



Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigación en Energía

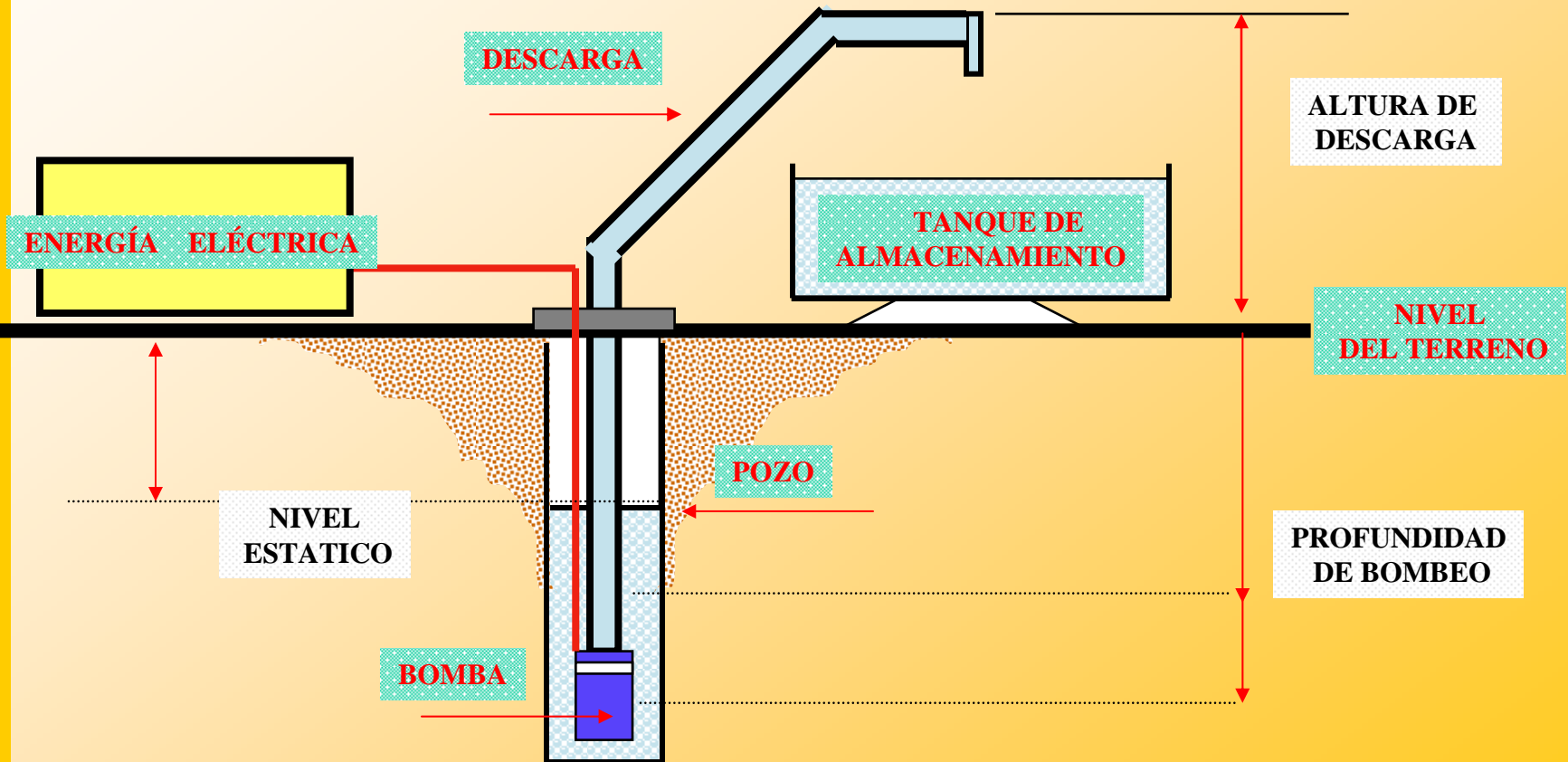
CURSO-TALLER SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



**Bombeo Fotovoltaico:
Términos hidráulicos y
Tecnología**

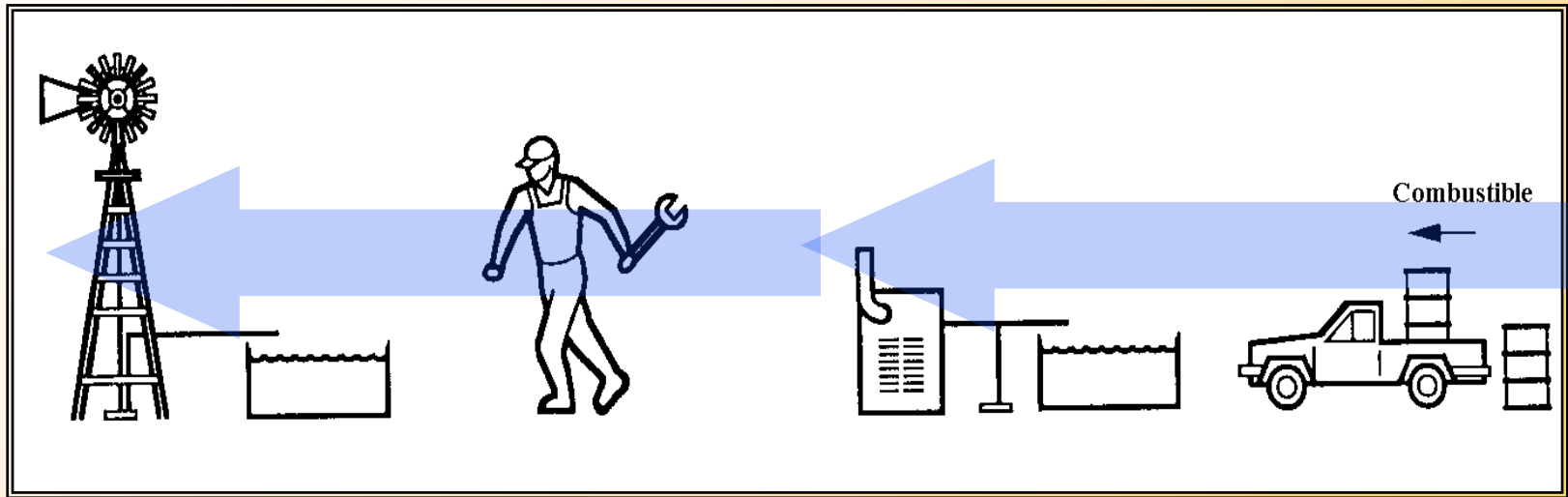


Sistema Típico de Bombeo de Agua





TECNOLOGÍAS TRADICIONALES PARA ZONAS RURALES



SISTEMA EÓLICO OPERANDO SOBRE UNA BOMBA DE CILINDRO

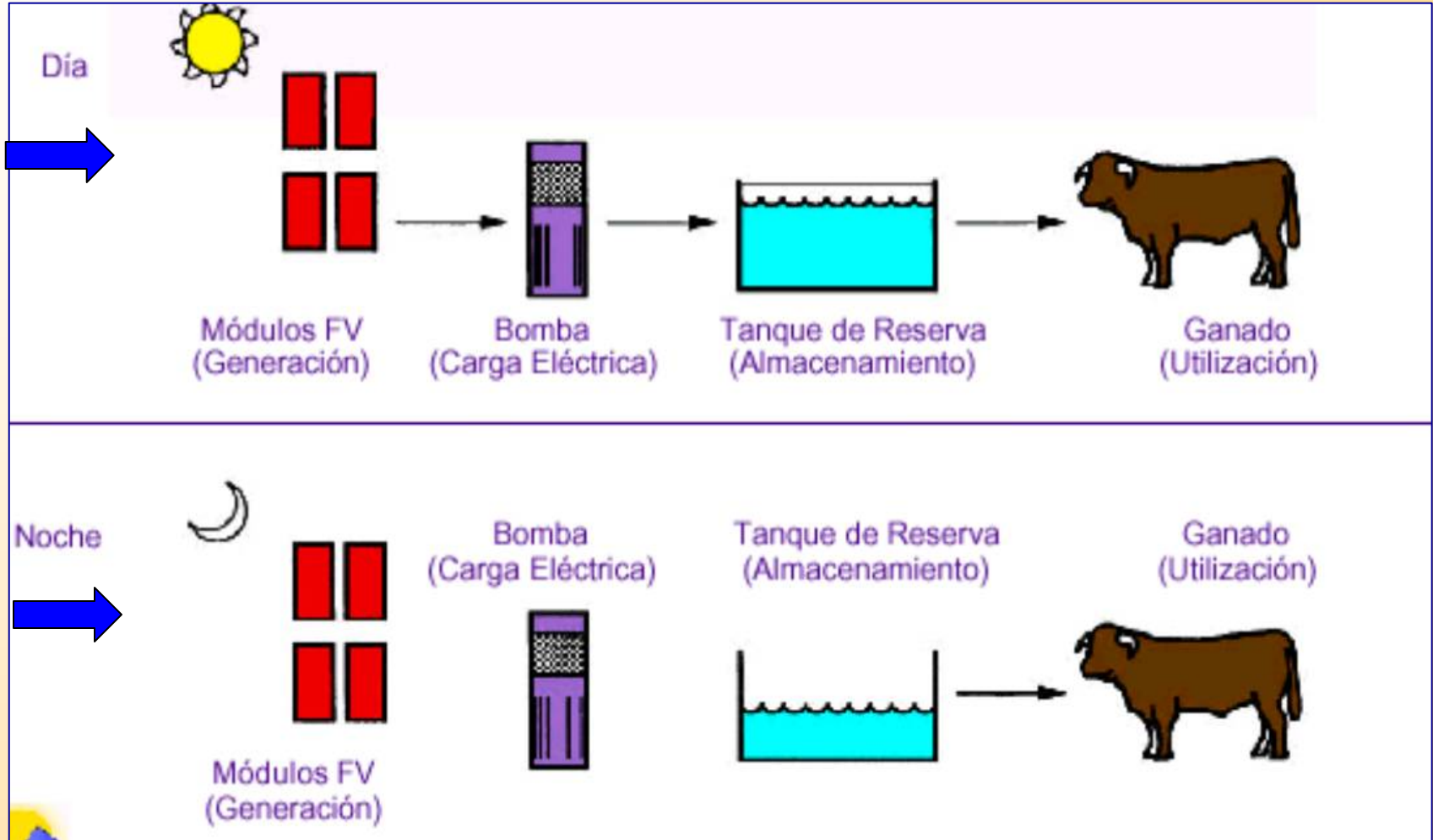
- ⚙ Requiere mantenimiento anual.
- 🌬 Depende del viento para bombear
- 📏 No es fácil predecir y controlar el volumen de agua.

SISTEMA DE C. INTERNA OPERANDO A UNA BOMBA

- ⚙ Requiere mantenimiento periódico
- 🚛 Depende de la disponibilidad del combustible en el sitio.
- 👤 El bombeo y control depende del operador.



Extracción y uso del agua en un Sistema de Bombeo FV





Términos Hidráulicos



CARGA ESTÁTICA: Es la distancia desde el nivel del espejo de agua (nivel estático) hasta el borde superior del tanque de almacenamiento



NIVEL ESTÁTICO: Es la distancia desde la superficie al nivel del agua. (m)

NIVEL DINÁMICO: Es la distancia desde la superficie al nivel que adquiere el espejo de agua durante el proceso de bombeo. (m)

ABATIMIENTO: Es la diferencia de alturas entre el nivel estático y el nivel dinámico. (m)



Términos Hidráulicos



Centro de Investigación en Energía, UNAM



ALTURA DE DESCARGA: Es la distancia vertical a la que hay que subir el agua, medida desde el nivel del suelo hasta el borde superior del tanque de almacenamiento.(m)



Términos Hidráulicos



CARGA POR FRICCIÓN: Es la resistencia que opone la tubería y conexiones (codos, T's, etc.) al flujo de agua. Esta depende del flujo, diámetro, distancia y material de la tubería .(m)



$$\text{Carga por Fricción} = k L Q^2$$

k: Coeficiente de fricción de la tubería.

L: Longitud de la tubería medida en m

Q: Gasto o flujo de agua medido en
(m³/seg.)

Si no se dispone de Tablas para **k**,
usar un valor del 2% al 5% de la
longitud total de la tubería.



Términos Hidráulicos



CARGA DIÁMICA TOTAL: Es la suma de la Carga estática con la distancia de abatimiento y con la carga por fricción.

$$CDT = CE + A + CF$$

CARGA HIDRÁULICA ó CDT se puede **considerar como** la distancia ó **ALTURA** a la que se debe de elevar el agua. Se mide en **metros**.

Fuente de agua

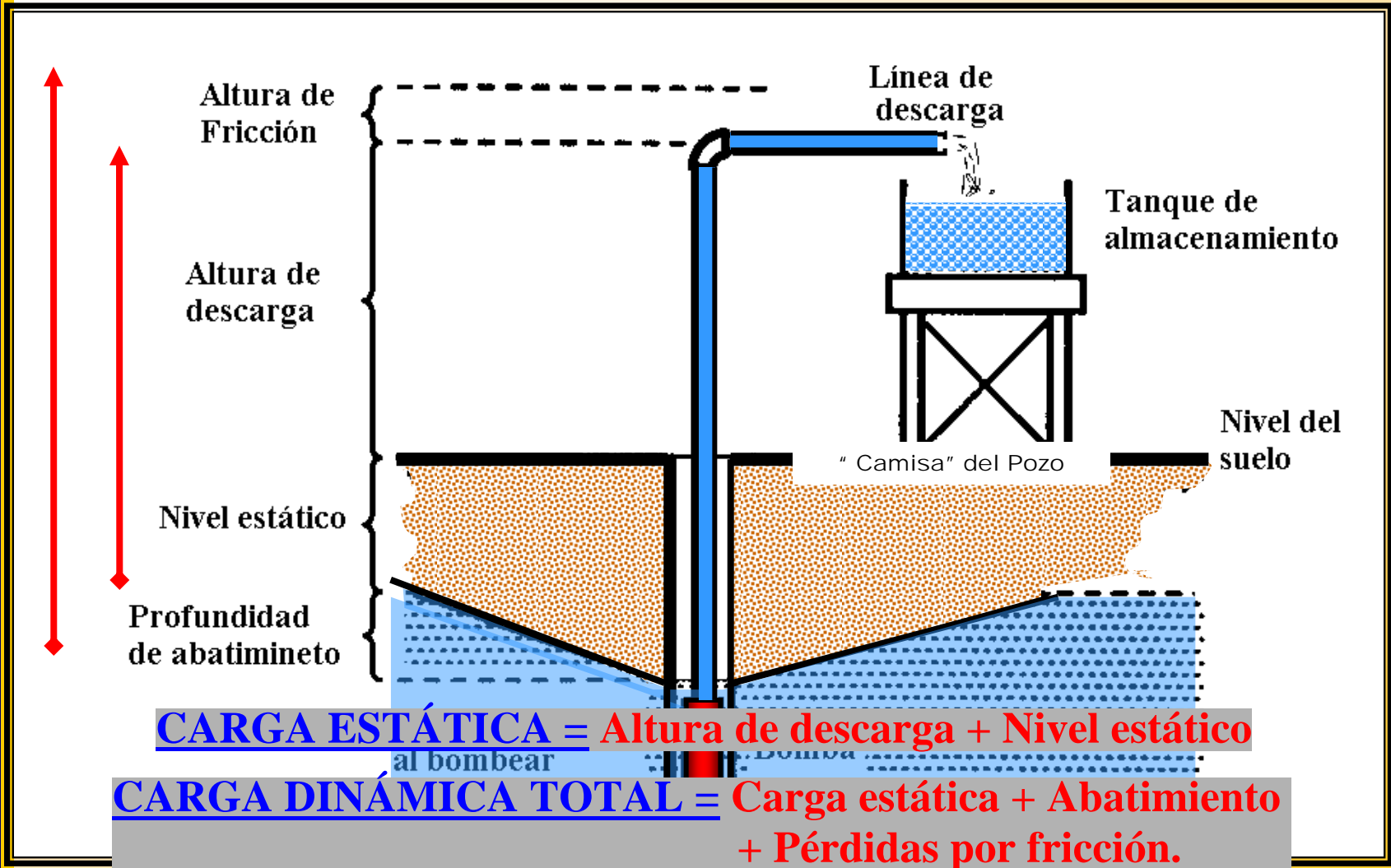


Tanque de Almacenamiento





CARGAS HIDRÁULICAS





Ciclo Hidráulico



CICLO HIDRÁULICO: Es el producto del volumen diario bombeado con la carga dinámica total; por lo que se expresa en litros x metros (*l-m*).

Si se considera que: $1000 \text{ litros} = 1 \text{ m}^3$, entonces
la unidad para el Ciclo hidráulico dada como *l.m*

equivalen a... $\text{m}^3 \times \text{m} = \text{m}^4$

Ciclo Hidráulico diario o Energía Hidráulica

$$1 \text{ l} \times \text{m} = (1/367) \text{ W-h}$$



Ciclo Hidráulico (m^4)



volumen
 m^3



Distancia
m

Es el producto del volumen diario bombeado por la carga dinámica total; por lo que se expresa en litros x metros (/m). Si se considera que: 1,000 litros = 1 m^3 ; entonces la unidad para el Ciclo hidráulico es: $m^3 \times m = m^4$



CAPACIDAD DEL POZO: La cantidad de agua que el pozo es capaz de suministrar a largo plazo.

Esta se expresa comúnmente en GPM; GPH; LPS; LPH

Factor de Conversión:

1 Galón americano = 3.785 Litros

REQUERIMIENTO DE AGUA: Es el volumen de agua que se requiere extraer diariamente para satisfacer la demanda.

Se expresa en Litros por Día

RÉGIMEN DE BOMBEO: Es la cantidad de agua que la bomba debe proporcionar, medido en Litros/hr para satisfacer la demanda diaria de agua.



FACTOR DE TIEMPO DE BOMBEO: Se obtiene al dividir las horas de funcionamiento de la bomba por las horas-pico del Recurso Solar.

Para un sistema de bombeo fotovoltaico directo este factor vale la unidad.

AFORO: Es el procedimiento mediante el cuál se cuantifica la capacidad del pozo o fuente de agua.

Se debe de realizar con un régimen de bombeo igual al requerido para satisfacer la demanda de agua.

Permite conocer el nivel de abatimiento.

Se recomienda realizarlo en el mes más seco.



AFORO DE LA FUENTE



Es el procedimiento mediante el cual se cuantifica la capacidad o producción de agua.

Centro de Investigación en Energía, UNAM





Otros Términos Hidráulicos



NIVEL DE DESCENSO: Es la distancia vertical desde el nivel estático hasta el nivel del agua cuando el pozo esta en producción.

Este valor se determina durante el procedimiento de aforo.

ALTURA DE SUCCIÓN O ASPIRACIÓN: Término usado en bombas superficiales. Es la distancia, medida en metros, desde el centro de la bomba hasta el nivel estático del agua.

ADEME: Es el diámetro de la “camisa” de un pozo.



Factores de Conversión Hidráulicos

Una columna de 10 m de altura de agua genera una presión de 1 kg/cm²

1 ft= 0.3048 m;
1 m = 3.281 ft

ft significa pie; m significa metros).

Una columna de agua de 1 pie de altura genera una presión en el fondo de 0.433 psi

psi significa: libras por pulgada cuadrada

1 psi= 2.31 pies de altura;

1 psi= 0.0703 kg/cm²

1 galón US= 3.785 l;

Unidad de flujo: galones por minuto (GPM);
ó litros por minuto (lPM) 1 GPM = 3.785 lPM



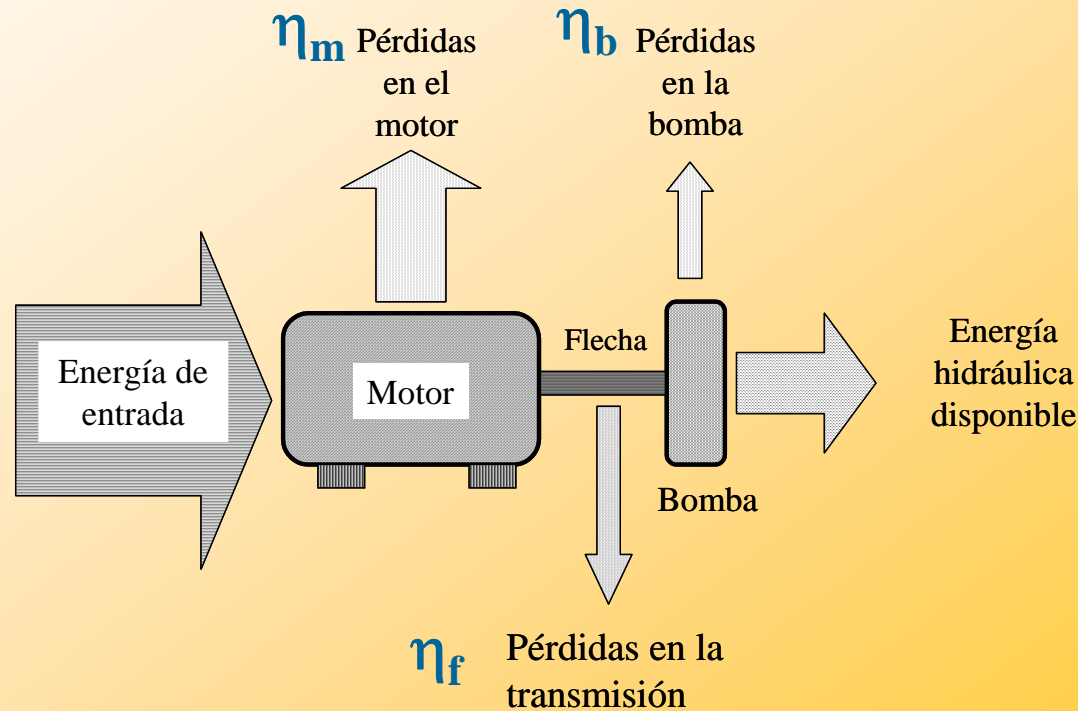
Cálculo de Potencia



Potencia Hidráulica $P_H = 9.8 Q H$ Watts

Q es el gasto en l/s

H es la altura a la que se eleva el agua



Potencia Eléctrica $P_E = P_H / \eta_T$



Eficiencias en Sistemas de Bombeo



CARGA HIDRÁULICA (en metros)	SISTEMA DE BOMBEO	EFICIENCIA (Rango de valores)	EFICIENCIA (Valor por omisión)
0-5	Centrífuga de Superficie Motor CD	15%-30%	25%
6-20	Centrífuga de superficie Motor CD ó CA	10%-20%	15%
6-20	Centrífuga sumergible etapas múltiples Motor CA	20%-30%	25%
21-100	Centrífuga sumergible etapas múltiples Motor trifásico CA	30%-40%	35%
21-100	Desplazamiento positivo sumergible Motor CA	35%-45%	40%
21-150	Desplazamiento positivo superficial Pump Jack	35%-50%	45%
21-100	Nuevas tecnologías de cavidad progresiva Motor CD ó CA	35%-50%	45%
21-100	Nueva tecnología centrífuga Motor CD ó CA	35%-45%	40%



Cálculo de Energía



Para extraer un Volumen V de agua por día medido en litros (l), a través de una carga hidráulica H medida en metros (m), se requiere de una Energía Hidráulica E_H medida en W-hr dada por:

$$E_H = VH / 367 \text{ (W-hr)}$$

$$E_T = VH / (367 \eta_T) \text{ (W-hr)}$$



Potencia Mecánica



1 HP equivale a 746 Watts

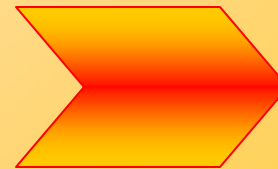
Si H es la carga hidráulica medida en pies; Q es el gasto medido en galones por minuto, la potencia mecánica en HP esta dada como:

$$HP = (Q) \times (H) / (3960 \times \eta_T)$$

W_R medido en watts, es la potencia real requerida por el motor de la bomba para elevar un volumen específico de agua con una CDT (en pies)

$$W_R = HP \times 746$$

Para el caso de Arreglos FV que suministrarán la electricidad al motor.



$$W_R = (HP \times 746) / 0.8$$



TÉRMINOS HIDRÁULICOS



CAPACIDAD DEL POZO: GPM, GPH, LPS, LPH . Factor de Conversión:
1 Galón americano = 3.785 Litros



REQUERIMIENTO DE AGUA: Litros por Día.



RÉGIMEN DE BOMBEO: Litros por Hora.

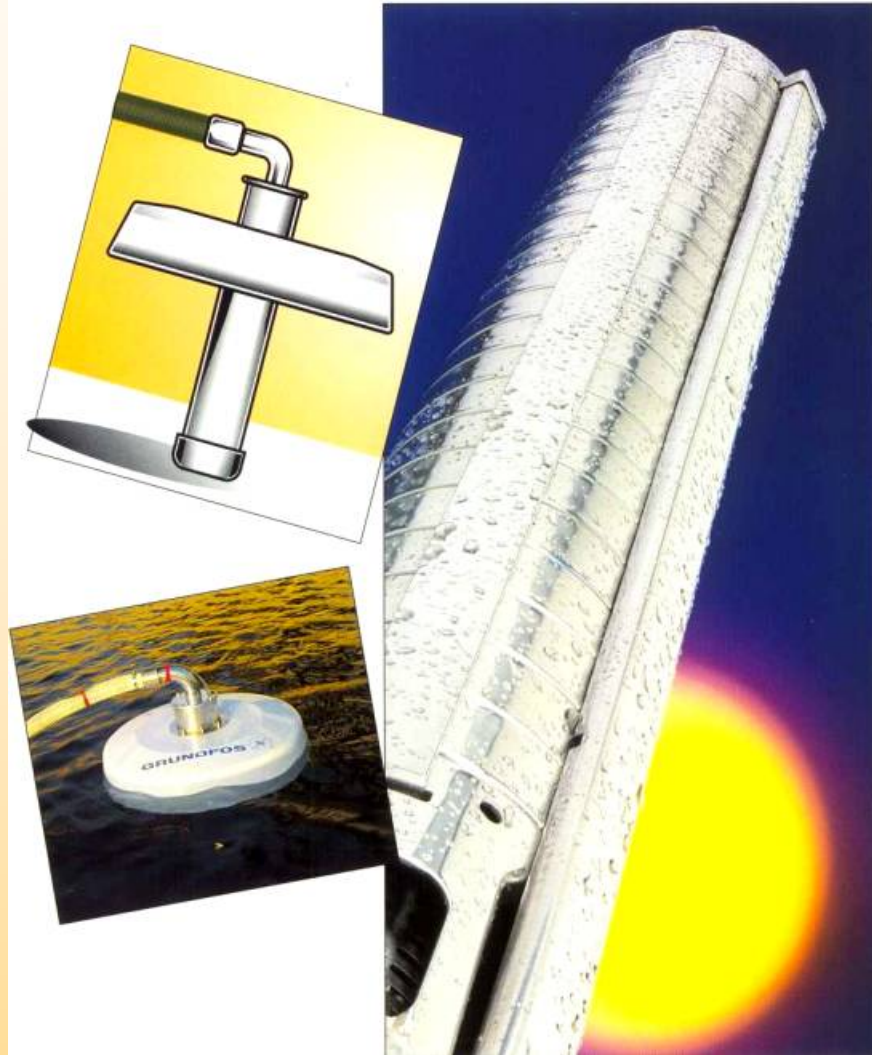
Ejemplo: Si se requiere de 20,000 Litros por día, y se tiene una bomba que trabajará solamente 4 hrs. al día, entonces el régimen de bombeo exigido para la bomba es de $20,000 / 4 = 5,000$ lts / hr



BOMBAS



Centro de Investigación en Energía, UNAM





Tipos de Bombas Fotovoltaicas

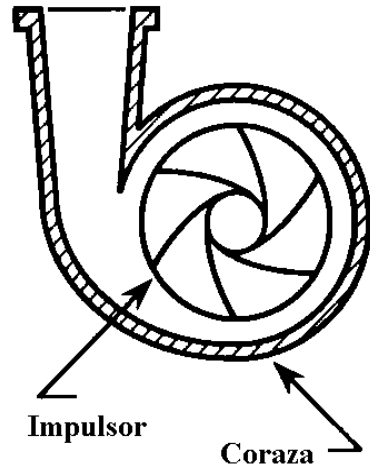


Las bombas son diseñadas para uso Exclusivo en sistemas solares (fotovoltaicos)

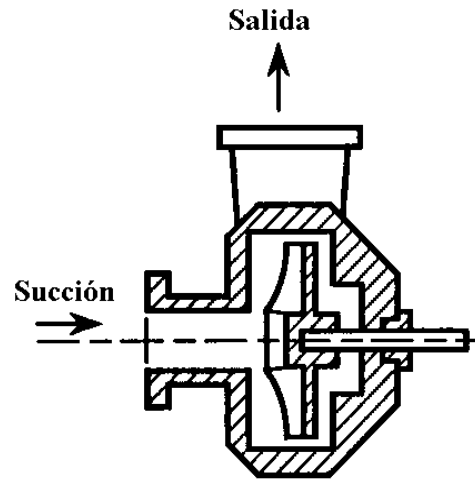
El sistema de Bombeo (bomba y motor) trabaja solo cuando hay energía solar, 4 a 7 horas por día



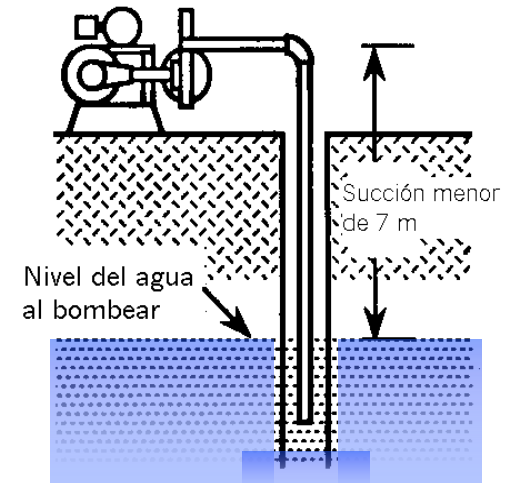
BOMBAS DE SUPERFICIE CENTRÍFUGAS



SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCION LATERAL



INSTALACIÓN TÍPICA

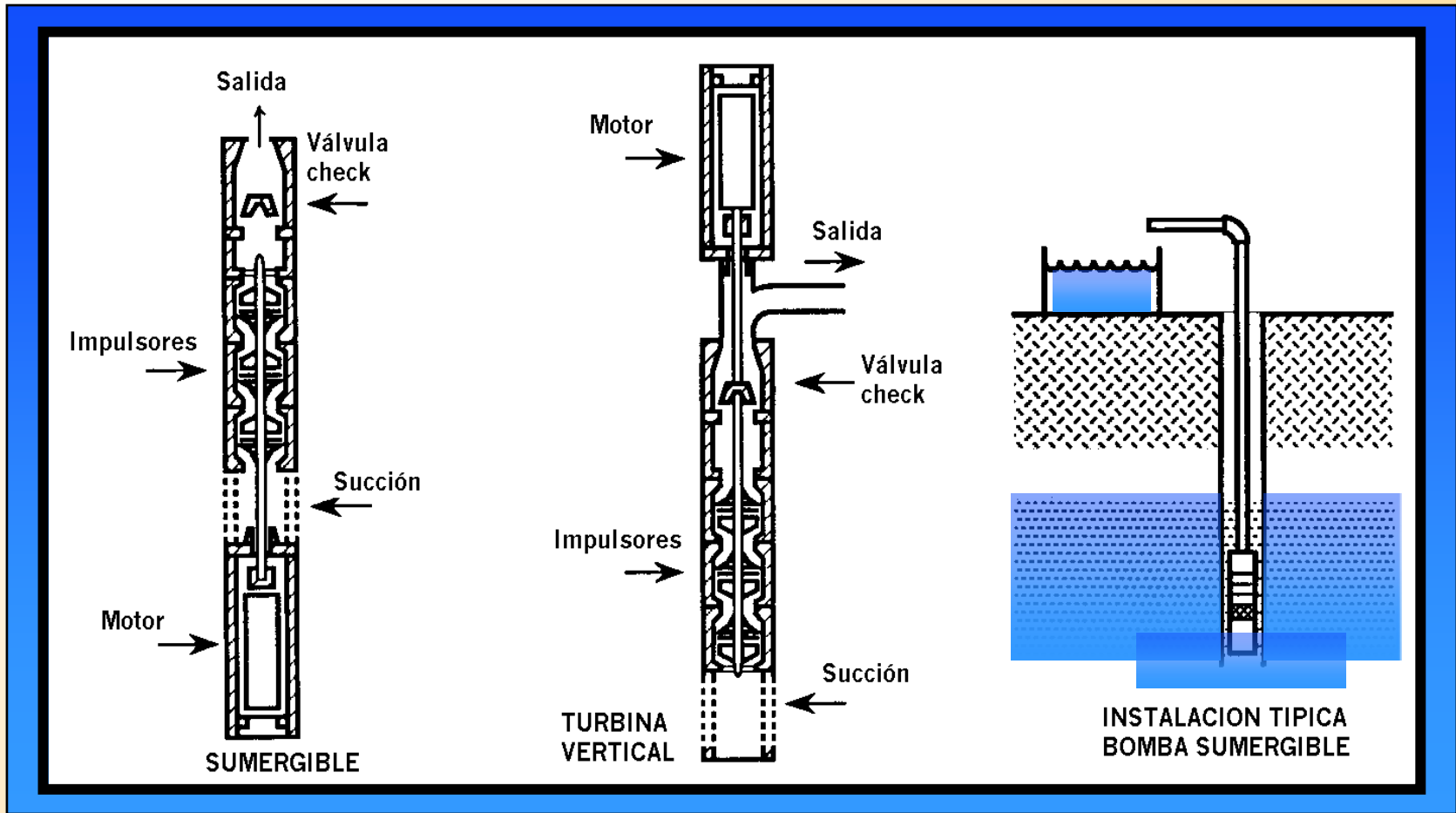


BOMBAS DE SUPERFICIE CENTRÍFUGAS





BOMBAS DE PROFUNDIDAD CENTRÍFUGAS





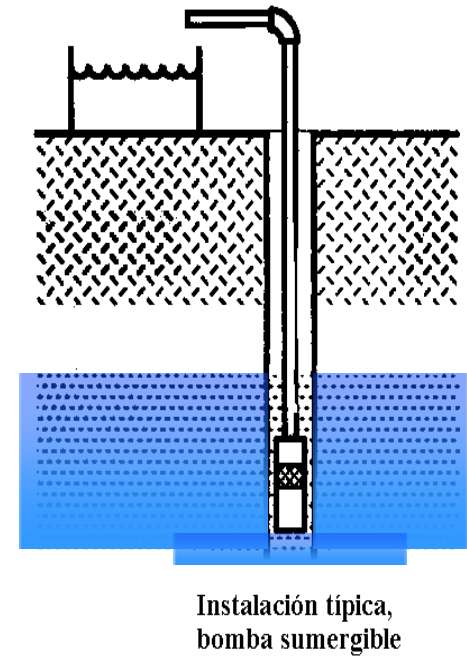
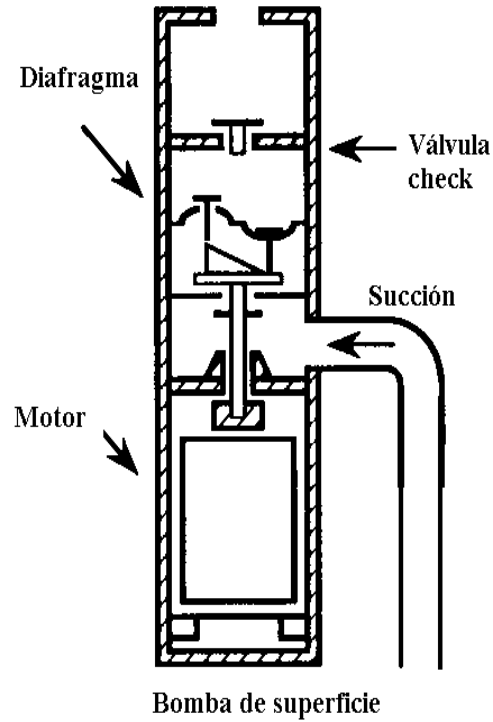
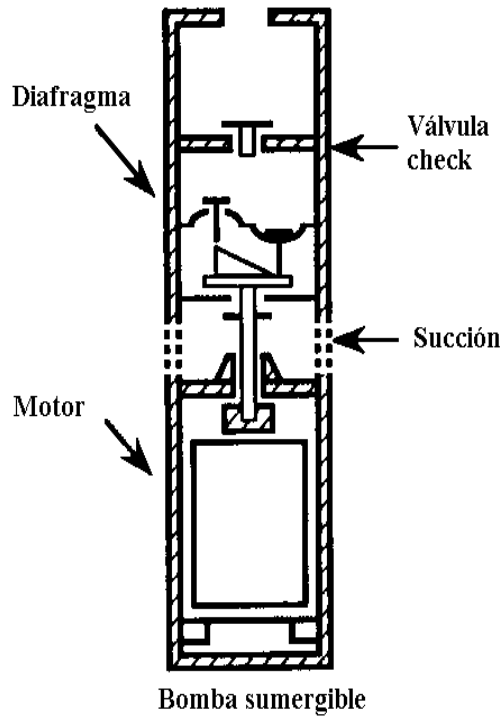
BOMBAS CENTRÍFUGAS SUMERGIBLES

Centro de Investigación en Energía, UNAM



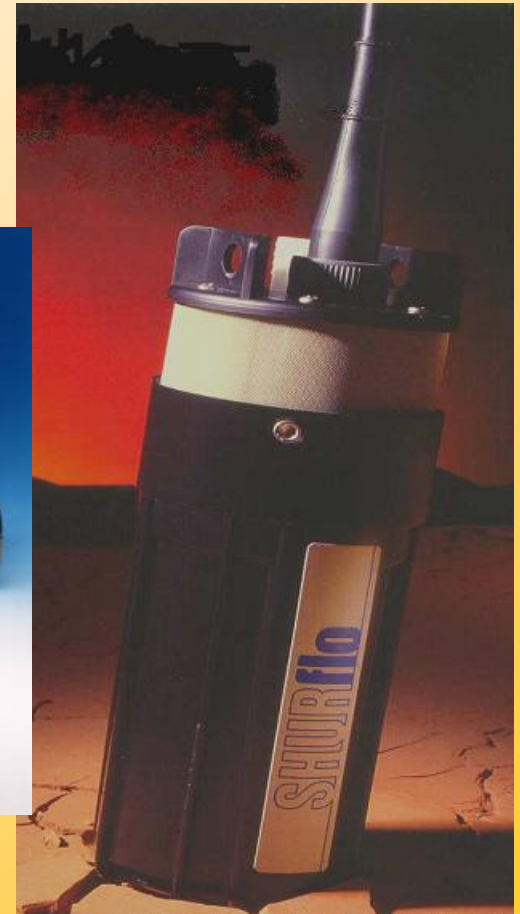
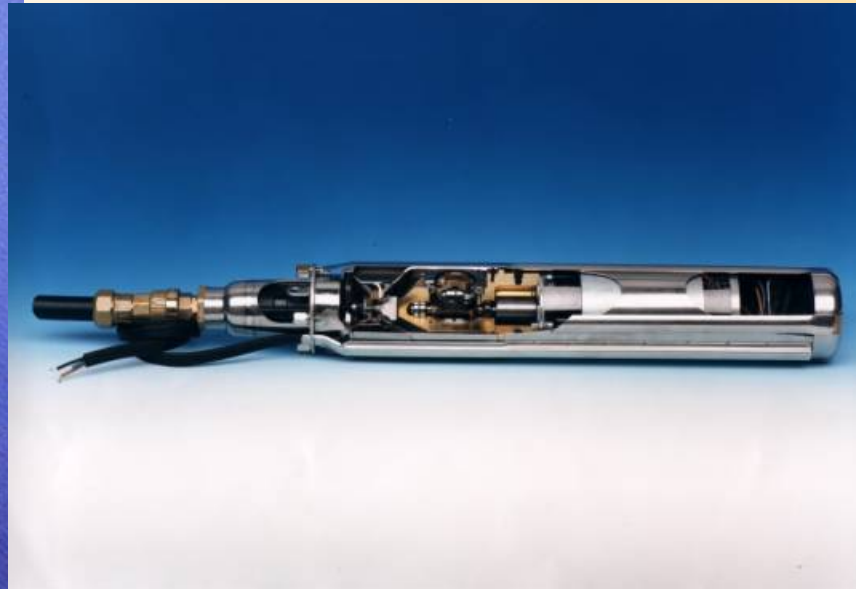


BOMBAS DE DIAFRAGMA





BOMBAS DE DIAFRAGMA SUMERGIBLES





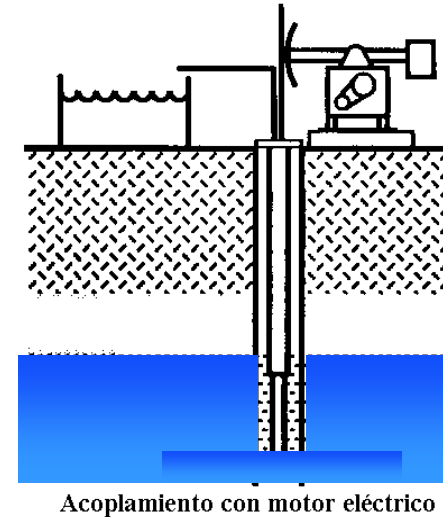
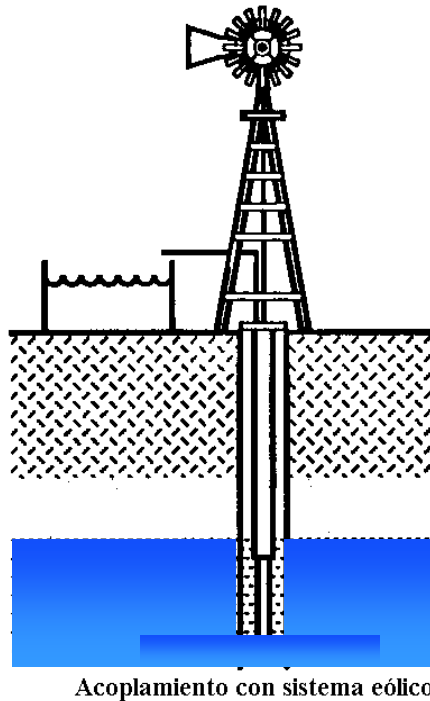
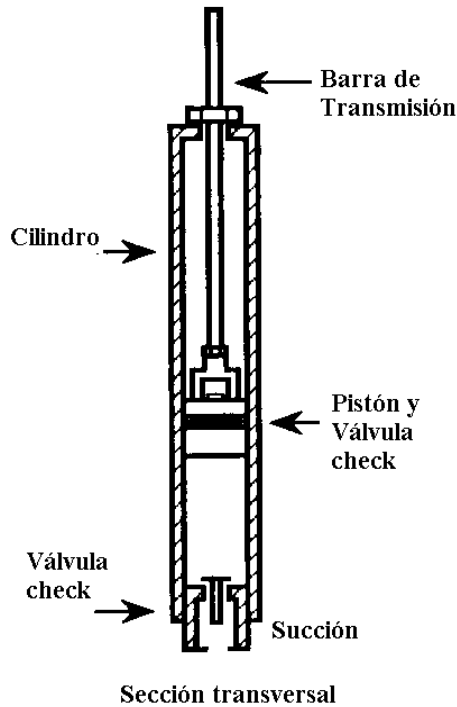
BOMBAS DE DIAFRAGMA SUPERFICIALES

Centro de Investigación en Energía, UNAM





BOMBAS DE CILINDRO: DESPLAZAMIENTO POSITIVO





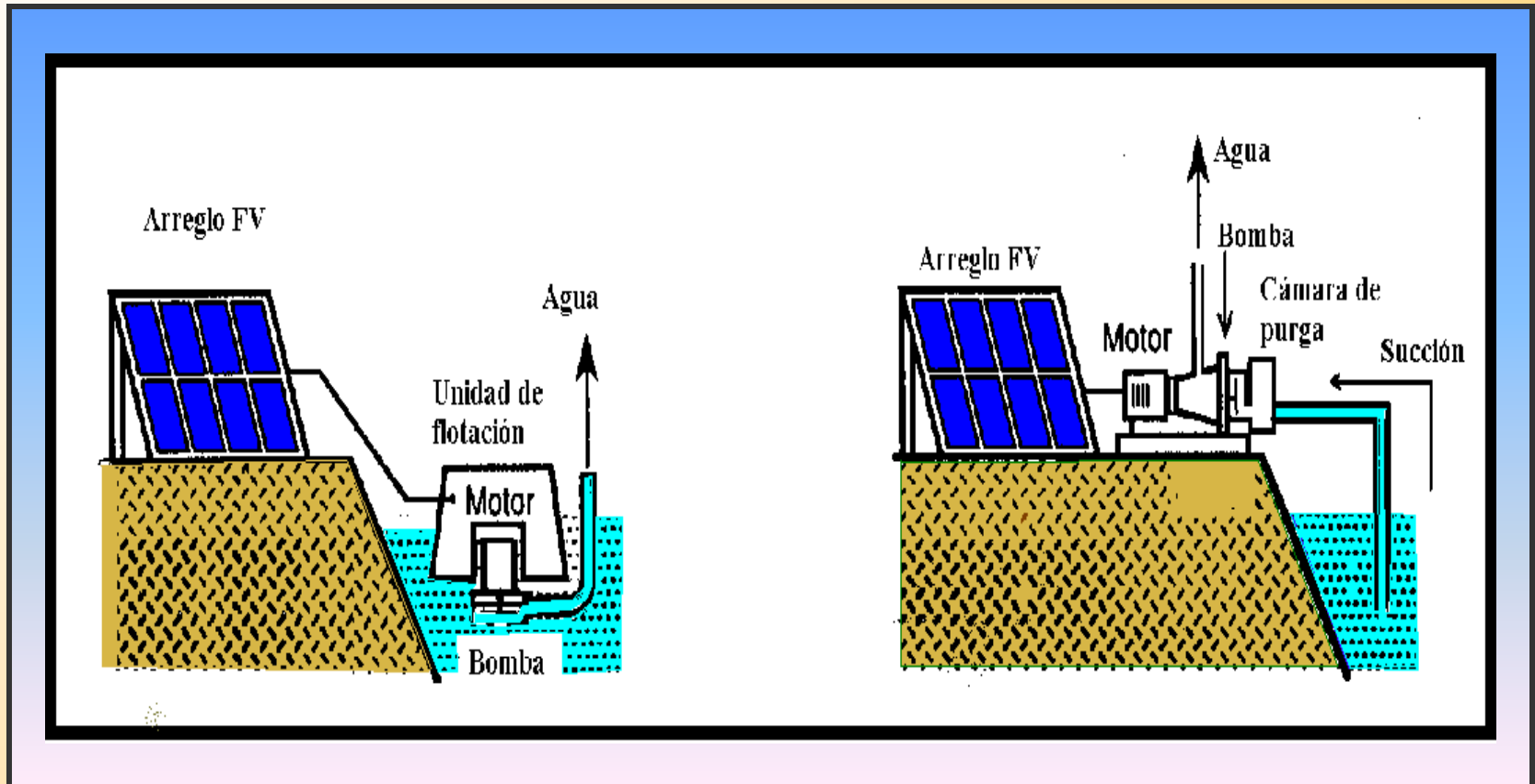
BOMBAS DE CILINDRO



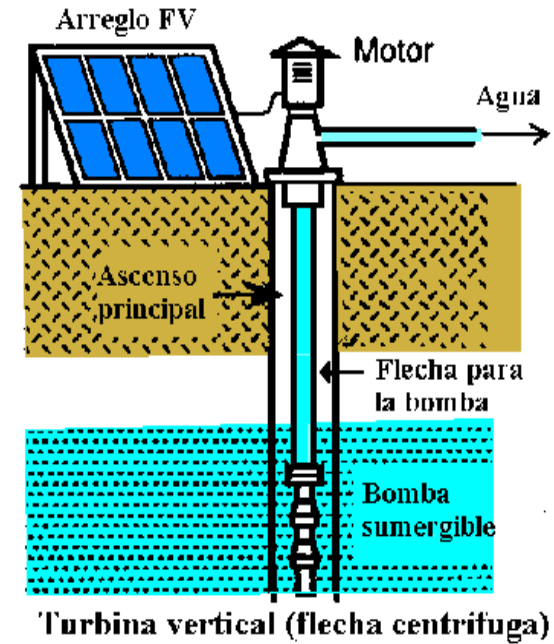
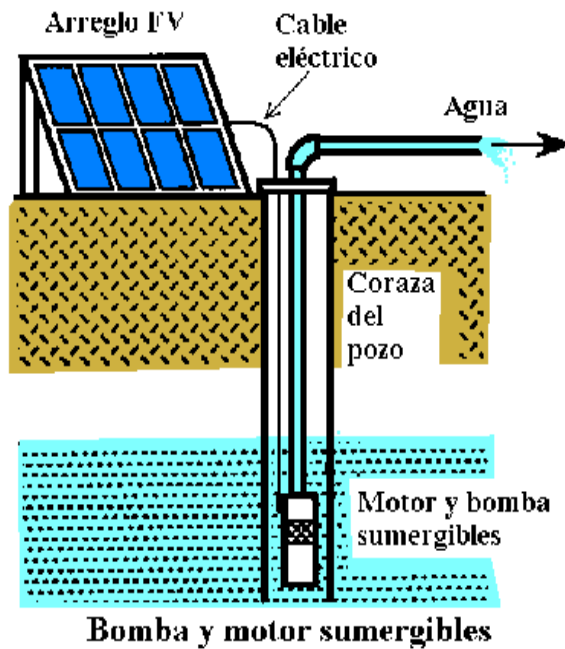
Centro de Investigación en Energía, UNAM



BOMBAS DE SUPERFICIE



BOMBAS SUMERGIBLES





TOMA DE DECISIONES



¿COMO ELEGIR EL MEJOR SISTEMA DE BOMBEO?



¿Técnico, Productor o Vendedor?



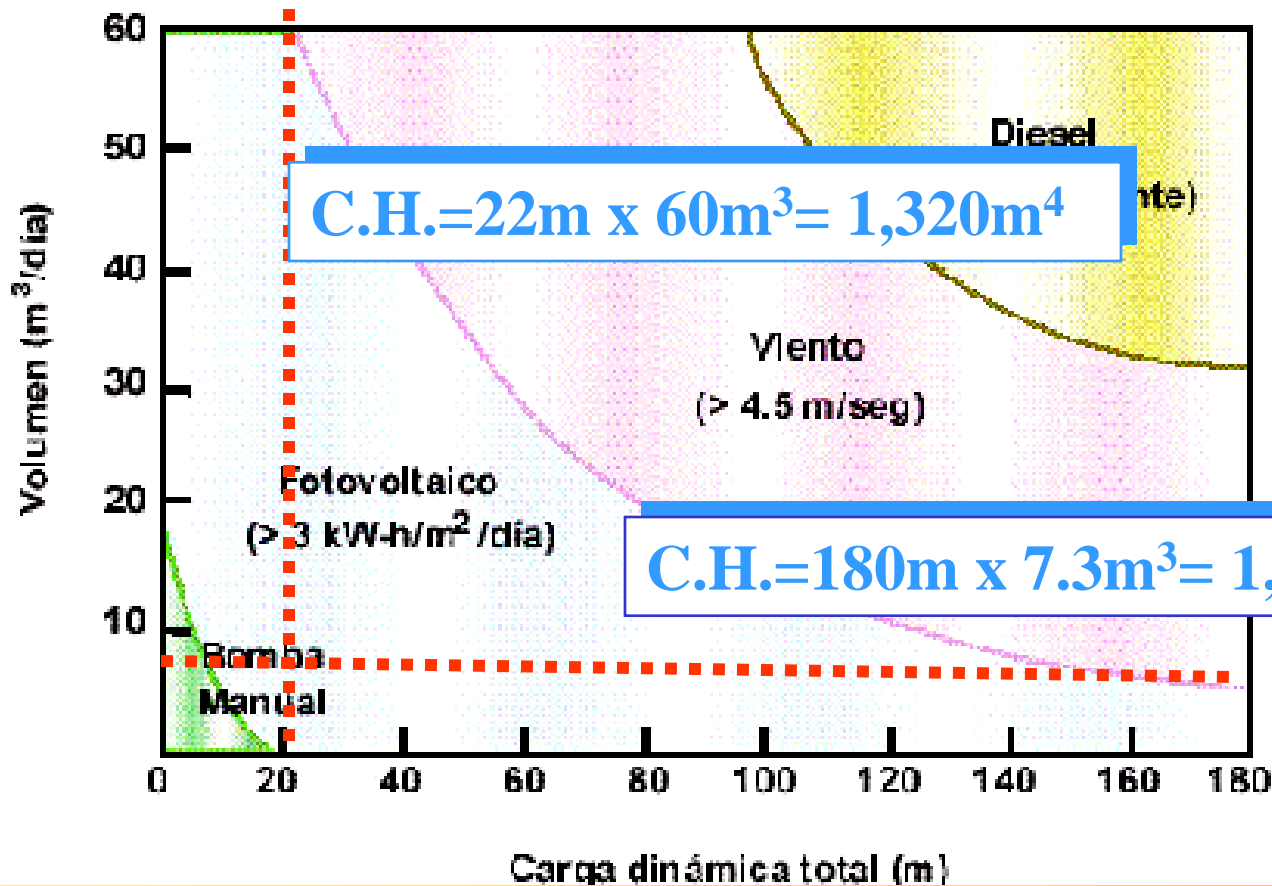


Diagrama de flujo de decisiones para bombeo considerando dos tecnologías de generación de energía.





Selección de tecnología de bombeo de acuerdo al Ciclo Hidráulico (volumen x altura) m^4





Selección del Tipo de Bomba FV



Rango de capacidades de acuerdo con la CDT y el Volumen

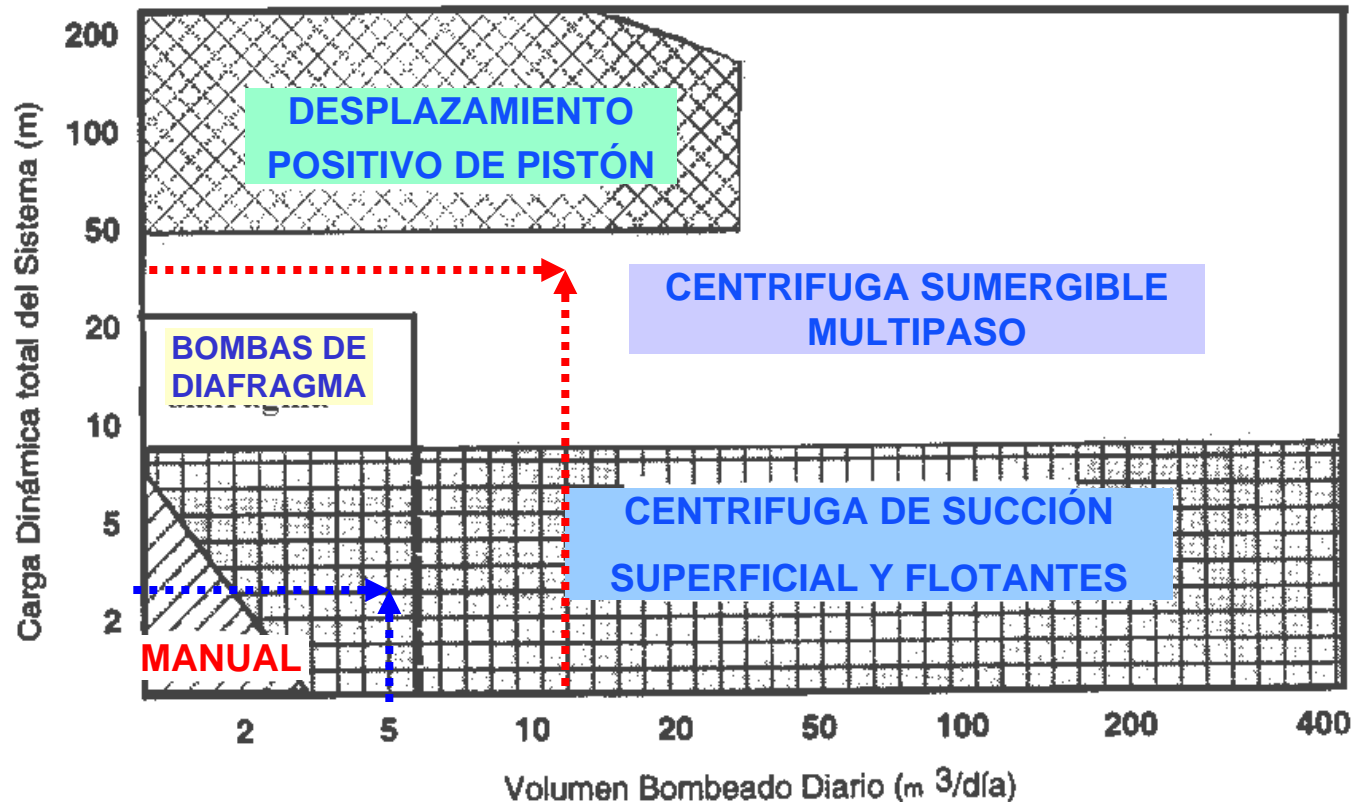




Diagrama típico, alimentando cargas CD y CA



CD



CA





Gracias

sgestec@cie.unam.mx

www.cie.unam.mx