

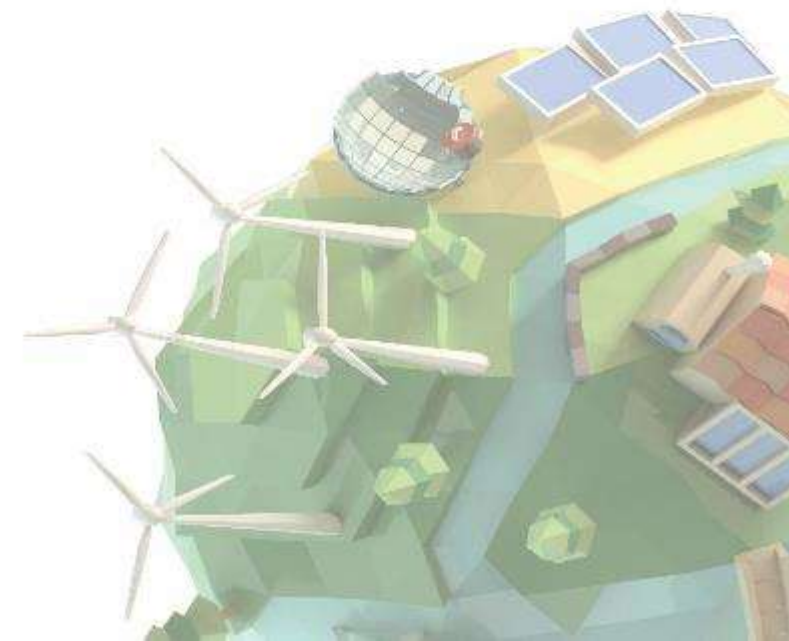
Diseño y estandarización de Microturbinas hidráulicas para energización rural.

Msc. Ing. Edgar Alfredo Catacora Acevedo

*Universidad Nacional de San Antonio Abad del
Cusco- Depto. Ingeniería Mecánica.*

PRIMER CONGRESO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA | **CABER 2017**

"Reconstruyendo el Perú Sosteniblemente"



- ***Turbina hidráulica:*** *Las turbinas son equipos diseñados para conseguir un intercambio energético entre un fluido (agua) que pasa a su través de forma continua y un eje de rotación, por medio del efecto dinámico de un rodete o coronas de álabes. La energía producida puede ser utilizada como energía mecánica o convertida a energía eléctrica. Mecánicamente las microturbinas hidráulicas no difieren con las grandes turbinas hidráulicas. Los principios que las rigen son los mismos.*



- **Turbinas tangenciales.**- Aquellas en la que la acción del agua es en dirección de la tangente.

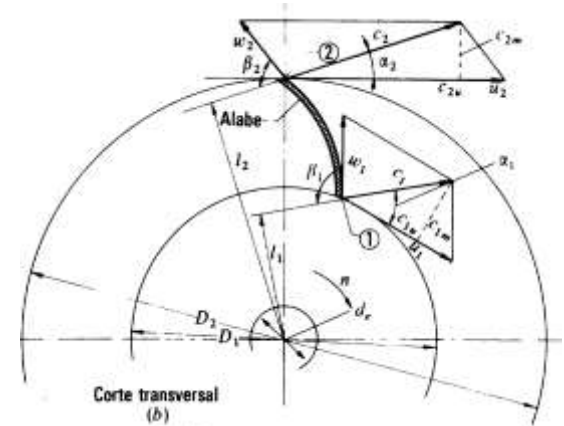
Ejm: La turbina Pelton.

- **Turbinas radiales.**- Aquellas con entrada de agua en el sentido radial, pudiendo no obstante efectuarse la salida en cualquier dirección.

Ejm: La turbina Michell Banki.

- **Turbinas axiales.**- Son aquellas en las que el agua entra en el rodete en la dirección del eje.

Ejm: La turbina helice, tubular.



$$H_R = \frac{u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}}{2g}$$

PARAMETROS DE TRABAJO:

- Salto neto (H).
- Caudal (Q).
- Potencia.
- Eficiencia.
- Velocidad especifica (Ns).

$$Pe = 9.81 * Q * H * \eta_t \dots \dots Kw$$

$$N_s = \frac{N * \sqrt{Pe}}{(H)^{5/4}}$$

Rangos de trabajo para selección

<i>Turbina</i>	<i>Ns</i>	<i>Q</i> <i>Lt/seg</i>	<i>H</i> <i>m</i>	<i>Pot</i> <i>Kw</i>	<i>η</i> <i>%</i>
<i>Pelton</i>	15-73	5 a 35	15 a 40	0.5 a 12	0.7 a 0.8
<i>Michell</i>	60-200	10 a 80	0.5 a 10	0.5 a 10	0.7 a 0.8
<i>Helice</i>	350-1000	20 a 160	0.25 a 5	0.25 a 5	0.7 a 0.85

Microturbina pelton

- *De acción tangencial , aprovecha grandes saltos y pequeños caudales, esta provista de una o más toberas, buena eficiencia cuando opera a carga parcial reducida, disposición horizontal o vertical.*

- Coeficiente de velocidad
- Velocidad del chorro a la salida del inyector
- Diámetro del chorro
- Diámetro Pelton
- Relacion D/d. para un inyector
- Numero de cucharas
- Altura de montaje mínima

$$\varphi = \sqrt{1 - \frac{\Delta H_i}{H}}$$

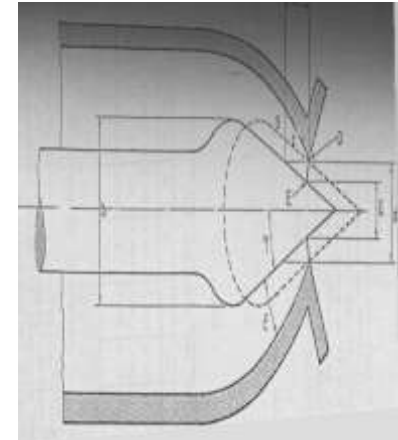
$$C = \varphi \sqrt{2gH}$$

$$de = 0.55 \left(\frac{Q}{\sqrt{H}} \right)^{1/2}$$

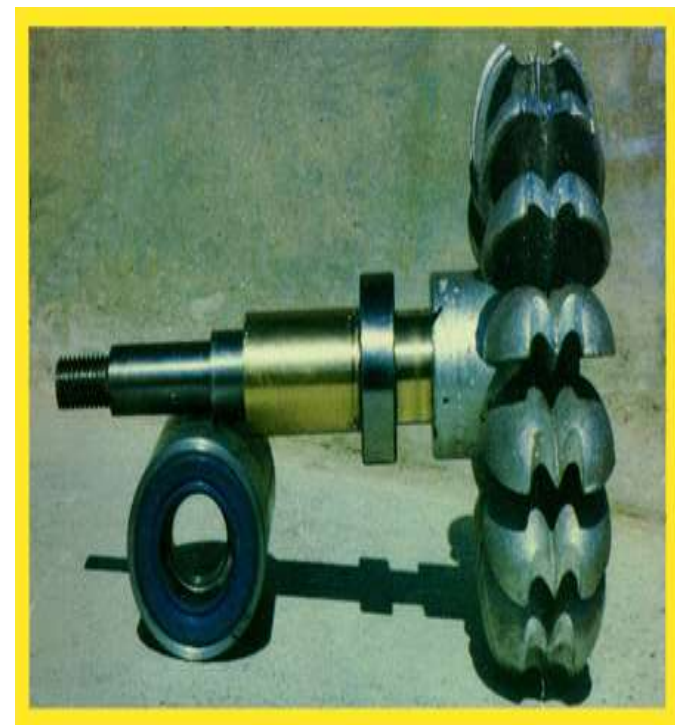
$$D = 38 \frac{\sqrt{H}}{n}$$

$$Z = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{d} \right) + 16$$

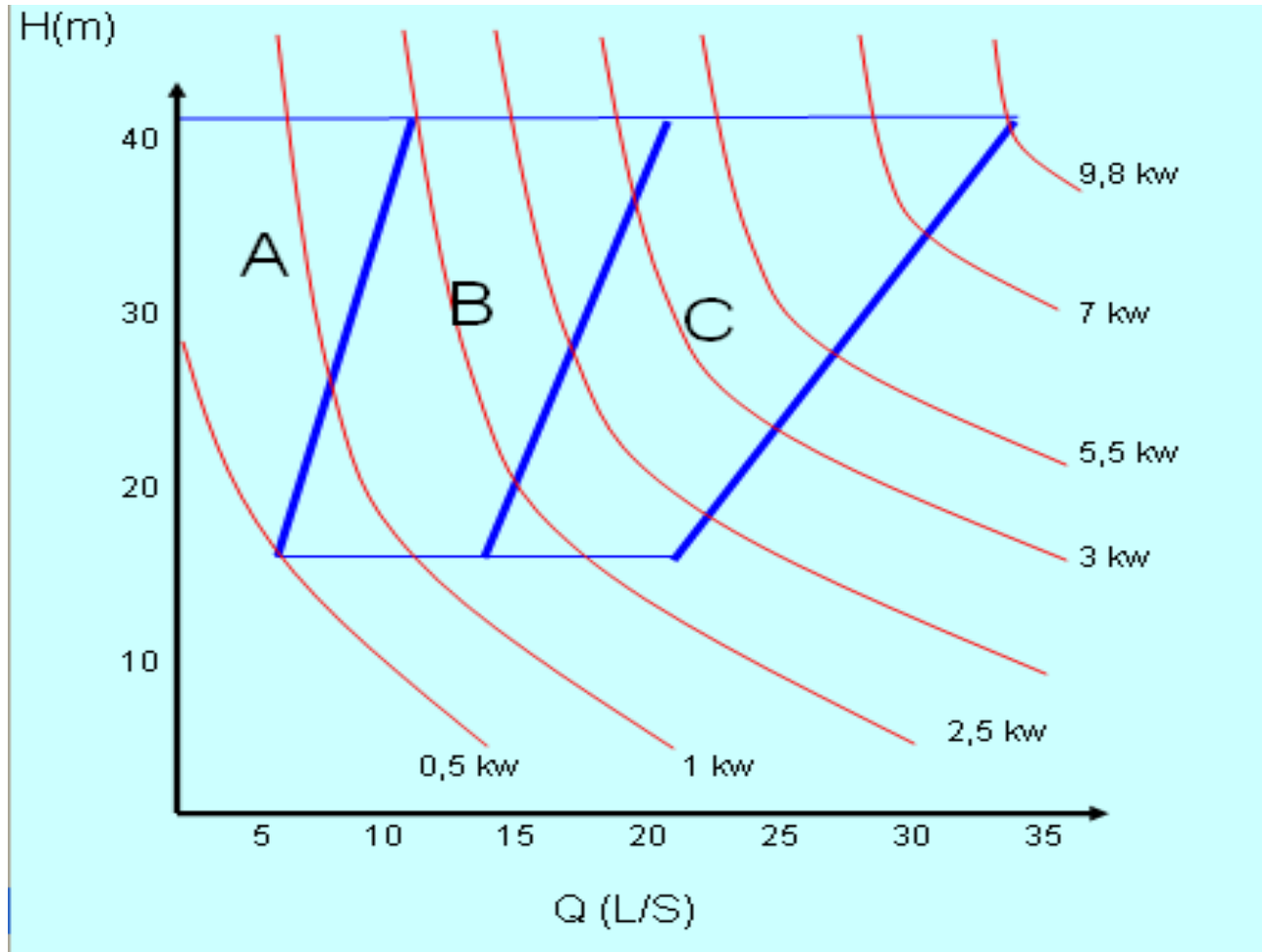
$$Hm = 10d + \frac{H}{2000}$$



Tipo Turbina	d mm	H (m)	Q lt/s	P (Kw)	D mm	rpm	Ns
A	20	15	5,12	0,56	240	631	18-69
	20	30	7,24	1,6	240	892	
	20	40	8,36	2,46	240	1030	
B	30	15	11,5	1,27	360	420	18-69
	30	30	16,3	3,59	360	545	
	30	40	18,8	5,53	360	687	
C	40	15	20,5	2,26	480	315	18-69
	40	30	28,4	6,39	480	446	
	40	40	33,4	9,84	480	515	

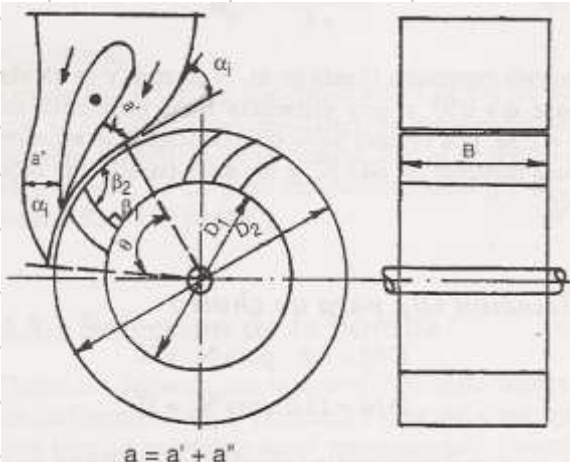


Microturbinas pelton estandarizadas



Micro turbina Michell Banki

- La turbina de flujo transversal es una máquina de gran importancia en pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Es por esto que un buen diseño proporcionará un aumento de la eficiencia que se sumará a la sencilla construcción de esta.

Numero especifico de revoluciones		DATOS DE ENTRADA:		UNIDADES
$n_s = n \frac{\sqrt{Pe}}{H_n^{1.25}}$	ns= 52.01	N=	778.00	RPM
		Pe=	2.94	Kw
$C = 0.95 * \sqrt{2 * g * H_n}$	C= 13.30	Hn=	10	m
		Q=	0.04	m3/seg
Velocidad de chorro (m/seg)		D=	0.15	m
$N = 37.5 \frac{\sqrt{H_n}}{D_2}$	N= 778.00	 <p style="text-align: center;">$a = a' + a''$</p>		
Velocidad RPM				
$B = \frac{0.96 * Q}{D_2 * \sqrt{H}}$	B= 0.080			
Ancho de rodete (m)				



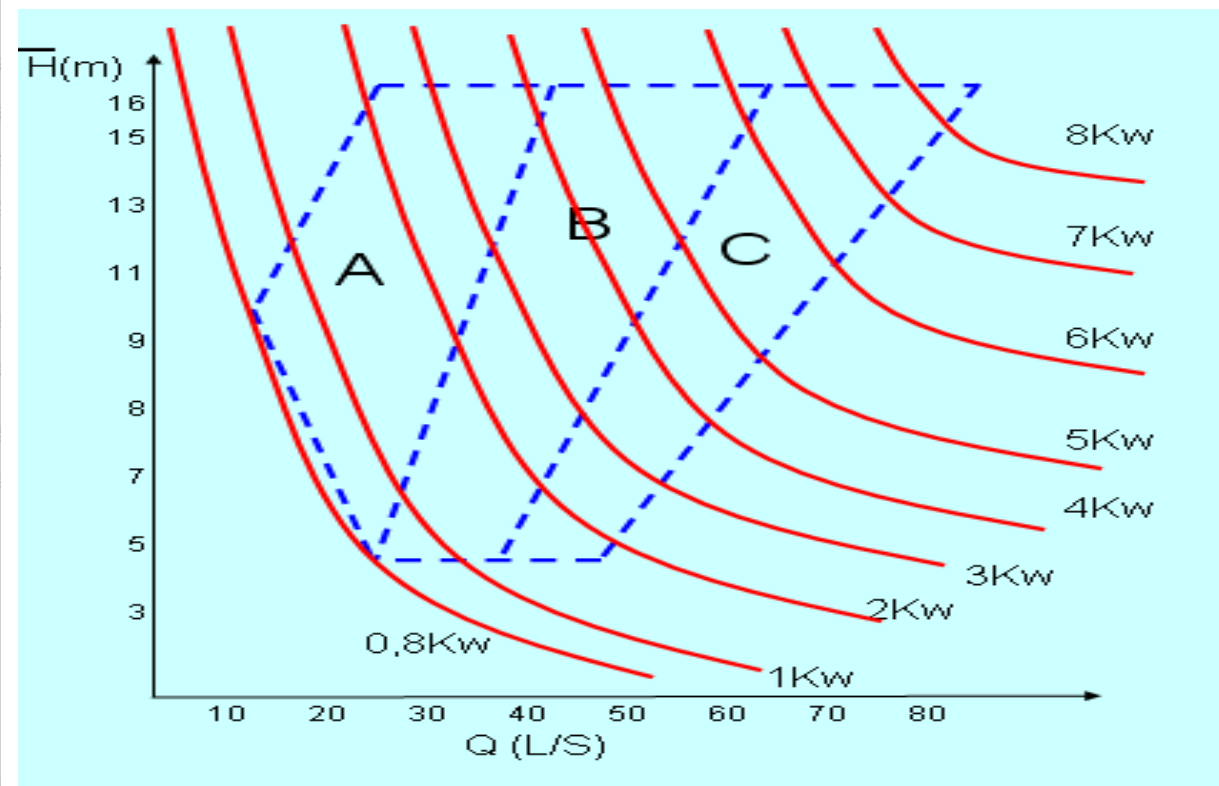
Geometria de rodete (m)	
$D_1 = 0.66 * D_2$	D1= 0.10
Radio del alabe (m)	
$r = 0.163 * D_2$	r= 0.02
Diametro maximo de eje (m)	
$d = 0.328 * D_2$	d= 255.18



CONDICIONES NORMALIZADAS MICROTURBINAS MICHELL BANKI

H (m)	RPM	A		B		C	
		Q	P	Q	P	Q	P
5	550	22	0,8	34	1,2	45	1,5
8	696	29	1,6	43	2,4	58	3
410	778	32	2,2	48	3	64	4,5
12	852	35	3	53	4,4	71	6
14	920	38	3,7	57	5,8	76	7
16	984	40	5	61	6,7	82	9

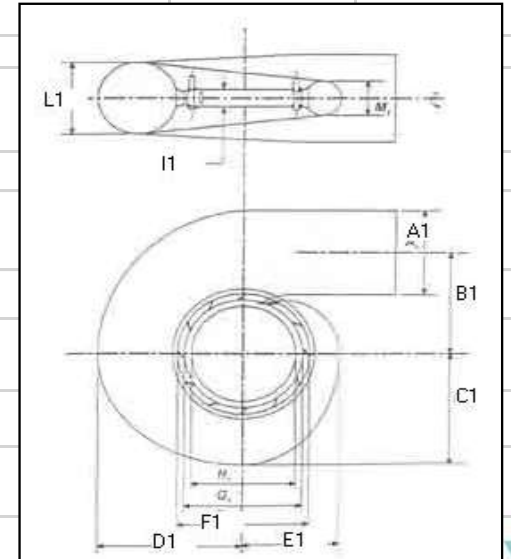
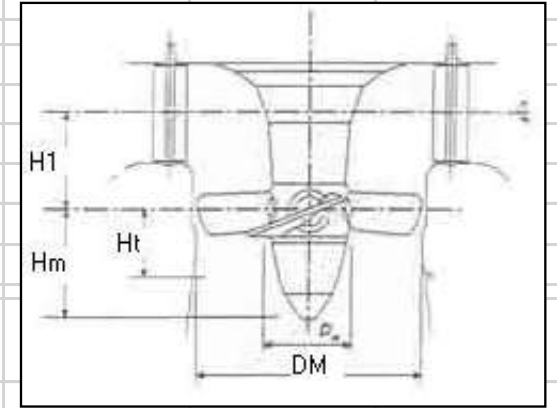
	Ancho rodete	
Tipo A	B= 60 mm	
Tipo B	B= 90 mm	
Tipo C	B= 120 mm	D= 150 mm



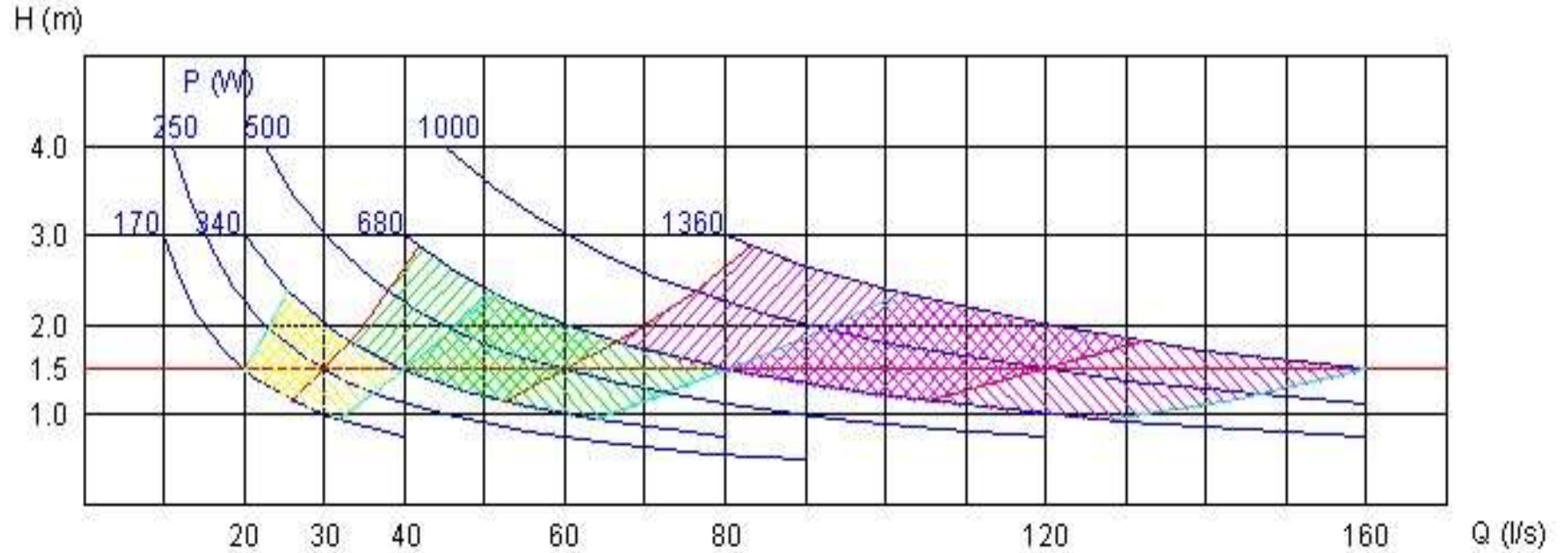
Micro turbina hélice

- La turbina de flujo axial tipo hélice es una máquina interesante en pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Un buen diseño que aproveche la altura negativa de succión y una construcción accesible contribuiría a la energización rural.

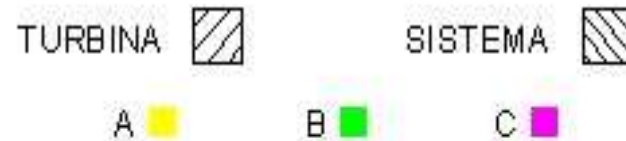
HELICE		
DATOS DE ENTRADA		
H=	1.5	
Q=	0.03	
POTENCIA (KW)=	0.3087	
VELOCIDAD (RPM)=	1800	
$n_s = n \frac{\sqrt{kW}}{H_n^{1.25}}$	ns=	602.46
$D_M = (66.76 + 0.136n_s) \frac{\sqrt{H_n}}{n}$	DM=	0.1012
$D_m = D_M \left(0.25 + \frac{94.64}{n_s}\right)$	Dm=	0.0412
$H_m = D_M \left(6.94n_s^{-0.403}\right)$	Hm=	0.0532
$H_1 = D_M \left(0.38 + 5.17 * 10^{-5} n_s\right)$	H1=	0.0416
$H_t = D_M \left(0.24 + 7.82 * 10^{-5} n_s\right)$	Ht=	0.029



- A: D = 115 mm
P = 250
- B: D = 163 mm
P = 500 W
- C: D = 230 mm
P = 1 000 W



RANGO DE APLICACION DE LA PICO TURBINA HELICE - DEL SISTEMA





CABER
LIMA- PERÚ 2017

Microturbinas hélice



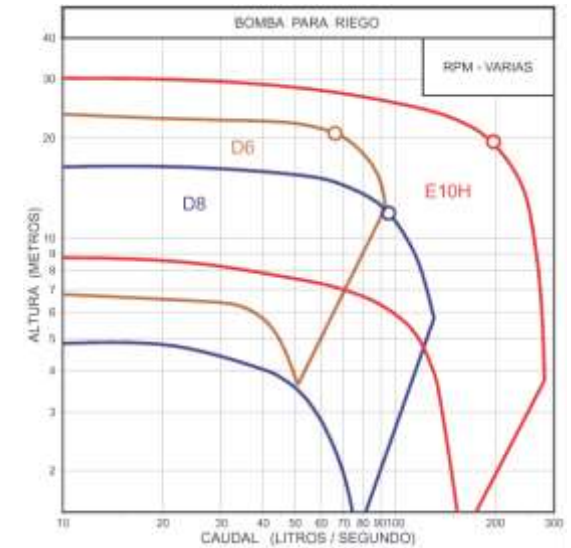
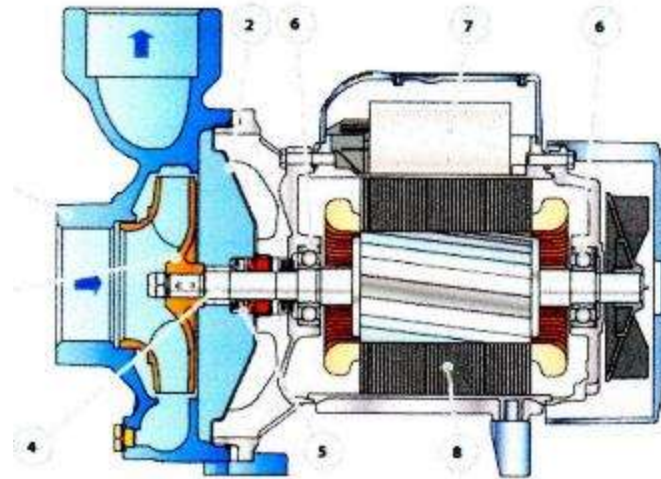
100 años
PUCP





Bombas como turbinas

- **Bombas hidráulicas trabajando como turbinas:**
Las bombas son turbomaquinas que tiene los alabes curvados hacia atras, existe una gran variedad de bombas, que pueden trabajar en sentido inverso y operar en condición de turbina, para estos casos interesa explorar las bombas centrifugas con grado de reacción R alrededor de 0.5.



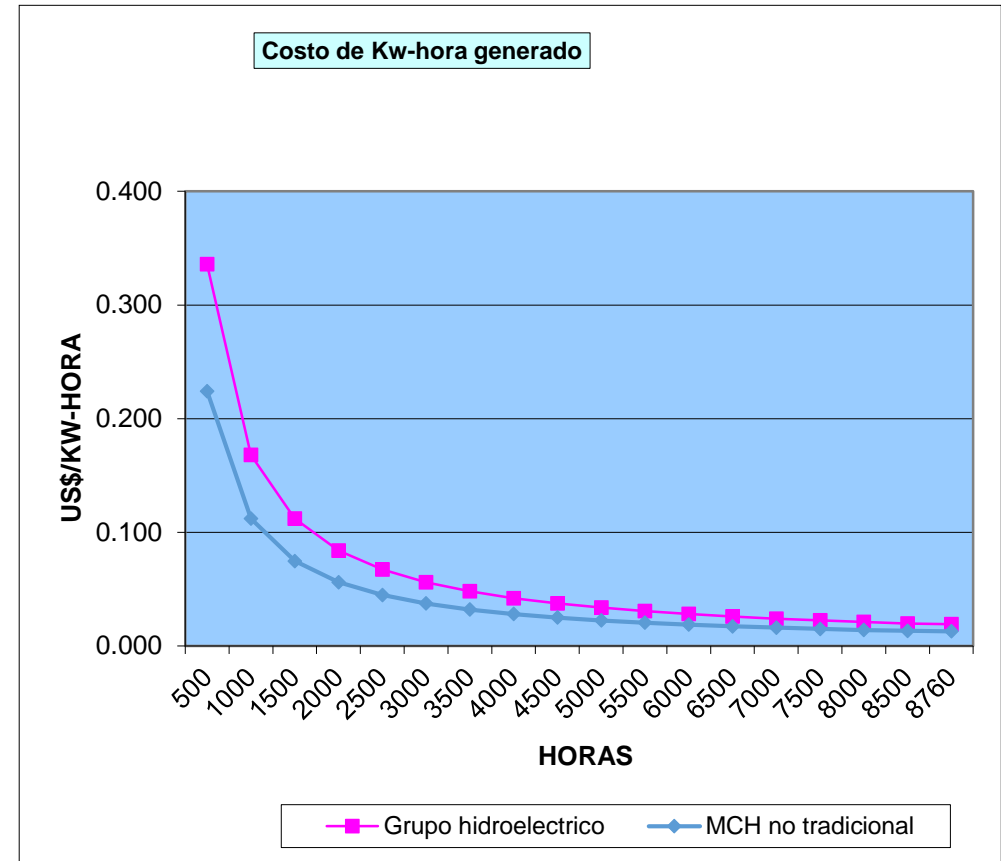
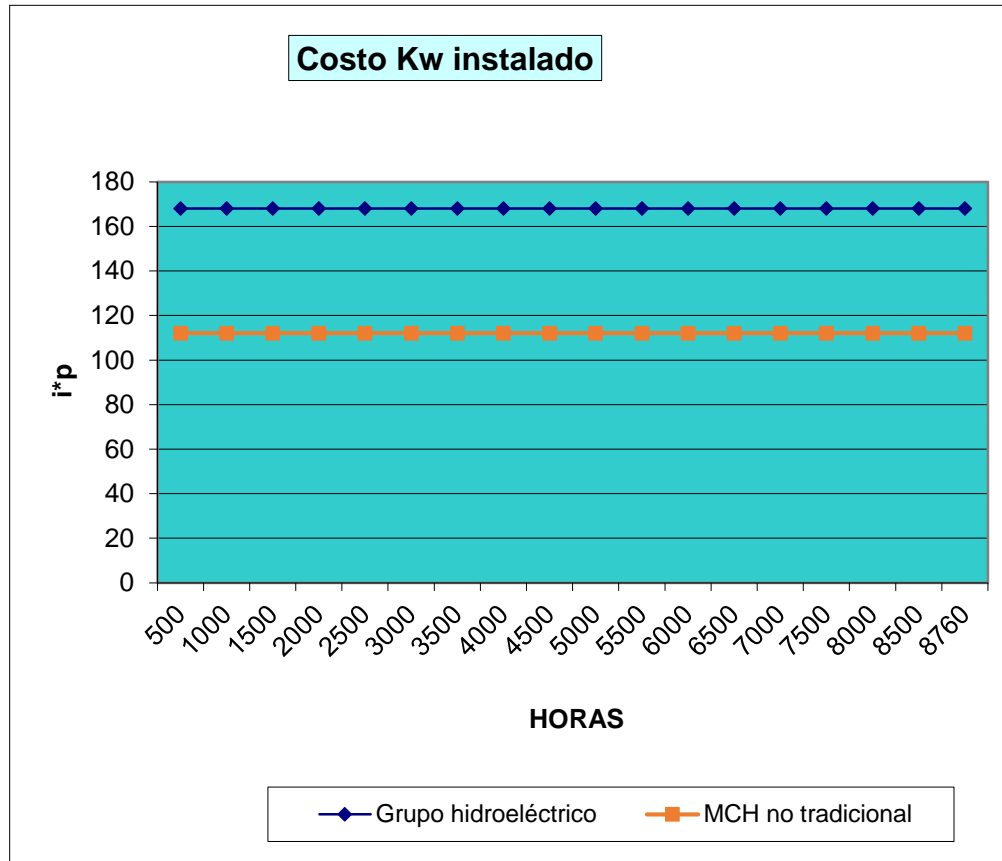
Posibilidad de uso:

- *Se tiene en el mercado muchas marcas y modelos de bombas.*
- *Los rodetes son fabricados como repuestos y son de fácil acceso.*
- *Los costos de fabricación de una bomba pueden llegar a ser entre 2 a 3 veces menor que una turbina hidráulica, para una misma potencia.*
- *Los motores de inducción pueden trabajar en forma inversa como generadores adecuando un sistema eléctrico y electrónico de control adecuado.*
- *Las bombas pueden trabajar en posición horizontal o vertical o inclinadas.*
- *Falta hacer mayor experimentación local y propiciar en instalaciones reales como ya lo han hecho en otros países.*





Competencia en costos de instalación y generación.



Conclusiones:

- Difundir posibilidades de energización rural, para fines productivos, inclusive en zonas ya conectadas al sistema.
- Bajar los costos de Kw instalado y Kw-hora generado, utilizando equipos no tradicionales y materiales accesibles.
- Efectuar mayor experimentación con entidades interesadas.
- Mejorar e incentivar inversión en autogeneración con legislación adecuada para bajas potencias.
- Mejorar las políticas para incentivar la pequeña autogeneración con energías renovables tales como la hidráulica y biomasa.

GRACIAS