

Dr. HANS POLL

CEO - LATAM

Voith Hydro



8^a






**CONFERÊNCIA NACIONAL
DE PCHs e CGHs**

USINAS REVERSÍVEIS



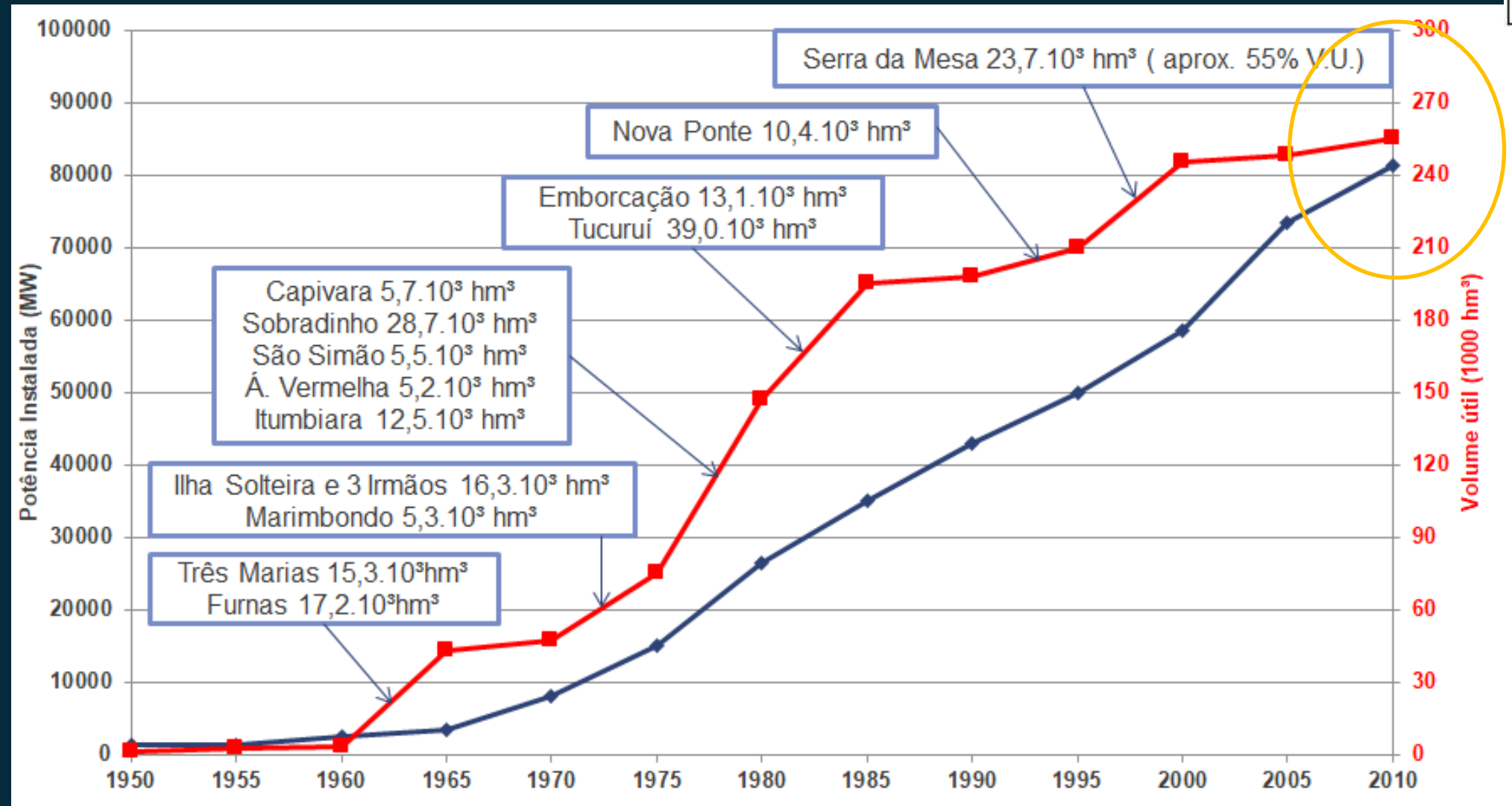
8ª CONFERÊNCIA
NACIONAL
DE PCHs e CGHs

Resumo

-  Reservatórios são protagonistas no controle de cheias e no armazenamento de energia
-  O potencial hidrelétrico do Brasil e gerenciamento da água devem caminhar juntos
-  Renováveis não despacháveis no Brasil demandam fontes auxiliares para armazenamento e suporte à estabilidade do SIN!
-  Usinas reversíveis existem no Brasil desde os anos 40 no entanto é necessário “Recomeçar” por questões de estabilidade do SIN e para otimizar o gerenciamento de água
-  Projetos híbridos combinando geração eólica, plantas solares e usinas reversíveis como baterias de água são opções inovadoras e devem ter impulso inclusive com aproveitamento de água do mar.

Reservatórios Potência x Volume

	1992	2002	2012	2022
Produção de Eletricidade Anual (TWh)	241,7	345,7	552,5	677,1
Participação da Energia Hidráulica	92%	83%	77%	62%
Produção pela Fonte Hidráulica Anual (TWh)	223,3	286,2	424,9	419,1
Eólica			0,9	11,8
Solar				4,4
Biomassa			6,8	8
Gás Natural			7,9	6,1
Nuclear			2,7	2,1



Produção de Energia

conforme BNE da EPE

Temos um potencial hidrelétrico notável e de fundamental importância para o SIN: modernizar, repotenciar, instalar unidades em poços existentes, aliado ao gerenciamento da água

Capacidade Instalada SIN

EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NO SIN - SETEMBRO
2024/ DEZEMBRO 2028 (FONTE ONS)

	2024		2028	
	[GW]	Participação %	[GW]	Participação %
Hidrelétrica	107,8	48%	108,8	43%
MMGD	32,4	14%	49	19%
Eólica	31,6	14%	34,9	14%
Solar	14,4	6%	22,3	9%
Térmica (Gás+GNL)	14,7	7%	16,2	6%
Térmica (Óleo+Diesel)	2,6	1%	0,8	0%
Térmica (Carvão)	2,9	1%	1,1	0%
Nuclear	2	1%	2	1%
Biomassa	16	7%	17	7%
Outras	0,1	0%	0,3	0%
Capacidade Instalada	224,6		252,5	

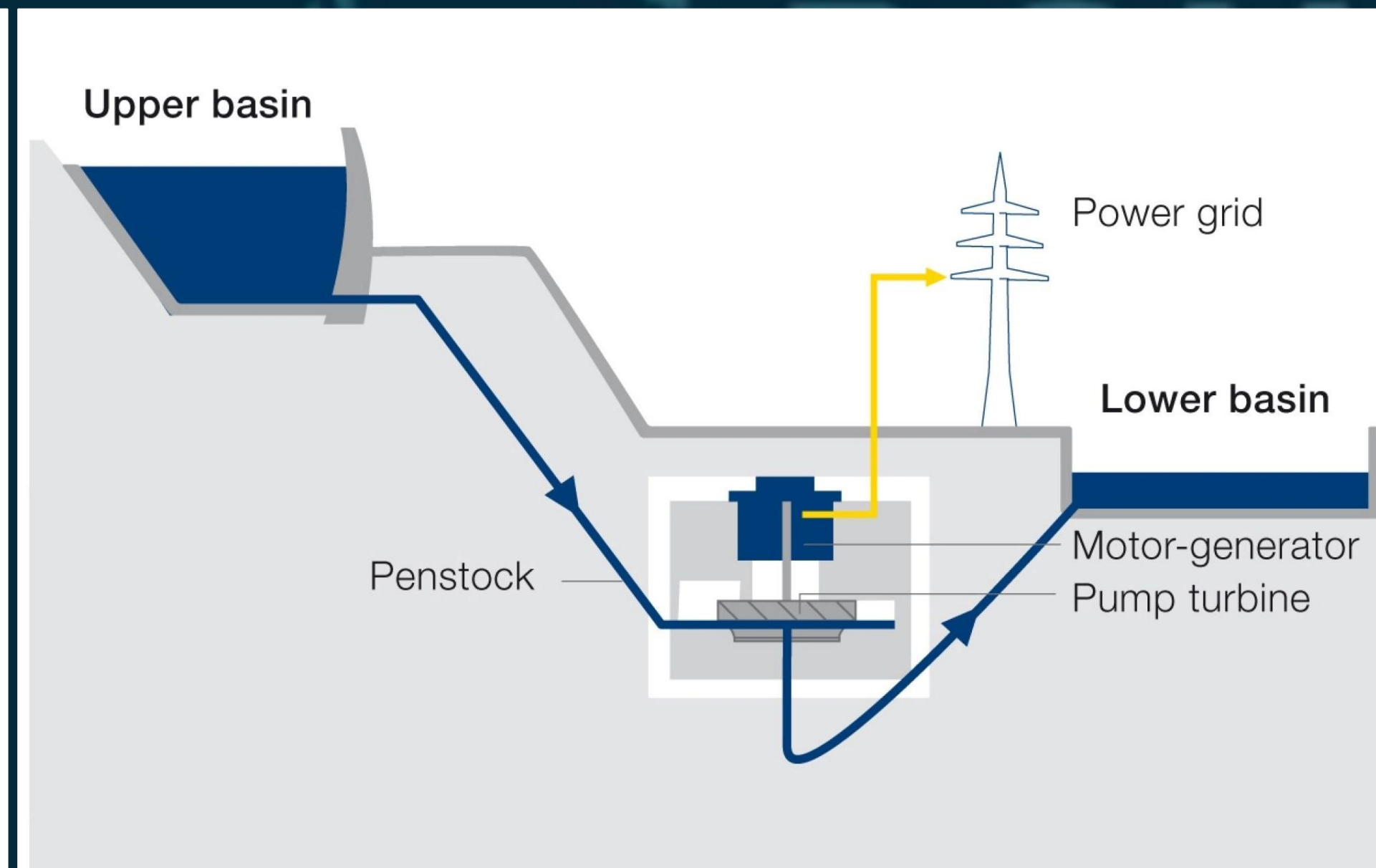
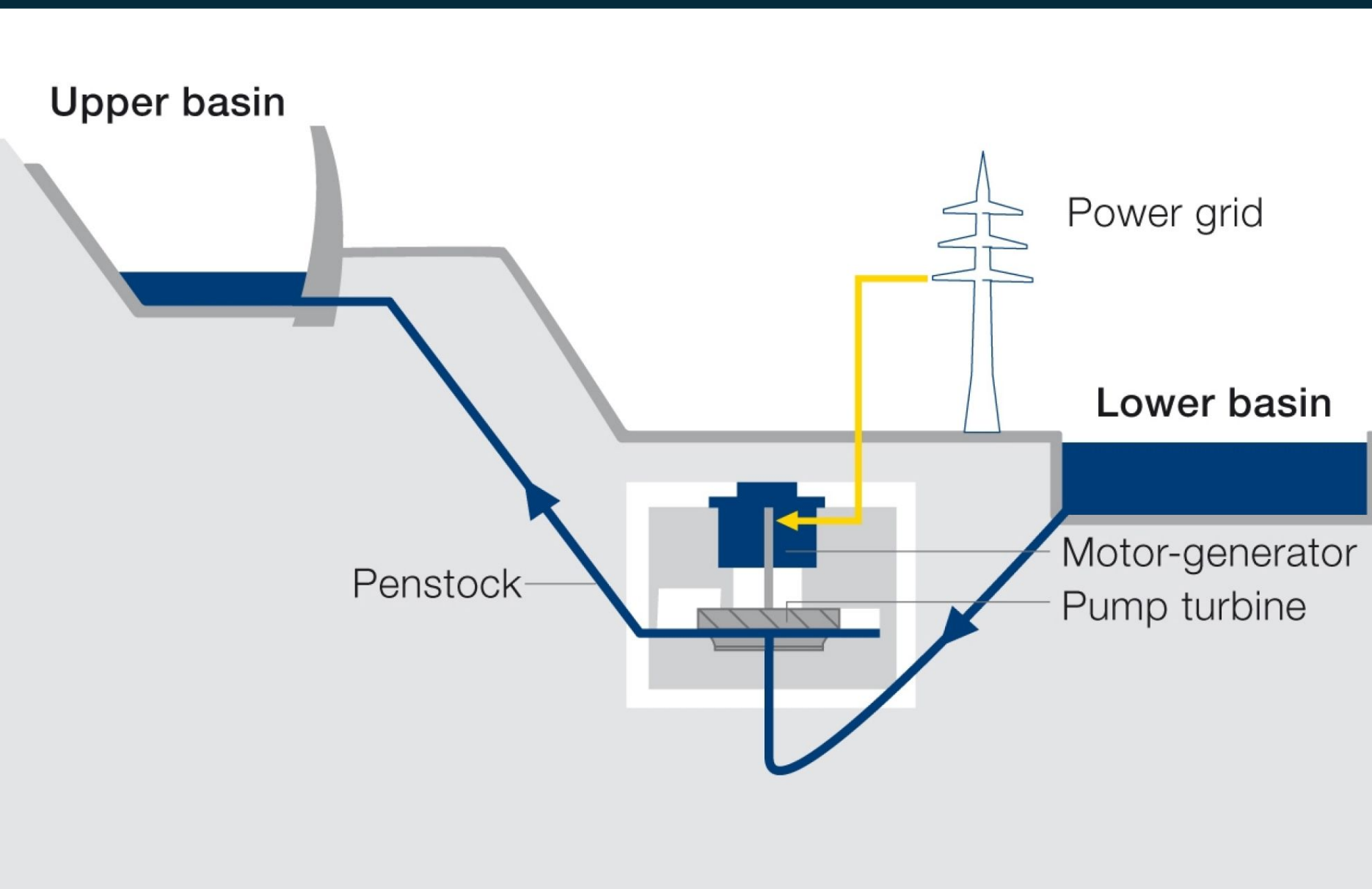
A participação da capacidade instalada da geração hidrelétrica diminuirá para 43%, aproximando-se da participação das fontes renováveis não despacháveis!

Se não tivermos fontes renováveis despacháveis, a operação do SIN se tornará impraticável!

Mais capacidade de unidades geradoras hidráulicas é uma necessidade para estabilidade do sistema

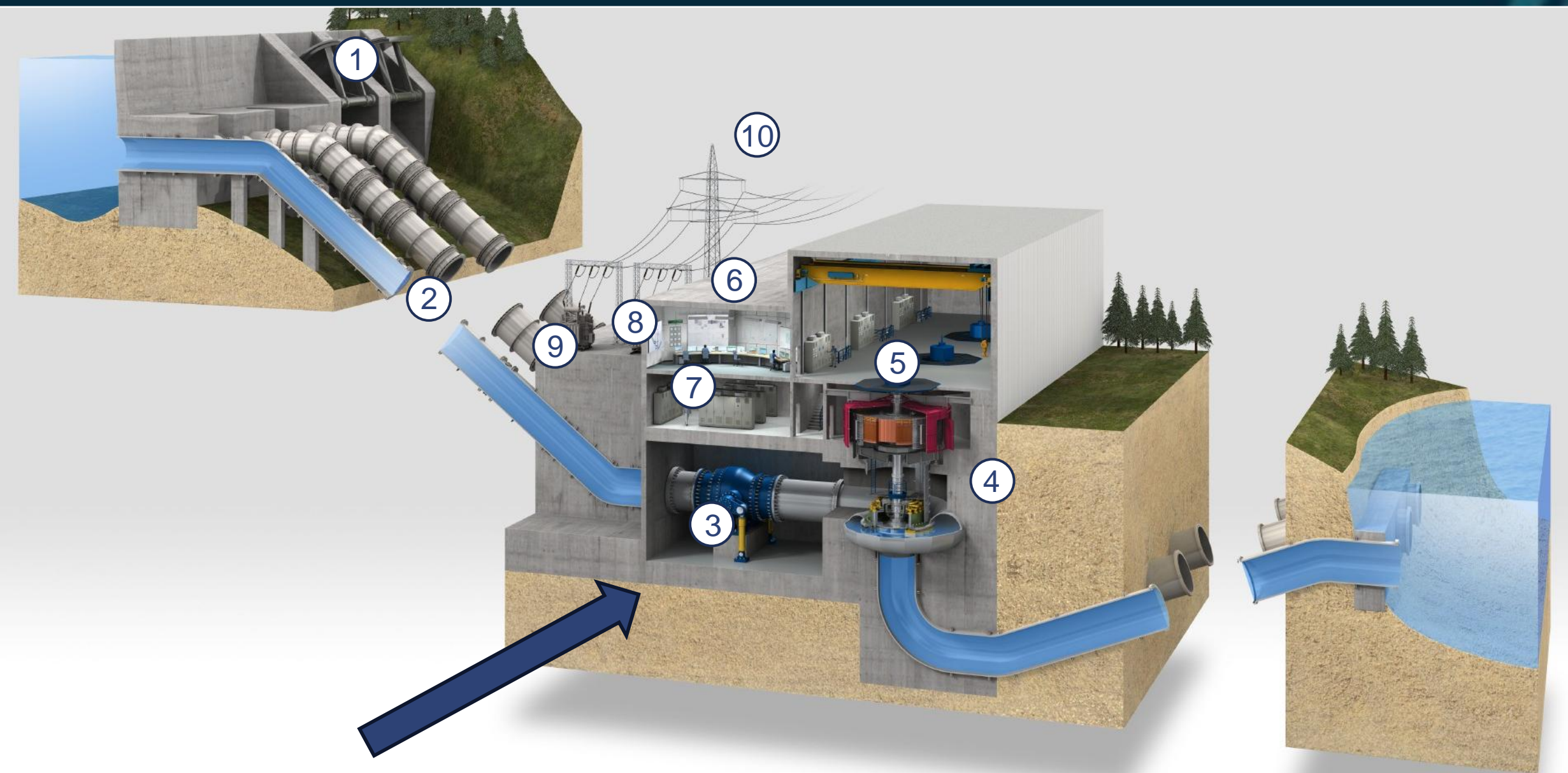
Turbina Bomba Simples e engenhosa

Turbinas bomba são máquinas que combinam armazenamento de água e geração de energia em uma solução única. Em segundos, o modo de operação pode ser alterado, fornecendo energia ao sistema.



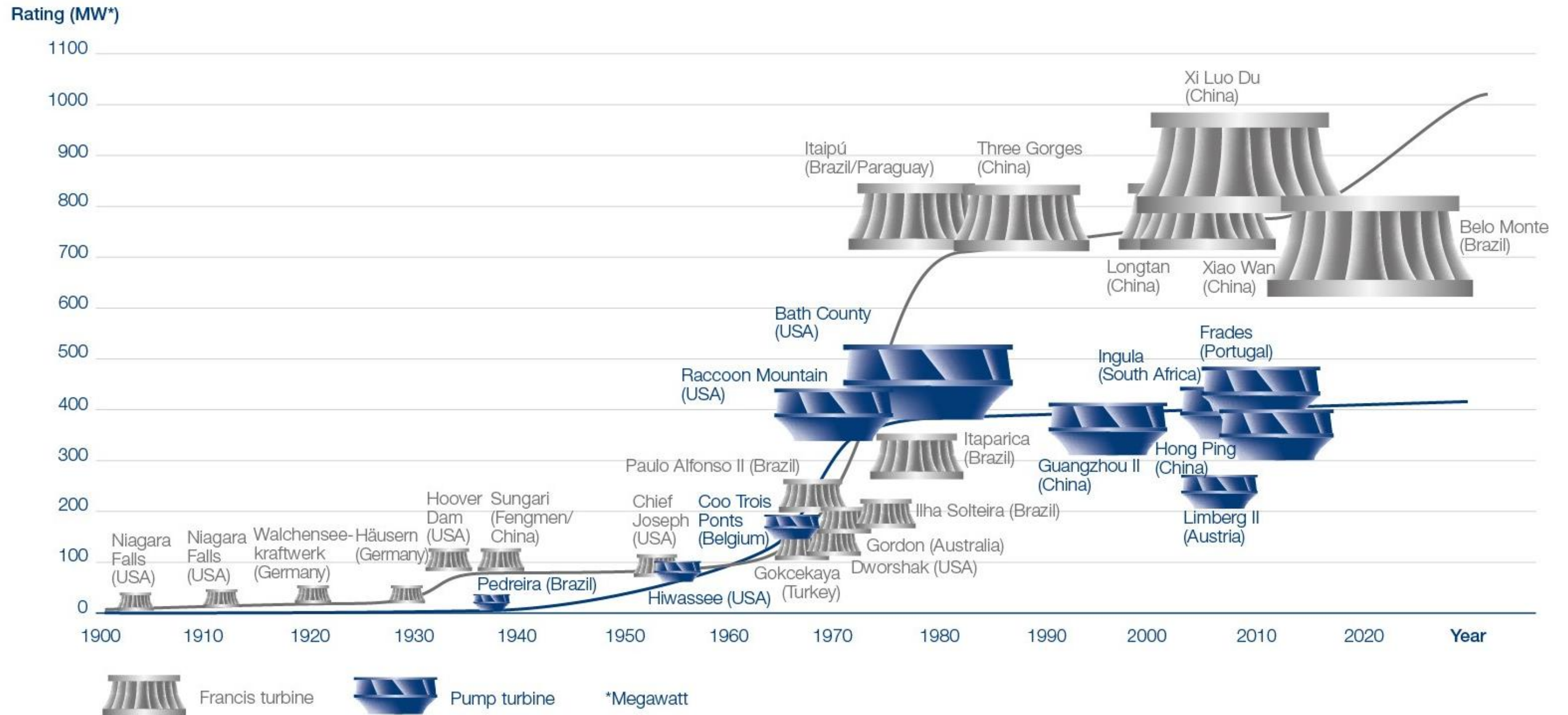
Anatomia de uma usina de acumulação reversível

Tanques de armazenamento de água finitos



- 1 Comportas
- 2 Duto adutor
- 3 Válvula de segurança
- 4 Turbina bomba
- 5 Gerador
- 6 Controle
- 7 Disjuntor de baixa tensão
- 8 Transformador
- 9 Disjuntor de alta tensão
- 10 Linha de Transmissão

Desenvolvimento histórico Turbinas Bomba



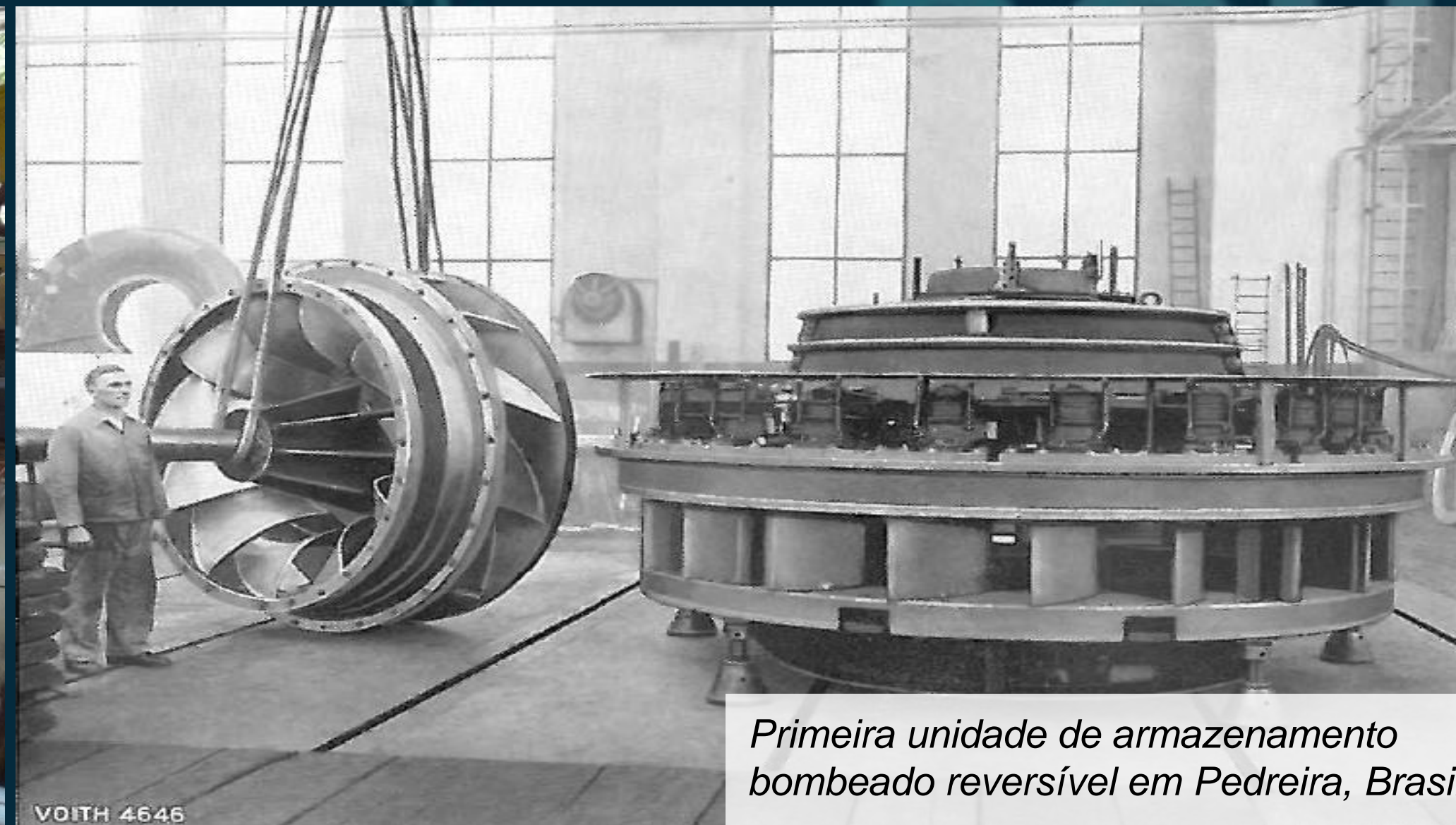
Voith Hydro

História do armazenamento bombeado

- A ideia de armazenamento de energia nasceu há mais de 100 anos
- A Voith entregou o primeiro conjunto de armazenamento clássico em 1907
- A Voith desenvolveu a primeira grande turbina de bomba reversível em 1937



Primeira usina de armazenamento bombeado em Heidenheim an der Brenz, Alemanha



Primeira unidade de armazenamento bombeado reversível em Pedreira, Brasil

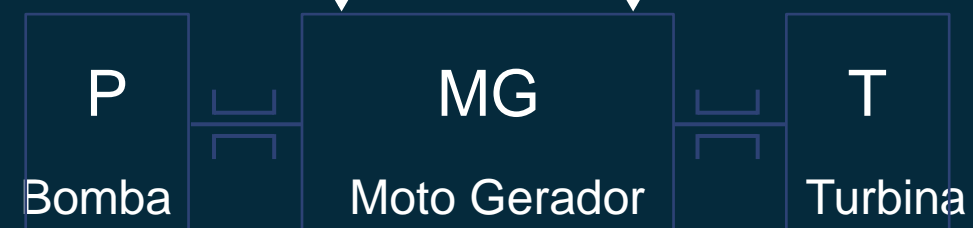
Estações reversíveis desenvolvimento das configurações

4 Máquinas



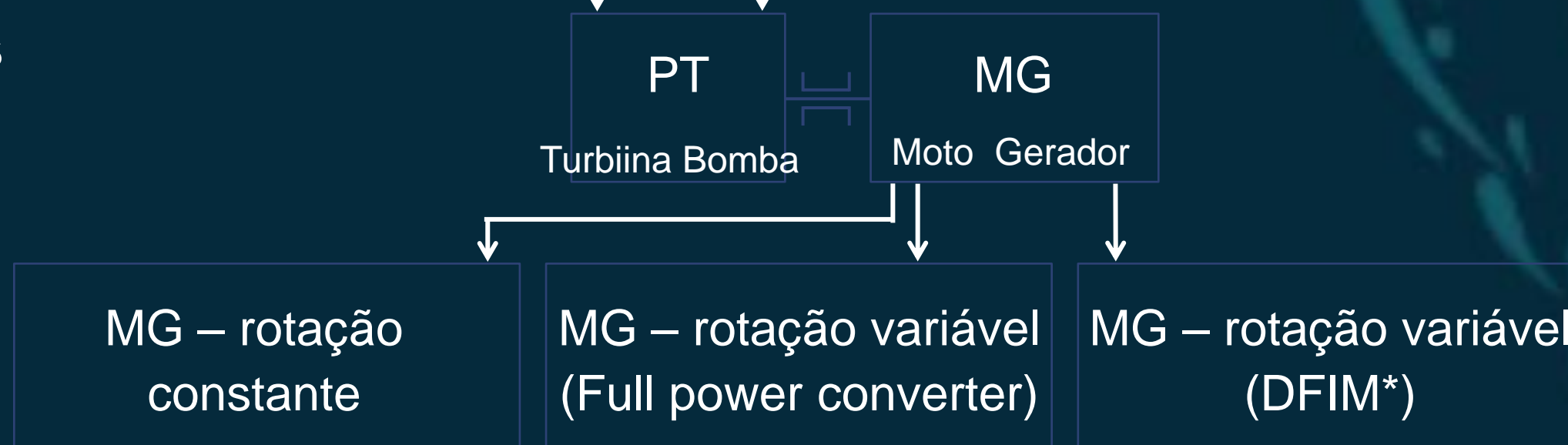
Usina reversível clássica

3 Máquinas



Ternária

2 Máquinas



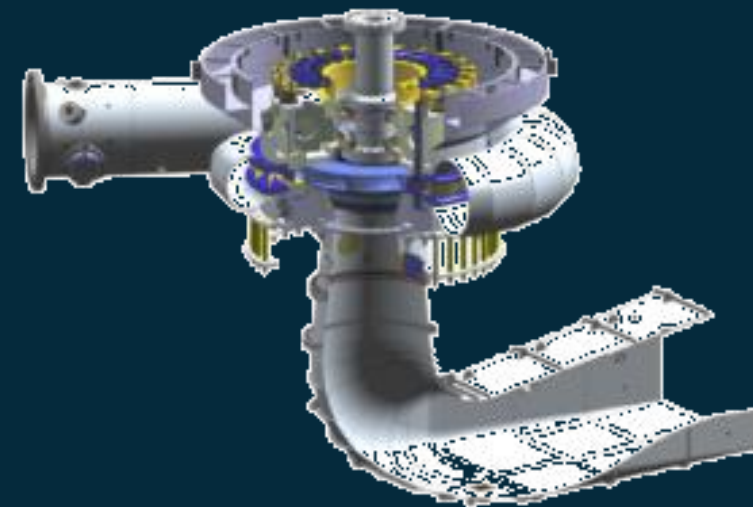
Turbina Bomba

Tipo de Moto Gerador

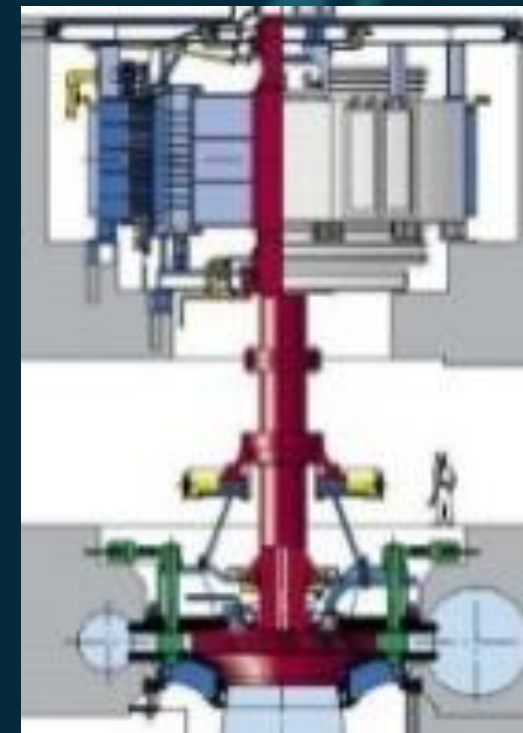
* Máquina de indução duplamente alimentada

Estações reversíveis desenvolvimento das configurações

Reversível
Rotação fixa



Reversível Rotação
variável DFIM



Ternaria Multiestágio
c/conversor de torque



Comparativo de investimento total	\$	\$\$	\$\$\$
Vantagens para flexibilidade operacional	+	++	+++
Vantagens de tempo de tomada de carga	+	++	+++
Tempo de troca no modo operacional	+	++	+++

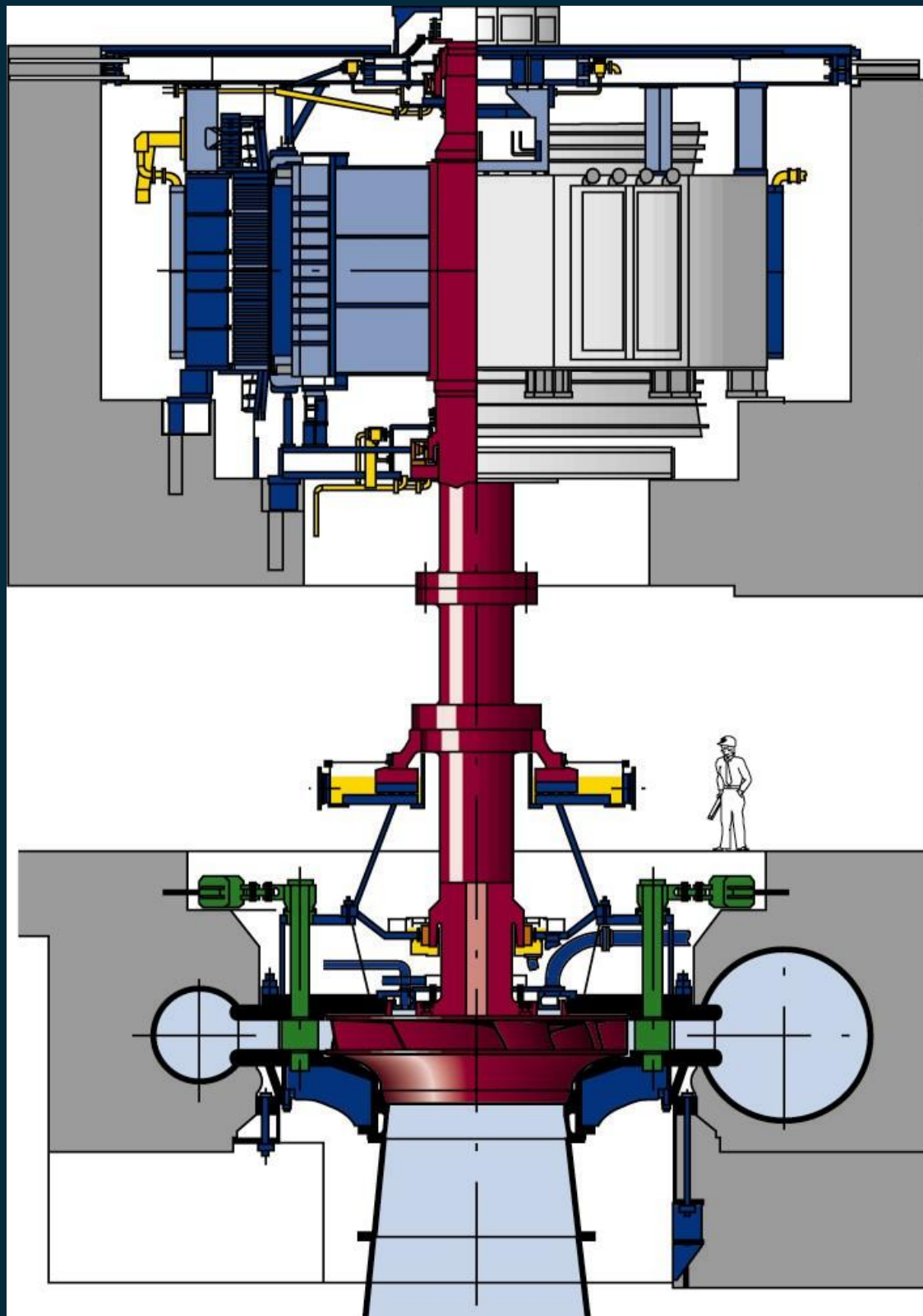
Nossa tecnologia de usina hidrelétrica de armazenamento bombeado Inovador há mais de cem anos

Desde o início, temos trabalhado em novas soluções nas quais nossos clientes podem confiar, seja sistemas ternários ou conjuntos de máquinas reversíveis



Configurações da unidade

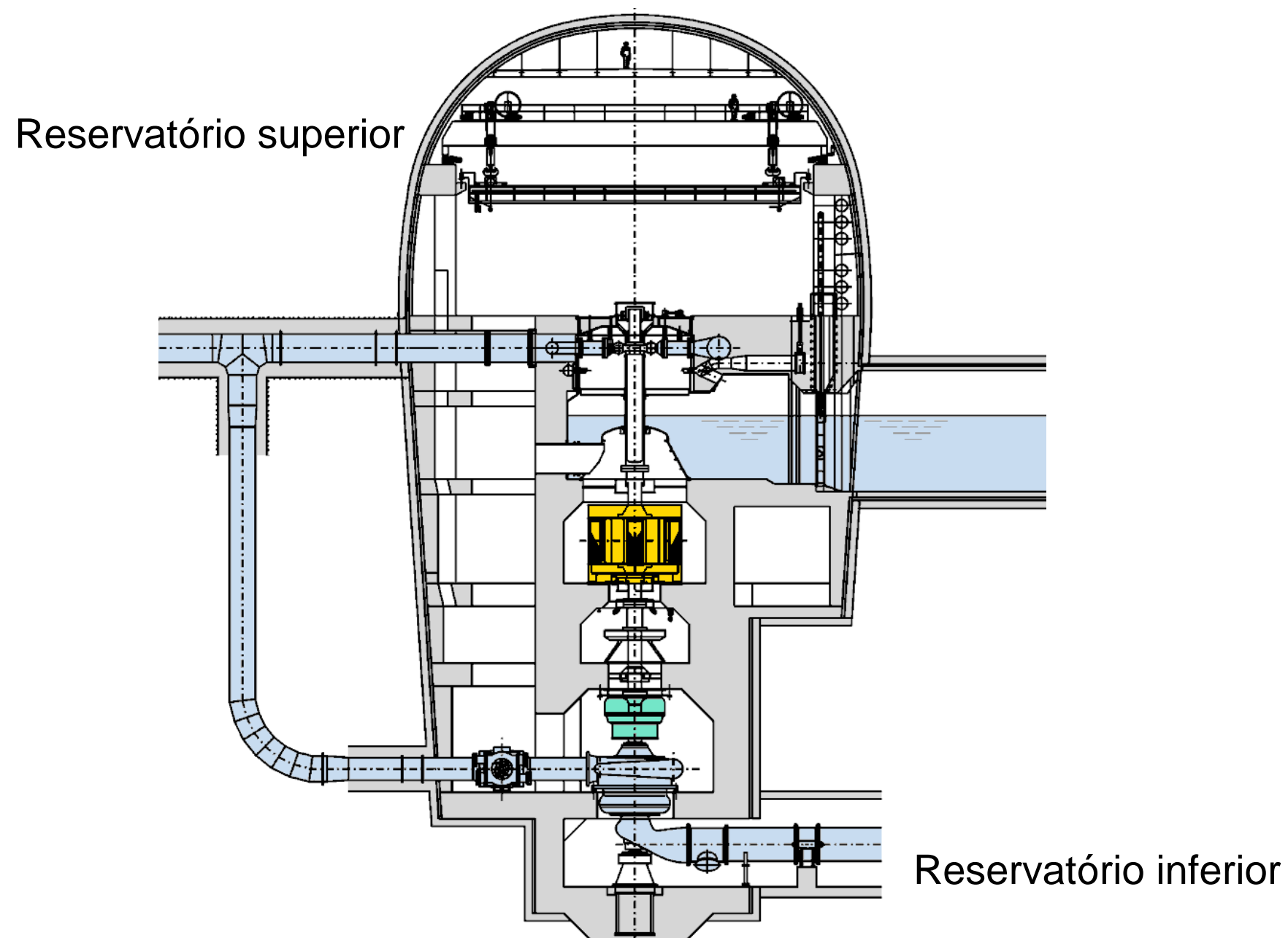
Unidade reversível convencional



- Tipo de configuração mais utilizado no mundo hoje
- Dois sentidos de rotação
- Controle de potência apenas no modo turbina
- Faixa de carga para geração: 50 - 100% de potência
- Tecnologia comprovada
- Muitas sendo construídas hoje ao redor do mundo

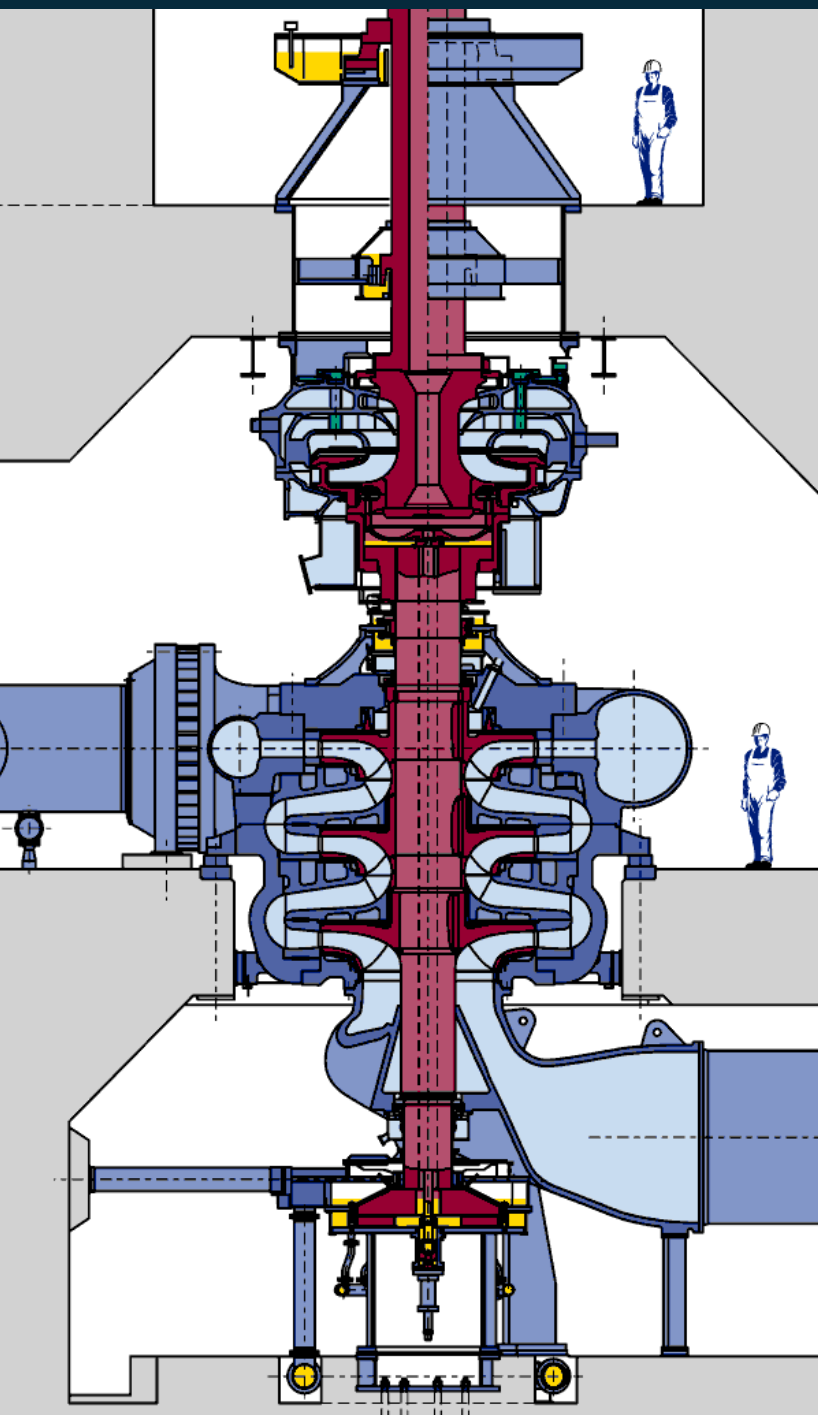
Configurações da unidade

Arranjo ternário



- Turbina + gerador + conversor de torque + bomba multiestágio
- Regulagem nos modos turbina e bomba com “curto-circuito hidráulico”
- Sem alteração da direção de rotação
- Permite rampa de carga mais íngreme
- Mudanças de modo mais rápidas
- Menores perdas.

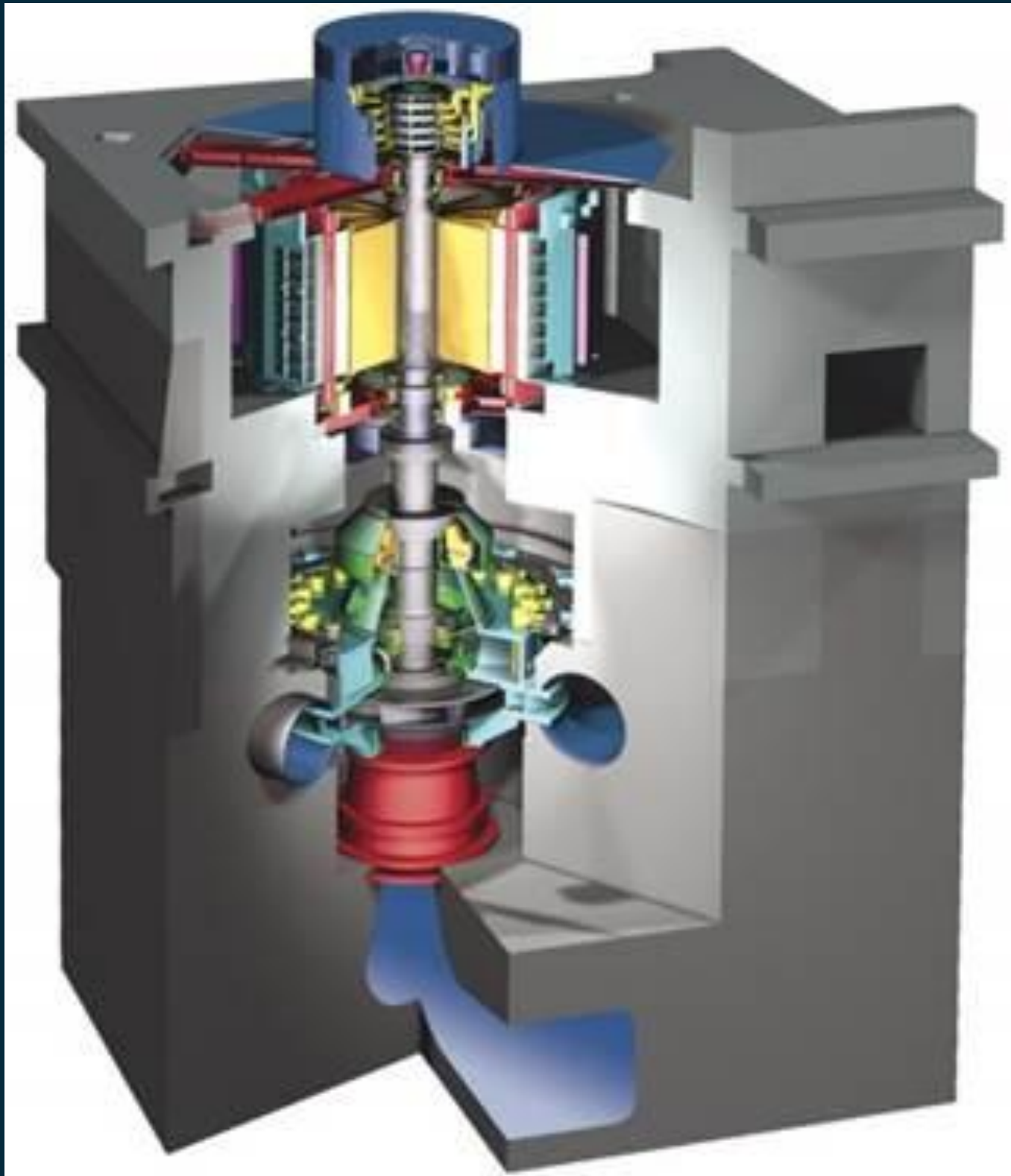
Conversor de torque hidráulico



- A Voith é a única empresa com referências de conversores de torque hidráulico
- Excelente experiência operacional desde 1954
- Curto tempo de partida da bomba de armazenamento (partida suave + sem ar nos cursos d'água, especialmente em bombas multiestágio)

Configurações da unidade

Unidades reversíveis de velocidade variável



- Regulação de potência no modo bomba alterando a velocidade
- Melhor eficiência de carga parcial no modo turbina
- Faixa de operação mais ampla e estável no modo turbina
- Melhor comportamento dinâmico
- Recursos para estabilidade da grade
- Comportamento de cavitação aprimorado para aplicações de ampla faixa de altura manométrica.

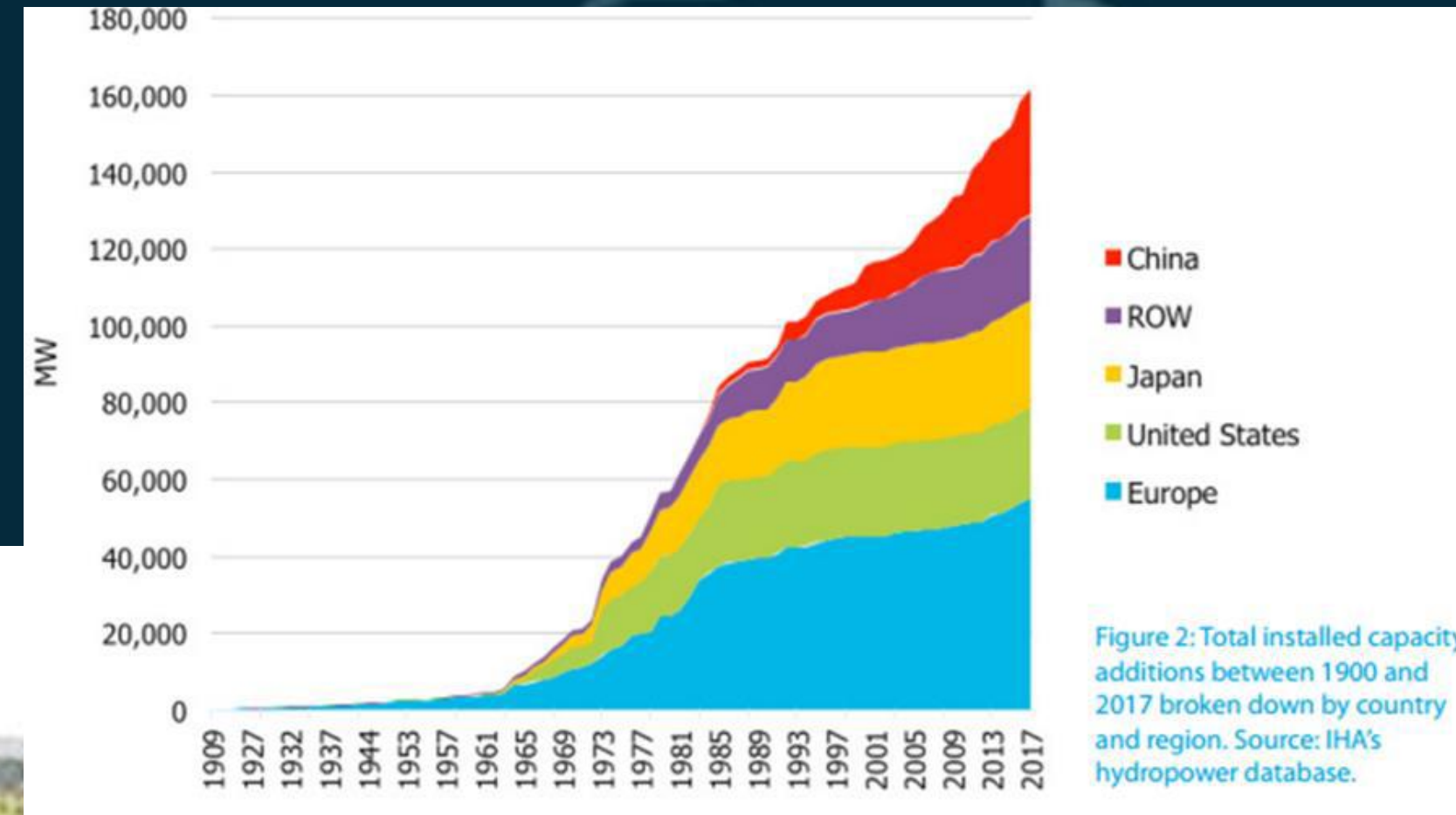
Exemplos Instalados

PCH
....

Reversíveis no Brasil

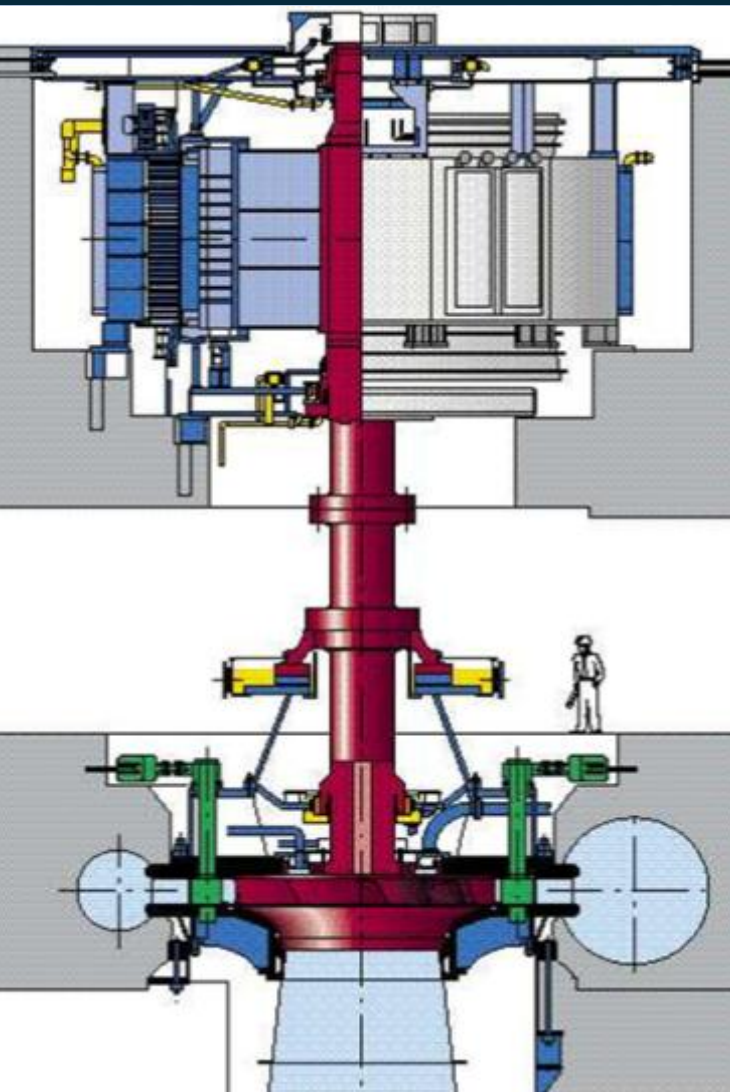
Complexo Billings - Pedreira

- 1939, Usina Elevatória de Pedreira, Brasil, primeira máquina reversível radial no mundo!
- Nesta época instalamos 4 unidades reversíveis com potência instalada de aproximadamente 220 MW. (fonte EPE)



- As usinas reversíveis continuaram a ser implantadas no mercado internacional por diversas razões, mas se firmaram como uma alternativa para o armazenamento de energia e para garantir a operação dos sistemas integrados, diante do aumento da participação das fontes renováveis não despacháveis! (fonte EPE)

Experiência Voith - Flexibilidade operacional



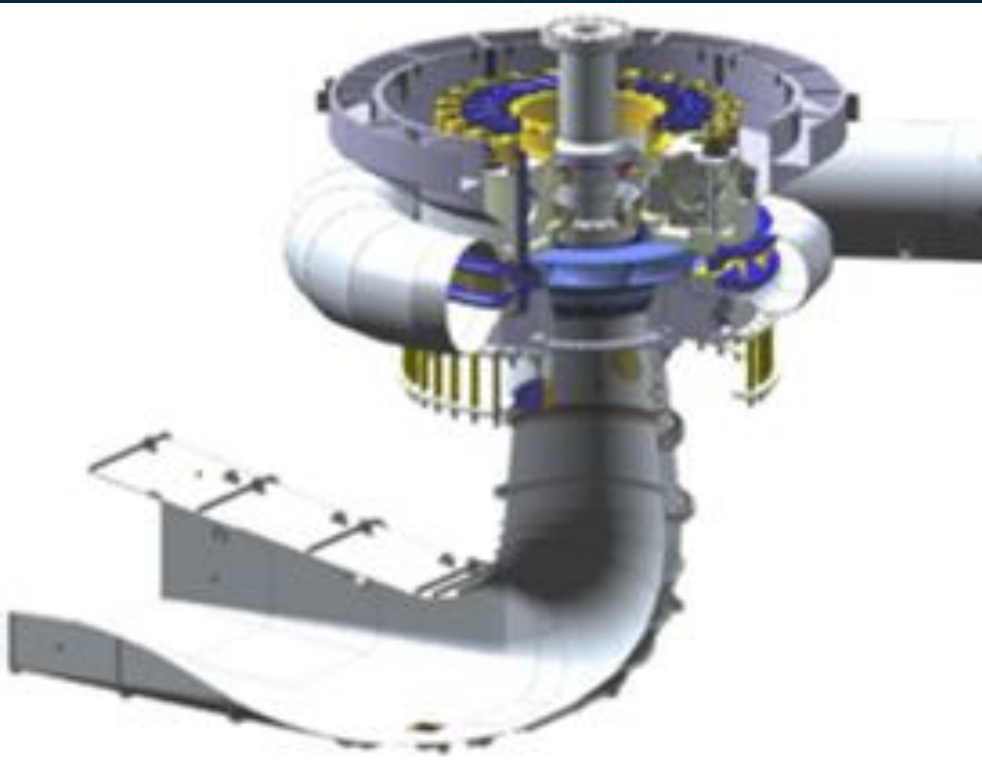
Unidades reversíveis com Velocidade Variável:
Goldisthal / Frades II

A Voith forneceu mais de 200 unidades reversíveis com uma potência combinada superior a 25,000 MW.

	Frades II		Goldisthal	
Variação de queda H [m]	413.64 - 431.8		279.2 - 334.0	
Nominal / máx. Potência da Turbina P_{Tu} [MW]	382.5 / 400		269 / 325	
Diâm. entrada da Turbina D_2 [m]	~ 4.500		~ 4.600	
Velocidade de rotação n [rpm]	375	350 - 380.9 -7 % / +2%	333.3	300 - 346.6 -10% / + 4%

Experiência Voith

Flexibilidade operacional



Unidades reversíveis com Ampla Variação de Queda - Limberg II



Variação de queda H [m]

432 – 273

Velocidade de rotação n [rpm]

428.6

Diâm. de entrada do rotor da Turbina D_2 [m]

~3.9

Vazão individual no modo de Bomba [m^3/s]

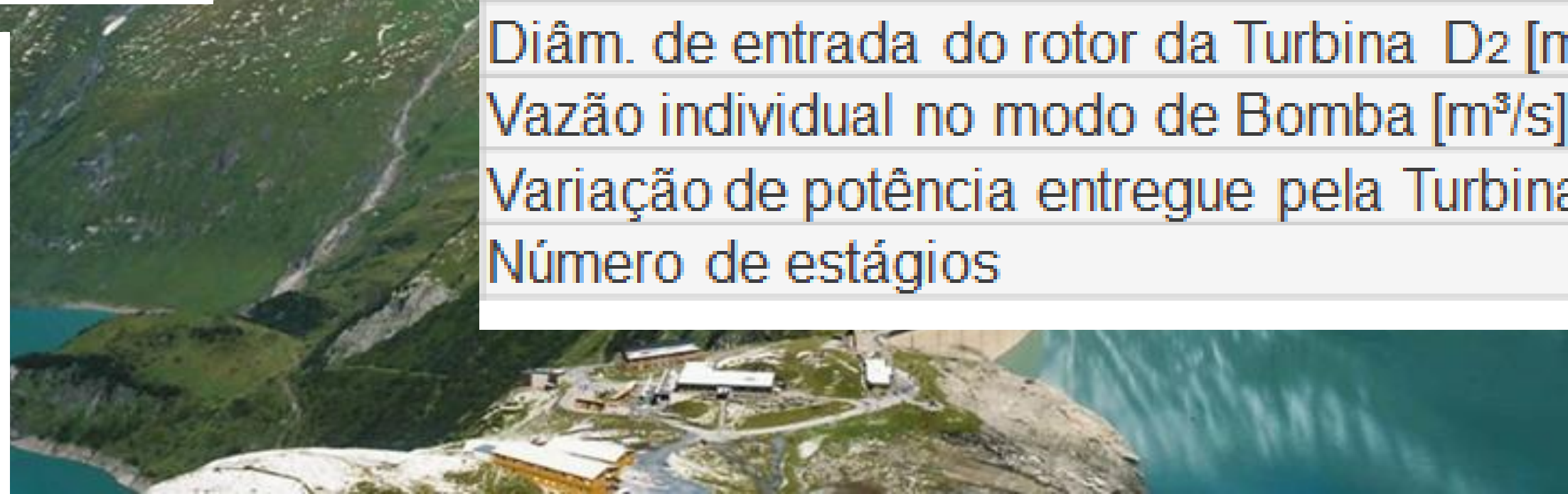
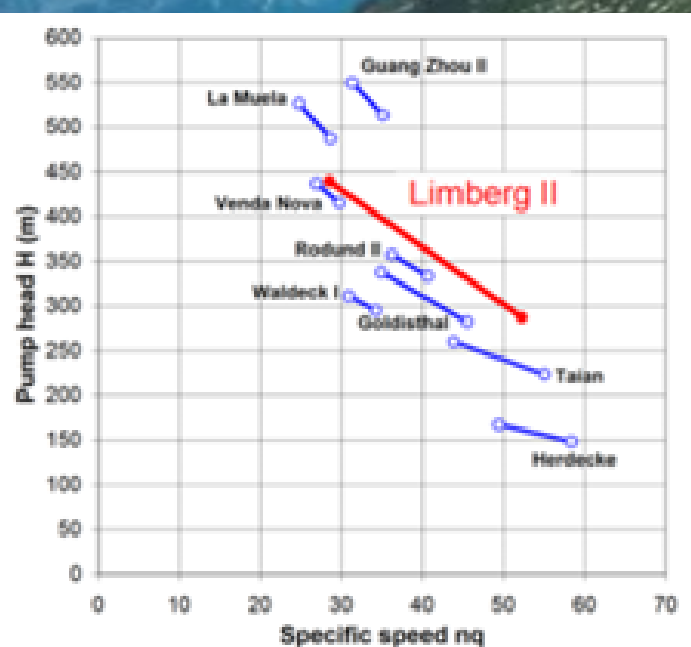
71.8

Variação de potência entregue pela Turbina P_{Tu} [MW]

240 - 136

Número de estágios

1



Exemplos inovadores inclusive PCH

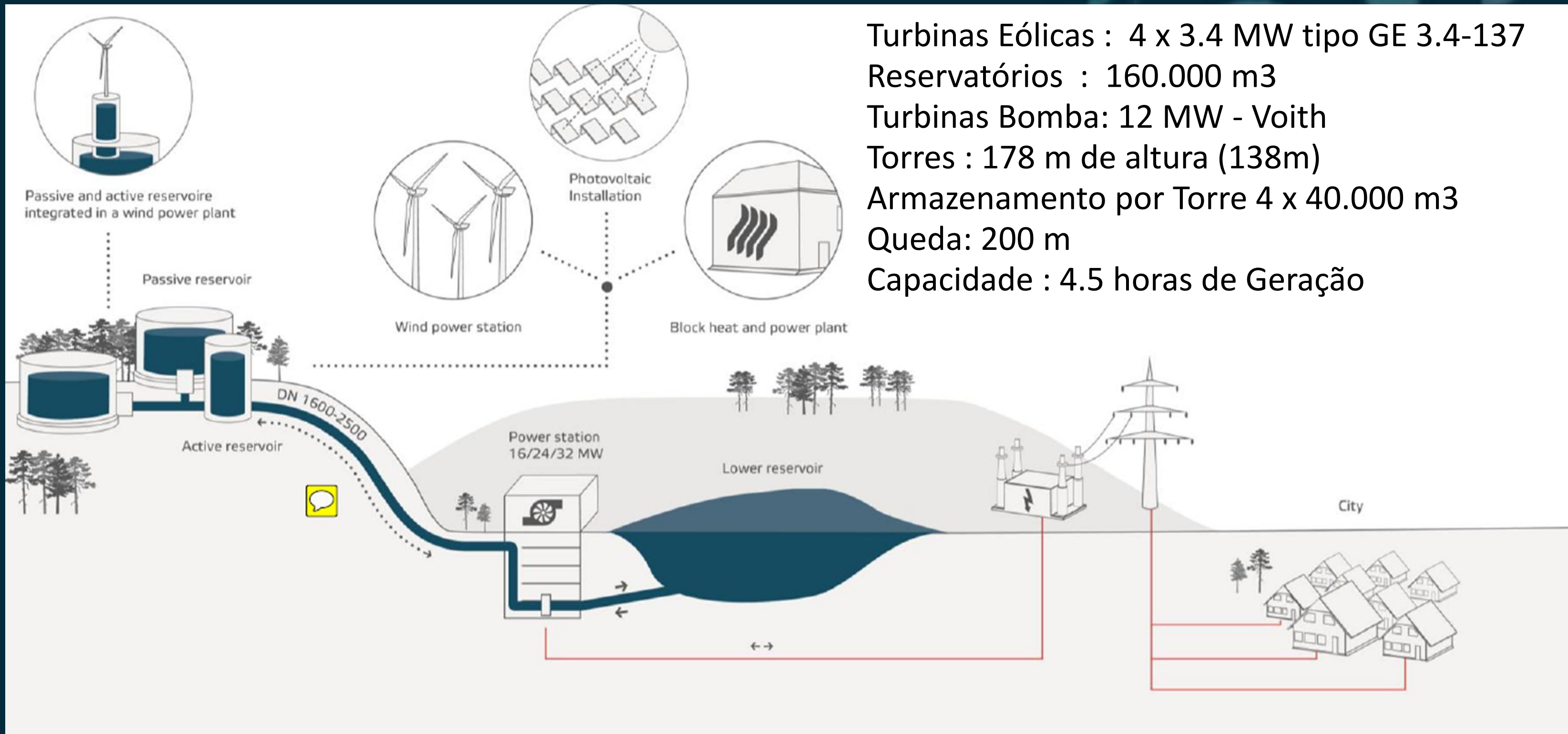
Reversíveis em PCHs – Projetos Inovadores

Unidade Híbrida de Gaidorf

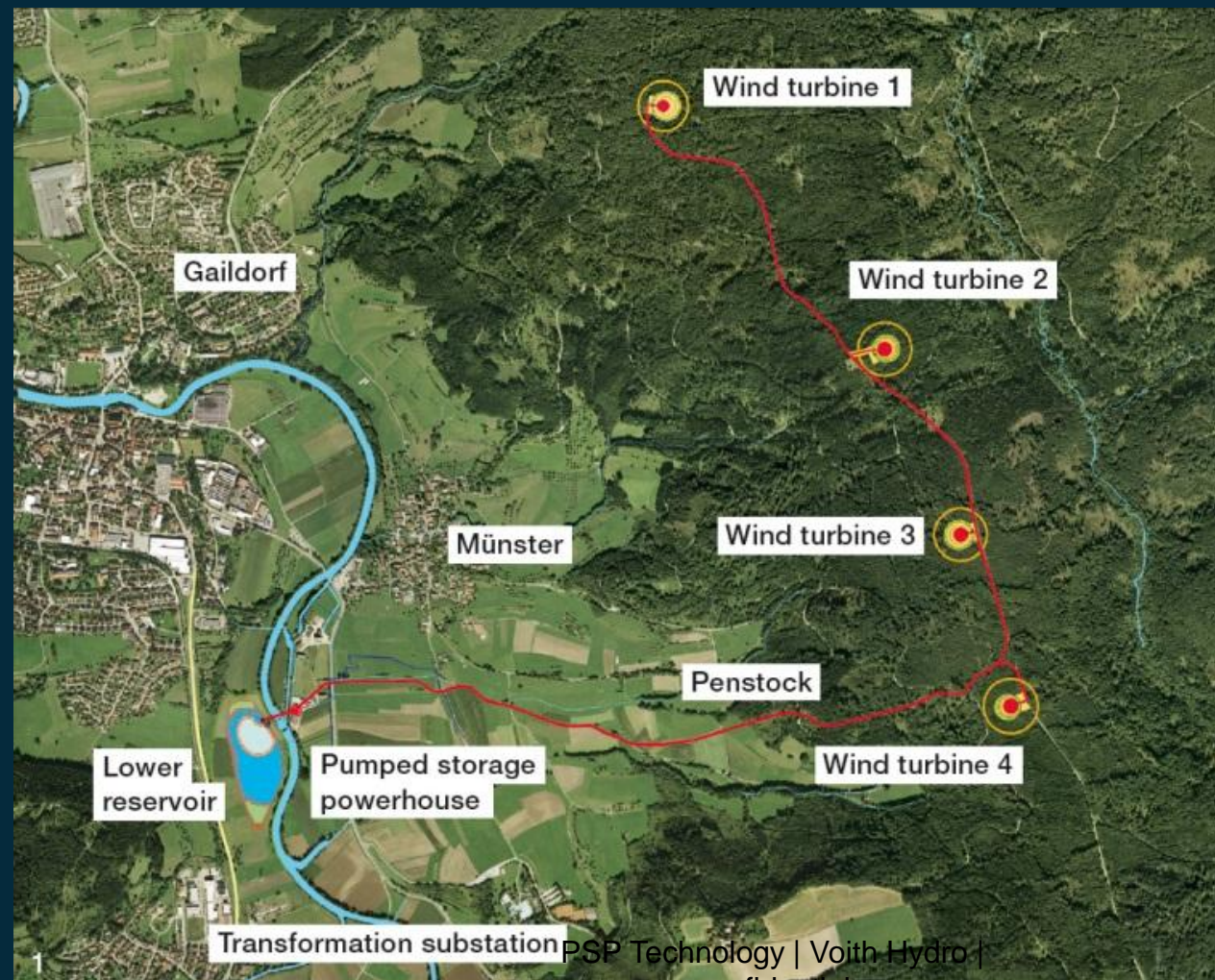


Reversíveis em PCHs – Projetos Inovadores

Unidade Híbrida de Gaildorf



Projeto híbrido Gaidorf



Turbinas Eólicas	4 x 3.4 MW		Turbine Bomba *rotação variável, operação de circuito hidráulico.	3 x 5.3 MW
Diâmetro do Rotor	137m		Diâmetro do Rotor	1.150m
Potenciar (~ 6.2 m/s)	42 GWh		Capacidade de geração	70 MWh (4.5 h)
Altura	178m		Queda	200m

Projeto híbrido Gaidorf Reservatório de Montante



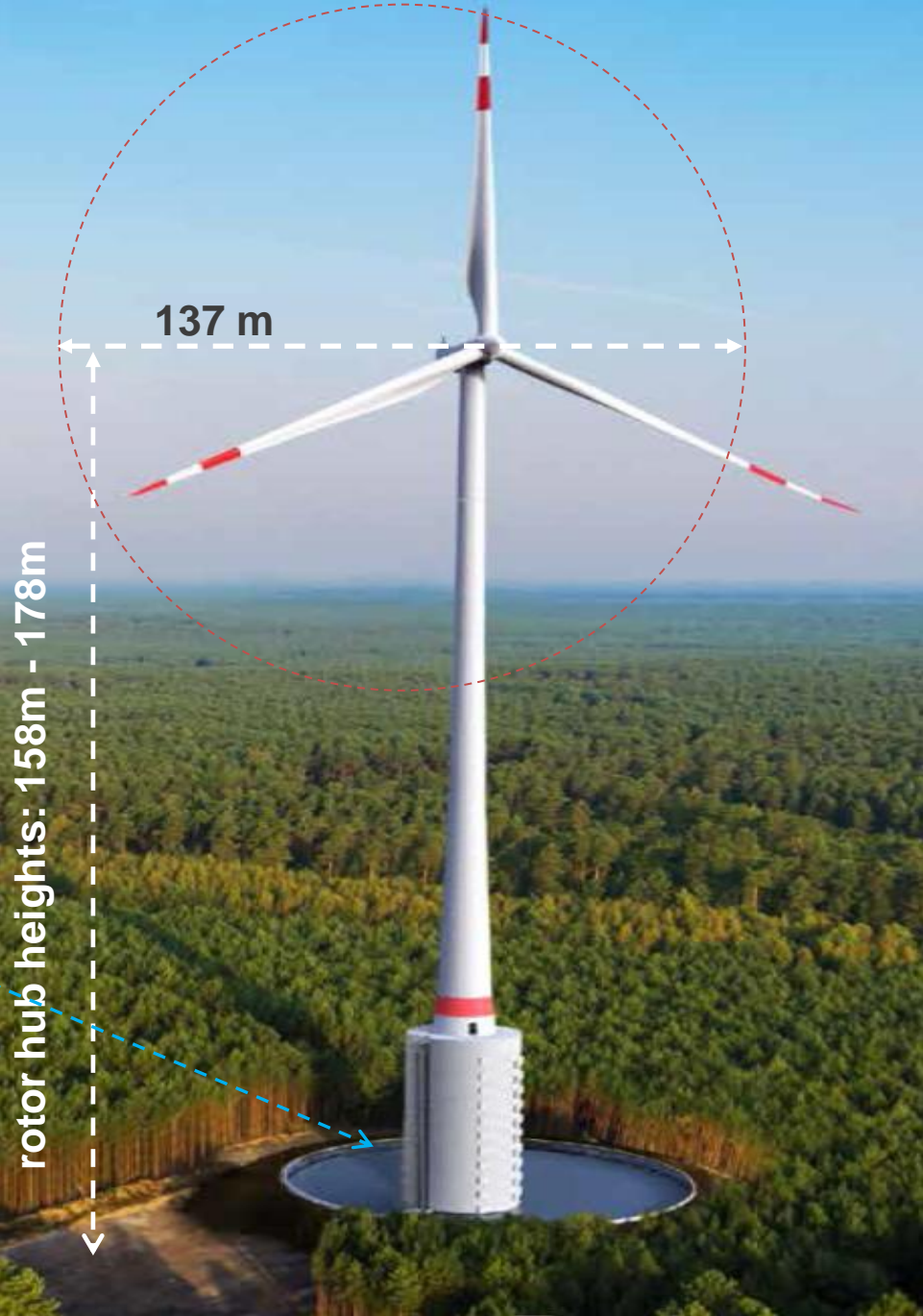
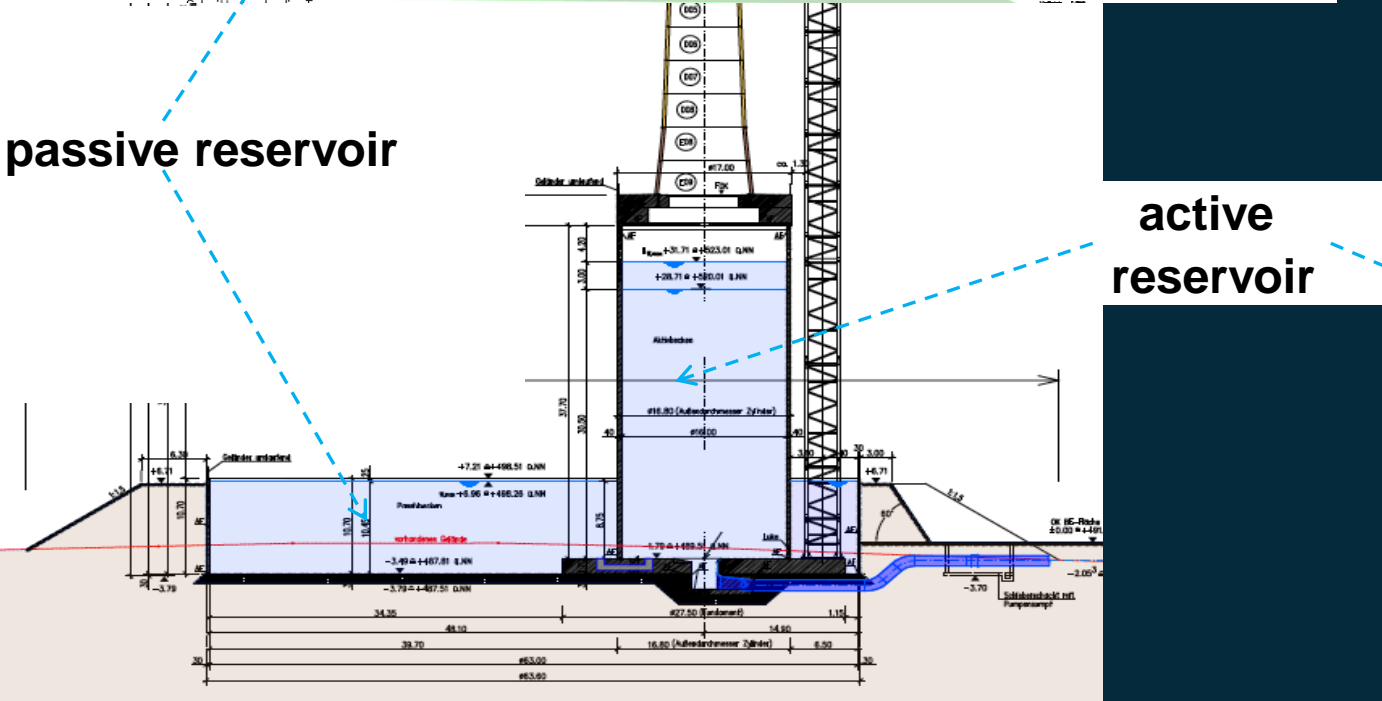
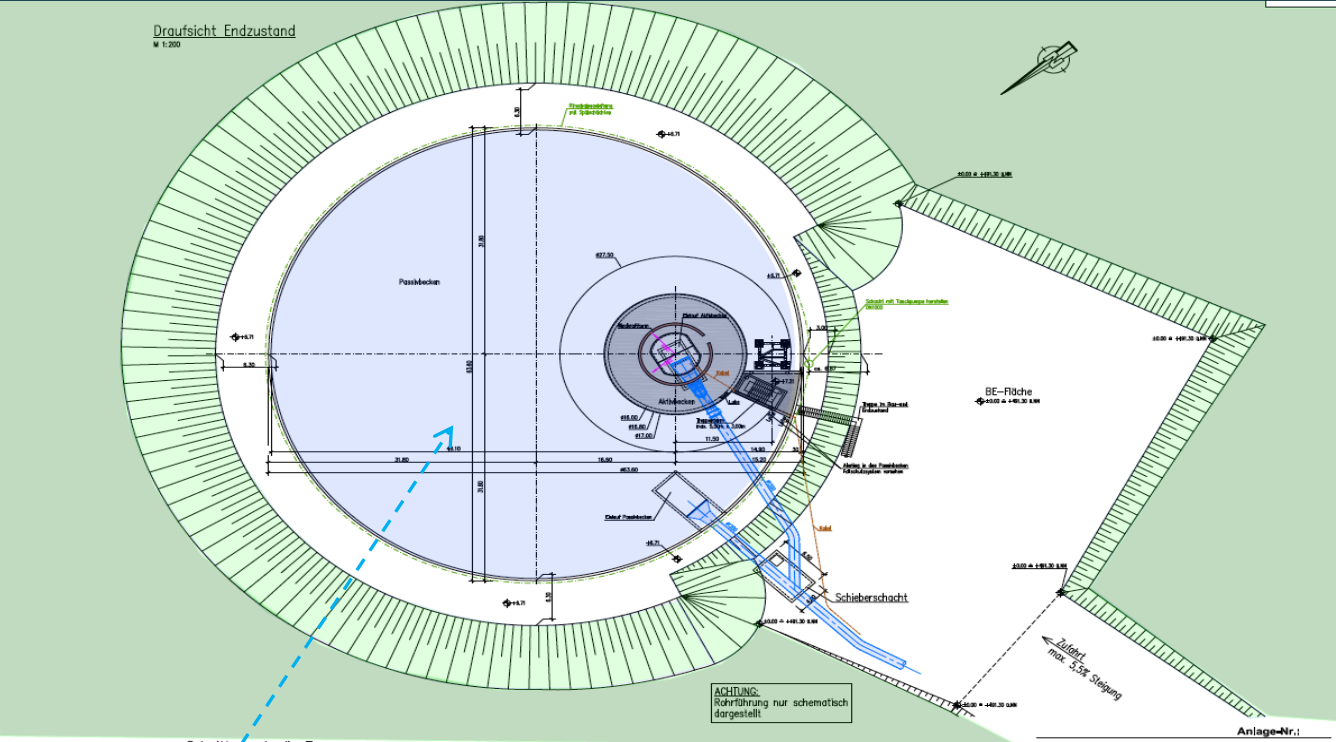
178 m



40 m



Projeto híbrido Gaidorf Reservatório de Montante



- 3.6 MW class
- 11 GWh of electricity generation per year
- full active & passive reservoir ensures 1h full load in turbine mode.

Reversíveis em PCHs – Projetos Inovadores

Unidade Híbrida de Gaidorf



Situação em dezembro de 2024 :

A construtora parou o projeto devido a:

- Custos excessivos com a tubulação de entrada (situação bem particular)
- Possível mudança para instalação de Baterias em consequência .

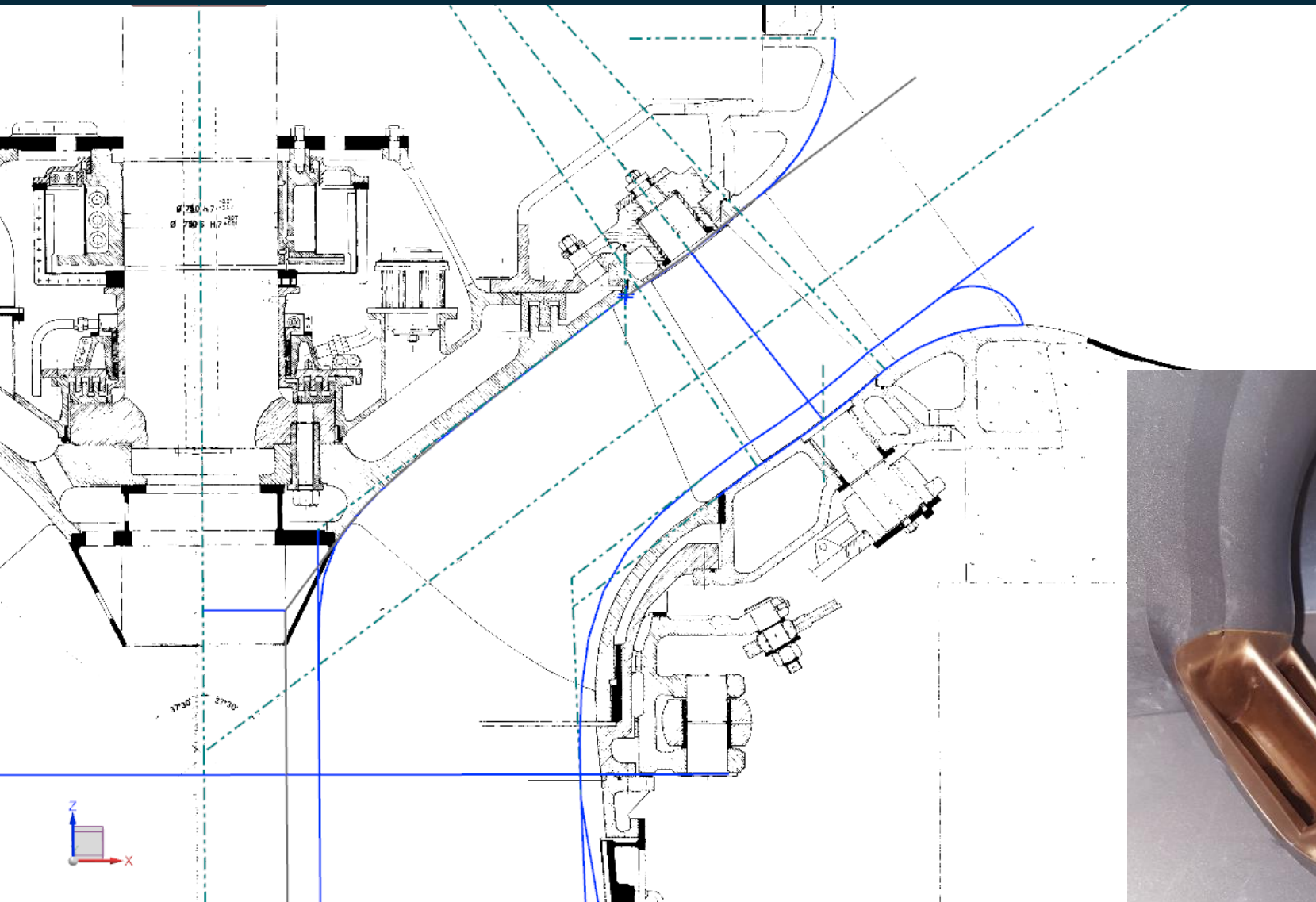
Conversão de Unidade Geradora em Turbina Bomba Torrejon – Em Execução



Torrejon é uma máquina Francis diagonal
2 unidades verticais – 2 x 22.2 (MW)

Novo perfil para bombeamento:

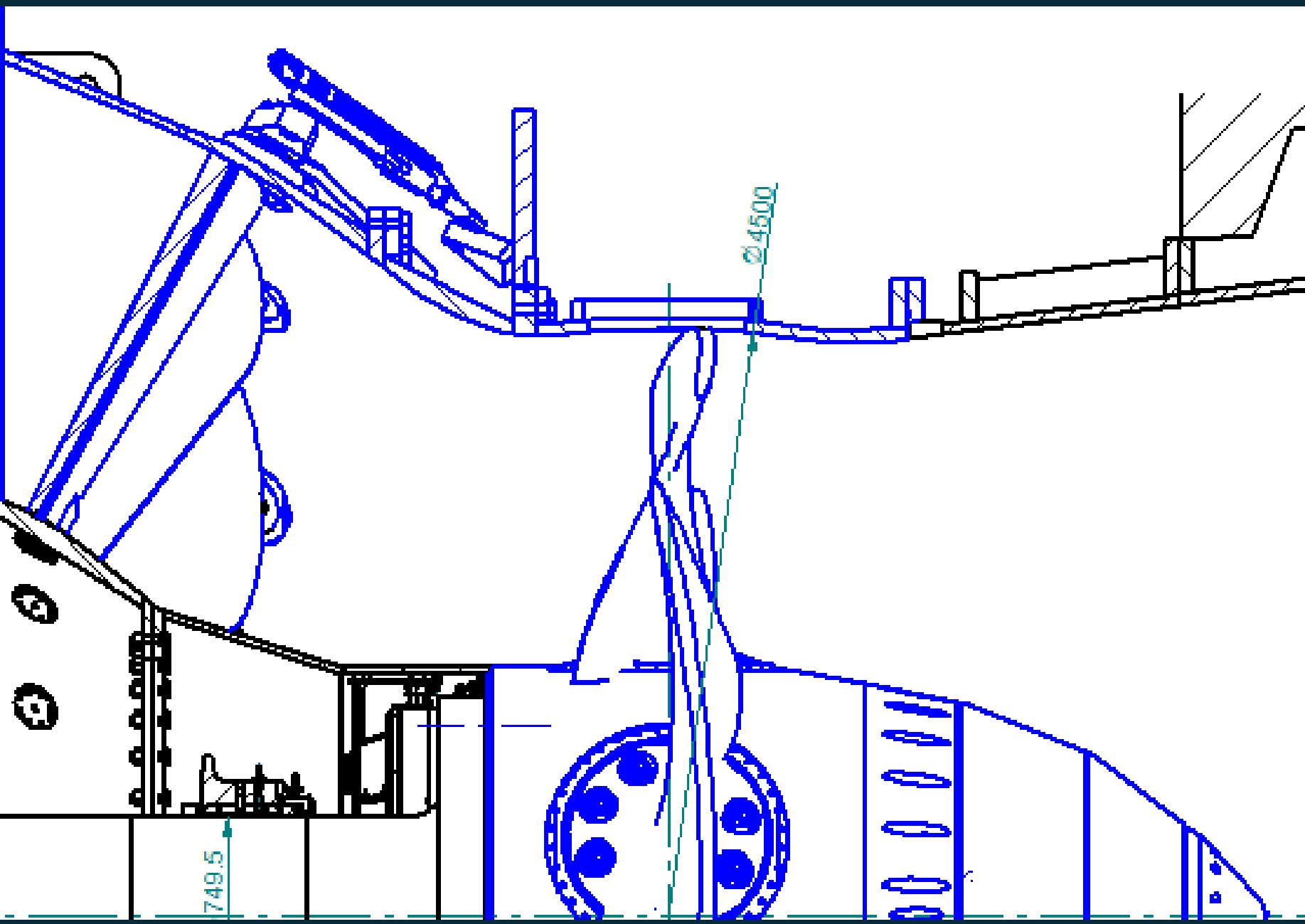
- Novo Rotor
- Canal do pré-distribuidor modificado
- Novas palhetas



Conversão de Unidade Geradora em Turbina Bomba Lower Olt



- Exemplo: Lower Olt, máquina Bulbo na Romênia, executada
- 4 máquinas horizontais – 4 x 13.9 MW



Nova máquina, com novo projeto hidráulico, operando como turbina bomba:

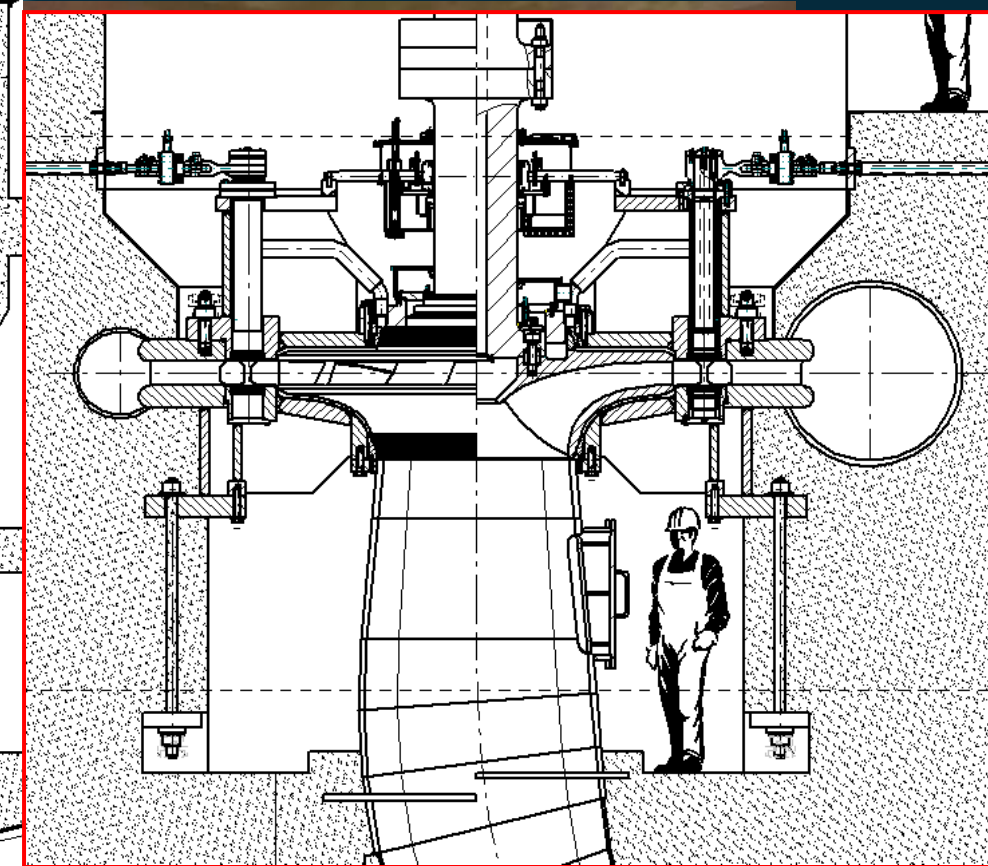
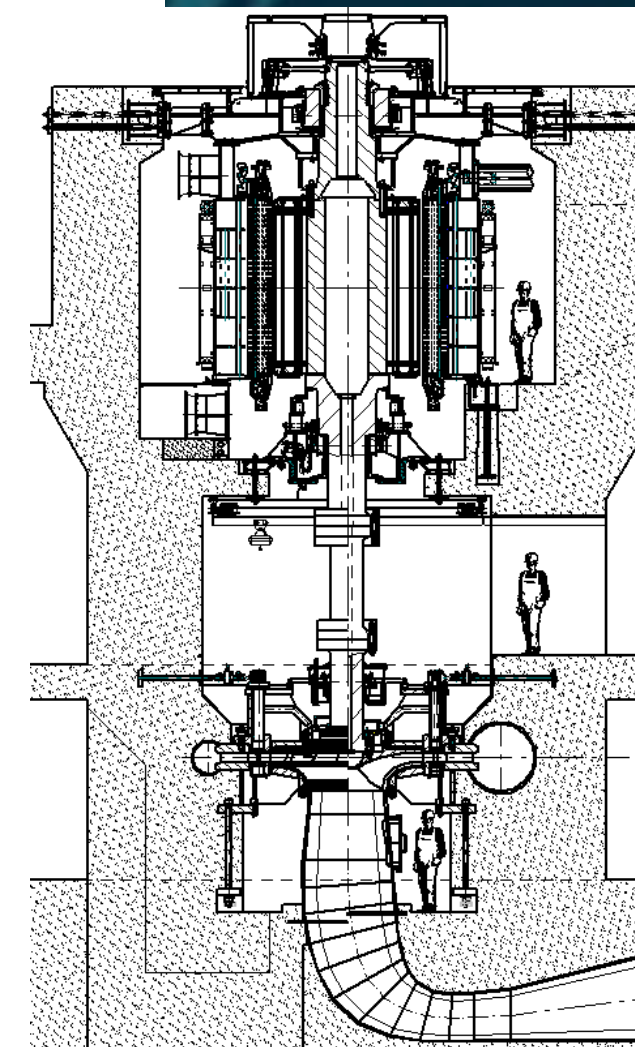
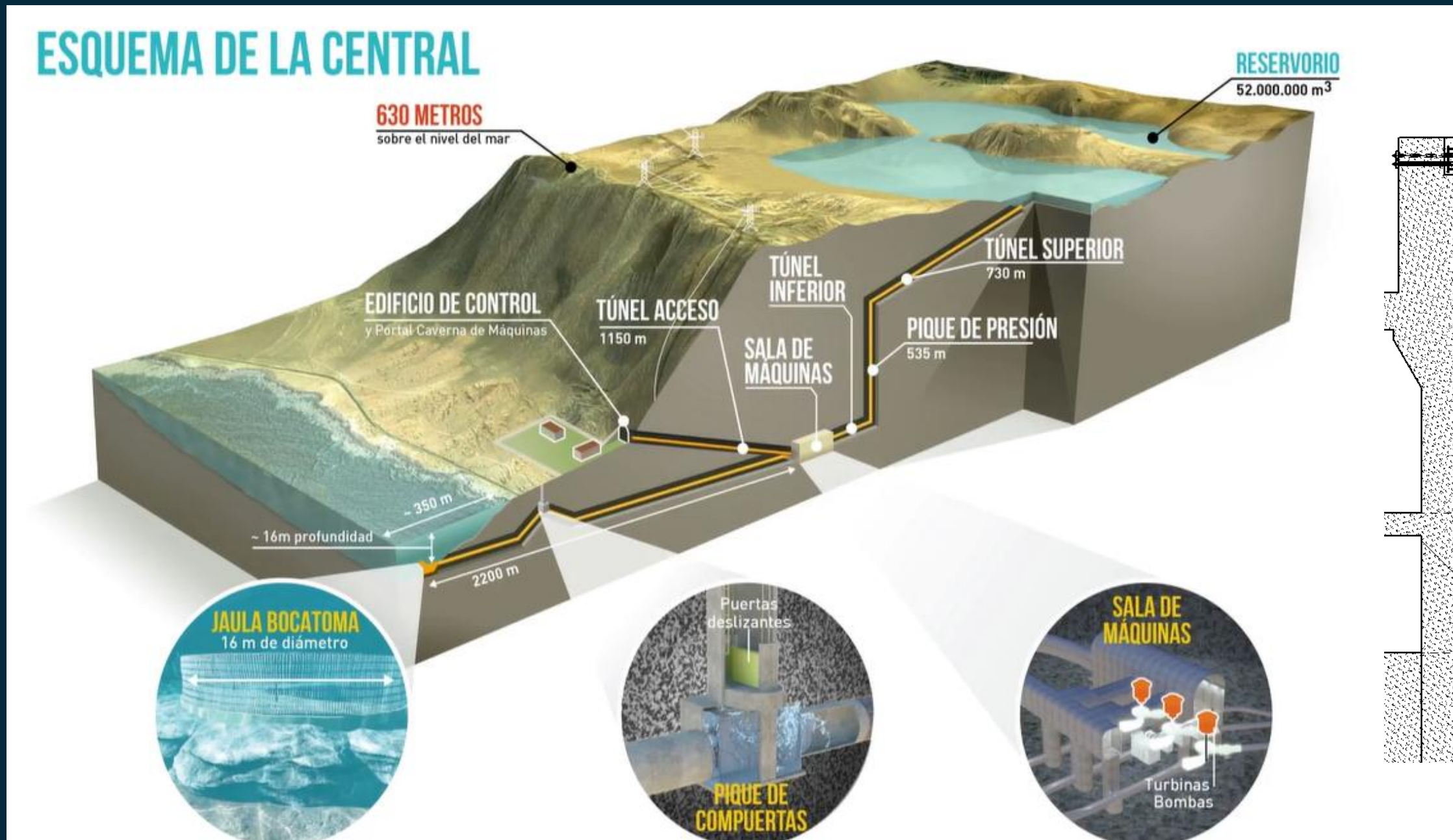
- Novo rotor Bulbo;
- Novo aro câmara do rotor;
- Instalação de um cone de transição para ajustar o novo rotor ao distribuidor existente

Espejo de Tarapaca

3 Turbinas Bomba

Reservatório superior: Artificial / Reservatório Inferior: Oceano

Potência unitária = 100 MW / Queda líquida = 580 m / Rotação = 750 rpm



Usinas Reversíveis no Brasil

Conclusões



As usinas reversíveis são uma alternativa viável e amplamente utilizada em várias partes do mundo, com finalidades diversas, tanto para geração de energia e utilização como baterias de “água” como para a regulação de bacias hidrográficas.



O excedente de energia gerado pelas fontes solar ou eólica poderá ser usado para acionar a turbina bomba no modo de bombeamento e **armazenar água** no reservatório de montante, corroborando para **um gerenciamento inteligente da água**



As turbinas bomba geram energia com **estabilidade e confiabilidade**, especialmente durante os horários de pico ou quando ocorre falta de energia súbita, providenciando **reserva de inércia** e também **reserva girante**, se requisitado

AGRADECIMIENTO

Dr. Eng. HANS POLL

HANS.POLL@VOITH.COM



PCH
....