



| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 1 de 32 |


PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA UNIDADES DE CH LOS DIGUA

| | Elabora / Modifica | Revisa | Aprueba |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Nombre | Nicolás Tamblay | Jonathan Cárdenas | Hector Castillo |
| Cargo | Jefe de Central | Jefe de Mercado Eléctrico | Sub. Gerente O y D. |
| Fecha | 12/02/2021 | 23/03/2021 | |
| Firma | | | |


| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 2 de 32 |

INDICE.

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Introducción y Objetivos..... | 4 |
| 1.1 | Introducción..... | 4 |
| 1.2 | Objetivos. | 4 |
| 2 | Descripción General de la Central Digua. | 5 |
| 3 | Descripción de cada uno de los Componentes. | 6 |
| 3.1 | Turbina. | 6 |
| 3.2 | Descripción de las partes de la Turbina. | 6 |
| 3.2.1 | Rodete Francis Operación Principal (Alta Altura)..... | 6 |
| 3.2.2 | Rodete Francis Operación Secundaria (Baja Altura)..... | 6 |
| 3.2.3 | Sellos de eje de la Turbina. | 7 |
| 3.2.4 | Cámara Espiral (Pre- Distribuidor). | 7 |
| 3.2.5 | Tapa del Distribuidor Lado Generador. | 7 |
| 3.2.6 | Tapa del Distribuidor Lado Descarga..... | 7 |
| 3.2.7 | Distribuidor de Alabes Directrices. | 8 |
| 3.2.8 | Codo de Descarga..... | 8 |
| 3.2.9 | Válvula Mariposa. | 8 |
| 3.2.10 | Datos Técnicos..... | 9 |
| 3.3 | Generador. | 9 |
| 3.3.1 | Sistema de Refrigeración del Generador. | 10 |
| 3.3.2 | Cojinetes o Descansos. | 10 |
| 3.3.3 | Conjunto Estator. | 10 |
| 3.3.4 | Conjunto Rotor. | 10 |
| 3.3.5 | Datos Técnicos..... | 10 |
| 4 | DESCRIPCION DEL ENSAYO. | 12 |

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 3 de 32 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Método del Ensayo..... | 12 |
| 4.2 | Instrumentación Adicional..... | 14 |
| 4.3 | Variables Controladas. | 17 |
| 4.3.1 | Unidad 1..... | 17 |
| 4.3.2 | Unidad 2..... | 18 |
| 4.3.3 | Ajustes de los Valores Alarmas/Disparos. | 19 |
| 4.3.4 | Variables Comunes. | 20 |
| 5 | Resultados de los Ensayos..... | 20 |
| 5.1 | Condiciones Operacionales..... | 20 |
| 5.2 | Ensayos Realizados..... | 21 |
| 6 | Referencias..... | 24 |
| 7 | Conclusiones..... | 25 |
| 8 | Anexo N°1 “Datos U1 y U2 extraídos desde SCADA..... | 26 |
| 9 | Anexo N°2 “Datos descargados Medidores U1 y U2”..... | 26 |
| 10 | Anexo N°3 “Consumos de los Servicios Auxiliares”..... | 26 |
| 11 | Anexo N°4 “Diagrama Colina Rodete Altura Baja y Curva Eficiencia Turbina”..... | 27 |
| 12 | Anexo N°5 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta y Curva Eficiencia Turbina”..... | 29 |
| 13 | Anexo N°6 “Diagrama PQ del Generador y Curva Eficiencia del Generador”..... | 31 |

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 4 de 32 |

1 Introducción y Objetivos.

1.1 Introducción.

Conforme a lo Establecido en el Anexo Técnico Pruebas de Potencia Máxima de Unidades Generadoras, donde se indica que se debe realizar un documento para representar e informar al Coordinador Eléctrico Nacional el valor de la Potencia máxima de la Unidades de Ch Digua, el que por ende será representativo dentro de las características técnicas y dentro de la información técnica propias de las unidades.

Es debido a lo anterior es que se realiza este informe técnico con la descripción de la Unidad, los antecedentes de diseño, los antecedentes de operación y toda la información disponible que respalde el valor informado.


La Central Hidroeléctrica Digua tiene una capacidad instalada de 10,5 [MW] por cada una de las unidades, para un caudal nominal de 15 [m^3/s] por cada una de las turbinas. La Central se ubica a los pies del Embalse Digua, la cual usa sus aguas que son exclusivamente para riego, por ende se instaló la Central a la descarga de estas aguas con el fin de aprovechar su uso en la generación eléctrica.

El Embalse Digua es alimentado a través del Canal Alimentador Digua que capta sus aguas a través de una Bocatoma construida en la rivera del Río Longaví.

1.2 Objetivos.

Entregar los antecedentes disponibles y valor final de Potencia máxima que mantienen cada una de las unidades generadoras de la Central Digua.

Dar cumplimiento a lo indicado en el Anexo Técnico Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 5 de 32 |


2 Descripción General de la Central Digua.

La Central Hidroeléctrica Digua, se encuentra en el Fundo El Melado s/n, que corresponde a la cuenca del Río Cato entre las comunas de Retiro y Parral en la Provincia de Linares Región del Maule. Como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Ubicación de CH Digua.

La Central está diseñada para captar un caudal máximo total de 30 $[m^3/s]$, el que se capta a través de una tubería en presión de 2,8 [m] de diámetro instalada a la salida de las válvulas de seguridad existentes del Embalse Digua, conduciendo el agua hasta las turbinas de la propia Central.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 6 de 32 |

3 Descripción de cada uno de los Componentes.

3.1 Turbina.

La Central Digua contiene en su interior, dos Turbinas Francis de eje horizontal prevista de acoplamiento directo y rígido a un generador sincrónico trifásico, con un sistema de regulación electrónico-digital para los alabes directrices, con válvula mariposa de seguridad a la entrada de la cámara espiral. Características generales en Tabla 1.

| Características Generales de Operación Turbinas Francis Eje Horizontal | | |
|---|-----------------------|-------------------|
| Ítem | Descripción | Información |
| 1.1 | Unidades Instaladas : | 2 Unidades |
| 1.2 | Salto Neto Hn: | 71,43 [m] |
| 1.3 | Caudal Nominal Qnom: | 15,00 [m^3/s] |
| 1.4 | Caudal Máximo Qmax: | 17,43 [m^3/s] |
| 1.5 | Velocidad Rotación: | 428 [rpm] |

Tabla 1. Características Generales de Operación Turbinas Francis Eje Horizontal.


3.2 Descripción de las partes de la Turbina.

3.2.1 Rodete Francis Operación Principal (Alta Altura).

Fabricado en acero inoxidable forjado, del tipo DIN G-X5CrNi 13 4 (ASTM A 743CA 6NM) y maquinado completamente mediante máquina CNC en las superficies externas e internas según perfil hidráulico entregado por diseño en 3D, balanceado estáticamente, según norma ISO 1940/1 G6.3, el cual será instalado en el extremo del eje del generador. Provisto en el centro del rodete de un ojiva de acero inoxidable mecanizada según perfil hidráulico.

3.2.2 Rodete Francis Operación Secundaria (Baja Altura).

Fabricado en acero inoxidable forjado, del tipo DIN G-X5CrNi 13 4 (ASTM A 743CA 6NM) y maquinado completamente mediante máquina CNC en las superficies externas e internas según perfil hidráulico entregado por diseño en 3D, balanceado estáticamente, según norma ISO 1940/1 G6.3, el cual será instalado en el extremo del eje del generador. Provisto en el centro del rodete de un ojiva de acero inoxidable

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 7 de 32 |

mecanizada según perfil hidráulico. Este rodete está construido para cubrir el rango de variación de caídas de baja altura.

3.2.3 Sellos de eje de la Turbina.

El Sellos de Eje de la Turbina está construido en dos mitades, bajo el nivel de agua del canal de descarga, se incluye un sello de mantenimiento que se aplicará o hinchará mediante la inyección de aire desde un compresor de aire.

3.2.4 Cámara Espiral (Pre- Distribuidor).

Fabricado en planchas de acero al carbono tipo S355J2+N en versión soldada, con alabes fijos del ante- distribuidor con apoyos, planchas y partes para su fundación, con cámara de registros y tomas de presión. En la parte anterior aguas arriba será equipada con una brida fija y una brida móvil para permitir el desmontaje de la válvula mariposa.

3.2.5 Tapa del Distribuidor Lado Generador.

Fabricado en acero al carbono tipo S355j2+N será parte integral de la caja espiral con alojamiento de los bujes auto lubricados de los alabes directrices móviles.


La tapa está compuesta de;

- ✓ Contra anillo laberintico fijo fabricado de acero inoxidable forjado tipo DIN G-X4CrNI 13 4 (ASTM A 182 F 6NM), en correlación con el anillo laberintico móvil del rodete.
- ✓ Placa de desgaste de acero inoxidable laminado tipo DIN G-X3CrNI 13 4, en correlación con el área de trabajo de los alabes directrices.

3.2.6 Tapa del Distribuidor Lado Descarga.

Fabricado en acero al carbono del tipo S355J2+N será parte integral de la caja espiral con alojamiento de los bujes auto lubricados de los alabes directrices móviles y asiento para el codo de descarga.

La tapa está compuesta de:

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 8 de 32 |

- ✓ Contra anillo laberintico fijo fabricado de acero inoxidable forjado tipo DIN G-X4CrNI 13 4 (ASTM A 182 F 6NM), en correlación con el anillo laberintico móvil del rodete.
- ✓ Placa de desgaste de acero inoxidable laminado tipo DIN G-X3CrNI 13 4, en correlación con el área de trabajo de los alabes directrices.

3.2.7 Distribuidor de Alabes Directrices.

Los alabes directrices son fabricados en acero inoxidable tipo DIN G-X4CrNI 13-4, con muñones para la regulación externa a través del anillo de conjunto, además contiene bujes auto lubricados, con el propio anillo de regulación.

Incluye una serie de bujes como guía de los muñones de los alabes, fabricados en material autolubricante.

Incluye una serie de bielas de regulación en acero carbono S275JR, para el mando de los alabes directrices móviles con bujes autolubricantes.


3.2.8 Codo de Descarga.

Fabricado de acero al carbono del tipo S275JR con los flanges o bridas de unión tanto a la tapa como al cono difusor, este último se encarga de vaciar el agua hacia el Canal de Restitución.

3.2.9 Válvula Mariposa.

Las Válvulas Mariposa DN1800 PN11, instaladas en la entrada de la cámara espiral están diseñadas para poder garantizar el cierre en condiciones de escurrimiento bajo el máximo caudal, la apertura será garantizada por un servomotor oleohidráulico alimentado por la unidad oleohidráulica de mando de la turbina mientras que el cierre será mediante un contrapeso.

Cuerpo de acero carbono tipo S355J2G3 en ejecución soldada con asientos de los sellos de estanquidad en acero inoxidable tipo X20CR13. La lenteja de cierre es de acero carbono tipo S355J2G3 con sellos de estanquidad en goma de neopreno NBR 80° Shore con tratamiento anti-vejez montada con pernos de acero inoxidable clase A4.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 9 de 32 |

3.2.10 Datos Técnicos.

| DATOS TECNICOS TURBINA | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Ítem | Descripción | Información |
| 1.- | Turbina Francis Horizontal. | |
| 1.1 | Fabricante | ANDRITZ HYDRO - SCHIO, ITALIA |
| 1.2 | Numero de Series | |
| 1.3 | Tipo | Turbina Francis |
| 1.4 | Denominación | Turbina Francis Horizontal |
| 1.5 | Forma Constructiva | Eje Horizontal |
| 1.6 | Altura Neta | 71,43 [m] |
| 1.7 | Potencia Nominal | 10,5 [MW] |
| 1.8 | Caudal Nominal | 15,0 [m ³ /s] |
| 1.9 | Diámetro Rodete | 1540 mm |
| 2.0 | Sentido Rotación | Horario |
| 2.1 | Velocidad | 428,60 [RPM] |
| 2.2 | Año de Fabricación | 2019 |
| | | |


Tabla 2. Datos Técnicos Turbina

3.3 Generador.

El Generador para la turbina es de eje horizontal del tipo PW 1600-I7D14 con función de generador caracterizado por excitación del tipo Brushless.

La línea del eje del alternador es sostenida por un cojinete del lado acoplamiento con la turbina del tipo combinado (guía y empuje) y por un cojinete del lado opuesto al acoplamiento de tipo guía ambos con baño de aceite. Posee un sistema de inyección exterior adecuado para garantizar la presión hidrostática necesaria para el desacoplamiento del rotor desde ambos descansos (jacking oil system).

El frenado del rotor es a través de un freno de disco puesto en la extremidad del lado opuesto al acoplamiento (L.O.A) del eje rotor que puede ser activado de forma automática por el sistema de control de la Máquina a partir del 25% (107 rpm) de los giros nominales del alternador, El principio de funcionamiento del freno es del tipo con presión de aceite con caliper, comandado desde la Unidad de Mando de Aceite de la turbina.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 10 de 32 |

El alternador es auto-ventilado con ciclo cerrado y es enfriado con agua circulante en dos refrigerantes directamente montados sobre la caja estática e insertados en el circuito de ventilación.

3.3.1 Sistema de Refrigeración del Generador.

Consiste de dos intercambiadores de calor Aire/agua montados sobre ventadas realizadas sobre en la pared exterior de la carcasa y provistos de una caja de cierra con el fin de tener un sistema cerrado. El aire de refrigeración circula por dos ventiladores axiales fijados sobre ambos lados de la corona retórica, estos pasan por la caja interpolar a través de las bobinas del rotor y finalmente atraviesan el estator por los canales de ventilación.

3.3.2 Cojinetes o Descansos.

El generador cuenta con dos cojinetes idóneos para soportar el peso del rotor y además permitir el giro del mismo, un cojinete en lado de acoplamiento (L.A.) del tipo combinado de guía y empuje lubricado con aceite y un cojinete del lado opuesto al acoplamiento (L.O.A) de soporte de guía, cuentan con una lubricación autónoma por baño de aceite tipo iso vg 48.

3.3.3 Conjunto Estator.

La caja del estator está hecho de acero al carbono de ejecución soldada y el paquete magnético fabricado de bobinas de cobre aislado en impregnado al vacío (VPIS – Vacuum Pressure Impregnation System).

3.3.4 Conjunto Rotor.


El rotor contiene un eje el cual se encuentra adaptado para el montaje del rodete de la turbina y el montaje del dispositivo centrifugo se encuentra en el lado posterior del mismo eje. (lado opuesto a la turbina), construido con paquete magnético con bobinas de cobre y aislamiento impregnado al vacío VPIS.

3.3.5 Datos Técnicos.

Los datos técnicos del generador se identifican en la Tabla 3.

| DATOS TECNICOS GENERADOR | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Ítem | Descripción | Información |
| 1.- | Generador Síncrono Trifásico. | |
| 1.1 | Fabricante | SIEMENS-GAMESA |
| 1.2 | Numero de Series | 61012371 / 61012372 |
| 1.3 | Tipo | PW 1600-I7D14 |
| 1.4 | Denominación | Generador síncrono trifásico |
| 1.5 | Forma Constructiva | Eje Horizontal |
| 1.6 | Temperatura ambiente admisible | 40 °C. |
| 1.7 | Grado de Protección | IP 44 |
| 1.8 | Refrigeración | IC81W |
| 1.9 | Conexión Estator | Estrella |
| 1.10 | Servicio | S1 |
| 1.11 | Sentido de Giro | Sentido horario |
| 1.12 | Números de Polos | 14 |
| 1.13 | Potencia Nominal | 12500 [kVA] |
| 1.14 | Tensión | 6600 V (+/- 5%) |
| 1.15 | Conexión | Estrella |
| 1.16 | Corriente al 100% de la carga (A) | 1093.5 (A) |
| 1.17 | Frecuencia | 50 Hz |
| 1.18 | Cos | 0,9 |
| 1.19 | Torque Nominal | 250.65 [kNm] |
| 1.20 | Tipo de Rotor | Polos Salientes |
| 1.21 | Velocidad Nominal | 428,60 [RPM] |
| 1.22 | Velocidad de Embalamiento | 920 [RPM] |
| 1.23 | Aislamiento | Clase F |
| 1.24 | Calentamiento | Clase B |
| 1.25 | Excitaciones | Brushless |
| 1.26 | Tipo | ECBR-53100-94-16 |
| 1.27 | Vecc. (V) | 83 |
| 1.28 | Iecc. (A) | 750 |

Tabla 3. Datos Técnicos Generador

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 12 de 32 |

4 DESCRIPCION DEL ENSAYO.

4.1 Método del Ensayo.

La metodología empleada para la realización de los ensayos descritos en el presente informe, se basan en la información disponible en Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima de Unidades Generadoras” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. (NTSyCS).


Previo a la realización de las pruebas de potencia máxima, las unidades se encontraban en servicio y en régimen permanente con una potencia promedio diaria de 3,70 [MW] para la Unidad 1 y de 3,73 [MW] para la Unidad 2, estos registros de potencias se desarrollaron con el caudal disponible en ese momento de 28 [m³/s]¹ y una cota del Embalse Digua de 329,77 [m.s.n.m].

Debido a la temporada de riego, la disponibilidad del embalse no permite realizar las pruebas de Potencia Máxima bajo condiciones nominales de la Turbina, ya que, la cota se encuentra alejada de los 368,1 [m.s.n.m], correspondiente al valor nominal de funcionamiento de la turbina. Cabe mencionar que el caudal turbinado se ajusta a los valores nominales de 15 [m³/s] de funcionamiento para cada una de las turbinas, debido a que en temporada de riego no se puede disminuir la entrega de agua a los regantes.

Adicionalmente se ha realizado lo siguiente:

Para la medición de la altura bruta se ha instalado un sensor de nivel al interior del Embalse y se ha referenciado la medición con la cota disponible del proyecto, a su vez, también se considera referenciada la altura de nivel y volumen del embalse según monolitos existentes por la curva de llenado del Embalse Digua, esta información fue entregada por la Administración del Embalse. Hacia el lado de la descarga, se ha instalado un sensor de Nivel en el Canal de restitución o de devolución de la Central Digua, también se ha referenciado con la cota de proyecto, por la tanto, la diferencia entre ambas mediciones otorga el valor de Altura Bruta.

¹ Caudal disponible dada las necesidades de riego, las cuales no pueden ser disminuidas. Producto de que el embalse es una reservorio, cuyo objetivo principal es de riego.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 13 de 32 |

Se ha instalado un sensor para la medición de caudal directa en la tubería en presión para cada unidad, este valor se ha contrastado con la medición de caudal en la estación de aforo que existe aguas abajo de la Central, a través de su medición indirecta por medición de nivel y su respectiva curva de gasto, esta curva de gasto fue proporcionada por la Administración del Embalse, dado que la estación de aforo es parte de las instalaciones del Embalse Digua.

Además, se han obtenido los valores de las variables medidas, las cuales han sido contrastadas con los valores de ajustes de Alarma y/o Disparo de cada una de ellas; donde estas fueron definidas y recomendadas por el fabricante de cada equipo. Por lo tanto, cada una de estas variables no debe sobrepasar el valor indicado durante los tiempos de comprobación realizados se muestra que estas variables se encuentran muy por debajo de los valores recomendados por el fabricante según se indica en su manual técnico, ver capítulo de Referencias.

Se han realizado recorridos alrededor del conjunto generador turbina durante el funcionamiento de las unidades a bajas potencias de manera de inspeccionar visualmente y detectar cualquier alteración que pudiese estar provocando algún mal funcionamiento de las unidades. Véase Figura 2, donde se identifican los instrumentos de medición de nivel.

| | |
|----------|----------------------|
| Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| Revisión | 1 |
| Fecha | 12/02/2021 |
| Páginas | 14 de 32 |




Figura 2. Imagen Satelital con indicación de los puntos donde se instalaron los instrumentos de Nivel y de Caudal.

4.2 Instrumentación Adicional.

Sensores de Nivel.

La determinación de los niveles fue realizada a través de los sensores de presión integrados TD-DIVER DI801 y Baro Driver DI800, de la marca Van Essen Instruments. La

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 15 de 32 |

altura de la columna de agua situada por encima del sensor se determina en función de un diferencial de presiones, esto es entre la presión absoluta y la presión barométrica.

Las sondas miden la presión absoluta, lo que significa que el sensor de presión no solo mide la presión del agua, sino que también la presión que el aire ejerce sobre la superficie. Si la presión del aire varía, la presión medida también variará, pero así el nivel del agua.

En la figura 3, se muestra las características técnicas de las sondas de nivel.

| Característica | DI801 (TD) | DI800 (Baro) | Unidad |
|-----------------------|------------|--------------|---------------------|
| Rango de medición | 10 | 1,5 | m H ₂ O |
| Precisión (típica) | ± 0,5 | ± 0,5 | cm H ₂ O |
| Presión de sobrecarga | 15 | 15 | m H ₂ O |




Figura 3. Características técnicas de las sondas de nivel.

Medición de Caudal.

La determinación del caudal fue realizada con sensor flujómetro ultrasónico, TUF-2000H, el cual está diseñado para medir la velocidad de un líquido en un conducto cerrado, mediante el principio de tiempo en tránsito.

Para el tiempo en tránsito el flujómetro utiliza dos transductores que funcionan como transmisores y receptores. Los transductores pueden ser montados en el método en V donde el sonido pasa dos veces por la tubería, o el método W donde el sonido pasa cuatro veces por la tubería, o en el método Z donde los sensores son montados en lados opuestos de la tubería y el sonido cruzará la tubería una vez. Esta selección del método

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 16 de 32 |

del montaje depende de las características de la tubería donde se instalan los sensores y del líquido al cual se quiere medir el caudal.


El flujómetro funciona por la transmisión y recepción de una onda sonora entre dos transductores y la medición del tiempo que toma viajar entre ellos. La diferencia en el tiempo de tránsito medido es directa y exacta en la relación con la velocidad del líquido en la tubería.

En la Figura 4, siguiente se muestra las características técnicas del Medidor de Caudal.

| Característica | Valor |
|-----------------------|-----------------|
| Precisión | ± 1 % |
| Velocidad | ± 32 m/s |
| Tamaño tubería | 15 mm - 6000 mm |



Figura 4. Características técnicas del Medidor de Caudal

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 17 de 32 |


4.3 Variables Controladas.

Dentro de las variables incluidas en el Sistema de Adquisición de datos SCADA, para la ejecución de la comprobación de la Potencia Máxima de ambas unidades se consideraron los registros de las siguientes variables.

4.3.1 Unidad 1.

| VARIABLES UNIDAD 1 | | |
|--------------------|-----------------------------|---|
| Ítem | Variable de Proceso | Descripción del Tag |
| 1 | 6.1.CF101.CE301.ZQ01 [MW] | Potencia Activa MW Total Unidad |
| 2 | 6.1.CF101.CE302.ZQ01 [MVAR] | Potencia Reactiva MVAR Total Unidad |
| 3 | 6.1.CF101.CE111.XQ01 | Corriente generador Promedio |
| 4 | 6.1.CF101.CE211.XQ01 | Tensión del generador kV |
| 5 | 6.1.MKD10.CY001.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso |
| 6 | 6.1.MKD10.CY002.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso |
| 7 | 6.1.MKD10.CY003.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración axial descanso |
| 8 | 6.1.MKD20.CY001.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso (L.O.A) |
| 9 | 6.1.MKD20.CY002.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso (L.O.A) |
| 10 | 6.1.MKA20.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador U01 |
| 11 | 6.1.MKA20.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador U02 |
| 12 | 6.1.MKA20.CT003.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador V01 |
| 13 | 6.1.MKA20.CT004.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador V02 |
| 14 | 6.1.MKA20.CT005.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador W01 |
| 15 | 6.1.MKA20.CT006.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador W02 |
| 16 | 6.1.MKA20.CT007.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador U |
| 17 | 6.1.MKA20.CT008.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador V |
| 18 | 6.1.MKA20.CT009.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador W |
| 19 | 6.1.MKD30.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB1 |
| 20 | 6.1.MKD30.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB2 |
| 21 | 6.1.MKD30.CT003.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB3 |
| 22 | 6.1.MKD30.CT004.XQ01 [°C] | Temperatura Aceite del Cojinete L.A TB4 |
| 23 | 6.1.MKD20.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.O.A TB1 |
| 24 | 6.1.MKD20.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura aceite del Cojinete L.O.A TB3 |
| 25 | 6.1.MKA81.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura intercambiador salida aire caliente H01 |
| 26 | 6.1.MKA82.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura intercambiador entrada aire frío H02 |


Tabla 4. Variables Unidad 1.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 18 de 32 |

4.3.2 Unidad 2.

| VARIABLES UNIDAD 2 | | |
|--------------------|-----------------------------|---|
| Ítem | Variable de Proceso | Descripción del Tag |
| 1 | 6.2.CF101.CE301.ZQ01 [MW] | Potencia Activa MW Total Unidad |
| 2 | 6.2.CF101.CE302.ZQ01 [MVAR] | Potencia Reactiva MVAR Total Unidad |
| 3 | 6.2.CF101.CE111.XQ01 | Corriente generador Promedio |
| 4 | 6.2.CF101.CE211.XQ01 | Tensión del generador kV |
| 5 | 6.2.MKD10.CY001.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso |
| 6 | 6.2.MKD10.CY002.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso |
| 7 | 6.2.MKD10.CY003.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración axial descanso |
| 8 | 6.2.MKD20.CY001.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso (L.O.A) |
| 9 | 6.2.MKD20.CY002.XQ01 [mm/s] | Sonda de vibración radial descanso (L.O.A) |
| 10 | 6.2.MKA20.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador U01 |
| 11 | 6.2.MKA20.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador U02 |
| 12 | 6.2.MKA20.CT003.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador V01 |
| 13 | 6.2.MKA20.CT004.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador V02 |
| 14 | 6.2.MKA20.CT005.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador W01 |
| 15 | 6.2.MKA20.CT006.XQ01 [°C] | Temperatura cobre estator generador W02 |
| 16 | 6.2.MKA20.CT007.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador U |
| 17 | 6.2.MKA20.CT008.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador V |
| 18 | 6.2.MKA20.CT009.XQ01 [°C] | Temperatura hierro estator generador W |
| 19 | 6.2.MKD30.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB1 |
| 20 | 6.2.MKD30.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB2 |
| 21 | 6.2.MKD30.CT003.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.A TB3 |
| 22 | 6.2.MKD30.CT004.XQ01 [°C] | Temperatura Aceite del Cojinete L.A TB4 |
| 23 | 6.2.MKD20.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura Cojinete L.O.A TB1 |
| 24 | 6.2.MKD20.CT002.XQ01 [°C] | Temperatura aceite del Cojinete L.O.A TB3 |
| 25 | 6.2.MKA81.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura intercambiador salida aire caliente H01 |
| 26 | 6.2.MKA82.CT001.XQ01 [°C] | Temperatura intercambiador entrada aire frío H02 |

Tabla 5. Variables Unidad 2.


| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 19 de 32 |

4.3.3 Ajustes de los Valores Alarmas/Disparos.

Los Valores de Ajustes del Generador son los siguientes;

| | |
|-----------------------|---|
| Generador Tipo | PW 1600 - I7D14 |
| N° de Serie | Unidad 1 y Unidad 2 |
| 1.- | Termorrestencias Tipo Pt-100 En núcleo del Estator |
| Alarma | 140°C |
| Disparo | 145°C |
| 2.- | Termorrestencias Tipo Pt-100 En Descansos. |
| Alarma | 80°C |
| Disparo | 90°C |
| 3.- | Termorrestencias Tipo Pt-100 Aceite Descansos. |
| Alarma | 70°C |
| Disparo | 80°C |
| 4.- | Termorrestencias Tipo Pt-100 Salida Aire Frio . |
| Alarma | 62°C |
| Disparo | 65°C |
| 5.- | Termorrestencias Tipo Pt-100 Entrada Aire Caliente. |
| Alarma | 65°C |
| Disparo | 75°C |
| 6.- | Sensores de Vibración de los Descansos o Cojinetes |
| Alarma | < a 2,5 mm/s |
| Disparo | < a 4,0 mm/s tiempo 5 seg |
| 7.- | Termoresistencias Tipo Pt-100 hierro estator generador |
| Alarma | 140°C |
| Disparo | 145°C |
| 7.- | Termoresistencias Tipo Pt-100 Unidad de Lubricación |
| Alarma | 45°C |
| Disparo | 50°C |

Tabla 6. Ajustes Valores Alarmas/Disparos

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 20 de 32 |

4.3.4 Variables Comunes.

| VARIABLES COMUNES | | |
|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| Ítem | Variable de Proceso | Descripción del Tag |
| 1 | 6.0.CE120.CE301.ZQ01 | Potencia Activa SSAA kW |
| 2 | 6.0.CE120.CE302.ZQ01 | Potencia Reactiva SSAA kVAR |
| 3 | 6.0.CE120.CE211.ZQ01 | Voltaje Promedio SSAA |
| 4 | 6.0.CE120.CE111.ZQ01 | Corriente Promedio SSAA |
| 5 | 6.0.CE120.CE401.ZQ01 | Factor de Potencia SSAA |
| 6 | 6.0.CE120.CE501.ZQ01 | Frecuencia de Potencia SSAA |

Tabla 7. Variables Comunes.


5 Resultados de los Ensayos.

5.1 Condiciones Operacionales.

Desde el punto de vista operacional la Ch Digua al momento de realizar la prueba de potencia máxima no se disponía de las condiciones nominales de operación, afectando de manera directa la energía potencial hídrica y por tanto su potencia eléctrica.

A continuación, se detallan las condiciones para la realización de las Pruebas.

- Al día 11 de febrero el embalse encontraba con una altura bruta medida de 38,92 [m] al inicio de la prueba. Sin embargo, la altura bruta nominal del Embalse Digua es de 80,59 [m]. que producto en lo avanzada de la temporada de riego no es posible alcanzar.
- Ambas unidades se encontraban con el rodete de baja altura instalado, por lo tanto, se adjunta la curva de colina de dicho rodete para referenciar los valores teóricos esperados.
- Para las pruebas para cada unidad independiente, se tuvo que mantener el caudal de riego que en ese momento el requerimiento era de 28 [m³/s]. para

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 21 de 32 |

ello se llevó la Unidad ensaya a su máximo caudal, mientras la unidad contraria se encontraba generando con el caudal remanente.

- Las válvulas Howell Bunger se encontraban cerradas, durante las pruebas dado que no fue necesario compensar el agua para riego, ya que, se lograba con ambas unidades en operación.
- El comportamiento de las unidades fue estable durante todo el periodo de prueba, no se apreciaron ruidos de cavitación durante las zonas normales de operación.
- Las temperaturas vibraciones y variables significativas de las máquinas se mantuvieron durante los rangos permitidos de operación sin generar una condición de alarma.

Debido a lo anterior las unidades pueden operar en conjunto y por separadas para las condiciones impuestas en las pruebas de potencia máxima.


| CH DIGUA | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|--|---|----------------------------------|
| PRUEBA DE POTENCIA MAXIMA [MW] | | | | | | | | | |
| Condición Operacional | Temperatura 1 devanado estator fase U | Temperatura 1 devanado estator fase V | Temperatura 1 devanado estator fase W | Temperatura 1 paquete estator | Temperatura patin radial cojinete L.O.A. | Temperatura aceite cojinete L.O.A. | Temperatura patin radial cojinete L.A. | Temperatura 1 patin axial cojinete L.A. | Temperatura aceite cojinete L.A. |
| | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| Unidad 1 | 54,05 | 55,65 | 54,51 | 52,47 | 47,85 | 44,17 | 48,37 | 46,16 | 43,44 |
| Unidad 2 | 56,18 | 57,93 | 58,19 | 52,47 | 48,88 | 44,97 | 49,27 | 49,38 | 46,98 |
| Ambas Unidades (U1) | 54,11 | 55,73 | 54,23 | 51,91 | 48,24 | 44,64 | 48,56 | 46,37 | 43,65 |
| Ambas Unidades (U2) | 55,53 | 57,12 | 57,52 | 56,56 | 49,43 | 45,48 | 49,34 | 49,65 | 46,86 |

Tabla 8. Temperaturas Generadores.

5.2 Ensayos Realizados.

Se realiza el registro de datos para las condiciones de pruebas de potencia máxima según lo siguiente;

- Unidad U1 ensayada, desde 11 de febrero del 2021 20:00 [hrs] hasta el día 12 de febrero del 2021 01:00 [hrs]. Unidad 2 se encontraba generando con el caudal remanente para mantener el caudal de riego.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 22 de 32 |

- Unidad U2 ensayada, desde el 12 de febrero del 2021 10:00 [hrs] hasta el día 12 de febrero 15:00 [hrs]. Unidad 1 se encontraba generando con el caudal remante para mantener el caudal de riego.
- Ambas Unidad ensayadas, desde 12 de febrero 2021 16:00 [hrs] hasta el día 12 de febrero 21:00 [hrs].
- Se instala medidores de caudal externo en la tubería en presión para medir el caudal que se encuentra pasando durante las distintas pruebas.
- Se instala medidores de nivel en el canal de descarga de la Central más medidor de nivel en el Embalse para medir la altura de agua existente.

En el Anexo N°1 se encuentra todos los datos extraídos desde el SCADA. También se incluye los datos de caudales y niveles que se instalaron externamente.

En las tablas 9, 10 y 11, se entrega un resumen de las variables eléctricas obtenidas durante los ensayos.

| CH DIGUA UNIDAD 1 (Unidad 2 Operando con Diff. de Caudal) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|--------------|------------|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| Mínimo Técnico Potencia [MW] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción | kWh del int | kVARh del int | kWh rec int | kVARh rec int | VII ab mean | VII bc mean | VII ca mean | I a mean | I b mean | I c mean | VII avg mean | I avg mean | Factor de Potencia PF Mean % | Freq Mean (Hz) | Potencia Activa | Potencia Reactiva |
| Suma | 24154,48 | 399,68 | 0,00 | 1066,07 | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 1150,21 | 19,03 | 0,00 | 50,77 | 6682,31 | 6668,52 | 6664,31 | 391,12 | 406,71 | 400,51 | 6671,71 | 399,44 | 99,71 | 50,02 | 4598,49 | -8,56 |
| Máximo | 1154,79 | 195,67 | 0,00 | 154,90 | 6694,90 | 6681,23 | 6676,55 | 396,51 | 411,15 | 405,04 | 6684,22 | 404,24 | 99,99 | 50,10 | 4614,30 | 507,17 |
| Mínimo | 1146,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6657,10 | 6642,46 | 6642,37 | 389,29 | 405,30 | 397,50 | 6647,31 | 397,84 | 98,57 | 49,88 | 4583,76 | -446,44 |

Potencia Indicada por Medidor 4,598 MW

Nota: Los Pulsos del Medidor se encuentran cada 15 minutos, según normativa.


Tabla 9. Variables Eléctricas U1

| CH DIGUA UNIDAD 2 (Unidad 1 Operando con Diff. de Caudal) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|--------------|------------|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| Potencia Máxima [MW] | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción | kWh del int | kVARh del int | kWh rec int | kVARh rec int | VII ab mean | VII bc mean | VII ca mean | I a mean | I b mean | I c mean | VII avg mean | I avg mean | Factor de Potencia PF Mean % | Freq Mean (Hz) | Potencia Activa | Potencia Reactiva |
| Suma | 23595,00 | 18,35 | 0,00 | 1981,42 | | | | | | | | | | | | |
| Promedio | 1123,57 | 0,87 | 0,00 | 94,35 | 6640,14 | 6629,83 | 6623,83 | 385,78 | 397,86 | 396,38 | 6631,27 | 393,34 | 99,51 | 49,99 | 4490,47 | -376,27 |
| Máximo | 1140,29 | 13,10 | 0,00 | 184,20 | 6649,52 | 6639,66 | 6632,93 | 393,03 | 405,47 | 403,50 | 6640,70 | 400,66 | 99,99 | 50,06 | 4558,16 | 18,35 |
| Mínimo | 1100,61 | 0,00 | 0,00 | 3,01 | 6629,67 | 6619,07 | 6611,84 | 378,43 | 390,56 | 388,46 | 6620,19 | 385,90 | 98,70 | 49,92 | 4400,25 | -680,43 |

Potencia Indicada por Medidor 4,490 MW

Nota: Los Pulsos del Medidor se encuentran cada 15 minutos, según normativa.

Tabla 10. Variables Eléctricas Unidad 2.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 23 de 32 |

| CH DIGUA UNIDAD 1 - UNIDAD 2 EN OPERACIÓN A PLENA CARGA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|--------------|------------|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------|--|
| Descripción | kWh del int | kVARh del int | kWh rec int | kVARh rec int | Potencia Máxima [MW] | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | VII ab mean | VII bc mean | VII ca mean | I a mean | I b mean | I c mean | VII avg mean | I avg mean | Factor de Potencia PF Mean % | Freq Mean (Hz) | Potencia Activa | Potencia Reactiva | | |
| UNIDAD 1 | Suma | 21916,88 | 0,00 | 0,00 | 7917,10 | | | | | | | | | | | | | |
| | Promedio | 1043,66 | 0,00 | 0,00 | 377,00 | 6644,11 | 6636,88 | 6627,34 | 386,44 | 399,49 | 394,13 | 6636,11 | 393,35 | 93,08 | 50,02 | 4222,43 | -1455,34 | |
| | Máximo | 1135,56 | 0,00 | 0,00 | 475,96 | 6663,58 | 6657,04 | 6643,73 | 437,76 | 452,99 | 447,43 | 6654,78 | 446,06 | 97,18 | 50,11 | 4319,84 | -831,04 | |
| | Mínimo | 722,87 | 0,00 | 0,00 | 256,08 | 6626,52 | 6616,68 | 6611,11 | 282,16 | 294,30 | 287,10 | 6618,10 | 287,85 | 91,26 | 49,88 | 3844,62 | -1724,54 | |
| | Suma | 21571,04 | 0,75 | 0,01 | 4414,22 | | | | | | | | | | | | | |
| UNIDAD 2 | Promedio | 1027,19 | 0,04 | 0,00 | 210,20 | 6502,99 | 6492,59 | 6487,26 | 359,77 | 372,15 | 368,71 | 6494,28 | 366,88 | 97,93 | 50,02 | 4100,95 | -818,86 | |
| | Máximo | 1099,04 | 0,75 | 0,01 | 409,94 | 6659,70 | 6650,62 | 6641,91 | 384,71 | 398,50 | 394,81 | 6650,74 | 392,67 | 99,55 | 50,12 | 4287,57 | -272,88 | |
| | Mínimo | 421,94 | 0,00 | 0,00 | 102,42 | 3656,36 | 3651,94 | 3648,35 | 153,62 | 159,71 | 157,82 | 3652,22 | 157,05 | 96,17 | 49,88 | 3585,80 | -1117,10 | |

| | | |
|--|-------|----|
| Potencia Indicada por Medidor Unidad 1 | 4,222 | MW |
| Potencia Indicada por Medidor Unidad 2 | 4,101 | MW |

Nota: Los Pulsos del Medidor se encuentran cada 15 minutos, según normativa.

Tabla 11. Variables Eléctricas Ambas Unidades en Operación.


En relación al consumo de los servicios auxiliares de la Central, se muestra en la tabla siguiente a los distintos tipos de ensayos que se realizaron durante las pruebas de potencia máxima de la Central. Los cuales se muestran más detallados en el Anexo N°3 "Consumos SSAA". A continuación, la Tabla 12, nos muestra los consumos de los SSAA.

CONSUMOS SERVICIOS AUXILIARES (SSAA) SEGÚN CONDICIÓN OPERACIONAL.

| Potencia Consumida | Prueba Unidad 1 | Prueba Unidad 2 | Prueba Central Completa |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Potencia Activa (kW) Promedio | 31,248 | 29,654 | 32,289 |
| Potencia Activa (kW) Máximo | 34,478 | 35,202 | 39,175 |
| Potencia Activa (KW) Mínimo | 27,609 | 28,473 | 29,005 |

Tabla 12. Consumo Servicios Auxiliares.

Adicionalmente en el Anexo N°1 se encuentra los datos referidos a las variables mecánicas e hidráulicas de los ensayos realizados a ambas unidades, donde se puede apreciar que la variación de nivel de espejo del embalse no excede $\pm 1\%$. Resumen de los resultados se muestran en la Tabla 13.


| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 24 de 32 |

| CH DIGUA | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-----------------------|-----------------|----------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|------------------------|
| PRUEBA DE POTENCIA MAXIMA [MW] | | | | | | | | | |
| Condición Operacional | Caudal | Posicion Distribuidor | Presion Tubería | Presión Caja Espiral | Altura Bruta | Cota Embalse | | | Cota Nivel de Descarga |
| | m3/s | % | bar | bar | mts | Promedio m.s.n.m | Máximo m.s.n.m | Mínimo m.s.n.m | m.s.n.m |
| Unidad 1 | 15,19 | 96,53 | 3,70 | 3,64 | 38,928 | 330,309 | 330,281 | 330,225 | 291,382 |
| Unidad 2 | 17,83 | 96,54 | 3,67 | 3,66 | 38,559 | 329,845 | 329,822 | 329,766 | 291,286 |
| Ambas Unidades (U1) | 29,93 | 97,65 | 3,53 | 3,51 | 38,067 | 329,632 | 329,733 | 329,535 | 291,565 |
| Ambas Unidades (U2) | | 95,48 | 3,53 | 3,53 | | | | | |

Tabla 13. Variables Mecánicas / Hidráulicas.

6 Referencias.

- 9183104_A Manual de Operación y Mantenimiento Automatización y SCADA.
- GD360014-en Datasheet PW 1600-I7D14 Digua.
- Datos Obtenidos Directamente desde Sistema de Automatización SCADA modelos SCALA 250 de ANDRITZ Hydro.
- Anexo N°1; Datos Unidad 1 y Unidad 2 extraídos desde equipo SCADA de Ch Digua.
- Anexo N°2, Datos obtenidos desde Medidores ION 9200 de cada Unidad.
- Anexo N°3 “Consumos de Servicios Auxiliares”
- Anexo N°4 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta”
- Anexo N°5 “Diagrama PQ del Generador”

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 25 de 32 |

7 Conclusiones.

Dado las condiciones hídricas de bajo nivel del embalse, producto de la temporada de riego, las pruebas de Potencia Máxima entregaron resultados acorde al comportamiento teórico del rodete de baja altura, visualizado en las curvas de la colina como se muestra en anexo N°4 en Figura 5; por lo que, se puede extrapolar que bajo condiciones nominales de Caudal en $15,0 [m^3/s]^2$, Altura Neta de 73 [m], y rodete de Alta Altura, se obtendría al menos una potencia máxima Nominal de 10 [MW] por unidad, por lo tanto, al disponer de condiciones nominales, la potencia máxima sería de al menos 10 [MW] para cada unidad generadora, como se visualiza teóricamente en Anexo N°5, Figura 7. Sumando una potencia máxima total para ambas Unidades de al menos 20 [MW] para la central Digua.


Los resultados de potencia máxima de cada una de las unidades sometidas a ensayos arrojaron una potencia promedio para cada condición de servicio explicada en este informe, las diferentes potencias obtenidas para rodete de baja altura se indican en la siguiente tabla resumen;

| Descripción del Ensayo | Valor Promedio (MW) | Valor Máximo (MW) | Valor Mínimo (MW) | Diferencia Porcentual |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Potencia Bruta U1 (Unidad 2 servicio aprox. 50%) | 4,598 | 4,614 | 4,584 | 2,60% |
| Potencia Bruta U2 (Unidad 2 servicio aprox. 50%) | 4,490 | 4,558 | 4,400 | 0,26% |
| Potencia Bruta U1 (ambas a plena carga) | 4,222 | 4,320 | 3,845 | -6,07% |
| Potencia Bruta U2 (ambas a plena carga) | 4,101 | 4,288 | 3,586 | -9,22% |

Tabla 14. Resultados de Potencia Máxima.

Potencia Eléctrica Máxima Teórica de 4,48 [MW], estimada de curva colina.

² No se ha utilizado el caudal nominal de la central en las pruebas de potencia máxima, dado que en ese momento se necesitaban 28 $[m^3/s]$ para cumplir las necesidades de riego.

| | | | |
|---|---|-----------------|----------------------|
|  | PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA UNIDADES CH DIGUA | Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Fecha | 12/02/2021 |
| | | Páginas | 26 de 32 |

La Potencia Eléctrica Máxima Teórica estimada desde Curva de colina, considera la Potencia máxima mecánica Teórica obtenida desde la Curva de Colina para rodete de baja altura, entrando a la tabla con la altura bruta medida y el caudal medido con la instrumentación instalada, multiplicada por la eficiencia de la turbina obtenida de la curva de colina y multiplicada por la eficiencia del generador.

| Modificación Nº | Modificación Pagina (s) | Descripción de la Modificación | Fecha |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|-------|
| | | | |
| | | | |

8 Anexo N°1 “Datos U1 y U2 extraídos desde SCADA.

Los datos se adjuntan al presente documento.

9 Anexo N°2 “Datos descargados Medidores U1 y U2”.

Los datos se adjuntan al presente documento.

10 Anexo N°3 “Consumos de los Servicios Auxiliares”.

Los datos se adjuntan al presente documento.

| | |
|----------|----------------------|
| Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| Revisión | 1 |
| Fecha | 12/02/2021 |
| Páginas | 27 de 32 |

11 Anexo N°4 “Diagrama Colina Rodete Altura Baja y Curva Eficiencia Turbina”

Digua (Low Head Runner)
Expected Prototype Hillchart

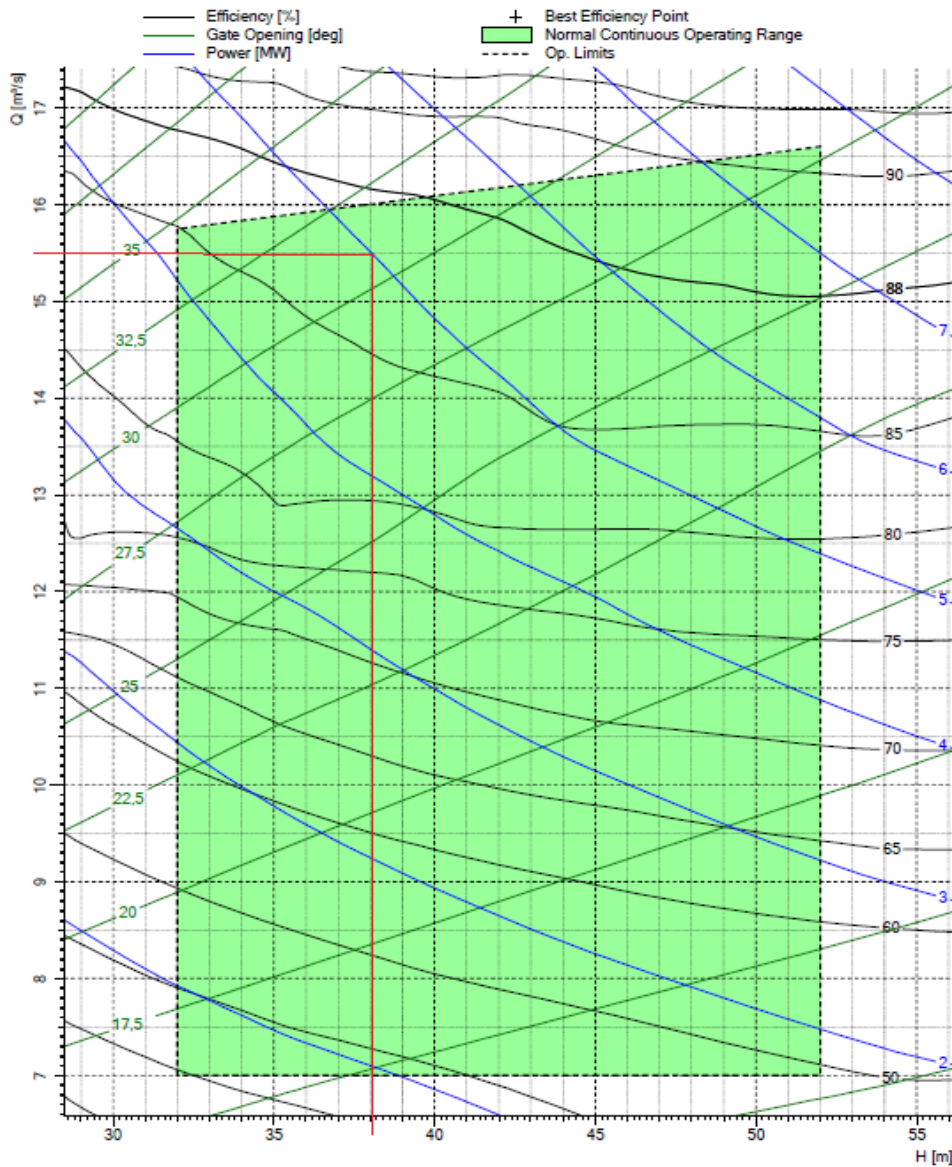


Figura 5. Diagrama Colina Rodete Altura Baja.

Curva de Eficiencia Entregada por el Fabricante

| ALTURA NETA Hn (m) | POTENCIA P (MW) | CAUDAL Q (m3/s) | RENDIMIENTO η (%) |
|---|--------------------|--------------------|----------------------|
| 11= 107,39 m. | 12,96 | 13,20 | 93,29 |
| Altura neta con una unidad en operación, condición en la cual se realizarán las pruebas de rendimiento. | 12,46 | 12,65 | 93,62 |
| | 11,98 | 12,11 | 93,97 |
| | 11,46 | 11,56 | 94,33 |
| | 10,87 | 10,98 | 94,14 |
| | 10,20 | 10,35 | 93,73 |
| | 9,53 | 9,72 | 93,15 |
| | 9,27 | 9,50 | 92,86 |
| | 8,77 | 9,05 | 92,13 |
| | 7,22 | 7,65 | 89,75 |
| | 7,05 | 7,50 | 89,30 |
| | 5,29 | 6,13 | 82,07 |
| | 3,99 | 5,00 | 75,98 |
| | 3,70 | 4,74 | 74,22 |
| | 2,27 | 3,37 | 63,97 |
| | 0,83 | 2,17 | 36,34 |
| - | - | - | |
| Apertura en vacío | 1,38 | - | |

Figura 6. Curva de Eficiencia.

| | |
|----------|----------------------|
| Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| Revisión | 1 |
| Fecha | 12/02/2021 |
| Páginas | 29 de 32 |

12 Anexo N°5 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta y Curva Eficiencia Turbina”

Digua (Main Runner)
Expected Prototype Hillchart

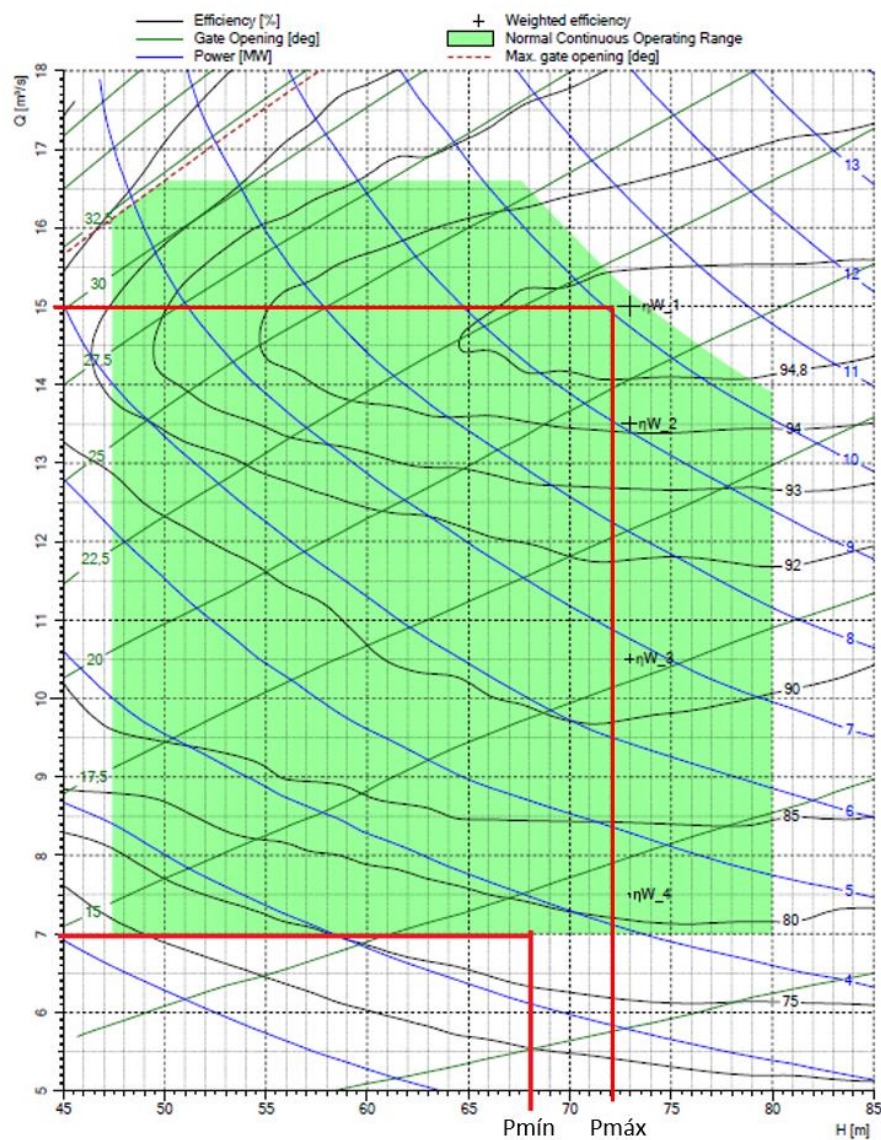


Figura 7. Diagrama Colina Rodete Altura Alta.

| ALTURA NETA Hn (m) | POTENCIA P (MW) | CAUDAL Q (m3/s) | RENDIMIENTO η (%) |
|---|--------------------|--------------------|---------------------------|
| -11= 107,39 m. | 12,96 | 13,20 | 93,29 |
| Altura neta con una unidad en operación, condición en la cual se realizarán las pruebas de rendimiento. | 12,46 | 12,65 | 93,62 |
| | 11,98 | 12,11 | 93,97 |
| | 11,46 | 11,56 | 94,33 |
| | 10,87 | 10,98 | 94,14 |
| | 10,20 | 10,35 | 93,73 |
| | 9,53 | 9,72 | 93,15 |
| | 9,27 | 9,50 | 92,86 |
| | 8,77 | 9,05 | 92,13 |
| | 7,22 | 7,65 | 89,75 |
| | 7,05 | 7,50 | 89,30 |
| | 5,29 | 6,13 | 82,07 |
| | 3,99 | 5,00 | 75,98 |
| | 3,70 | 4,74 | 74,22 |
| | 2,27 | 3,37 | 63,97 |
| | 0,83 | 2,17 | 36,34 |
| - | - | - | |
| Apertura en vacío | 1,38 | - | |

Figura 8. Curva Eficiencia Turbina.

| | |
|----------|----------------------|
| Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| Revisión | 1 |
| Fecha | 12/02/2021 |
| Páginas | 31 de 32 |

13 Anexo N°6 “Diagrama PQ del Generador y Curva Eficiencia del Generador”

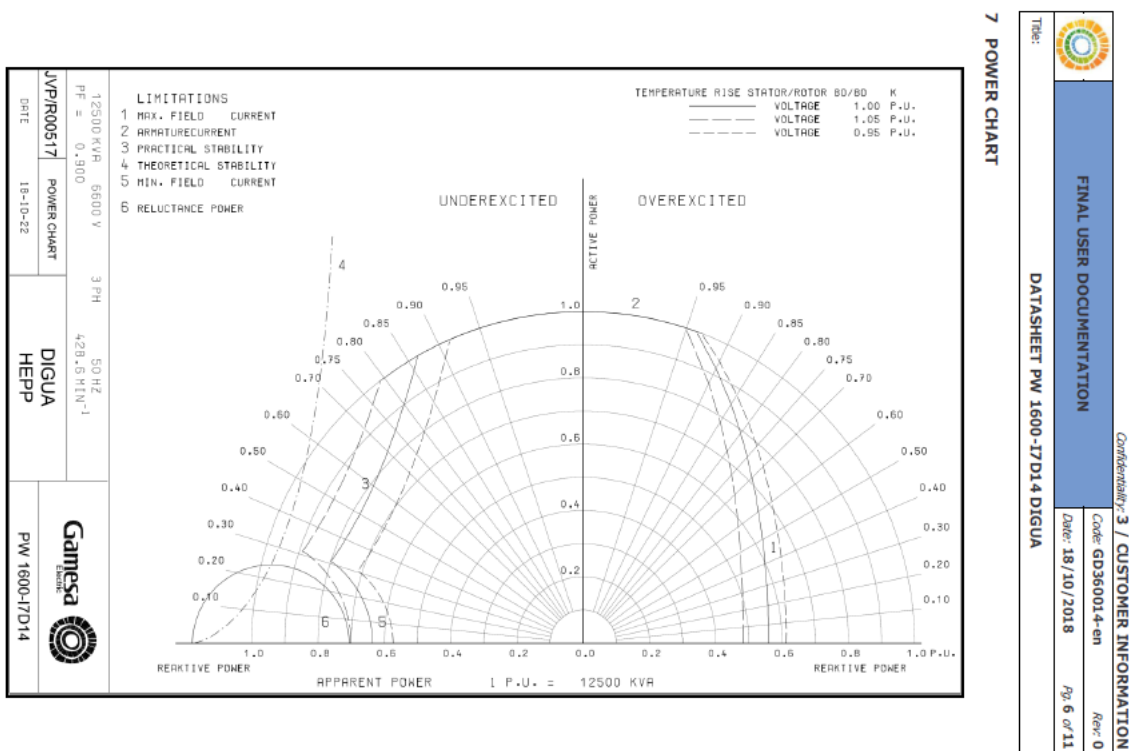



Figura 9. Diagrama PQ del Generador.



**PRUEBAS DE POTENCIA MAXIMA
UNIDADES CH DIGUA**

| | |
|----------|----------------------|
| Código | 831-OP-BSER-INFT-001 |
| Revisión | 1 |
| Fecha | 12/02/2021 |
| Páginas | 32 de 32 |

Confidentiality: 3 / CUSTOMER INFORMATION

| | | | |
|---|---------------------------------|-------------------|-------------|
|  | FINAL USER DOCUMENTATION | Code: GD360014-en | Rev: 0 |
| | | Date: 18/10/2018 | Pg: 7 of 11 |
| Title: DATASHEET PW 1600-17D14 DIGUA | | | |

8 EFFICIENCY CURVES

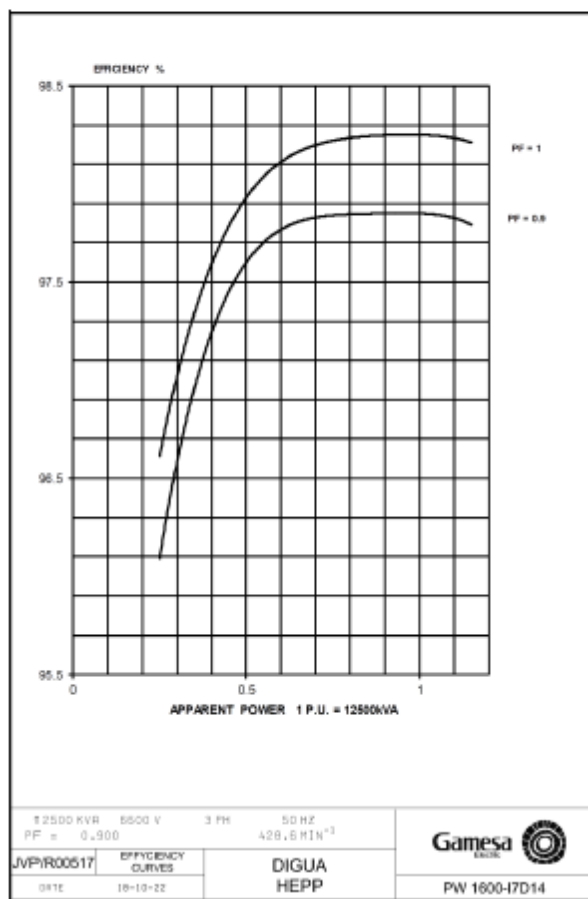


Figura 10. Curva Eficiencia del Generador.