

Rev-B

The logo for SCOTTA features the word "SCOTTA" in a bold, dark blue, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a circular icon with a blue-to-green gradient and a white curved shape inside, resembling a stylized globe or a drop.

HPP CUMBRES

Determinación de Mínimo Técnico - Reporte Final

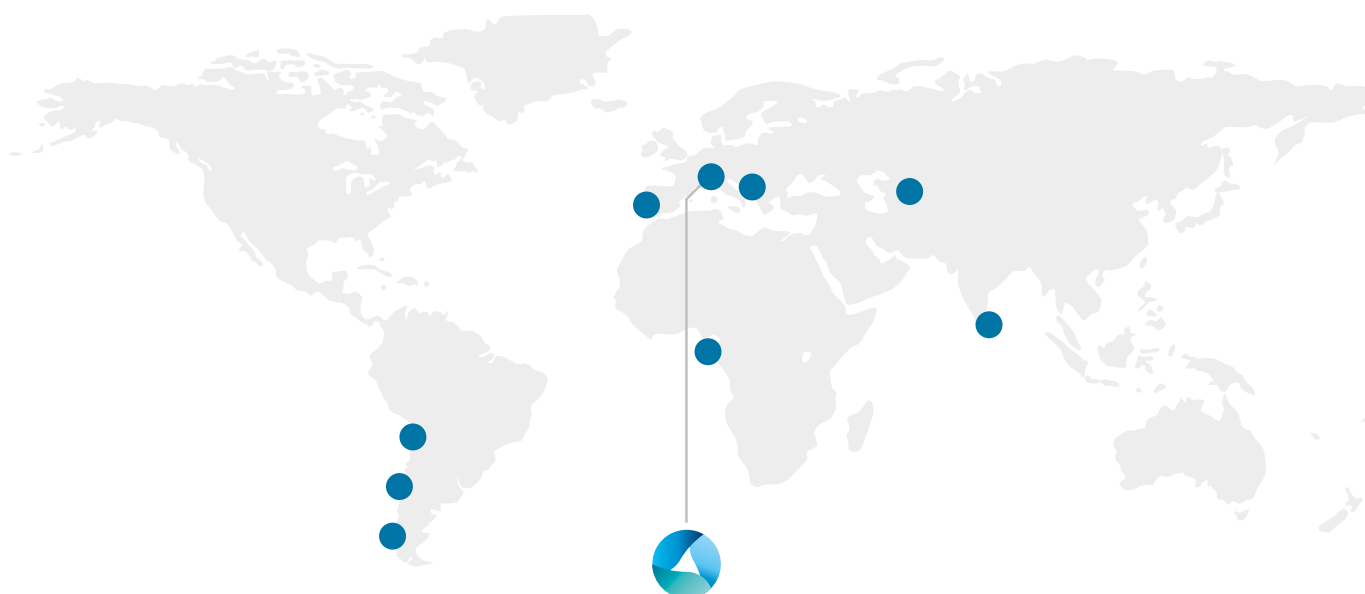
Items

1.	Resumen ejecutivo	4
2.	Determinación de mínimo técnico	6
3.	Placa de identificación	9
4.	Anexo	10

B	Revisión	Quaranta S.	Baralis G.	17/01/2020
A	Primera emisión	Quaranta S.	Baralis G.	18/07/2019
Rev.	Descripción	Dibujó	Revisó	Fecha

SCOTTA

Shape the innovation



Villafalletto (CN) - Italy
Via Monviso 41 - 12020
Tel. 0171.935111
Fax 0171.935150

tecnico@scotta.it
www.scotta.it



CQOP SOA
CONSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE

Scotta S.p.A
Capitale sociale
Euro 16.000.000,00 i.v.
Codice Fiscale - Partita IVA -
Registro Imprese di Cuneo:
03429380045
R.E.A. 290102
C.C.I.A.A. Cuneo

1. Resumen ejecutivo

El propósito de este documento es reportar el mínimo técnico de las unidades de la planta de CUMBRES, Chile.

CUMBRES es una planta hidráulica compuesta por 2 turbinas de agua de marca SCOTTA de potencia nominal de 9.700 kW a 750 rpm cada una. Los generadores son de marca INDAR de potencia nom 12.000 kVA, 13.200 Volts y factor de potencia de 0.85.

Se analiza y concluye acerca de los siguiente valores de interés:

1. **Mínimo Técnico**, correspondiente a la mínima potencia de salida para la cual la turbina exhibe una operación continua y estable.

El parámetro de mínimo técnico se determina en base a antecedentes técnicos y de operación de la central.

El informe recoge información técnica relevante, principalmente proporcionada por el fabricante de la turbina a efectos de verificar los valores de interés.

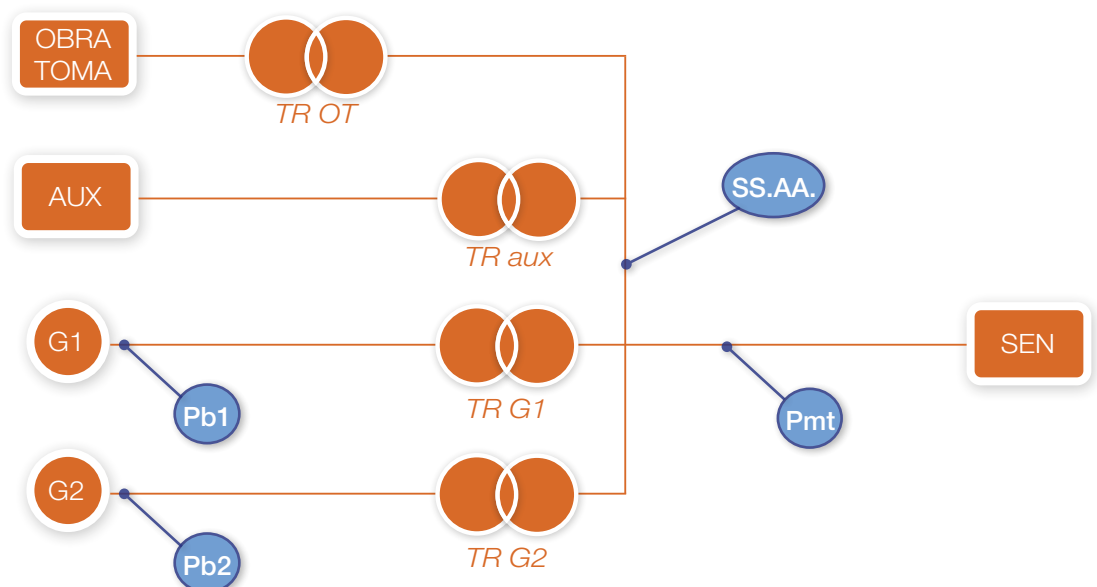
La tabla 1, abajo ilustra los resultados del análisis:

Parámetros	Configuración del sistema	Información Técnica (KW brutos)
Mínimo Técnico	Turbina Hidráulica G1	mínimo técnico 476 kW
Mínimo Técnico	Turbina Hidráulica G2	mínimo técnico 553 kW

LUGAR DE MEDIDAS

Un esquema simplificado de la central muestra los siguientes componentes:

1. G1 generador grupo 1;
2. G2 generador grupo 2;
3. TR G1 transformador de poder grupo 1;
4. TR G1 transformador de poder grupo 2;
5. TR AUX transformador servicios auxiliares Casa de máquina;
6. TR OT transformador servicios auxiliares Obra de Toma;
7. SE Subestación Eléctrica;
8. AUX servicios auxiliares;
9. OBRA TOMA servicios auxiliares Obra de Toma.



Considerado la descripción anterior, se identifican:

- **Pb1** potencia activa bruta Grupo 1, medida en los bornes del generador 1;
- **Pb2** potencia activa bruta Grupo 2, medida en los bornes del generador 2;
- **Pmt** potencia en la barra de media tensión, leída en el medidor de facturación;
- **Pt** pérdida de potencia en los transformadores, estimada de acuerdo a la eficiencia declarada de los transformadores;
- **SS.AA.** servicios auxiliares de la central, calculados con la siguiente formula:

$$SS.AA. = Pb1 + Pb2 - Pt - Pmt$$

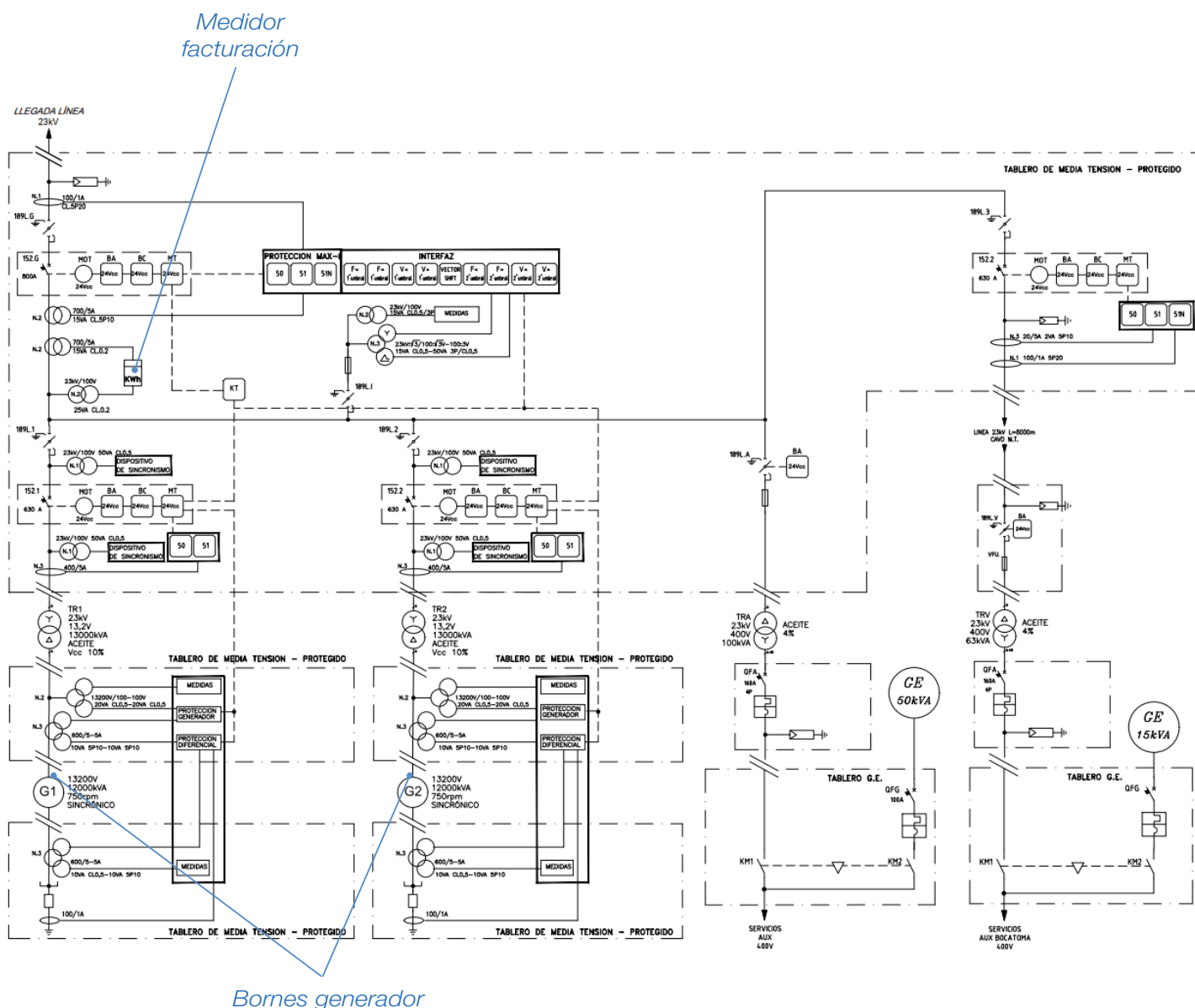


Diagrama unifilar de la central

2. Determinación de mínimo técnico

OBJETO El objeto de este informe técnico es informar el valor de los parámetros de mínimo técnico de las turbinas hidráulicas de la central CUMBRES.
El material incluido en este informe considera la información técnica y los documentos indicados en el Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, incorporado en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS).
Como se indica en el Anexo Técnico previamente mencionado, el valor de Mínimo Técnico *corresponde a la mínima potencia activa bruta que la unidad generadora puede suministrar continuamente de manera continua, segura y estable.*

DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO El Anexo Técnico de Mínimos Técnicos, establece en su Artículo 9 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan el valor de Mínimo Técnico informado, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

En este informe, para la determinación del MT, se consideró la siguiente información:
- Antecedentes técnicos de diseño.

ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO GENERADOR Las Unidades de la Central CUMBRES poseen 2 generadores de potencia nominal de 12.000 [kVA] y una tensión nominal de 13,2 [kV].

TURBINA

Las turbinas de las unidades son de tipo Pelton, marca SCOTTA, de eje horizontal, y la potencia nominal es de 9.700 kW cada una, velocidad de rotación nominal 750 rpm.

SISTEMA DE CONTROL VELOCIDAD-POTENCIA

La turbina de CUMBRES, por su diseño, tiene un límite mínimo de operación (6,9% de apertura de 1 inyector). Las Turbinas de tipo Pelton no sufren cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión. La siguiente expresión muestra la relación entre potencia de bruta de salida de la unidad y flujo volumétrico (m³/s) de la turbina:

$$P_B = Q_v \times \rho \times g \times H_B$$

donde:

P_B	=	Energía eléctrica bruta, kW
Q_v	=	Caudal volumétrico turbinado, m ³ /s
ρ	=	Densidad del fluido turbinado, kg/m ³
g	=	Aceleración de la gravedad, m/s ²
H_B	=	Salto bruto, m

Con una apertura del 6,9% de 1 inyector, en la turbina la potencia de salida son **476 kW** o **553 kW**; en estas condiciones las turbinas Pelton se mantienen sincronizadas a la red. Este estado es posible debido a que el sistema eléctrico del generador no presenta ninguna restricción que impida mantener la turbina sincronizada aun cuando la potencia de salida sea de 476 kW o 553 kW.

Cuando alcanza su velocidad de sincronización de 750 rpm, la turbina puede ser acoplada a la red y mantenerse sincronizada hasta que se recibe una orden de subir carga.

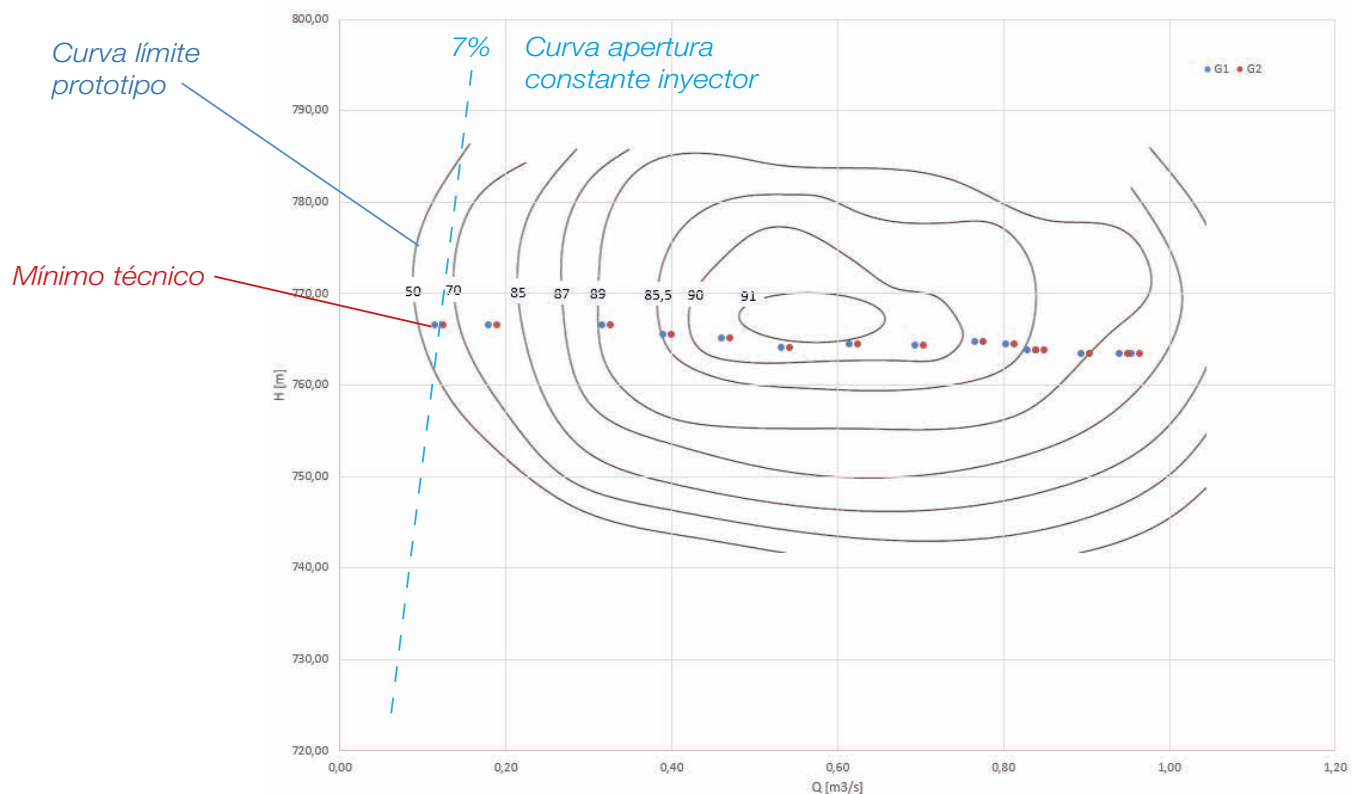
FUENTE DE INSTABILIDAD Las Turbinas de tipo Pelton no sufren cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión.

ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

PLANTA	TURBINAS	FECHA	POTENCIA TOT [MW]	MIN. TÉCNICO [MW]
Picoiquen (CH)	n.2 Pelton verticales	2015	20,0	0,380
Cumbres (CH)	n.2 Pelton horizontales	2019	19,3	0,476
Palmar (CH)	n.2 Pelton verticales	2019	8,5	0,063
Picoiquen (CH)	n.1 Pelton vertical	2016	2,66	0,380
Tre Ponti (IT)	n.1 Pelton vertical	2012	1,28	0,030
Angrogna 2 (IT)	n.1 Pelton vertical	2012	2,85	0,072
Prell (AL)	n.3 Pelton verticales	2016	15,0	0,083
Seka (AL)	n.3 Pelton verticales	2019	12,45	0,105

PRUEBA EFECTUADA En fase de puesta en marcha del grupo de producción, se llevó a cabo el test de eficiencia, en acuerdo con la especificación técnica adjunta.

En el siguiente gráfico se encuentran los resultados del test de eficiencia, comparados con la curva de colina de la turbina (1 inyector) y la curva ad apertura constante del inyector, donde se aprecia lo que es el limite de operación de la turbina.



Como se desprende del gráfico, el punto de mínimo técnico detectado en el test de eficiencia ($Q = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 766 \text{ m}$, $P = 476 \text{ kW}$ y $P = 553 \text{ kW}$) se sitúa próximo a la curva límite del prototipo.

Observando el gráfico, se deduce también que, considerando el salto H y la curva límite del prototipo, el límite mínimo de operación de la turbina corresponde a una apertura del 7% del inyector.

CONCLUSIÓN Se concluye que la potencia de mínimo técnico de las turbinas de la Central CUMBRES son 476 kW y 553 kW, determinadas en base a la capacidad de los sistemas de tipo Pelton a operar sin restricción en todo el rango para el grupo turbina – generador.

Una vez que el sistema de regulación de velocidad alcanza sincronización, la turbina no tiene limitaciones físicas para mantener el 476 kW o 553 kW estando sincronizada a la red.

3. Placa de identificación

Indar
Una Marca **Ingeteam**

C.H.CUMBRES

1 DATOS ELECTRICOS

Tipo	LSA-1120-X/8		
DATOS NOMINALES			
Potencia	12000 kVA	Frecuencia	50 Hz
Tensión	13200 V	Velocidad	750 r.p.m.
Corriente	524,86 A	Embalamiento	1350 r.p.m.
cos φ	0,85	Clase de Aislamiento	F
Potencia Activa	10200 kW	Clase de calentamiento	B
Altitud	≤ 1000 msnm	Forma constructiva	IM-1001
Tª ambiente	40 °C	Grado de protección	IP44
Tª agua	≤ 25 °C	Método de refrigeración	IC81W
REACTANCIAS (%) Y CONSTANTES DE TIEMPO (s)			Tref = 95 °C

4. Anexo

Se adjunta un pasaje de la prueba de eficiencia de la turbina y la especificación técnica de la prueba.

SCOTTA



SAPIENZA TECNOLOGICA



CENTRAL HIDROELECTRICA "CUMBRES"

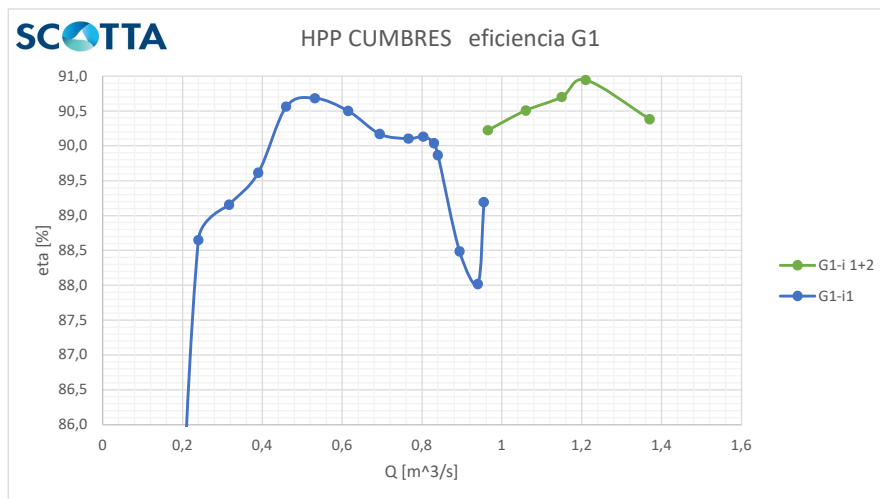
REPORT PUESTA EN MARCHA marzo 2019



Commissioning Staff	
G.M. Baralis	M. Ferrero

Villafalletto 15/05/2019

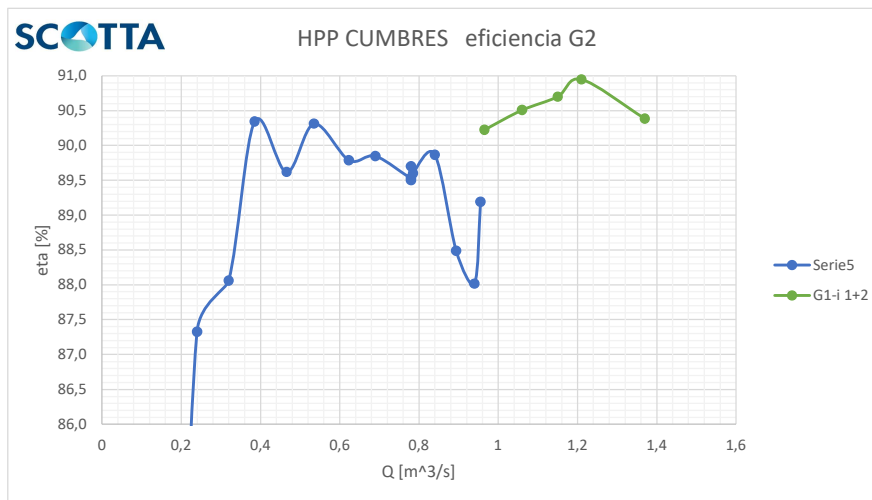
gruppo 1											
PRUEBA EFICIENCIA 1 INJECTOR											
% spina 1	% spina 2	Q misuratore	eficiencia turbina		POT. Bruta	SS. AA.	Perdidas transfo.	POT Neta	Hora medida	Fecha medida	
%	%	m ³ /s	η	$\eta * 100$	kW	kW	kW	kW	h:m	g/m/a	
6,9	0	0,115	0,589	58,9	476	6	1	469	15:15	13/03/19	MINIMO TECNICO
12,3	0	0,180	0,811	81,1	1034	6	2	1026	15:30	13/03/19	
17,4	0	0,240	0,886	88,6	1515	6	4	1505	15:45	13/03/19	
23	0	0,317	0,892	89,2	2021	6	5	2010	16:00	13/03/19	
28,5	0	0,390	0,896	89,6	2507	6	7	2494	16:15	13/03/19	
34,5	0	0,460	0,906	90,6	2993	6	9	2978	16:30	13/03/19	
41,2	0	0,532	0,907	90,7	3490	6	11	3473	16:45	13/03/19	
49,1	0	0,615	0,905	90,5	4032	6	13	4013	17:00	13/03/19	
57,6	0	0,694	0,902	90,2	4545	6	16	4523	17:15	13/03/19	
66,9	0	0,766	0,901	90,1	5025	6	18	5001	17:30	13/03/19	
72,1	0	0,803	0,901	90,1	5272	6	20	5246	17:45	13/03/19	
76,7	0	0,83	0,900	90,0	5450	6	21	5423	18:00	13/03/19	
78	0	0,840	0,899	89,9	5500	6	21	5473	18:15	13/03/19	
84,4	0	0,894	0,885	88,5	5768	6	23	5739	18:30	13/03/19	
93,1	0	0,940	0,880	88,0	6030	6	24	6000	18:45	13/03/19	
99,5	0	0,955	0,892	89,2	6207	6	25	6176	19:00	13/03/19	
PRUEBA EFICIENCIA 2 INJECTORES											
% spina 1	% spina 2	Q misuratore	eficiencia turbina		POT. Bruta	SS. AA.	Perdidas transfo.	POT Neta	Hora medida	Fecha medida	
%	%	m ³ /s	η	$\eta * 100$	kW	kW	kW	kW	h:m	g/m/a	
80,3	5,8	0,965	0,902	90,2	6353	6	26	6321	15:00	14/03/19	MAXIMO TECNICO
80,3	12,6	1,06	0,905	90,5	6986	6	30	6950	15:10	14/03/19	
80,3	21,6	1,15	0,907	90,7	7472	6	34	7432	15:15	14/03/19	
80,3	24,8	1,21	0,909	90,9	8016	6	38	7972	15:20	14/03/19	
80,3	38,7	1,37	0,904	90,4	9012	6	45	8961	15:25	14/03/19	



gruppo 2										
PRUEBA EFICIENCIA 1 INJECTOR										
% spina 1	% spina 2	Q misuratore	eficiencia turbina		POT. Bruta	SS. AA.	Perdidas transfo.	POT Neta	Hora medida	Fecha medida
%	%	m ³ /s	η	$\eta * 100$	kW	kW	kW	kW	h:m	g/m/a
8,7	0	0,109	0,719	71,9	553	6	1	546	15:50	14/03/19
12,2	0	0,175	0,788	78,8	977	6	2	969	16:00	14/03/19
18,4	0	0,24	0,873	87,3	1491	6	4	1481	16:15	14/03/19
23	0	0,32	0,881	88,1	2014	6	5	2003	16:30	14/03/19
28,8	0	0,385	0,903	90,3	2493	6	7	2480	16:45	14/03/19
35,6	0	0,466	0,896	89,6	2998	6	9	2983	17:00	14/03/19
43,1	0	0,535	0,903	90,3	3492	6	11	3475	17:15	14/03/19
52,2	0	0,623	0,898	89,8	3978	6	13	3959	17:25	14/03/19
61	0	0,69	0,898	89,8	4464	6	15	4443	17:30	14/03/19
70,6	0	0,78	0,895	89,5	5000	6	18	4976	17:45	14/03/19
75,5	0	0,78	0,897	89,7	5135	6	19	5110	18:00	14/03/19
77,5	0	0,78	0,899	89,5	5267	6	20	5241	18:15	14/03/19
77,4	0	0,785	0,890	89,6	5174	6	19	5149	18:30	14/03/19
79,8	0	0,840	0,899	89,9	5500	6	21	5473	8:00	15/03/19
84,2	0	0,894	0,885	88,5	5768	6	23	5739	8:15	15/03/19
92,9	0	0,940	0,880	88,0	6030	6	24	6000	8:30	15/03/19
99,3	0	0,955	0,892	89,2	6207	7	25	6175	8:45	15/03/19
PRUEBA EFICIENCIA 2 INJECTORES										
% spina 1	% spina 2	Q misuratore	eficiencia turbina		POT.	SS. AA.	Perdidas transfo.	POT Neta	Hora medida	Fecha medida
%	%	m ³ /s	η	$\eta * 100$	kW	kW	kW	kW	h:m	g/m/a
79,8	6,0	0,965	0,902	90,2	6293	6	26	6261	9:30	15/03/19
79,8	12,8	1,06	0,905	90,5	6926	6	30	6890	9:45	16/03/19
79,8	21,8	1,15	0,907	90,7	7412	6	33	7373	10:00	17/03/19
79,8	25,0	1,21	0,909	90,9	7956	6	37	7913	10:15	18/03/19
79,8	38,9	1,37	0,904	90,4	8952	6	45	8901	10:30	19/03/19

MINIMO TECNICO

MAXIMO TECNICO



SCOTTA S.p.A.

Capitale sociale Euro 16.000.000,00 i.v.

Codice Fiscale - Partita IVA - Registro Imprese di Cuneo:
03429380045

R.E.A. 290102 C.C.I.A.A. Cuneo

Sede legale e amministrativa:

Via Monviso, 41 - 12020 VILAFALLETTO (CN)

Tel.: 0171/935111 - Fax: 0171/935150

SCOTTA



SAPIENZA TECNOLOGICA

EXECUTION OF TEST FOR THE DETERMINATION OF

THE STEADY STATE PERFORMANCE OF THE MACHINE



Turbine group efficiency measures are performed with reference to the IEC standard 41 (equivalent to the Italian standard CEI EN 60041):

"Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines".

In particular, the following procedure must be followed:

1. Instantaneous power measurement produced (chapter 9 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11);
2. The Net Hydraulic Head measurement of the turbine (chapter 2 of the Italian CEI EN 60041: 1997-11);
3. Turbine discharge measurement (chapter 10 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11);
4. Calculation and analysis of the results (chapter 8 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11).

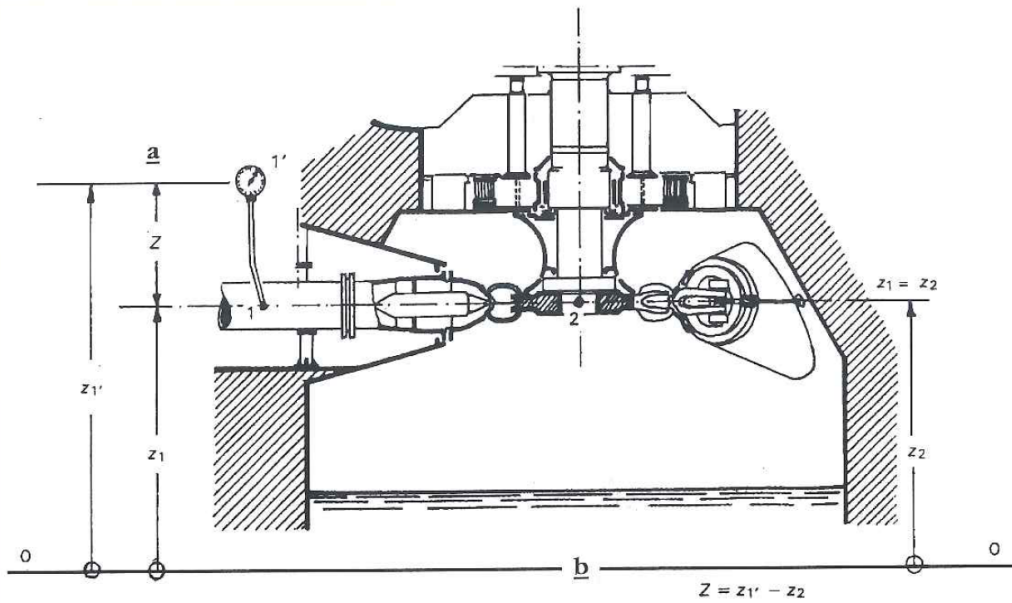
1 - MEASUREMENT OF THE INSTANT PRODUCT POWER

Measurement of instantaneous power produced is detected in stable working conditions (for example: parameters 2-Net head and 3-Discharge variables in the instrument precision field) in two ways:

- a. By reading the production counter at 15min intervals;
- b. By reading the power value on the multifunction instrument (Network Analyzer), net of the self-consumption of the system. It's necessary to compare the reading with the production counter value at least twice to check the correspondence.

2 - MEASUREMENT OF THE NET HYDRAULIC JUMP OF THE TURBINE

Net Head turbine measurement is got by reading the precision pressure gauge installed on the penstock immediately downstream of the machine valve, immediately upstream of the turbine spiral case. Through a geometric measurement of the position of the runner quote compared to the center of the manometer and considering the kinetic energy possessed by the incoming fluid, the net Head is got.



$$Hn = p_1 + \frac{U_1^2}{2g} + z$$

Whit:

H_n = net Head [m];

p_1 = pressure gauge [m];

U_1 = kinetic energy calculated in manometre section [m/s];

g = gravity acceleration [m/s²];

z = geometric measurement of the position of the runner quote compared to the center of the manometer [m].

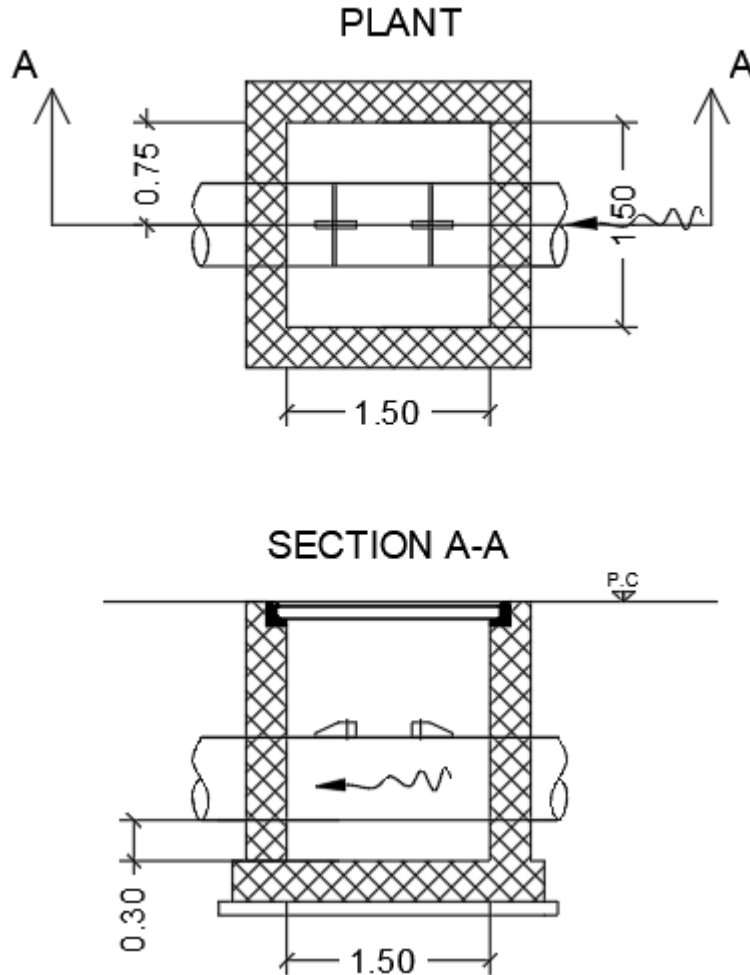
3 - MEASURED TURBINED DISCHARGE

Turbinated discharge is measured using a CLAMP-ON ultrasonic meter installed on the penstock in a position that the measuring section has 10 straight diameters upstream and 5 straight diameters downstream of the pipeline.

Pipe diameter will define the number of acoustic path and the measuring well size where the acoustic meter must be installed.

For this hydroelectric power plant, penstock has a nominal diameter of DN600. Therefore, it is proposed to install a CLAMP-ON ultrasonic meter with 2 acoustic paths installed near the central building at a distance of at least 3m upstream from the machine valve if the incoming supply line is straight for at least 10m.

Otherwise it will be necessary to find a position of the measuring well that respects the stated straight diameters. The well must have the following dimensions:



4 - ANALYSIS OF RESULTS

In cases where it's not possible to carry out tests under contract conditions, the measured values can be transposed to the guarantee values only if the physical quantities variations involved (head H, speed U and power P) deviate from the contractual values inside the range $\pm 10\%$ of the physical quantity itself.