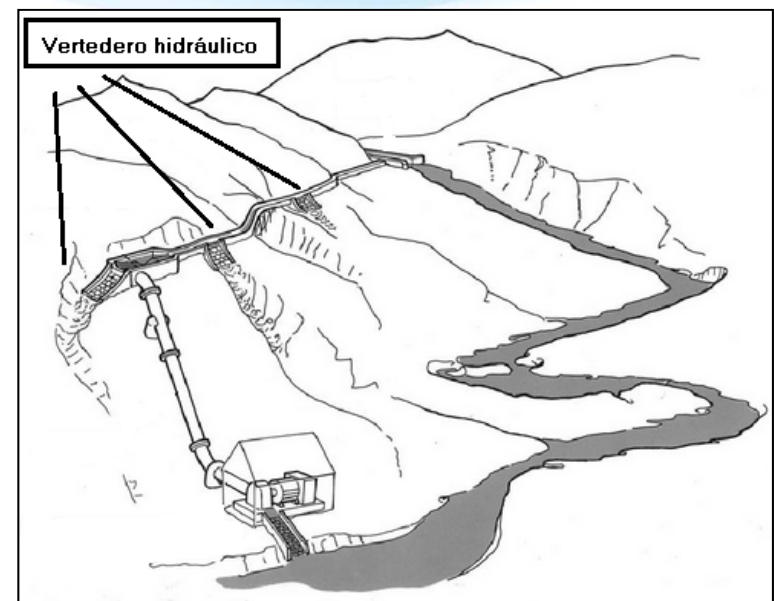
TUBERIA DE CARGA

- Es el componente que optima la eficiencia de la planta
- Mejores resultados son con tubería corta y empinada
- Depende del largo se necesita un buen apoyo



DRENAJE

- Agua puede ser peligrosa para todo de construcciones
- Mejora la eficiencia y la esperanza de vida de la planta
- Diferentes condiciones serán experimentadas a lo largo del curso de la vida, como lluvias fuertes e inundaciones



CASA DE MAQUINA

- El diseño y seguridad son importante para mantener el caro equipo mecánico y eléctrico
- Para pico hidro la regla general es que el piso de la casa debe estar de al menos 100 mm de espesor

CANAL DE DESCARGA

- Si hay una diversión del agua, se necesita canal de descarga para para tomar el agua de nuevo al río
- Se encuentra al lado de la casa de maquina
- Muy importante a no tener un nivel del agua elevado en el canal de descarga, puede resultar en cavitación de la turbina y otros cuestiones

MATERIALES: HORMIGON & TERRAPLEN

- Hormigón es ampliamente utilizado en obras civiles y un de buen calidad consiste de: agua, arena, cemento y grava.
- Terraplén es un otro tipo: rocas y tierra.
- Los dos pueden están utilizando en centrales pico hidráulicas (apoyo, embalses, canales) y tienen sus ventajas y desventajas

MATERIALES: HORMIGON & TERRAPLEN

TERRAPLEN	HORMIGON
VENTAJAS	
• Puede estar adaptado a una amplia gama de condiciones de fundación • Materiales naturales están utilizados para la construcción, que a menudo se pueden encontrar a nivel local (sostenibles) • Diseño flexible	• Adecuado para la mayoría de los rangos de la topografía • No es sensible a desbordamiento • El aliviadero puede colocar en la cresta de la presa (y puede extenderse de manera uniforme) • Obras auxiliares pueden ser incorporadas en el cuerpo de presa
DESVENTAJAS	
• Sensible a desbordamiento y las fugas • Sensible a la erosión • Alta tasa de mortalidad	• Requieren ciertas condiciones de la fundación • Grandes cantidades de cemento necesarios • Grandes costos

OTROS MATERIALES

- **ARENA:** sacos de arena pueden estar un buen uso para elevación del agua, relativamente fáciles a transportar, instalar y desinstalar. Costo bajo.
- **ROCAS:** encuentran fácilmente en cualquier lugar, puede utilizar en varios propósitos.
- **MADERA:** también encuentra fácilmente, debería estar cubierto con pintura para protección contra agua y la descomposición.
- **TIERRA:** forma terraplén (con rocas o sola). Tiene que estar seguro y ajustado para diferentes niveles del agua y su fuerza.



MATERIALES PARA TUBERIA

MATERIAL	FRICCION	PESO	CORROSION	COSTO	UNION	PRESION
HIERRO DUCTIL	4	1	4	2	4	4
FIBROCEMENTO	3	4	4	3	3	1
HORMIGON	1	1	5	3	3	1
DUELA DE MADERA	3	3	4	2	4	3
uPVC	5	5	4	4	4	5
ACERO TEMPLADO	3	3	3	4	4	5
PLASTICO REFORZADO CON VIDRIO (PRFV)	5	5	3	1	4	5
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	5	5	5	2	2	5

MEDIOCRE	1
EXCELENTE	5



V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

DIRECCION DE OBRAS

- Se necesita considerar diferentes aspectos en construcción de las plantas hidráulicas
- Tiempo & Clima
- Suministro de Materiales
- Permisos
- Medio Ambiente

GESTION SOSTENIBLE DE MATERIALES

- Los consejos a seguir proyecto mas sostenible:
 - Utilizar materiales locales
 - Utilizar materiales reciclados
 - Importar materiales de los alrededores
 - Utilizar rocas sueltas para caminos temporales (de entrega)
 - Contratar personas locales (brindarles capacitación, crear nuevos puestos de trabajo)
 - Manejar aceite con cuidado
 - Después de la finalización del proyecto de reciclar los materiales (especialmente de metal).

CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

- Materiales necesitados dependen del lugar y tamaño
- El mejor resultado es con buen diseño de desnivel y mantenimiento de filtro
- Mejor material para turbaría de carga esta uPVC
- Hormigón es mas bueno en lugares vulnerables a terremotos pero terraplén en general tiene diseño mas flexible
- No se necesita componentes caros a generar electricidad con planta pico hidráulica
- Co coloque el generador en el rio si posible
- Se recomienda suministrar todos los materiales antes de construcción, también permisos y muy buen planificación

REFERENCIAS

- Aronson, J., 2004. *Choosing Microhydro...*, Anglers Rest (Australia, Victoria)
- BC Hydro, 2004. *Handbook for Developing MICRO HYDRO In British Columbia*.
- ESHA, 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*.
- Jorde, K., Hartmann, E. & Unger, H., *GOOD & BAD of Mini Hydro Power*, Jakarta (Indonesia): ASEAN.
- Micro Hydropower, *Hydropower basics: Civil work components*.
<http://www.microhydropower.net/basics/components.php>

GRACIAS POR SU ATENCION

“La electricidad es el alma del universo”

John Wesley





Operación y mantenimiento de micro turbinas

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

Agenda

- Introducción
- Operación
- Mantenimiento
- Teoría
- Ejemplos de acciones
- Conclusión

Introducción

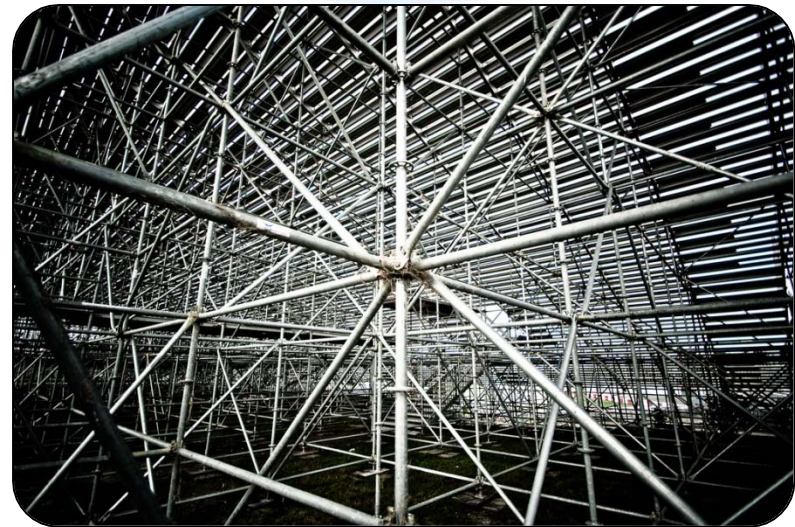
- Combustible $\Rightarrow$ Agua del río
- Verificar cada vez que el sistema tiene que ser puesto en marcha
 - El flujo de admisión
 - La velocidad de rotación de la turbina y el generador
 - La vibración de la turbina y el generador
 - La potencia de salida y la calidad de la misma
 - La buena transmisión



Operación

Fiabilidad

- Estructura sólida
- Un buen mantenimiento
- Todos los dispositivos de seguridad necesarios



Operación

Fiabilidad



Operación

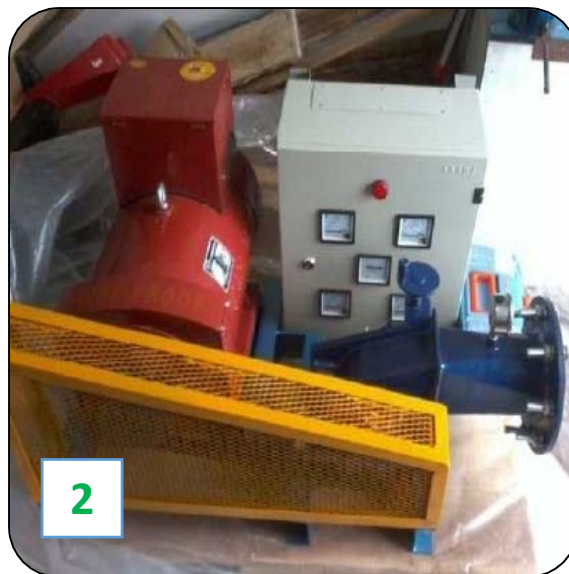
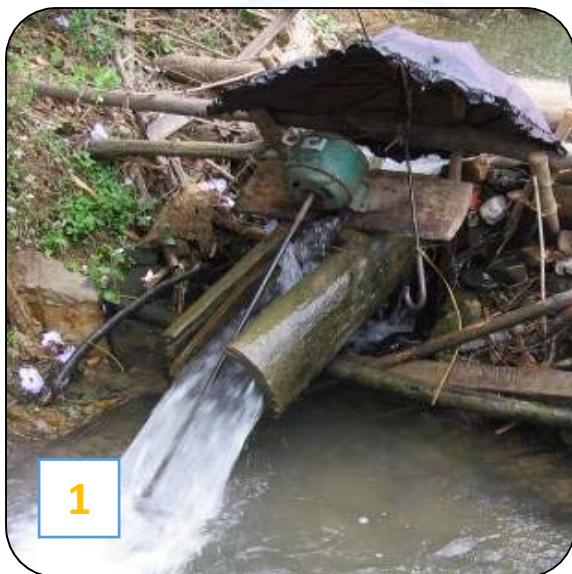
Seguridad

- Instalaciones fuertes y rígidas
- Interruptores automáticos confiables
- Una protección para cada conductor de la electricidad
- Una caja de seguridad para cada parte en movimiento



Operación

Seguridad



Operación

Inicio

- Todos los conectores están bien fijados, conectado a la tierra y protegida por los disyuntores
- La turbina y el generador están libres para rotar
- Todos los dispositivos de seguridad están en posición
- La bocatoma y la tubería de carga son libres de escombros
- El sistema no tiene ninguna fuga.
- Cada parte del sistema están limpias y en buen estado

Operación

Inicio

- Apertura de la bocatoma
- Emergencia $\Rightarrow$ parada de emergencia rápida
- Ayuda de la población local



Mantenimiento

Función

- Mantenimiento de un sistema de energía pico hidroeléctrica es **intensivo**
- **Los operadores deben revisar el material al día**
- Los operadores deben conocer muy bien el sistema
- los sensores son a menudo limitado a los sentidos humanos
 - Vista
 - Oído

Mantenimiento

Función

- Limpiar toda las partes que puede interferir con la bocatoma y la turbina (ramas, hojas, basura e incluso peces)
 - red o rejilla delante de la bocatoma
- Verificar los cables y aparatos (fuertes lluvias, viento, o incluso a la fauna local)
- Ser eficiente
 - arreglar o cambiar
 - gestión del tiempo
 - gestión de las piezas de repuesto

Mantenimiento

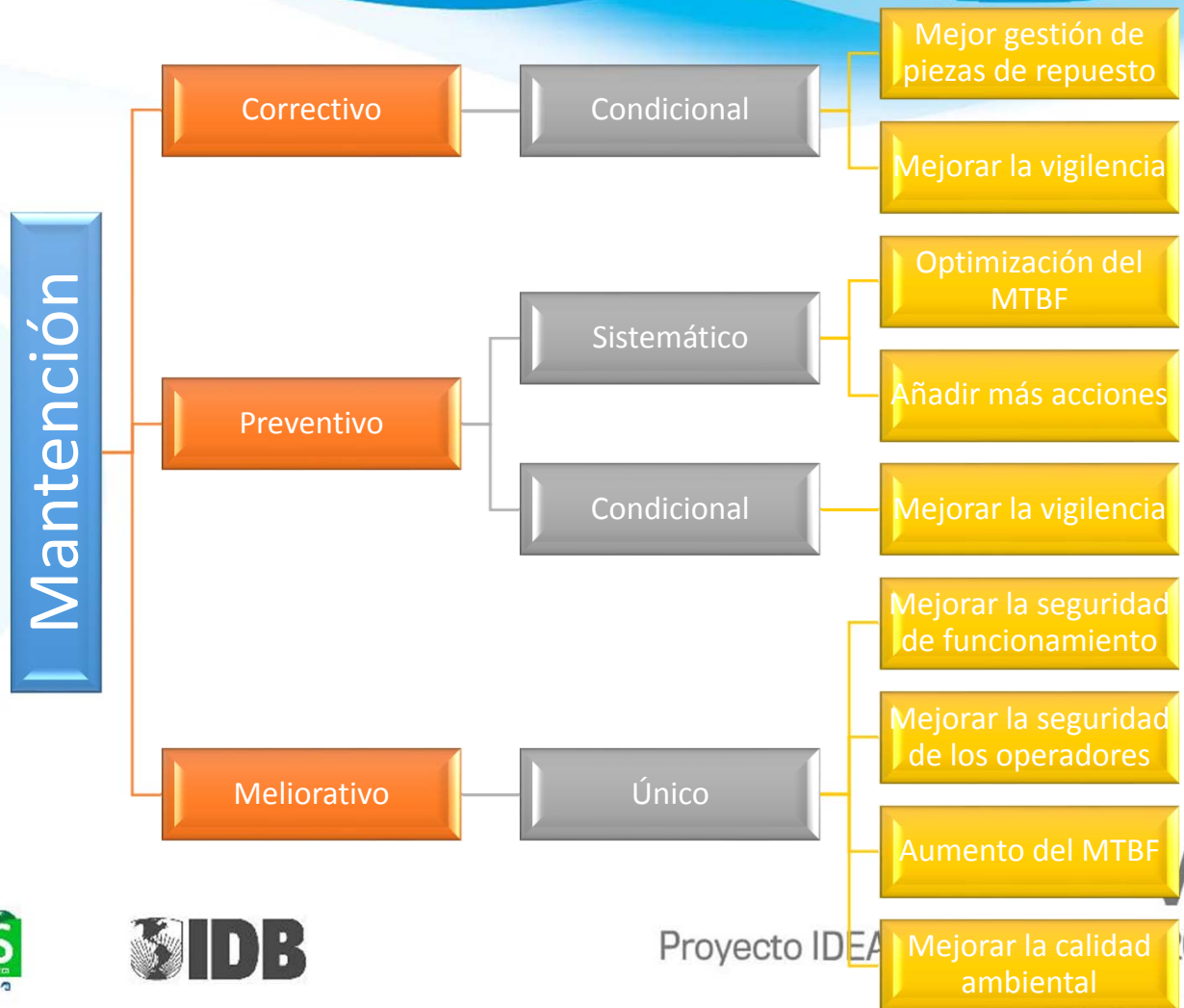
Seguridad

- **El mantenimiento se tiene que hacer en seguridad**
 - Electricidad: los operadores deben llevar el **equipo adecuado** y **desconecte la electricidad.**
 - Maquinaria en movimiento: Ser parada y **seguridad de emergencia** encendido.
 - Parte pesada: utilizar la herramienta adecuada.

- **Se debe escribir un libro de mantenimiento**

Mantenimiento

Organización



Mantenimiento

Mantenimiento correctivo

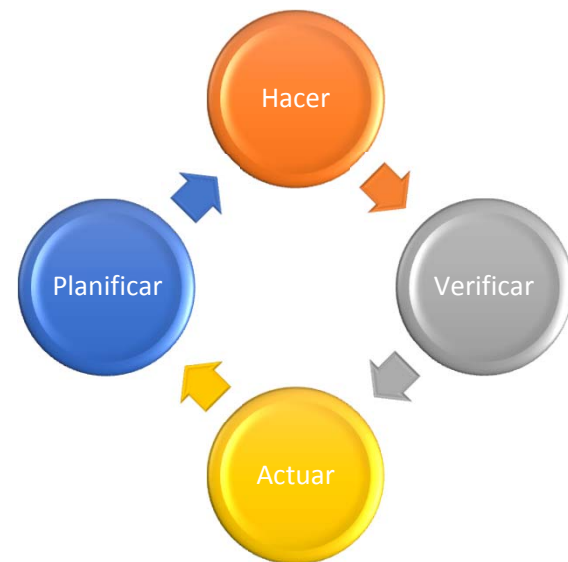
- Después de una falla (condicionada)
- Solucionar el problema
- Piezas de repuesto
 - Cerca del sitio
- las formaciones y las capacitaciones de los operadores son esenciales



Mantenimiento

Mantenimiento preventivo - Sistemático

- Acciones previstas a plazo fijo
 - Engrasada o cambiada de los rodamientos
 - aumentar el tiempo de vida de las partes más costosas
- Planificadas y escritas en el libro de mantenimiento



Mantenimiento

Mantenimiento preventivo - Condicional

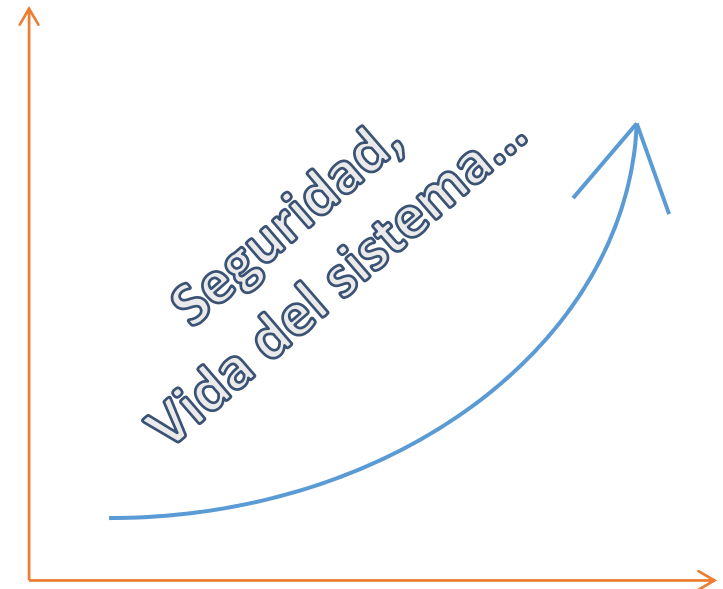
- Antes de la falla, pero inicializado por los operadores cuando se detecta una irregularidad.
- Sin prisas
- Entrenamiento y la habilidad de los operadores son esenciales.



Mantenimiento

Mantenimiento preventivo - Meliorativo

- Similar al mantenimiento preventivo
- Son innovadoras y pueden mejorar:
 - El tiempo de vida de la planta y su seguridad
 - El número de fallas crónicas
 - La seguridad de los operadores
 - La calidad del medio ambiente



Ejemplos de acciones

No tensión o bajo potencia

Problema	Posible causa	Solución
No tensión o de baja potencia de salida	Potencia de la turbina insuficiente	Revisar la provisión de agua (bocatoma, tubería de carga), la velocidad de la turbina y del generador.
	Fala de cable	Verificar los cables y que los interruptores están encendidos.
	Valores de batería incorrectas	Verificar que las baterías están conectadas como se muestra en el diagrama de cableado. Verificar la capacidad de las baterías esta adecuada para el generador.

Ejemplos de acciones

Sobre tensión

Problema	Posible causa	Solución
Falla de sobretensión	Resistores eléctricos no son conectado correctamente	Verificar que no hay pérdidas. Verificar que los interruptores en el circuito están encendidos. Verificar que todos los resistores eléctricos se calientan. Si no es así, medir la resistencia y reemplazar si es necesario.
	Potencia del generador más alta sobre el controlador	Operar la turbina a potencia de salida reducida o reemplazar el controlador de generador con uno de más alta capacidad.
	Controlador dañado y no puede distribuir la potencia a los resistores eléctricos	Verificar los cables del controlador del generador. De lo contrario, reemplace el tablero de circuito.

Ejemplos de acciones

Parpadeos

Problema	Posible causa	Solución
Parpadeo de las bombillas de luz	La velocidad de respuesta del controlador es incorrecto	Cambie la configuración de la velocidad de respuesta del potenciómetro en el tablón de circuitos.
	Resistores eléctricos mucho mayor que la valor nominal del generador	Reducir la capacidad de los resistores.
	Potencia de la turbina desigual	Verificar la alineación de la turbina, daño o bloqueo. Verificar los rodamientos.

Ejemplos de acciones

Disyuntores

Problema	Posible causa	Solución
Interruptor de protección del generador se opera	Conexión del generador incorrecta	Verificar las conexiones del generador.
	Demasiado corriente	Reduzca la cantidad de baterías conectado.
	Demasiado resistencia de carga	Aumentar la capacidad del interruptor de protección del generador en caso de necesidad. Operar la turbina a una potencia reducida. Evitar la sobrecarga del generador.
	Sistema de distribución en cortocircuito	Aislar las secciones de la red de distribución hasta que se encuentra la falla. Alternativamente medir la resistencia a diferentes secciones para identificar el fallo.

Conclusión

- Un buen mantenimiento debe ser:
 - **En seguridad**
 - **Al día**
 - Inteligente
 - con herramienta adecuada
 - con un operador formado que conoce el sistema
 - Con ayuda de la población local
 - Lo mas posible preventivo

Referencias

Phillip Maher and Nigel Smith (2001), “PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER - A Practical Manual for Schemes up to 5 kW in Hilly Areas”.

Lao Institute for Renewable Energy (2008), “Technography of pico-hydropower in the Lao PDR”.



Gracias por su atención



V.1
Proyecto IDEAS N° 1846 - 2014/2015
www.alakaluf.cl



Costos y financiamiento de proyectos de pico hidro

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

AGENDA

- Costos de componentes y proyectos
- Como seguir el retorno
- Financiamiento: privado y fondos
- Donde obtener fondos en Chile
- Conclusiones
- Referencias

GRUPOS DE COSTOS



Tres tipos de costos:

- **Inversión:** componentes, transporte, instalación, repuestos y herramientas.
- **O&M:** salarios, mantenimiento, piezas de repuesto.
- **Otros costos:** arrendamientos de tierras, seguros, alquiler agua, impuestos a la propiedad, costos de préstamo.

COSTOS DE COMPONENTES

COMPONENTE	ALCANCE DE PRECIOS
Turbina + Generador	US\$20-US\$70/300W-500W (Vietnam) hasta \$4.000 CLP por 5kW
Filtre	US\$1 - US\$6 por 1 pulgada de diámetro
Bocatoma	US\$120 – US\$2.500
Tubería de carga	US\$10-US\$100/meter

COSTOS DE CONSTRUCCION

OBRAS	ALCANCE DE VALORES
CIVILES	Desde 0 hasta igual costos de equipamiento
INSTALACION	\$500/kW - \$1.000/kW



V.1

COSTOS O&M

ITEM	VALORES
SALARIOS	\$30-\$50/MES
MANTENIMIENTO	4%-6% DE CAPITAL

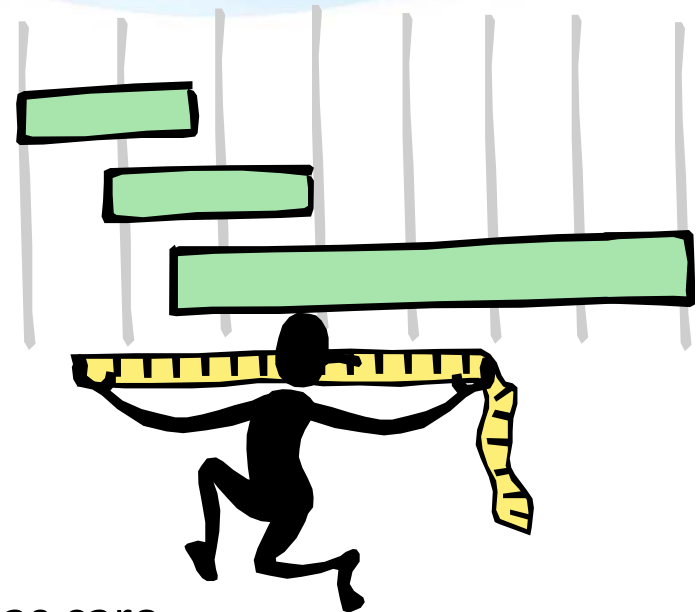
COSTOS DE PLANTAS

- Precio de las plantas dependen de muchos factores, pero generalmente se toma los valores de menos de \$1.000/kW hasta tan mucho como \$8.000/kW por inversión de pico hidro.

COSTOS DE PROYECTO

Los costos el mas dependen de:

- Tamaño
- Lugar
- Turbina + generador
- Obras de distribución



Generalmente equipo de generación es el mas caro.

COSTOS DE PROYECTO

- Los costos de maquinas también dependen del usos:
 - Agricultura
 - Carga de la batería
 - Fabricación de hielo y refrigeración
 - Energia

Para energía mecánica el precio es mas bajo (\$714 - \$1.233/kW, Nepal). Otro ejemplo incluye precios de \$20 - \$70 en Vietnam por plantas 300W-500W.

SEGURIDAD DE RETORNO

- A seguir devolución del proyecto los flujos de caja debe predicen correctamente.
- Métodos que reducen riesgo:
 1. Programas de medición de datos: corriente, precipitación y producción de la energía.
 2. Desarrollo gradual: añadiendo mas potencia

FONDOS DE CAPITAL

- **Definición:** fondo mutuo o de inversión privada que compra la propiedad en las empresas.
- **Fuentes**
 - capital privado (amigos, familiares, etc.)
 - Formación de una empresa con emisión de acciones al publica
 - Prestamos de agencias gobiérnales
 - Subvenciones del gobierno
 - Capital de riesgo
 - Productores de energía independientes (a cambio de una participación proporcional en el proyecto)

FONDOS DE DEUDA

- **Definición:** los preferidos de personas que no están dispuestos a invertir en un mercado de renta variable altamente volátil.

- **FUENTES**

- Bancos
- Empresas de arrendamiento y de capital
- Empresas fiduciarias
- Agencias gubernales
- Empresas de seguros de vida

METODOS DE FINANCIACION

- Hay muchas fuentes de financiación de proyectos de energía renovables.
- Se dividen en dos categorías:
 1. Fondos de Capital
 2. Fondos de Deuda

OPCIONES DE PROPIEDAD

- Hay dos opciones quien puede poseer el proyecto:
 - 1. Comunidad/Una persona:** ingresos de venta de la energía vuelve a la comunidad.
 - 2. Empresa:** recibe el beneficio de la venta de la energía. Este caso asegura mas atención de mantenimiento y reparación.
- Modelos de gubernamentales propiedad son menos común para pico hidro proyectos.

ANALISIS FINANCIEROS

- Es importante estar capaz de predecir financieramente la viabilidad del proyecto con la propiedad de una empresa o de una comunidad.
- Por eso se necesita los siguientes valores:
N – la vida del proyecto
r – tarifa de descuento (típicamente 4%-6% en Chile)

ANALISIS FINANCIERO

- **Devolucion:** determina numero de ano para el capital invertido

$$\text{Devolución} = \frac{\text{Costo de inversion}}{\text{Regresos anuales netos}}$$

- **Costo de la electricidad:** determina el costo de la electricidad generada con la planta

$$LCOE = \frac{\text{Costo de inversion } [\$]}{\text{Electricidad generada } [kWh]}$$

ANALISIS FINANCIERO

- **VAN**: da el valor del proyecto en año t con tarifa de descuento i . Debe estar positivo (> 0) con $i=4\%$ a obtener

$$\frac{R}{(1 + i)^t}$$

- **TIR**: un método de calculación donde $VAN = 0$. Mayor TIR, mayor rentabilidad.

SOLICITUD DE FINANCIACION

- Si quiere aplicar por fondos o crédito en banco, se necesita incluir los siguientes factores:
 1. Introducción del proyecto
 2. Descripción de la naturaleza del proyecto, planes de construcción y operación, dibujos diseño y estudio de la hidrología
 3. Participantes personas y empresas que participan directamente en el desarrollo del proyecto, y también otras personas/empresas con intereses en el proyecto o la zona.
 4. Análisis financieros con estimación de los costos de capital y análisis de inversión
 5. Estados financieros: revisar el pasado historia financiera del proponente

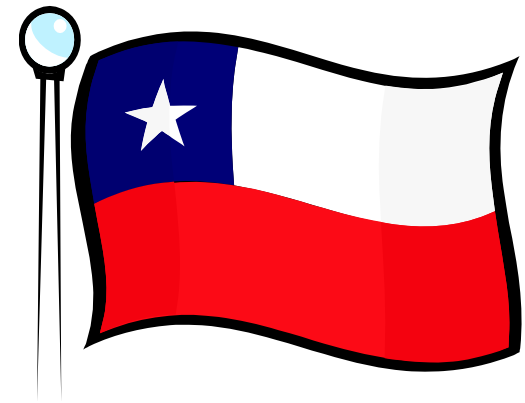
INSTRUMENTOS FINANCIEROS EN CHILE DE

- ERNC

- Agencias en Chile cambian sus directrices a menudo.
- Actualmente no hay ningunos instrumentos por plantas pico hidro en Chile.
- importante comprobar si hay actualizaciones en los sitios web sobre fuentes nuevos.

FONDOS NACIONALES

- No hay fondos específicamente para desarrollo de plantas pico hidro, o otras tecnologías de energía renovable. Sin embargo, todavía hay otros fondos que pueden estar usando también para pico hidro.



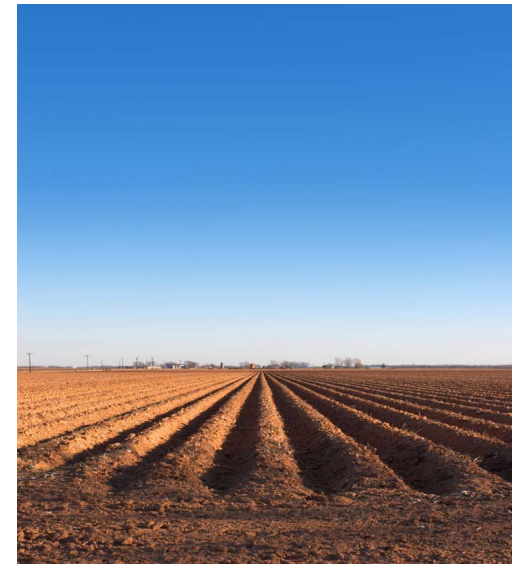
V.1

DESARROLLO REGIONAL

- FRIL: Fondo Regional De Iniciativa Local
 - principalmente para desarrollo comunidades
 - permite financiar y ejecutar proyectos con demanda alta.
- FNDR : Fondo Nacional de Desarrollo Regional

Fundación para la Innovación Agraria

- Sector agrícola
- Público o privado
- Disponible: Julio – Septiembre (cada año)
- Máximo fondo de \$150.000.000 CLP hasta 80% del costo total del proyecto.



Ministerio del Medio Ambiente

- Fondo de Protección Ambiental (FPA)
- Para organizaciones comunitarias sin fines de lucro
- Disponible: Abril – Junio (cada año)
- Máximo fondo: \$4.000.000 CLP y debe contemplar un cofinanciamiento mínimo de 40%.



Ministerio de Desarrollo Social

- Un fondo mixto: desarrollo de proyectos pilotos en sectores vulnerables económicamente
- Zonas urbanas como rurales
- Para corporaciones, comunas y funcionales que trabajan el tema social
- Disponible: se modifican cada año (consulte el sitio web para detalles)
- Máximo: \$4.000.000 CLP en primer nivel y en segundo \$10.000.000 CLP



Instituto Nacional de la Juventud

- Programa P.A.I.S. Joven Social
- Para jóvenes entre 15 a 29 años.
- Principalmente para desarrollar pilotos que integren ERNC
- Disponible: Agosto (cada año)
- Fondo: \$1.000.000 CLP hasta \$10.000.000 CLP



V.1

Ministerio del Interior

- Fondo Social presidente de la Republica
- Para programas pilotos de ERNC en organizaciones de la sociedad civil en todo el país
- Para organismos o Instituciones publicas o privadas con personalidad jurídica vigente
- Disponible: Marzo (cada año)
- Fondo:
 - \$1.600.000 CLP para equipamiento
 - \$10.000.000 CLP para infraestructura

CONCLUSIONES

- Hay costos de inversión, O&M y otros costos anuales
- El costo de plantas pico hidro varían considerablemente (menos que \$1.000/kW hasta \$8.000/kW)
- Proyecto puede estar de propiedad de una empresa o comunidad
- Métodos de financiación: capital y deuda.
- Un tipo de capital son fondos, que se puede obtener del gobierno y diferentes organizaciones.

REFERENCIAS

- CER, 2012. *Fuentes de Financiamiento para Proyectos ERNC*.
[http://cer.gob.cl/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Fichas Instrumentos Financiamiento V1 1.pdf](http://cer.gob.cl/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Fichas_Instrumentos_Financiamiento_V1_1.pdf)
- Barra Manríquez, A. *Fuentes de Financiamiento para Proyectos Municipales*.
- Department for International Development, 2000. *Best Practices for Sustainable Development of Micro Hydro Power in Developing Countries*, Cambridge Massachusetts.
- Department of Energy, 2009. *Manuals and Guidelines for micro-hydropower Development in Rural Electrification*.
- Singh, D., 2009. *Micro Hydro Power: Resource Assessment Handbook*.
- The Colorado Energy Office, *Small Hydropower Handbook*, Denver.

GRACIAS POR SU ATENCION





Permisos y normativas de generación hidráulica

V.1

Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015

www.alakaluf.cl

ÁMBITO LEGAL

ACCESO AL LUGAR

- Se debe visitar el lugar a realizar el proyecto con el fin de hacer un básico levantamiento topográfico del sector.



- Registrar las coordenadas del lugar.
- Identificar el cauce principal con sus afluentes.
- Desnivel.
- Área con la que se especula para el proyecto.

ANÁLISIS DEL DESARROLLADOR RESPECTO AL TERRENO DE TRABAJO

Es importante establecer bajo que representación se encuentra el terreno a trabajar.

Estos pueden ser:

► **Arriendo**



► **Servidumbre**

► **Concesión**



DERECHO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS

“Las aguas terrestres son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares un derecho de aprovechamiento sobre ellas de acuerdo a los procedimientos y requisitos que se establecen en el Código de Aguas del año 1981 y sus modificaciones del año 2005”.



¿Existe Derechos de Aguas otorgados?



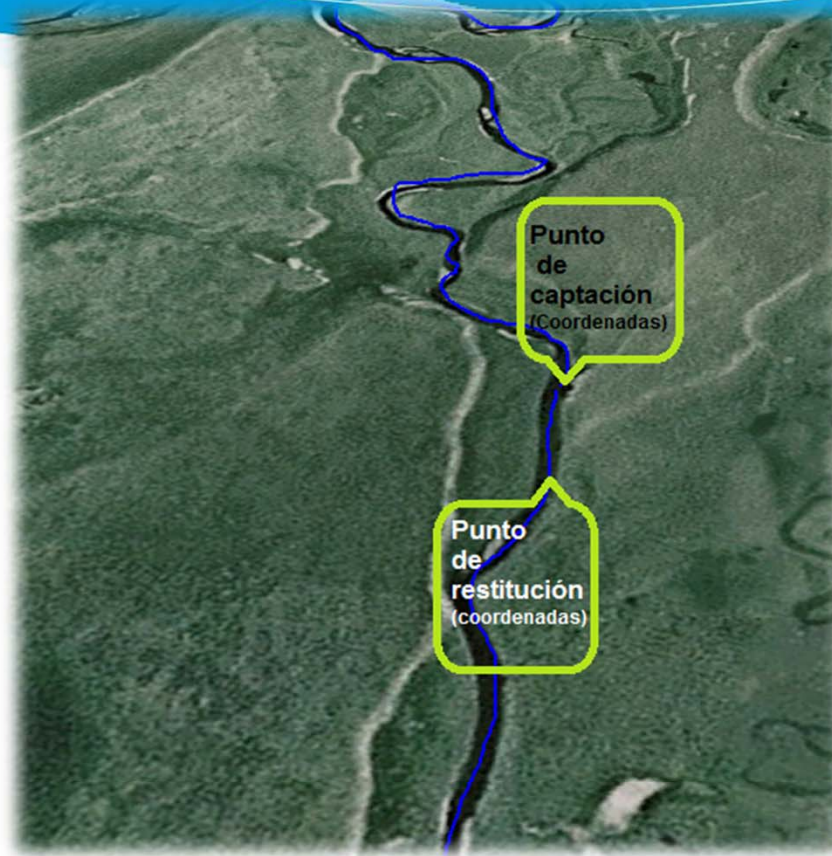
En caso de no poseer el dueño del proyecto derechos de aprovechamiento de aguas se debe presentar una solicitud ante la Dirección General de Aguas para la obtención de estos derechos.

Requisitos:

- ✓ La individualización de/la solicitante.
- ✓ nombre del álveo
- ✓ Su naturaleza, en este caso, superficiales, corrientes o detenidas, y la provincia en que están ubicadas o que recorren.
- ✓ Cantidad de agua.
- ✓ Puntos de captación (Coordenadas UTM, Dátum, Huso).
- ✓ La forma o el modo de extraer el agua, pudiendo ser gravitacional o mecánica.
- ✓ Si el derecho es de uso consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, continuo o discontinuo o alternado con otras personas.
- ✓ Si el derecho es de uso *no consuntivo*, debe indicarse además, el punto de restitución de las aguas, la distancia entre el punto de captación y el de restitución y el desnivel entre éstos.



- ✓ El derecho no consuntivo, permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la misma calidad, cantidad y oportunidad (Ej: generación eléctrica, pisciculturas, etc.).



¿Personas jurídicas?

- Certificado de vigencia de la sociedad.
- Poder conferido al representante legal con vigencia.

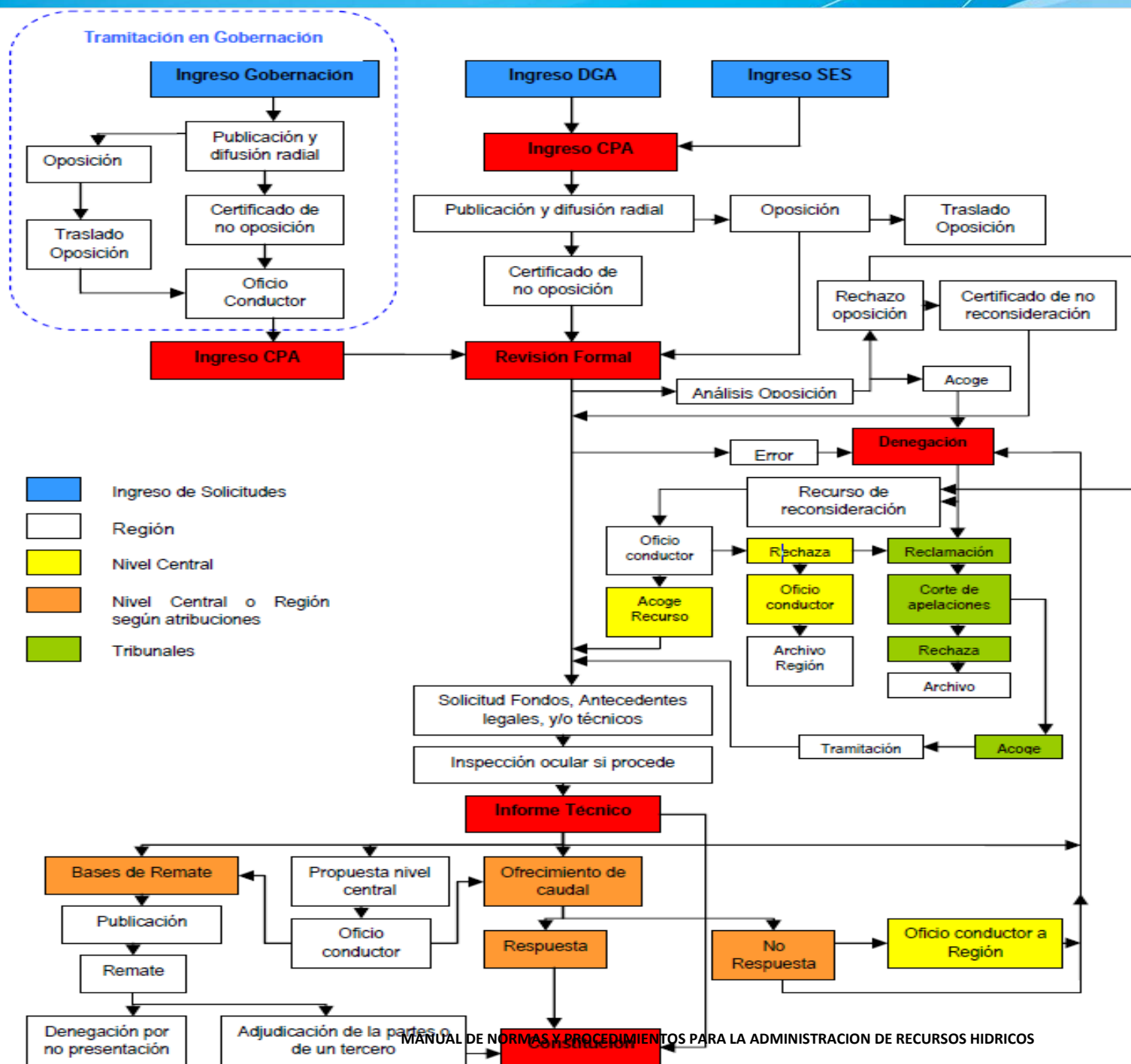
Procedimiento

- ▶ **PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD**
- ▶ **PUBLICACIONES**



V.1

DIAGRAMA DE FLUJO DE TRAMITACIÓN DE SOLICITUDES



SOLICITUDES DE CONSTRUCCIÓN, MODIFICACIÓN, CAMBIO Y UNIFICACIÓN DE BOCATOMAS.

Para la extracción de los recursos hídricos otorgados por la DGA es necesario solicitar a esta misma Dirección la aprobación de la obra que se desea realizar, ya sea construcción de bocatoma, extracción con motobomba, acueducto, etc., todas son consideradas obras.

Procedimiento

- ✓ PRESENTACIÓN DE LA SOLICITUD
- ✓ VISITAS A TERRENO

PERMISOS AMBIENTALES

- **Proyecto menor a 300 kW**

Ley 19.300 “Ley sobre bases generales del medio ambiente”.

Se excluye:

- c) Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW;

Pero no así, si el proyecto cumple con lo siguiente:

- a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;
- p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.

ESTUDIOS PARA TENER EN CUENTA

- **LIMNOLOGÍA**



Fuente: Propia (Puerto Williams)

FAUNA TERRESTRE



Puma



Aves Kaiken



Reptiles



Anfibios



Guanacos

Etc...

FLORA Y VEGETACIÓN



Calafate



Lenga

Identificar formaciones vegetacionales de interés, y especies con problemas de conservación biológica, que puedan verse afectadas por las obras del proyecto.

Normas y Leyes a considerar

- **EMISIÓN DE RUIDOS MOLESTOS PRODUCTOS DE FUENTES QUE INDICA.**
 - Decreto Supremo N°38 de 2012, Ministerio de Medio Ambiente.
- **PATRIMONIO CULTURAL**
 - Ley 17.288 Monumentos Nacionales.
 - D.S. N° 484/90, Ministerio de Educación.
 - Reglamento de la Ley N° 17.288, sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas.
- **EMISIONES A LA ATMÓSFERA**
 - Ley N° 20.096 Minsegespres
 - D.F.L. N° 725/67 del Ministerio de Salud, artículos 67, 89. Código Sanitario.
 - D.S 59 /98, e MINSEGPRES, establece norma de calidad para Material Particulado respirable.
 - D. S. N° 144/61, del Ministerio de Salud
 - D. S. N° 75/87, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

• **PROTECCIÓN DE BOSQUES Y PATRIMONIO SILVESTRE**

- **Ley de Bosques del año 1931 y sus actualizaciones**
- **Convención de Washington, la que fue ratificada por Decreto Supremo Nº 531 de 23 de agosto de 1967, del Ministerio de Relaciones Exteriores.**
- **Ley Nº 18.362 del año 1984, que crea el Sistema Nacional de Áreas Silvestre Protegidas del Estado.**
- **Convenio sobre Diversidad Biológica D. S. Nº 1963 del año 1995**
- **D.F.L. Nº 1.122. Fija Texto del Código de Aguas.**
- **D.F.L. Nº 725/67 Código Sanitario Artículo 73**

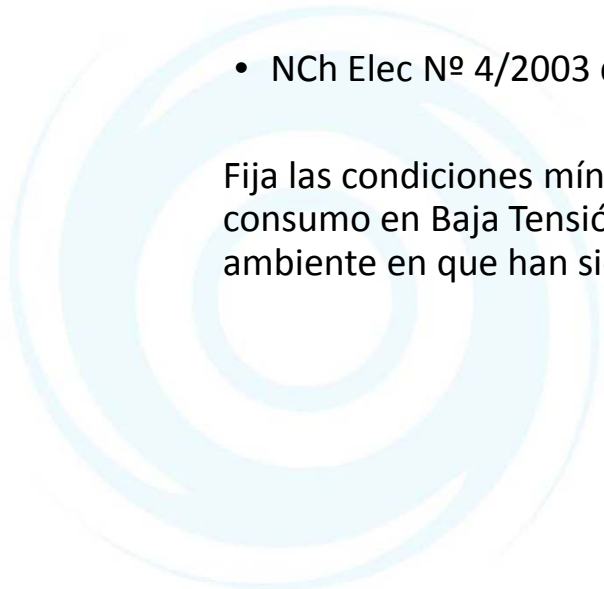
• SALUD E HIGIENE LABORAL

- Ley N° 20.001 MINSAL, art. 211.
- D. S. N° 655/40 Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- **Ley N° 16.744. Ministerio del Trabajo y Previsión Social.**
- D. S. N° 40/69 MINSAL, art. 21 y 22
- D.S. N° 18/82 MINSAL, art. 1



• EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA

- NCh Elec Nº 4/2003 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.



Fija las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de consumo en Baja Tensión, a fin de salvaguardar a las personas y preservar el medio ambiente en que han sido construidas.



Gracias por su atención



V.1
Proyecto IDEAS Nº 1846 - 2014/2015
www.alakaluf.cl