

# Central hidroeléctrica de gran altura, de generación hidráulica y bombeo eólico mecánico

Joaquín Malaneschii Delgado (a) Gioradno Bruno MCMLVII.

Diciembre 2024

Montevideo, República Oriental del Uruguay

[neschii@gmail.com](mailto:neschii@gmail.com)

+598 99631872

## Resumen

En este documento se propone la construcción de una central hidroeléctrica de gran altura, inspirada en la central de Tonstad en Noruega y en el [Proyecto Espejo de Tarapacá](#) en Chile. La propuesta incluye el uso de molinos eólicos mecánicos para bombear directamente agua a un embalse situado lo más alto posible en una montaña. Este sistema permitirá generar electricidad de manera continua, maximizando la producción energética, si es que el embalse nunca queda sin agua a lo largo del año mientras se esté electrogenerando. Además, se discuten los aspectos técnicos, ambientales y de viabilidad del proyecto, incluyendo la instalación de molinos eólicos en el mar y el uso de tuberías para transportar el agua. Se considera también la viabilidad de utilizar tecnología similar a la empleada en otros proyectos de infraestructura marina, como el Nord Stream II y como el oleoducto que ANCAP tiene tendido entre su boya petrolera en José Ignacio y su planta de refinado en La Teja, Montevideo, Uruguay.

## Palabras Clave

- Central hidroeléctrica
- Molinos eólicos de bombeo mecánico
- Energía renovable
- Tonstad
- Tarapacá
- Energía hidráulica
- Bombeo de agua
- Infraestructura marina

Tomando como ejemplo Tonstad Kraftverk, que es una de las mayores centrales hidroeléctricas de Noruega situada en el municipio de Sirdal en el condado de Agder, propongo armar una central electrogeneradora hidráulica en el lugar más propicio donde se puedan encontrar las mejores condiciones, cómo por ejemplo Tarapacá en Chile. La central hidroeólica que propongo combina la energía eólica y la energía hidráulica para generar electricidad de forma sostenible y por lo menos de forma tan continua como lo hacen las centrales hidroeléctricas de pasada o de embalse. También lo que propongo puede ser visto como una central hidroeléctrica reversible o de bombeo, pero eso confundiría ya que las centrales reversibles o de bombeo, hasta donde he visto especulan con el precio de la electricidad para bombear cuando baja el precio y generara cuando vuelve a subir. A partir de ahora y para no confundir, por un lado podríamos llamar «reversibles de bombeo eléctrico» a las conocidas hasta ahora y «no reversibles de bombeo eólico» a las que propongo.

Algunos datos de la central noruega:

*1. Tonstad Kraftverk:*

- *Ubicación: Sirdal, Noruega.*
- *Altura de Caída: 450 metros.*
- *Capacidad Instalada: 960 MW.*
- *Producción Anual: 3,800 GWh. (Factor de planta 45,2%)*

Conocí la existencia de la central de marras, al ver un documento publicado por la DW en español :

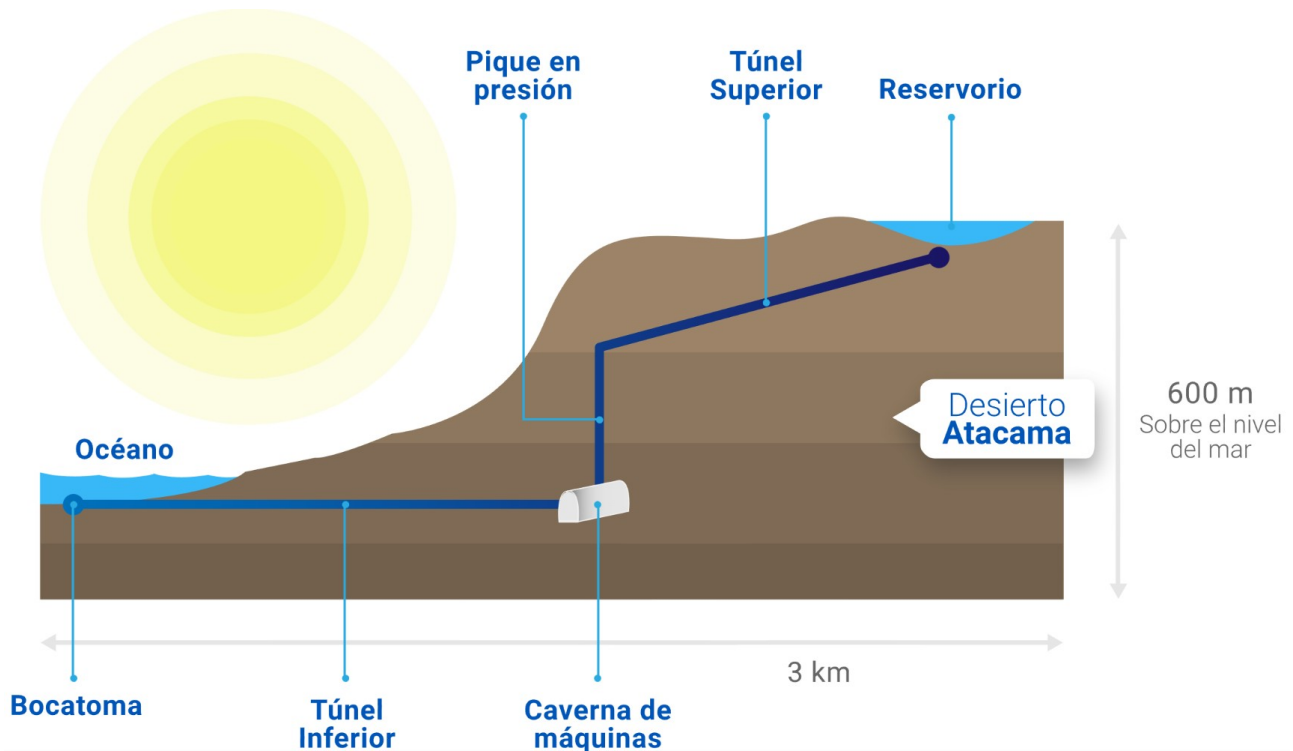
*Cómo contrarrestar la crisis climática | DW Documental*

*Compartido July 13, 2023*

*(La identificación en youtube es «[2HYx8aItmXc](#)»)*

Luego de 9 minutos y 21 segundos de comenzado el informe, comienzan a presentar el caso noruego inspirador. Lo que propongo hacer es algo que funcione llenando un estanque situado a la mayor altura posible y con capacidad necesaria y suficiente para abastecer sobradamente la demanda. Al contrario de lo que sucede con la central noruega, la producción anual de la central a construir, estará mucho más cercana al 100% o de ser necesario estará produciendo al 100% todo el año. Para ello se deberá instalar una batería de molinos eólicos directamente bombeadores que utilizando el viento que esté soplando cada momento, estarán bombeando agua siempre que el estanque no esté desbordando. Será parte del estudio previo, determinar cuántos molinos eólicos directamente bombeadores serán necesarios para que el agua que caiga desde el estanque para accionar alguna turbina, alcance para generar lo necesario y luego vuelva al mar. Tanto al subir como al bajar, el agua que se saque del mar, al mar volverá, circulando siempre por tuberías apropiadas.

Algo que habrá que determinar es el lugar donde se instalarán los molinos eólicos directamente bombeadores. Una posibilidad a estudiar es instalarlos en el mar tal como actualmente se están instalando muchos electrogeneradores eólicos. La siguiente imagen corresponde al proyecto de Tarapacá aunque en nuestro caso faltaría agregar los molinos bombeadores eólicos mecánicos junto con otra cañería que conecte la salida de los molinos de bombeo mecánico con el reservorio en la altura.



Un farellón costero de gran altura próximo al océano, que contiene concavidades naturales, las que son usadas para almacenar agua de mar, sin la construcción de represas. Esto reduce dramáticamente tanto el impacto medioambiental como el costo.

Por supuesto, las decisiones específicas siempre deben basarse en un estudio detallado de la región, la infraestructura disponible, las leyes locales y las preocupaciones de las comunidades eventualmente afectadas.

Aunque se aumente el costo, lo ideal sería situar los molinos eólicos mecánicos directamente bombeadores marinos a una distancia de 10 a 20 km o más de la costa, dependiendo de los factores locales. Además, se debe realizar un análisis exhaustivo del impacto ambiental y de las comunidades cercanas para garantizar que se minimicen las objeciones y se maximicen los beneficios tanto para el medio ambiente como para la población local. Ejemplos similares podemos mencionar el tendido del Nord Stream II aunque nunca se haya puesto en funcionamiento y algo de menor porte pero más cercano lo encontramos en la boya petrolera que ANCAP tiene flotando en José Ignacio, Maldonado, Uruguay con las siguientes características:

## Oleoducto submarino

De 3.600 m de largo x 90 cm de diámetro, pared de acero 12 mm espesor, revestido exteriormente con 11 cm de hormigón armado. La profundidad del océano en la zona de la boya es de 19 metros.

## Performance

Alto registro de seguridad marina (423 operaciones sin accidentes). La Ubicación en zona sumamente sensible cercana al balneario Punta del Este. Terminal certificada ISO 14001, Gestión Ambiental (mar y tierra) (UNIT / AENOR). Remolcadores e instalaciones certificadas Código PBIP (Protección) (OMI / PNN).

1) La boya tiene 10 m de diámetro, se encuentra a 3.600 m de la costa ...

## [Datos de ANCAP sobre la boya petrolera en José Ignacio.](#)

Entiendo que esto muestra que es perfectamente posible instalar una cañería entre tierra firme y algo que esté en medio del mar. Obviamente las dimensiones del acueducto que se utilice tendrán que ser calculadas según la presión máxima que tenga que resistir y según el flujo que se quiera transportar a la presión de trabajo. Algo que según entiendo debería ser considerado es utilizar un sistema de vasos comunicantes conectando al embalse una torre hueca en el mar y cerca de los molinos eólicos directamente bombeadores marinos, de la misma altura que como máximo se quiera alcanzar en el embalse situado en la montaña a 600 m de altura sobre el nivel del mar. Burj Khalifa en Dubái, Emiratos Árabes Unidos, es hasta el momento la edificación más alta construida por el ser humano, con una altura de 828 metros sobre el nivel del mar.

Ahora, dejemos volar un poco la imaginación. La central hidroeléctrica de Tonstad tiene una potencia instalada de 960 MW aprovechando la caída de agua de 450 m. Si cayera desde 45 m, la potencia sería 96 MW usando la misma turbina y el mismo caudal.

## Dijiste:

Supongamos que tenemos una caída de agua de 450 m de altura con un caudal determinado. Instalando una turbina en la altura 0 se genera 100% de energía eléctrica. ¿Cuanto se genera si la misma turbina se instala en la misma caída de agua manteniendo el mismo caudal pero la altura pasa a ser de 405 m o sea con una caída de 45 m?.

ChatGPT dijo:

En este caso, la cantidad de energía generada depende directamente de la **altura de caída** del agua, ya que la **energía potencial** del agua, que se convierte en energía mecánica y luego en energía eléctrica, está directamente relacionada con esa altura. Si reducimos la altura de caída, la energía generada también disminuirá proporcionalmente.

## **Fórmula básica para la potencia hidráulica:**

La potencia hidráulica (P) generada por un sistema hidroeléctrico está dada por la siguiente fórmula:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Donde:

- P es la potencia (en vatios, W).
- $\rho$  es la densidad del agua ( $1.000 \text{ kg/m}^3$ ).
- g es la aceleración debida a la gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).
- Q es el caudal de agua (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- H es la altura de caída (en metros).
- $\eta$  es la eficiencia de la turbina.

### Relación entre la energía generada y la altura de caída:

La **energía potencial** que se convierte en **energía mecánica** depende directamente de la **altura de caída** (H), es decir, si se reduce la altura de caída, la potencia generada disminuye en la misma proporción.

La relación entre las potencias generadas en ambos casos es simplemente la relación entre las alturas de caída. Dado que el caudal (Q) y la eficiencia ( $\eta$ ) se mantienen constantes, la potencia generada es directamente proporcional a la altura de caída.

### Caso 1: Caída de 450 m (generando al 100%)

Supongamos que en la **caída de 450 m** se genera el **100% de la potencia** posible. Esto significa que toda la energía aprovechable por la turbina se extrae de esa altura.

### Caso 2: Caída de 45 m (¿cuánto se genera?)

Si la **caída de agua** se reduce a **45 m**, la potencia generada se reducirá proporcionalmente. La relación entre las potencias generadas es la misma que la relación entre las alturas de caída.

Entonces, la potencia generada en el nuevo caso será:

$$P_{45\text{m}}/P_{450\text{m}} = H_{45}/H_{450} = 45/450 = 1/10$$

Por lo tanto, la potencia generada con una caída de **45 m** será solo el **10%** de la potencia generada con una caída de **450 m**.

### Respuesta final:

Si instalas la misma turbina con el mismo caudal pero en una caída de **45 m** en lugar de **450 m**, solo generarás el **10%** de la potencia que generabas con una caída de **450 m**.

Dijiste:

¿Qué caudal anual promedio llega a la central hidroeléctrica de altura en Tonstad, Noruega?.

ChatGPT dijo:

Búsqueda realizada en 3 sitios

[“annual average flow rate Tonstad hydropower plant Norway” - bing.com](#)

[Wikipedia — Tonstad Hydroelectric Power Station – Wikipedia - en.wikipedia.org](#)

[Global Energy Monitor — Tonstad hydroelectric plant - Global Energy Monitor - gem.wiki](#)

[Skagerak Kraft — Tonstad - Skagerak Kraft - skagerakkraft.no](#)

La central hidroeléctrica de Tonstad en Noruega tiene un caudal anual promedio significativo debido a su capacidad de producción. La planta, que se encuentra en el extremo norte del Sirdalfjord, cerca del pueblo de Tonstad en el condado de Vest-Agder, genera alrededor de 3,800 GWh anualmente y tiene una capacidad instalada de 960 MW. La caída de agua en la planta es de 450 metros.

Para detalles adicionales, puedes consultar la página de [Global Energy Monitor](#) y Skagerak Kraft.

Como no resulta fácil averiguar el caudal anual promedio que acciona la turbina de la central hidroeléctrica de gran altura en Tonstad, usemos los números de Salto Grande que tiene profusa información publicada.

Caída de agua para generación óptima	25,30 m
Potencia nominal instalada por generador	135 MW
Cantidad de turbinas	14 unidades
Potencia total instalada	1.890 MW

#### [Ficha técnica - Represa de Salto Grande](#)

Desde el punto de vista energético, lo ideal sería que el río Uruguay tuviera un caudal de 8.300 m<sup>3</sup>/s constantes. Así sucedió en octubre de 2009, el caudal fue óptimo y hubo récord de producción.

#### [La cantidad de electricidad que se genera depende del caudal y del salto de agua.](#)

Vemos que la generación anual óptima, se calcula como si todo en todo momento durante todo el año se pudiera generar al 100%. Esto es 1890 MW \* 24 h/día \* 365 día/año = 16556,4 GWh/año con un salto permanente de agua de 25,3 m con un caudal continuo de 8300 m<sup>3</sup>/s.

Primero veamos que potencia de bombeo necesitamos por cada m<sup>3</sup>/s que queramos elevar a una altura de 50 m.

**Dijiste:**

¿Que potencia se necesita para elevar 1 m<sup>3</sup>/s a una altura de 50 m?.

ChatGPT dijo:

Para calcular la potencia necesaria para elevar un caudal de **1 m<sup>3</sup>/s** de agua a una altura de **50 metros**, utilizamos la fórmula de la potencia hidráulica:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

donde:

- P es la potencia (en vatios, W),
- $\rho$  es la densidad del agua (aproximadamente **1000 kg/m<sup>3</sup>**),
- g es la aceleración debida a la gravedad (aproximadamente **9.81 m/s<sup>2</sup>**),
- Q es el caudal (en m<sup>3</sup>/s),
- h es la altura de la que se eleva el agua (en metros).

### Sustituyendo los valores:

- $\rho=1000\text{kg/m}^3$ ,
- $g=9.81\text{m/s}^2$ ,
- $Q=1\text{m}^3/\text{s}$ ,
- $h=50\text{m}$ .

Sustituyendo en la fórmula:

$$P=1000\text{kg/m}^3 \cdot 9.81\text{m/s}^2 \cdot 1\text{m}^3/\text{s} \cdot 50\text{m} \quad P=490,500\text{m}^2\text{kg/s}^3 \quad P=490.5 \text{ kW}$$

### Resultado:

La potencia necesaria para elevar **1 m<sup>3</sup>/s** de agua a **50 metros** de altura es **490,500 W**, o lo que es lo mismo, **490.5 kW**.

Este es el valor de la potencia teórica necesaria. En la práctica, si usas bombeo para elevar el agua, habría que considerar la eficiencia de ese bombeo y las pérdidas de energía debido a la fricción y otros factores, lo que aumentaría la potencia requerida.

### Dijiste:

¿Cuánto caudal de agua se necesita para obtener una potencia de 300MW en una caída de agua de 600m?.

ChatGPT dijo:

Para calcular el caudal necesario para obtener una potencia de **300 MW** en una caída de agua de **600 m**, utilizamos la **fórmula de la potencia hidráulica**:

$$P=\rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Donde:

- P es la potencia generada (en vatios, W).
- $\rho$  es la **densidad del agua** (1.000kg/m<sup>3</sup>).
- g es la **aceleración debido a la gravedad** (9.81m/s<sup>2</sup>).
- Q es el **caudal de agua** (en m<sup>3</sup>/s).
- H es la **altura de caída** (en metros).
- $\eta$  es la **eficiencia** de la turbina (vamos a suponer una eficiencia de **90% o 0,9**).

### Pasos para encontrar el caudal:

1. **Convertir la potencia deseada en watts:**

- La potencia que queremos generar es **300 MW**. Sabemos que **1 MW = 1.000.000 W**, por lo tanto:

$$P=300\text{MW}=300.000.000\text{W}$$

2. **Sustituir los valores conocidos en la fórmula:** Usamos la fórmula de la potencia hidráulica, despejando el caudal Q:

$$Q=P/(\rho \cdot g \cdot H \cdot \eta)$$

Sustituyendo los valores:

- $P=300.000.000\text{W}$
- $\rho=1.000\text{kg/m}^3$
- $g=9,81\text{m/s}^2$
- $H=600\text{m}$
- $\eta=0,9$

La fórmula se convierte en:

$$Q=300.000.000\text{W}/(1.000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 600\text{m} \cdot 0,9)$$

3. **Realizar el cálculo:**

Primero, calculamos el denominador:

$$1.000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 600\text{m} \cdot 0,9=5.292.600\text{kg/s}^2\text{m}$$

Ahora, calculamos el caudal Q:

$$Q=300.000.000\text{W}/5.292.600\text{kg/s}^2\text{m} \approx 56,7\text{m}^3/\text{s}$$

## Resultado:

Para generar **300 MW** de potencia en una caída de **600 metros** con una eficiencia del **90%**, se necesitaría un **caudal de aproximadamente 56,7 m<sup>3</sup>/s**.

Dijiste:

¿Que potencia se necesita para elevar 60 m<sup>3</sup>/s a una altura de 600 m?.

ChatGPT dijo:

Para calcular la **potencia necesaria** para elevar un caudal de **60 m<sup>3</sup>/s** a una altura de **600 m**, utilizamos la fórmula básica de la potencia hidráulica:

$$P=\rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Donde:

- P es la **potencia** (en vatios, W).
- $\rho$  es la **densidad del agua**, que es aproximadamente **1.000 kg/m<sup>3</sup>**.
- g es la **aceleración debida a la gravedad**, que es aproximadamente **9,81 m/s<sup>2</sup>**.
- Q es el **caudal de agua** en m<sup>3</sup>/s, en este caso **60 m<sup>3</sup>/s**.
- H es la **altura de caída o altura a la que se va a elevar el agua**, en este caso **600 m**.



- $\eta$  es la **eficiencia de la bomba o sistema**, que, por simplicidad, podemos suponer que es **100%** (es decir,  $\eta=1$ ) si no se especifica otra eficiencia.

## Pasos para calcular la potencia:

1. **Sustituir los valores conocidos en la fórmula:**

$$P=1.000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 60\text{m}^3/\text{s} \cdot 600\text{m} \cdot 1$$

2. **Realizar los cálculos:**

Primero, multiplicamos los valores en el numerador:

$$1.000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 9.810\text{kg/m}^2\text{s}^2$$

$$9.810\text{kg/m}^2\text{s}^2 \cdot 60\text{m}^3/\text{s} = 588.600\text{mkg/s}^3$$

$$588.600\text{mkg/s}^3 \cdot 600\text{m} = 353.160.000\text{m}^2\text{kg/s}^3$$

Por lo tanto, la **potencia necesaria** es:

$$P=353.160.000\text{W}=353,16\text{MW}$$

## Resultado:

Para elevar un caudal de **60 m<sup>3</sup>/s** a una altura de **600 metros**, se necesitaría una **potencia de aproximadamente 353,16 MW**.

Este cálculo supone una eficiencia del **100%** (es decir, sin pérdidas en el sistema). Si la eficiencia es menor, como en la mayoría de las bombas reales, la potencia requerida aumentaría en consecuencia.

## Dijiste:

¿Qué potencia nominal tienen los molinos eólicos más potentes que se hayan fabricado hasta el momento actual?.

ChatGPT dijo:

Hasta el momento, los molinos eólicos de **mayor potencia nominal** fabricados y en funcionamiento tienen una **potencia nominal de 15 MW**. A continuación, te detallo los modelos de mayor potencia nominal que se han fabricado hasta la fecha:

### 1. Vestas V236-15.0 MW

- **Potencia nominal: 15 MW.**
- **Diámetro del rotor: 236 metros.**
- Este es el molino eólico de mayor capacidad nominal fabricado hasta ahora. Está diseñado para aplicaciones en **parques eólicos offshore** (marinos), donde las condiciones de viento son más constantes y potentes. Este molino tiene un diseño avanzado con un **diámetro de rotor enorme** para capturar más energía eólica.

## 2. Siemens Gamesa SG 14-222 DD

- **Potencia nominal: 14 MW** (con capacidad de alcanzar hasta **15 MW** en modo "Boost").
- **Diámetro del rotor: 222 metros.**
- Este molino eólico también está diseñado para **parques eólicos offshore**. La potencia nominal de este modelo es de **14 MW**, pero tiene una capacidad de alcanzar hasta **15 MW** bajo condiciones óptimas de viento, lo que lo convierte en una de las máquinas más potentes en operación.

## 3. GE Haliade-X 14 MW

- **Potencia nominal: 14 MW** (capacidad de aumentar hasta **15 MW** en modo "Boost").
- **Diámetro del rotor: 220 metros.**
- El **Haliade-X** de **General Electric** es otro de los molinos eólicos más potentes del mundo, con una **potencia nominal de 14 MW**, que puede llegar hasta **15 MW** cuando el viento es más fuerte.

### Resumen:

- **Potencia nominal más alta actualmente: 15 MW** con el modelo **Vestas V236-15.0 MW**.
- **Potencia nominal de otros modelos: 14 MW** para el **Siemens Gamesa SG 14-222 DD** y el **GE Haliade-X 14 MW**, aunque ambos pueden llegar a **15 MW** bajo condiciones favorables (modo "Boost").

### Diferencia entre potencia nominal y potencia máxima:

- **Potencia nominal** es la **potencia estándar** a la que el molino eólico puede operar de manera continua y segura en condiciones de viento promedio.
- **Potencia máxima** o **potencia de "Boost"** es la potencia que un molino puede alcanzar bajo condiciones de viento **óptimas** o excepcionales, pero no está diseñada para operar a esta potencia constantemente.

### Consideraciones:

Los molinos con potencias nominales de **14 MW a 15 MW** están destinados principalmente a **parques eólicos marinos** (offshore), debido a la necesidad de **condiciones de viento constantes y fuertes**. Los diseños actuales maximizan la **eficiencia** y **capacidad de generación** gracias a la enorme **superficie del rotor** y la **tecnología avanzada de control de velocidad** de las palas.

Si deseas más detalles sobre estos modelos o sobre las tendencias en la energía eólica, ¡estaré encantado de ayudarte!

Ahora una sucinta descripción de cómo serían los molinos eólicos de bombeo mecánico, sin incursionar en la captación del viento que es algo estudiado a fondo por mucha gente y considero innecesario buscar nuevos adelantos. En la figura 1 se puede ver un diagrama de componentes de tales molinos. Supongamos que sea una torre de celosía que en cuya cúspide se instala el sistema de las aspas con el buje giratorio. El giro del buje se acoplará mediante un cardán, al eje de una bomba oleohidráulica dispuesta en la base de la torre, cerca de la fuente de agua y junto a un cilindro

oleohidráulico de doble efecto y doble vástago. La salida de aceite de la bomba oleohidráulica se conectará a la vía «A» o «B» de una electroválvula de al menos 4 vías y 2 posiciones. La entrada de aceite de la bomba estará conectada a un depósito de aceite dispuesto por encima de la bomba a una distancia a determinar, a pocos centímetros por encima del fondo del tanque. La restante vía de la electroválvula «B» o «A» estará conectada al tanque de aceite lo más alto posible pero pocos centímetros por debajo del nivel de desborde del tanque de aceite. Las vías «P» y «T» de la electroválvula estarán conectadas una a la vía de una de las cámaras del cilindro oleohidráulico de doble efecto y la otra a la vía de la otra cámara del cilindro oleohidráulico de doble efecto.

Con esto vemos que al girar el eje de la bomba oleohidráulica está expulsará líquido bajo presión que entrará al aelectroválvula por la vía asignada que estará alternadamente conectada a la vía «P» o a la vía «T». De ahí el aceite bajo presión saldrá hacia la correspondiente cámara del cilindro oleohidráulico, comenzando a llenarlo hasta llegar a la posición de fin de carrera. En ese momento la electroválvula deberá cambiar a la otra posición y por eso el aceite bajo presión ira a parar a la otra cámara del cilindro oleohidráulico. Nótese que mientras cualquiera de las cámaras del cilindro oleohidráulico se va llenando de aceite bajo presión, la otra cámara se irá vaciando y el aceite que vaya expulsando pasará por la electróvalvula y terminará llegando al tanque de aceite.

Ya tenemos entonces 2 vástagos que se mueven sincronizadamente en oposición de fase. Ahora nos falta completar el sistema con la parte que bombea agua. Al extremo de cada vástago del cilindro oleohidráulico, se le unirá rígida y colinealmente un cilindro de simple efecto que serán los que bombearán agua. Se instalará una conexión «T» en la vía de cada cilindro hidráulico. De las 2 vías que queden libres de cada una de las «T», una de ellas se conectará con la fuente de agua mientras que la otra se conectará con la cañería que termina en el tanque superior. Para que el agua circule únicamente en el sentido que nos interesa, se instalarán convenientemente 4 válvulas de no retorno.

Listo. Hay consideraciones Que no voy a hacer, por ejemplo respecto a la carrera del cilindro oleohidráulico y la carrera de los cilindros hidráulicos. Con lo dicho, creo que es suficiente. También considero innecesario comentar que se podría estudiar el uso de paneles solares cómo propone el proyecto de Valhalla, para complementar las fortalezas de cada fuente de energía renovable.

La del estribo:

Aviso a los navegantes.

En inmensa mayoría, las centrales hidroeléctricas generan en promedio anual cerca del 50%.

Muchas gracias, en particular al Ing. Ind. Hermenegildo Rodríguez Galbarro por brindarme la oportunidad de publicar este material y también a mi amigo León Lobo, referente sobre temas de oleohidráulica que me dio una gran mano sin la que todo esto hubiera sido mucho más cuesta arriba. Mi amigo Hugo me introdujo en el tema de la oleohidráulica, para él también va mi agradecimiento.

Un cordial saludo.

Joaquín (a) Giordano Bruno MCMLVII.

Digresión:

## elucubrar

Del *elucubrāre*.

- 1.
- 2.
3. *tr. desus.* Trabajar velando y con aplicación e intensidad en obras de ingenio.

[Diccionario de la lengua española](#)

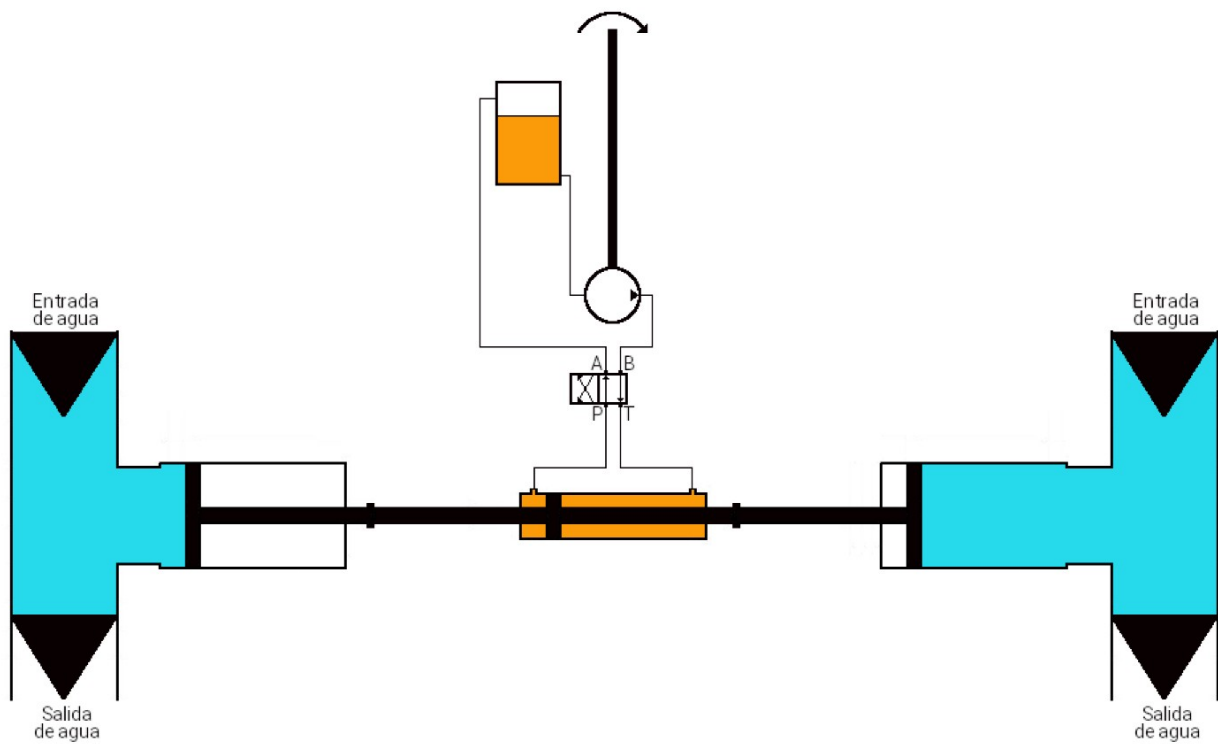


Figura 1.  
Diagrama de componentes de un molino de bombeo mecánico.