

Rev-B

The logo for SCOTTA, featuring 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 PALMAR

Determinación de Mínimo Técnico - Reporte Final

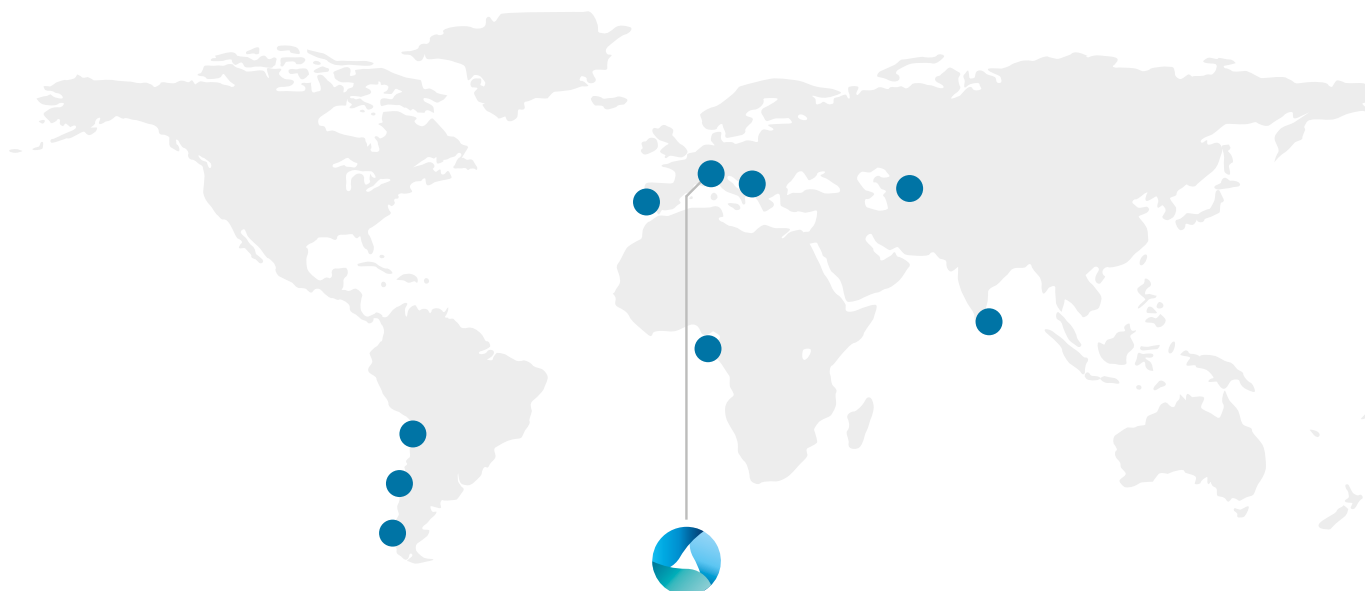
# Items

|    |                                 |    |
|----|---------------------------------|----|
| 1. | Resumen ejecutivo               | 4  |
| 2. | Determinación de mínimo técnico | 7  |
| 3. | Placa de identificación         | 10 |
| 4. | Anexo                           | 11 |

|             |                    |               |               |              |
|-------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|
|             |                    |               |               |              |
|             |                    |               |               |              |
|             |                    |               |               |              |
| B           | Revisión           | Quaranta S.   | Baralis G.    | 04/05/2020   |
| A           | Primera emisión    | Quaranta S.   | Baralis G.    | 24/10/2019   |
| <b>Rev.</b> | <b>Descripción</b> | <b>Dibujó</b> | <b>Revisó</b> | <b>Fecha</b> |

# SCOTTA

Shape the innovation



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

[tecnico@scotta.it](mailto:tecnico@scotta.it)  
[www.scotta.it](http://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 la unidad de la planta de PALMAR, Chile.

PALMAR es una planta hidráulica compuesto por 2 turbinas de agua de marca SCOTTA de potencia nominal de 4.334 kW cadauna a 600 rpm. Los generadores son de marca GAMESA de potencia nom. 5.200 kVA cadauno, 13.200 Volts y factor de potencia de 0.8.

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, en particular de acuerdo a la prueba de eficiencia (ver Anexos).

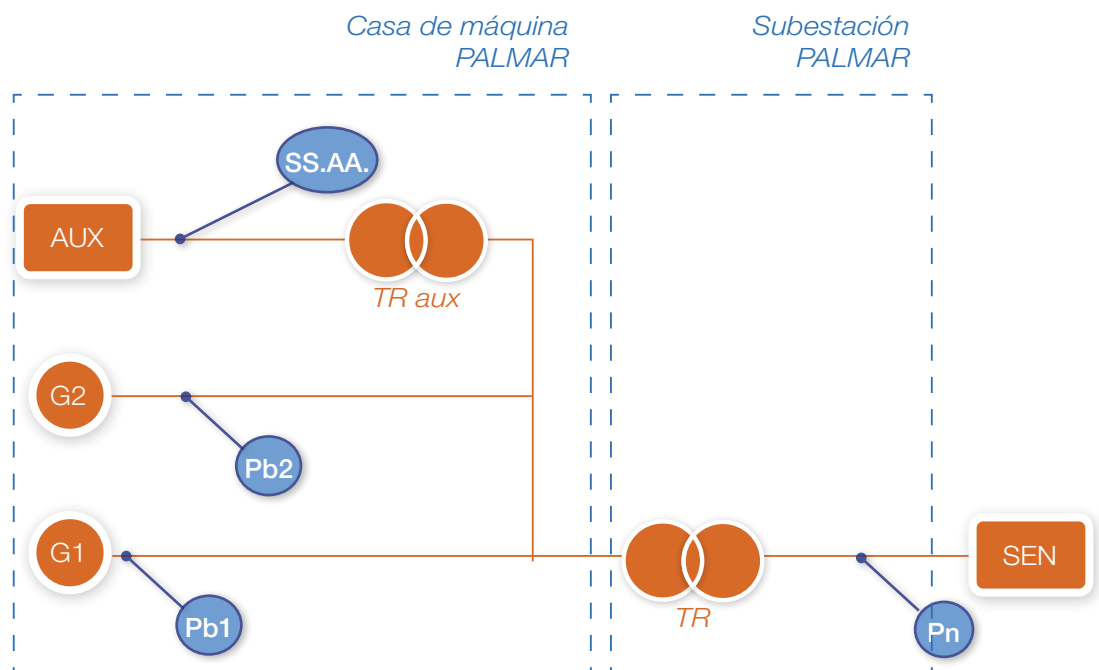
El informe recoge información técnica relevante, principalmente proporcionada por el fabricante de la turbina a efectos de verificar los valores de interés.

La tabla 1, abajo ilustra los resultados del análisis:

| Parámetros     | Configuración del sistema | Información Técnica (kW brutos) |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Mínimo Técnico | Turbina Hidráulica G1     | <b>mínimo técnico 63 kW</b>     |
| Mínimo Técnico | Turbina Hidráulica G2     | <b>mínimo técnico 69 kW</b>     |

**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 AUX transformador servicios auxiliares Casa de máquina;
4. TR transformador elevador subestación
5. SEN Sistema eléctrico nacional;
6. AUX servicios auxiliares.



Considerado la descripción anterior, se identifican:

- **Pb1** potencia activa bruta Grupo 1, leída en el instrumento multifuncional;
- **Pb2** potencia activa bruta Grupo 2, leída en el instrumento multifuncional;
- **SS.AA.** servicios auxiliares de la central, leídos en el analizador de red del tablero baja tensión de distribución;
- **Pn** potencia inyectada en la barra de alta tensión, leída en el medidor de facturación.
- **Pt** potencia perdida en el transformador elevador, calculadas con la siguiente fórmula:

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

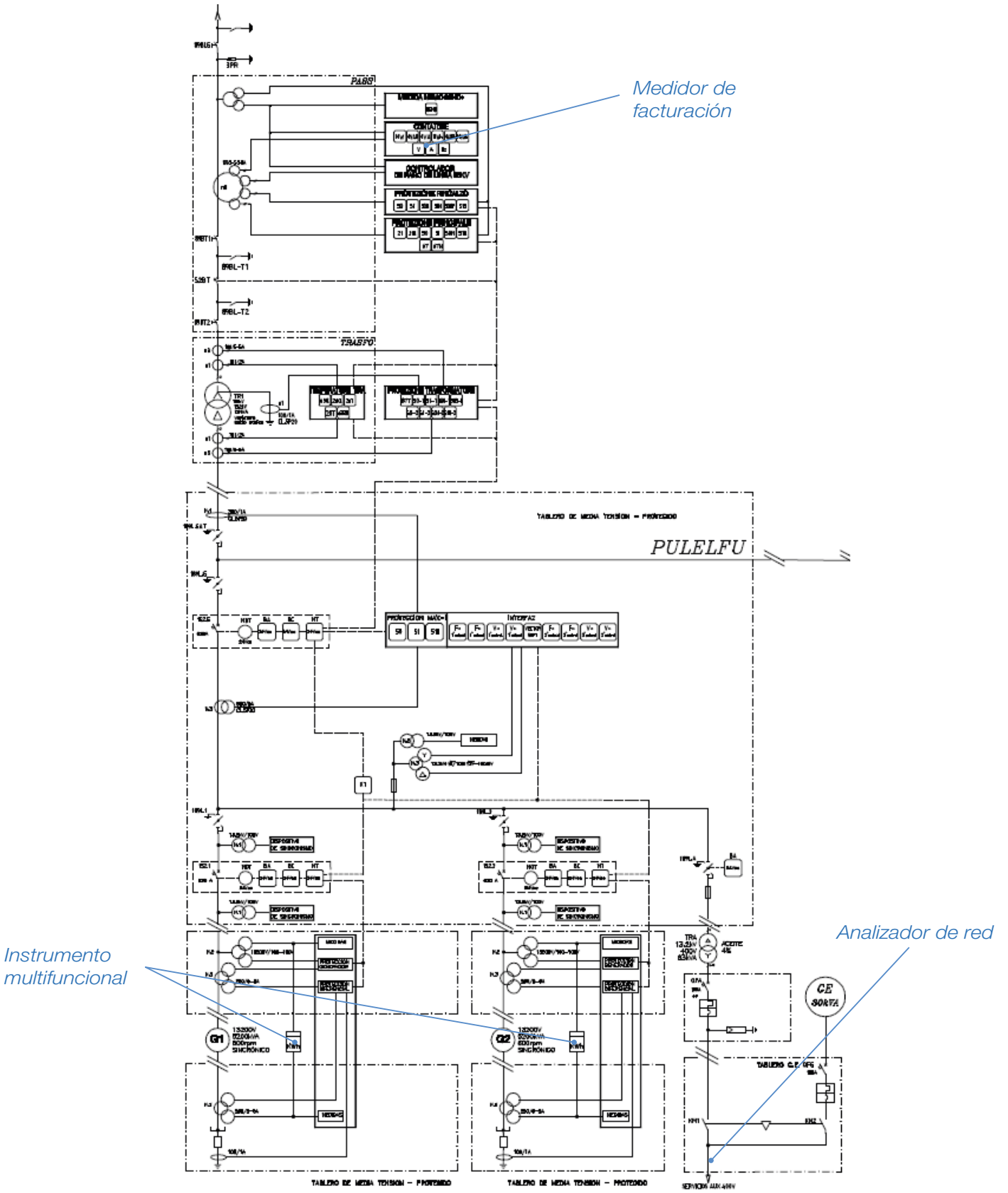


Diagrama unifilar de la central

## 2. Determinación de mínimo técnico

**OBJETO** El objeto de este informe técnico es informar el valor del parámetro de mínimo técnico de la turbina hidráulica de la central PALMAR.

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 PALMAR poseen un generador de potencia nominal de 5.200 [kVA] y una tensión nominal de 13,2 [kV].

#### TURBINA

Las turbinas de las unidades son de tipo Pelton, marca SCOTTA, de eje vertical, y la potencia nominal es de 4.334 kW, velocidad de rotación nominal 600 rpm.

#### SISTEMA DE CONTROL VELOCIDAD-POTENCIA

Las turbinas de PALMAR, por su diseño, tienen un límite mínimo de operación (10% de apertura de 1 inyector).

La siguiente expresión muestra la relación entre potencia de bruta de salida de la unidad y flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /s  |
| $\rho$ | = | Densidad del fluido turbinado, kg/m <sup>3</sup> |
| $g$    | = | Aceleración de la gravedad, m/s <sup>2</sup>     |
| $H_B$  | = | Salto bruto, m                                   |

Con una apertura del 10% de 1 inyector, en la turbina las potencias de salida son **63 kW** y **69 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 63 kW y 69 kW.

Cuando alcanza su velocidad de sincronización de 600 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.

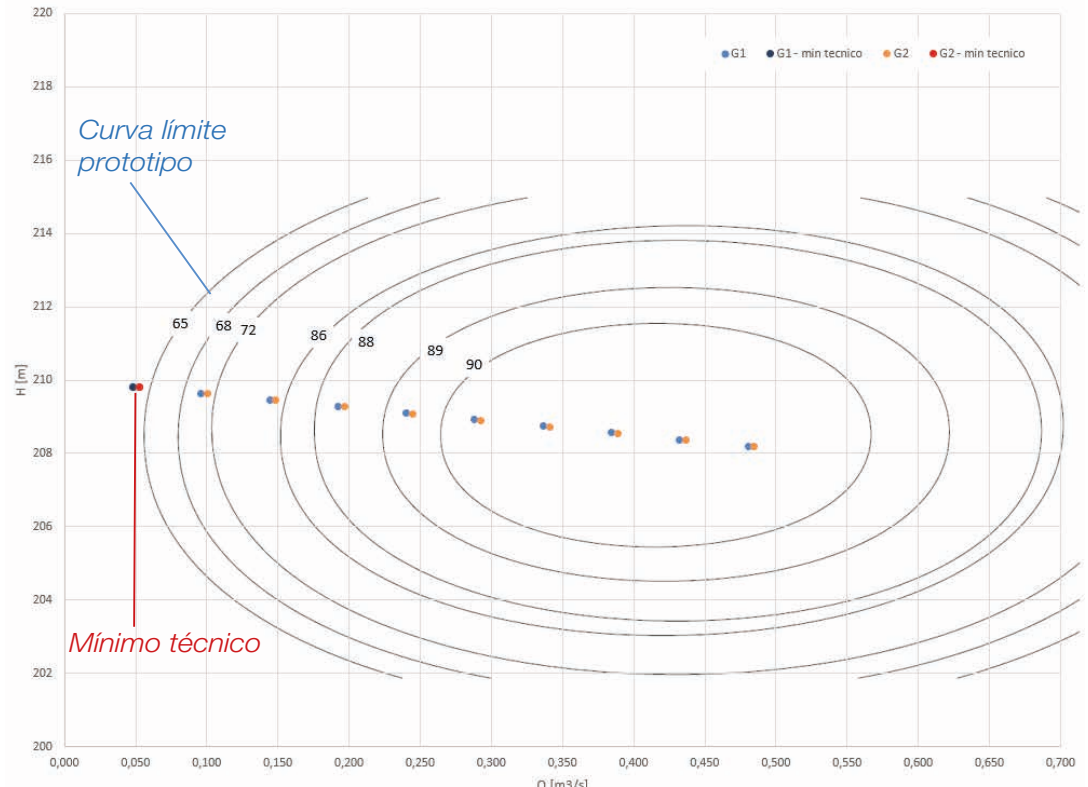
**ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS**

| 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 de los grupos 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).



Como se desprende del gráfico, los puntos de mínimo técnico detectado en el test de eficiencia:




- G1:            Q = 0,048 m³/s            H = 210 m            P = 63 kW
- G2:            Q = 0,052 m³/s            H = 210 m            P = 69 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 10% del inyector.

**CONCLUSIÓN** Se concluye que la potencia de mínimo técnico de las Unidades de la Central PALMAR son 63 kW y 69 kW, determinada 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 63 kW y 69 kW estando sincronizada a la red.

### 3. Placa de identificación

| Gamesa Electric   |                       |                      |  |  |   | CE   |  |
|---|-----------------------|----------------------|--|--|---|--|--|
| <b>III-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR</b>  |                       |                      |  |  |   |  |  |
| Nº  | Type PO 1000-U4F10    |                      |  | n 600 r.p.m. / 1050 r.p.m.   |   | D.E.  |  |
| P 5200 kVA - S1   | cos φ 0.8             | f 50 Hz              | U <sub>1</sub> 13200 V   | I <sub>1</sub> 227 A   | 3 ~  |  |  |
| IC 01   | IM 4011               | IP 23                | U <sub>2</sub> 81.8 V  | I <sub>2</sub> 589 A   | DC  |  |  |
| Ambient T 40°C  | ΔT 80°C               | Cl F                 | IEC 60034  | 25000 Kg   |   |  |  |
| <b>BRUSHLESS EXCITATION SYSTEM</b>  |                       |                      |  |  |   |  |  |
| Nº  | Type EDR 5715 14/10   |                      |  | f 70 Hz  | cos φ 0.95  |  |  |
| P 59 kVA  | U <sub>1</sub> 68 V   | I <sub>1</sub> 503 A | 3 ~  |  |   |  |  |
| P 48,2 kW   | U <sub>1</sub> 81,8 V | I <sub>1</sub> 589 A | DC   |  |   |  |  |
| EXCITACION  | U <sub>2</sub> 124,3V | I <sub>2</sub> 11 A  | DC   |  |   |  |  |
| <small>GAMESA ELECTRIC S.A.U.<br/>P.º de A. Calonge 3<br/>REINOSA (CANTABRIA)<br/>SPAIN</small> |                       |                      |  | <small>Tel. 0034942 77 41 00<br/>Fax. 0034942 75 32 50<br/>e-mail: gamesaelectric@gamesacorp.com</small> |   |  |  |

**SCOTTA** **CE**

Type:   
 Serial number:   
 Year of production:   
 Turbine output:   
 Head:  Turbine speed:

**MADE IN ITALY**

*Placa Unidad "G1"*

**SCOTTA** **CE**

Type:   
 Serial number:   
 Year of production:   
 Turbine output:   
 Head:  Turbine speed:

**MADE IN ITALY**

*Placa Unidad "G2"*

## 4. Anexo

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