

INFORME
POTENCIA MÁXIMA: CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR

CONTROL

ELABORADO	REVISADO	APROBADO
Alejandro José Hirschfeld Bocija	Adrián Alarcón Alberto Churio	Victor Navarrete

Se dispone del original firmado, custodiado por **ACCIONA**.

INFORME DE POTENCIA MÁXIMA
EN UNIDADES GENERADORAS
CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA.
(Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

INFORME
POTENCIA MÁXIMA: CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR
REGISTRO DE CAMBIOS

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
00	10/09/2020	Versión Inicial

ÍNDICE

TÍTULO	PÁG
1. OBJETO	2
2. ALCANCE	2
3. DISEÑO E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR	3
3.1. Diagrama Unilineal de la Subestación y Parque Eólico Tolpán Sur	3
3.2. Diagrama Unilineal de la Red Colectora	3
4. AEROGENERADOR	4
4.1. Especificaciones Técnicas de los Aerogeneradores	4
4.2. Límite de Operación en régimen Permanente	5
4.3. Límite de Operación en Régimen transitorio: Perturbaciones Transitorias de Tensión	6
4.4. Límite de Operación en Régimen Transitorio: Inyección de Potencia Activa y Reactiva en Transitorios de Tensión	7
4.5. Límite de Operación en Régimen Transitorio: Inyección de Potencia Activa y Reactiva en Transitorios de Tensión	7
4.6. Modo de Control de Potencia Reactiva	7
4.7. Modo de Control de Potencia Activa y Potencia/Frecuencia	8
5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR (NETA)	8
5.1. Metodología de Determinación de LA POTENCIA MÁXIMA de Planta (BRUTO)	9
5.2. Cálculo de Pérdidas Asociadas al Transformador de Subestación	9
5.3. Cálculo de Perdidas Asociadas a la red de Media Tensión (33 kV)	11
5.4. Consumo de Servicios Auxiliares del Parque Eólico Tolpán Sur	13
5.5. Consumos de Servicios Auxiliares en los Aerogeneradores del Parque Eólico Tolpán Sur	15
5.6. Cálculo de Mínimo Técnico (Bruto) del Parque Eólico Tolpán Sur	15
6. CONCLUSIONES	16
7. BIBLIOGRAFÍA	16

1. OBJETO

El presente documento tiene como propósito determinar la Potencia Máxima de Operación del parque eólico Tolpán Sur y proporcionar la información técnica de los aerogeneradores del proveedor Nordex-Acciona WindPower modelo AW 3000, de potencia nominal 3MW, que componen el parque eólico Tolpán Sur. Esto, con el objeto de justificar los valores obtenidos, los cuales son requeridos de acuerdo a los anexos técnicos y norma técnica vigente a la fecha de entrada en servicio del proyecto.

2. ALCANCE

La información y documentos proporcionada se encuentra asociada únicamente al parque eólico Tolpán Sur y al aerogenerador AW3000 fabricado por Nordex-Acciona WindPower de acuerdo a los requerimientos del anexo técnico *“Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”*. Dicho documento requiere la siguiente información:

- Antecedentes técnicos de diseño.
- Recomendaciones del fabricante y antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares características.

- Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis.
- Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la precisión de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor de potencia activa.
- Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado.

3. DISEÑO E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR

3.1. DIAGRAMA UNILINEAL DE LA SUBESTACIÓN Y PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR

A continuación, se muestra el diagrama unilineal de la subestación del parque eólico Tolpán Sur:

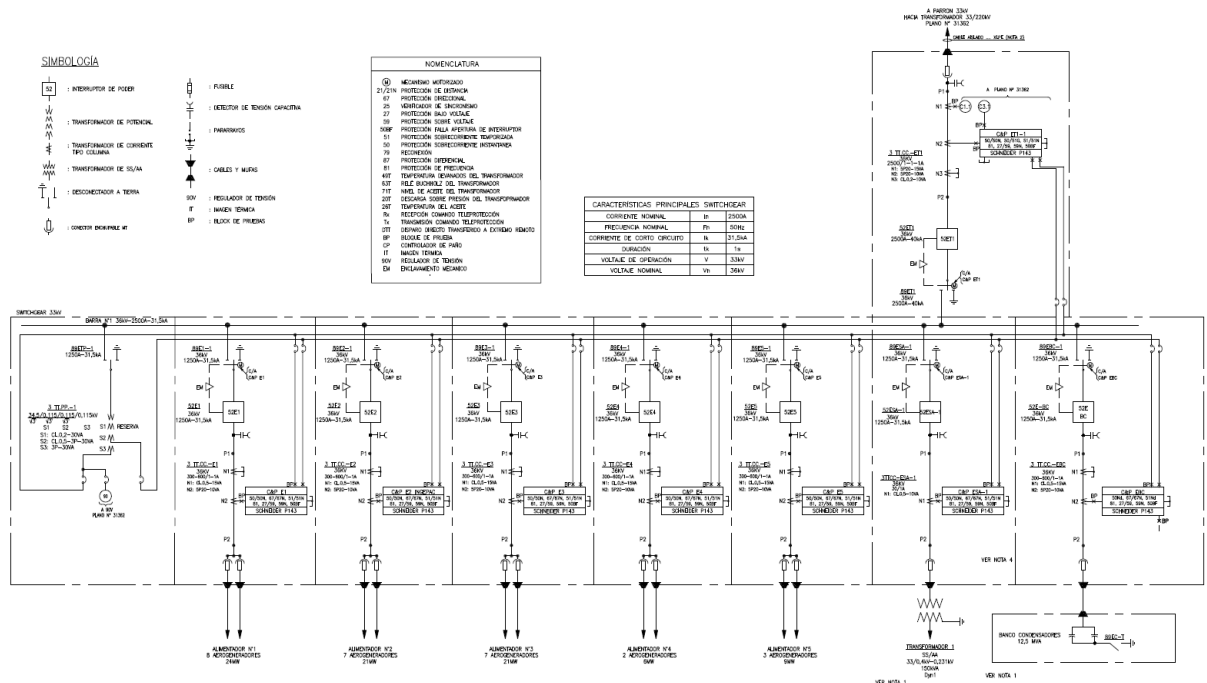


Figura 3.1: Diagrama unilineal de subestación de Tolpán Sur [1].

3.2. DIAGRAMA UNILINEAL DE LA RED COLECTORA

El parque eólico Tolpán sur compuesto por 28 aerogeneradores modelo AW3000, de potencia nominal de 3MW, fabricados por Nordex-Acciona Windpower. Dado lo anterior, la potencia instalada total asciende a 84 MW. Los aerogeneradores se conectan a una red colectora de 33 kV, mediante 5 circuitos, los cuales unen en una barra colectora y esta a su vez se conecta a un transformador elevador de 220/33 kV. La barra de 220 kV de S/E Tolpán Sur se conecta al sistema a mediante una línea aérea de 220 kV (doble circuito) de 33,08 km de distancia, seguida de un tramo soterrado de 0,17 km que conecta con el patio de mufas de S/E Mulchén 220 kV.

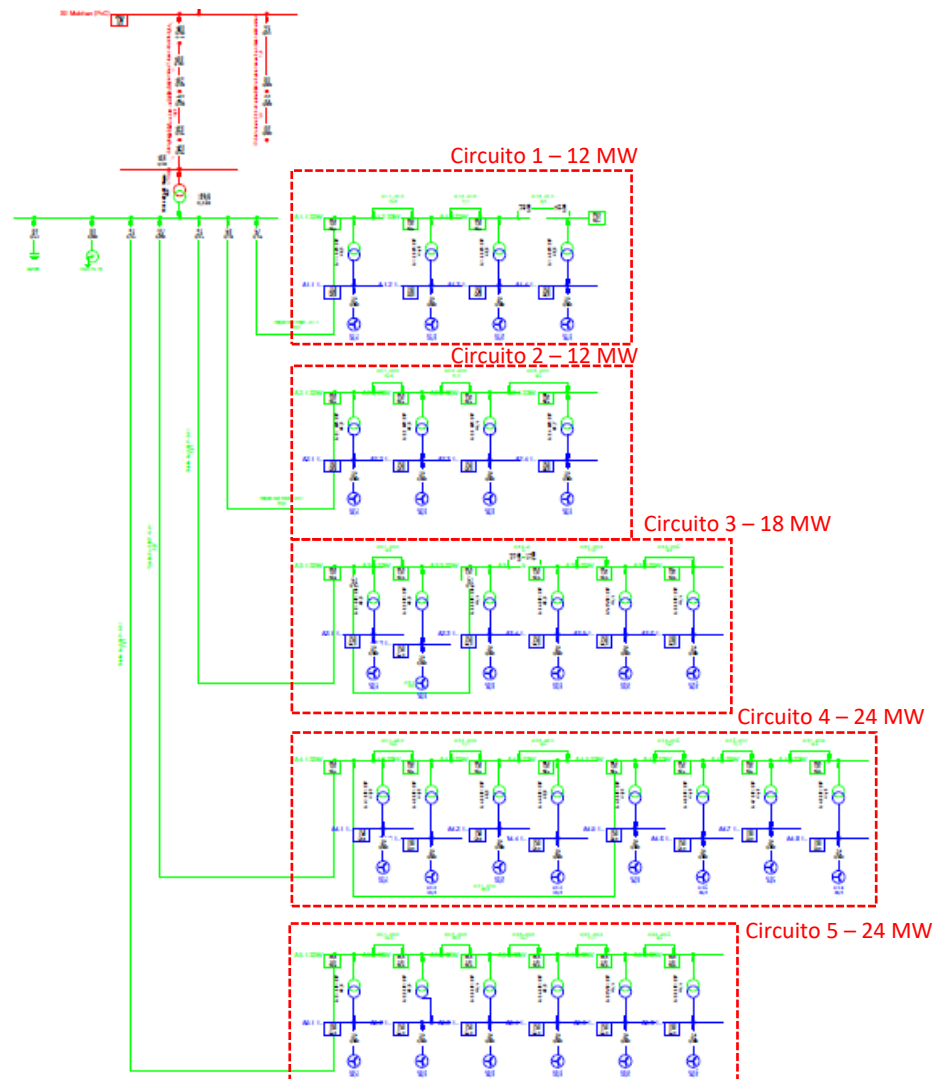


Figura 3.2: Diagrama unilineal de la red del parque eólico Tolpán Sur.

4. AEROGENERADOR

4.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AEROGENERADORES

Las turbinas instaladas en el proyecto son modelo AW3000, de potencia nominal 3 MW, fabricadas por Nordex-Acciona WindPower. El generador eólico utiliza la tecnología Tipo 3 o DFIG (del inglés, Doubly-Fed Induction Generator”) un generador de inducción doblemente alimentada, controlada electrónicamente por las corrientes de alimentación del rotor. La tensión nominal del estator es de 12 kV (línea) y la potencia de generación (activa y reactiva) se controla por medio de las corrientes del rotor.

Las corrientes que alimentan al rotor son producidas por un convertidor electrónico de conmutación forzada formado por interruptores de potencia, tipo IGBT. El equipo de potencia se alimenta a 690 V y los servicios auxiliares a 400 v utilizando un transformador de tres devanados, 12/0,69/0,4 kV.

INFORME

POTENCIA MÁXIMA: CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR

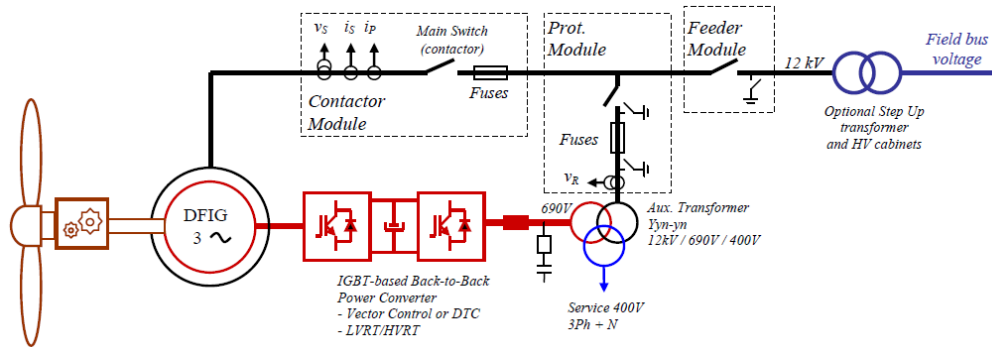


Figura 4.1: Diagrama de componentes del aerogenerador AW3000 [2].

Característica / Feature	Nominal / Rated
Tensión de línea / Line Voltage	12000 VAC
Frecuencia de red / Grid Frequency	50/60 Hz
Potencia activa / Active Power ⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	3000 kW
Potencia Reactiva / Reactive power ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾	1200 kVAr

Tabla 4.1: Características nominales del aerogenerador AW3000 [2].

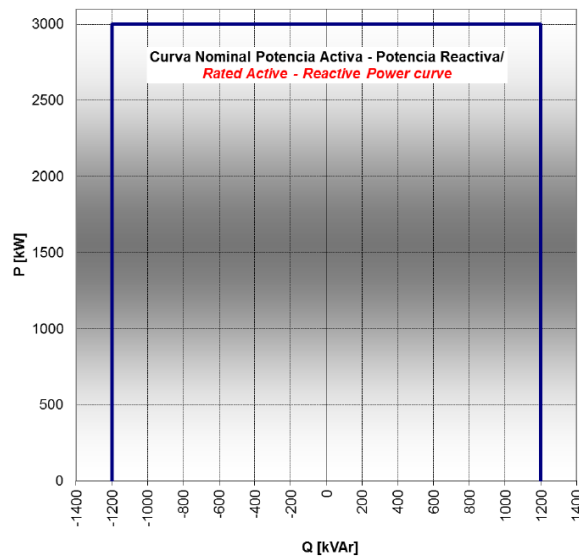


Figura 4.2: Curva de capacidad de reactiva nominal del aerogenerador modelo AW3000 [2].

4.2. LÍMITE DE OPERACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE

El aerogenerador AW3000 es capaz de operar fuera de los márgenes nominales definidos en el apartado 4.1 (Figura 4.2). En la tabla a continuación, se presentan los valores máximos y mínimos, de tensión y frecuencia en los que la turbina es capaz de operar de forma permanente.

Característica / Feature	Valor / Value
Máxima tensión de línea / Line maximum voltage	Un+10% (13200V)
Mínima tensión de línea / Line minimim voltage	Un - 10% (10800V)
Frecuencia máxima de red / Maximum grid frequency	
- Versión 50 Hz / 50 Hz version	53
- Versión 60 Hz / 60 Hz version	63.6
Frecuencia mínima de red / Minimum grid frequency	
- Versión 50 Hz / 50 Hz version	47
- Versión 60 Hz / 60 Hz version	56.4

Tabla 4.2: Límites de operación de tensión y frecuencia del aerogenerador AW3000 [2].

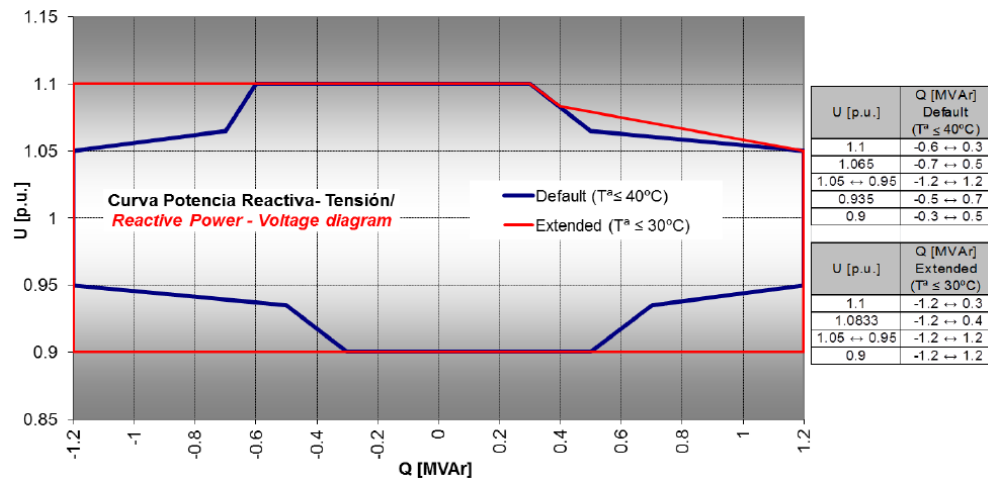


Figura 4.3: Curva característica de potencia reactiva-tensión del aerogenerador AW3000 [2].

En la Figura 4.3 se presenta el rango de potencia reactiva disponible en función de la tensión local del aerogenerador (bornes 12 kV) y la potencia nominal. Al superar una desviación del 5% de la tensión nominal, comienza a evidenciarse una reducción de la capacidad. Agregado a esto, en el caso de estar a una temperatura ambiente igual o inferior a 30 °C se evidencia una extensión de la capacidad.

4.3. LÍMITE DE OPERACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO: PERTURBACIONES TRANSITORIAS DE TENSIÓN

Acorde al artículo 3-7 de la NTSyCS, el aerogenerador debe permanecer conectado a la red durante las fallas y seguido de ellas.

El aerogenerador AW3000 incluye, de manera estándar, diversos dispositivos específicos para poder soportar huecos de tensión o sobretensiones de la red eléctrica. Opcionalmente, se pueden añadir componentes específicos que permiten extender la capacidad del aerogenerador para superar perturbaciones de tensión. El sistema está diseñado para daptarse y así poder cumplir con los requerimientos de la normativa vigente. La opción de capacidad extendida es dependiente de la configuración de la red paqruie y por lo tanto solo está disponible tras un análisis caso a caso mediante estudios de simulación.

Después de una falta, el control establece la operación normal en unos pocos segundos después de haber contribuido a reestablecer la tensión.

El aerogenerador AW3000 está diseñada para poder trabajar en condiciones estacionarias con una sobretensión del 10% con respecto a la nominal. Por encima de este límite, el calor de la sobretensión admitido depende de la duración del mismo.

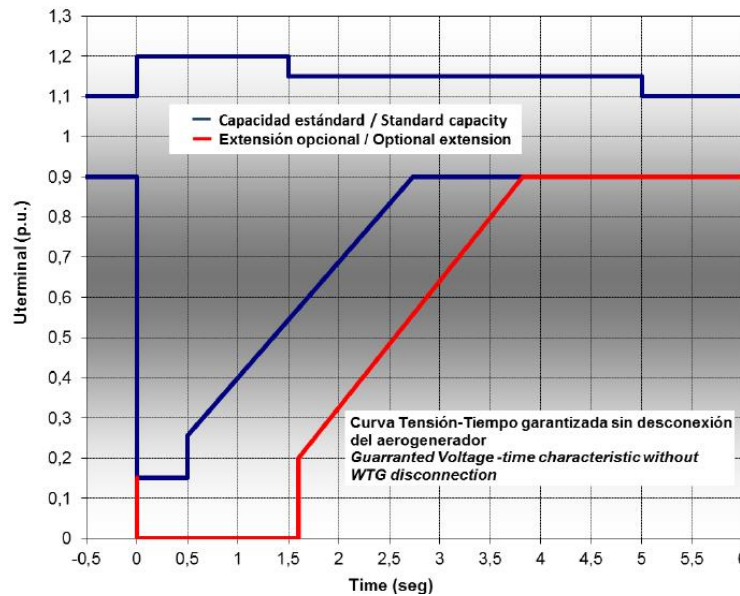


Figura 4.4: Característica tensión-tiempo (régimen transitorio) en bornes de 12 kV del aerogenerador AW3000 [2].

4.4. LÍMITE DE OPERACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO: INYECCIÓN DE POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA EN TRANSITORIOS DE TENSIÓN

La capacidad de inyección de corriente reactiva para el soporte de la tensión durante transitorios de la misma depende de los siguientes factores:

- Nivel de tensión remanente.
- Tipo de falta y su asimetría.
- Tiempo de control requerido.

Dicha inyección de corriente reactiva durante la falta es parametrizable, y puede ser ajustada dependiendo de las condiciones exigidas en cada emplazamiento.

4.5. LÍMITE DE OPERACIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO: INYECCIÓN DE POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA EN TRANSITORIOS DE TENSIÓN

Los límites de frecuencia en operación se han definido en la Tabla 4.2. Dentro de dicho rango, el tiempo en el cual el aerogenerador es capaz de mantener su operación depende de la tensión de la red. Para cada caso, se puede parametrizar o ajustar los valores para obtener un comportamiento deseado.

4.6. MODO DE CONTROL DE POTENCIA REACTIVA

La potencia reactiva intercambiada con la red puede ser controlada en tiempo real mediante el convertidor de frecuencia dentro de los límites definidos en los apartados anteriores. Este control puede ser local al aerogenerador (consigna fija de tensión, potencia reactiva o factor de potencia) o remoto. El control remoto exige la instalación de un control de planta para el parque (SGCS), y permite implementar a nivel de subestación distintos controles de reactiva, y los más comunes son:

- Control de la tensión de parque en el punto de medida del SGCS.
- Control de factor de potencia en parque en el punto de medida del SGCS.
- Control de potencia reactiva en parque en el punto de medida del SGCS.

4.7. MODO DE CONTROL DE POTENCIA ACTIVA Y POTENCIA/FRECUENCIA

Dentro del rango nominal de frecuencia definido en la Tabla 4.2, se dispone de controles de potencia activa y frecuencia a nivel de parque. Estos controles se deben solicitar al fabricante, son configurables, y pueden ser utilizados para cumplir con las exigencias normativas tales como control de frecuencia, de limitación de potencia, rampa y etc.

En función de la consigna de potencia activa recibida del operador, el SGCS establece la consigna de cada uno de los aerogeneradores, variando el nivel de potencia con el objetivo de ajustar la potencia medida en el punto de conexión e incluso ordena arrancar o parar los aerogeneradores. El arranque o detención de los aerogeneradores, se emplea para asegurar en todo momento la capacidad de variación de potencia activa, con consigna de potencia desde SGCS.

De acuerdo con lo indicado por el fabricante, cuando el nivel de potencia activa demandada a los aerogeneradores es igual o inferior al 10% de la potencia disponible de aquellos que se encuentran en marcha, el SGCS comienza a dar la orden de detención a los aerogeneradores necesarios para ampliar el margen de regulación de potencia activa. Del mismo modo, cuando la potencia es igual al 80% de la potencia disponible de los aerogeneradores en marcha, comienza a dar orden de arranque a los aerogeneradores que pudiesen estar detenidos.

La estrategia combinada de consigna de potencia y ordenes de parada/arranque por parte del control de planta (SGCS) a los aerogeneradores (programación implementada por el fabricante para evitar daños a las turbinas y realizar las acciones de regulación de potencia).

5. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR (NETA)

Para determinar la potencia máxima neta de la planta en barras de 220 kV de la S/E Tolpán, se toma en consideración el día 30/08/2020 (durante las 7:00:00 y las 9:00:00), en el cual la planta se encuentra limitada a su valor nominal de 84 MW. Se selecciona este período porque es cuando se ha generado la mayor potencia desde la energización de la planta. Es pertinente agregar que uno de los aerogeneradores de la planta se encuentra desde hace varios días en mantenimiento por lo que la potencia medida en PoC no es la máxima que puede entregar la planta en el punto de conexión. Durante el mismo se obtiene la siguiente producción en PoC, con datos recabados del SCADA de la planta:

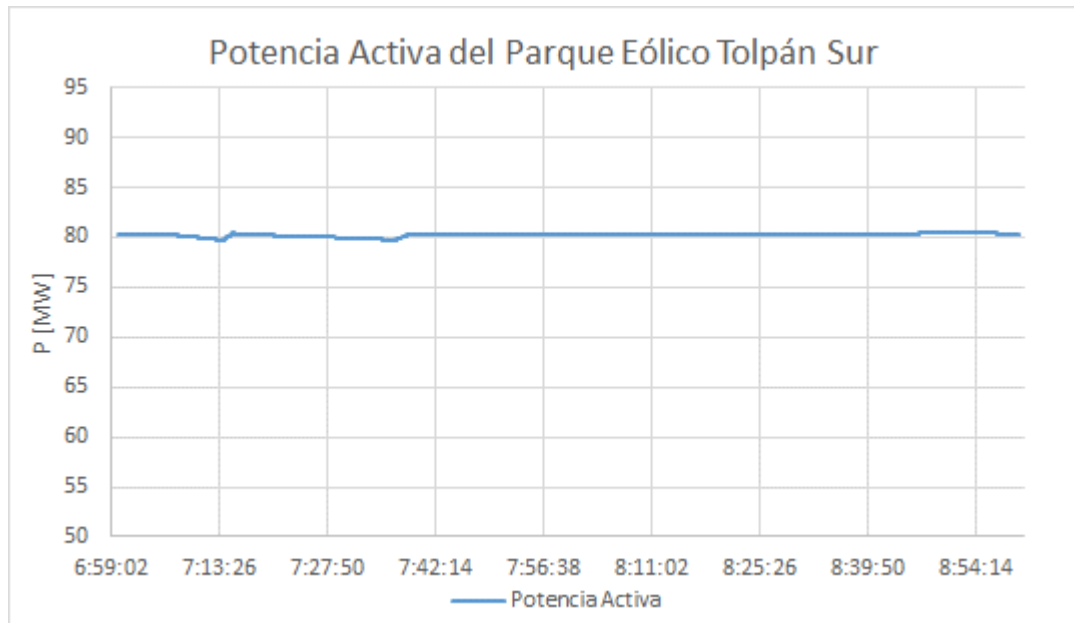


Figura 5.1: Gráfico de potencia activa del parque eólico Tolpán Sur – fecha de realización 30/08/2020-.

Para poder determinar la potencia máxima neta en barras de 220 kV de la subestación, se procede a realizar una simulación de flujos de potencia sobre la base de datos modelada por el software PowerFactory de DigSilent [3], esta es la base de datos utilizada para elaborar los informes de comprobación del modelo dinámico contra las pruebas de campo de la planta.

5.1. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DE PLANTA (BRUTO)

El parque eólico Tolpán Sur está conformado por 28 aerogeneradores modelo AW3000 de potencia nominal 3 MW, fabricados por Acciona Windpower acorde a lo indicado en apartado 3.2.

Para determinar la potencia máxima de generación del campo eólico de la planta, se toma en cuenta los componentes que introducen pérdidas a la potencia generada por el parque eólico tales como:

- Red de media tensión, compuesta por 5 circuitos de cable subterráneo de 33 kV, en el cual se transmite la energía generada por cada estación de potencia a la barra colectora de 33 kV.
- Transformador elevador de 220/33 kV.
- Servicios Auxiliares de planta.
- Servicios Auxiliares de aerogeneradores.

Para poder calcular las pérdidas de los elementos anteriormente nombrados, y poder obtener la potencia máxima bruta de la planta se procede a considerar la simulación de flujos de potencia sobre la base de datos modelada [3] en el software PowerFactory de DigSilent.

5.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS ASOCIADAS AL TRANSFORMADOR DE SUBESTACIÓN

Considerando la simulación del flujo de potencia nombrada en el punto 5.1 se pueden determinar las pérdidas de potencia asociadas al transformador elevador de 220/33 kV, restando la potencia recibida por la barra colectora de 33 kV y la entregada a la salida del transformador en su lado de 220 kV, estas magnitudes se **destacan** en la siguiente figura Figura 5.4.

La modelación del transformador elevador consideró los datos ingresados en la plataforma infotécnica del coordinador eléctrico nacional. La configuración del transformador en la base de datos de PowerFactory y la placa de datos del transformador se puede observar en las siguientes figuras:

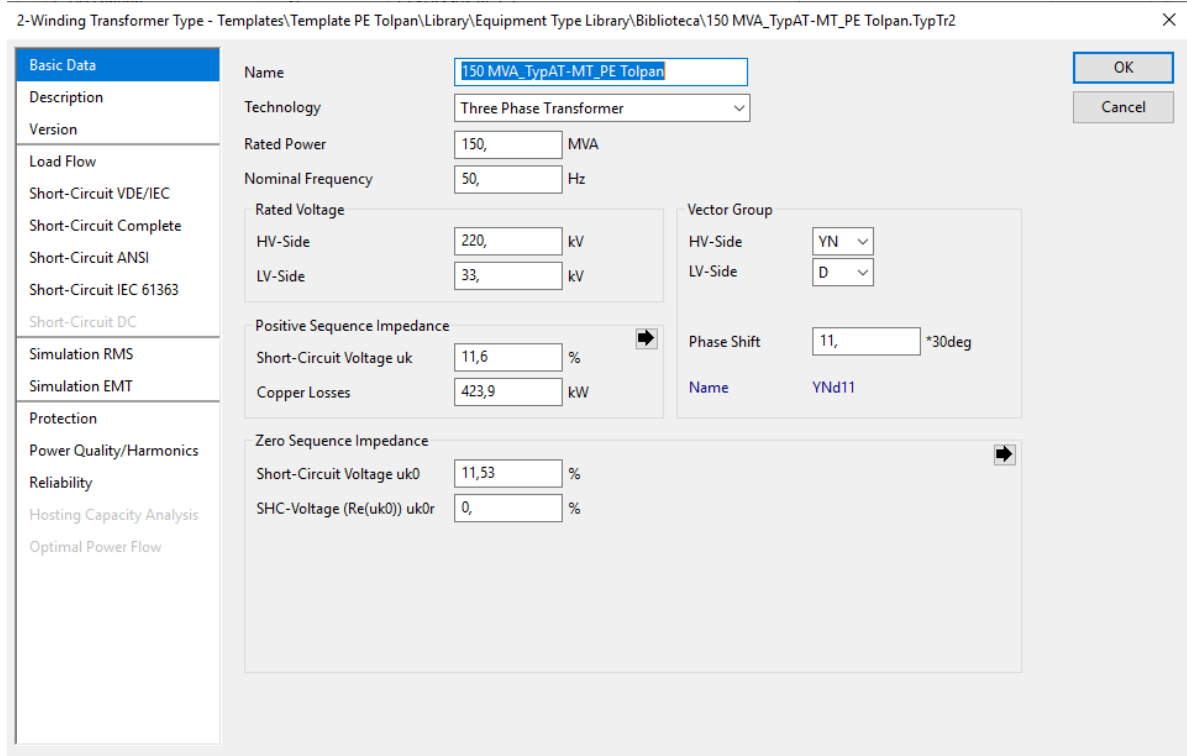


Figura 5.2: Modelado del transformador elevador de 220/33 kV del parque eólico Tolpán Sur [3].

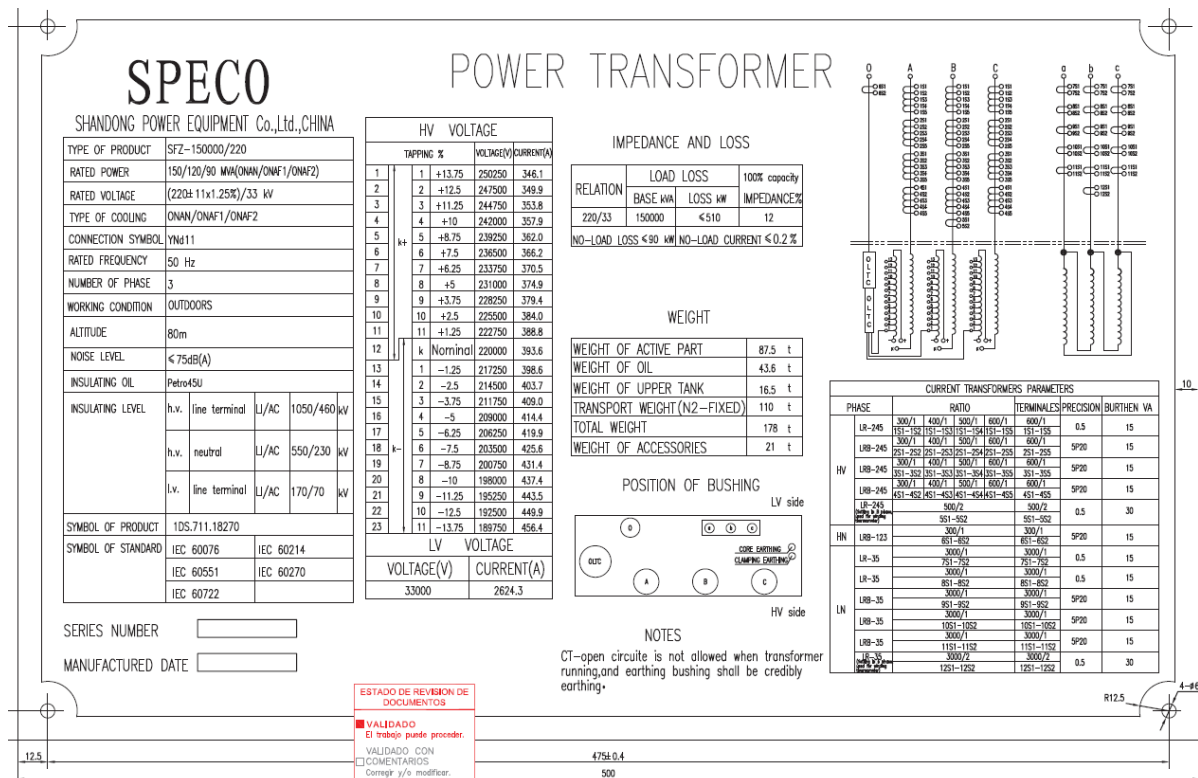


Figura 5.3: Placa de características del transformador elevador de 220/33 kV del parque eólico Tolpán Sur [4].

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA. (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

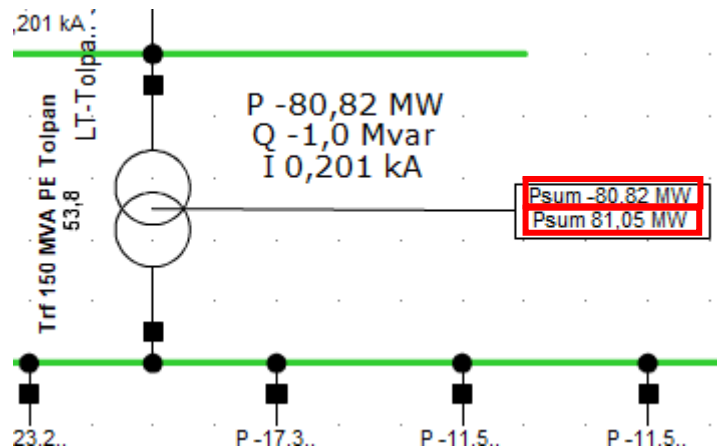


Figura 5.4: Cálculo de flujo de potencia en la línea de transmisión de 220 entre S/E Tolpán Sur y S/E Mulchén [3].

$$\begin{aligned}
 \text{Perdidas transformador elevador } 220/33\text{kV} &= P_{\text{bornes } 220 \text{ kV,trafo}} - P_{\text{bornes } 33 \text{ kV,trafo}} \\
 &= 80,82 \text{ MW} - 81,05 \text{ MW} = 232 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

5.3. CÁLCULO DE PERDIDAS ASOCIADAS A LA RED DE MEDIA TENSIÓN (33 KV)

Para poder calcular las pérdidas asociadas a la red de media tensión de 33 kV del parque eólico Tolpán Sur, se procedió a realizar una simulación de flujos de potencia sobre la base de datos modelada [3] en el software PowerFactory de DigSilent. Tomando la base de datos nombrada anteriormente, se impuso el mínimo técnico determinado por medidas de campo en POC, para establecer a la planta en la situación presentada en el apartado 0.

Parameter	Value
Name	Hentong Type 240mm2
Rated Voltage	33, kV
Rated Current (in ground)	0,515 kA
Rated Current (in air)	0,515 kA
Cable / OHL	Cable
System Type	AC
Phases	3
Number of Neutrals	0
Nominal Frequency	50, Hz
AC-Resistance R'(20°C)	0,125 Ohm/km
AC-Resistance R0'	1,25 Ohm/km
Reactance X'	0,118 Ohm/km
Reactance X0'	0,069 Ohm/km

Line Type - Templates\Template PE Tolpan\Libray\Equipment Type Library\Biblioteca\Hentong Type 500mm2-.TypLne

Basic Data	Name	Hentong Type 500mm2		OK
Description	Rated Voltage	33	kV	Cancel
Version	Rated Current	0,775	kA (in ground)	Rated Current (in air) 0,775 kA
Load Flow	Cable / OHL	Cable		
Short-Circuit VDE/IEC	System Type	AC	Phases 3	Number of Neutrals 0
Short-Circuit Complete	Nominal Frequency	50 Hz		
Short-Circuit ANSI	Parameters per Length 1,2-Sequence		Parameters per Length Zero Sequence	
Short-Circuit IEC 61363	AC-Resistance R'(20°C)	0,0605	Ohm/km	AC-Resistance R0' 1,18 Ohm/km
Short-Circuit DC	Reactance X'	0,106	Ohm/km	Reactance X0' 0,058 Ohm/km
Simulation RMS				
Simulation EMT				
Protection				
Cable Analysis				
Power Quality/Harmonics				
Reliability				
Hosting Capacity Analysis				
Optimal Power Flow				

Line Type - Templates\Template PE Tolpan\Libray\Equipment Type Library\Biblioteca\Hentong Type 630mm2 TypLne

Basic Data	Name	Hentong Type 630mm2		OK
Description	Rated Voltage	33	kV	Cancel
Version	Rated Current	0,895	kA (in ground)	Rated Current (in air) 0,895 kA
Load Flow	Cable / OHL	Cable		
Short-Circuit VDE/IEC	System Type	AC	Phases 3	Number of Neutrals 0
Short-Circuit Complete	Nominal Frequency	50 Hz		
Short-Circuit ANSI	Parameters per Length 1,2-Sequence		Parameters per Length Zero Sequence	
Short-Circuit IEC 61363	AC-Resistance R'(20°C)	0,0469	Ohm/km	AC-Resistance R0' 1,17 Ohm/km
Short-Circuit DC	Reactance X'	0,102	Ohm/km	Reactance X0' 0,055 Ohm/km
Simulation RMS				
Simulation EMT				
Protection				
Cable Analysis				
Power Quality/Harmonics				
Reliability				
Hosting Capacity Analysis				
Optimal Power Flow				

Figura 5.5: Modelos del cable subterráneo que permiten evacuar la generación de los aerogeneradores hasta la barra colectora de 33 kV del prauqe eólico Tolpán Sur [3].

De la simulació de flujos de potencia en el software de Digsilent, PowerFactory, tomando el modelo provisto por el fabricante del aerogenerador y considerando el modelado de la red de media tensión de 33 kV; modelando los 5 circuitos de media tensión y los circuitos que conectan los aerogeneradores

Toda copia impresa o informática de este documento, no residente en los sistemas de ACCIONA, es considerada NO CONTROLADA. (Excepto aquellas copias que explícitamente tengan el sello COPIA CONTROLADA en el mismo)

entre sí, se determina la potencia que el parque entrega a la barra colectora de 33 kV (se destaca en rojo la siguiente figura), con lo cual se determinana las pérdidas que genera la red de media tensión.

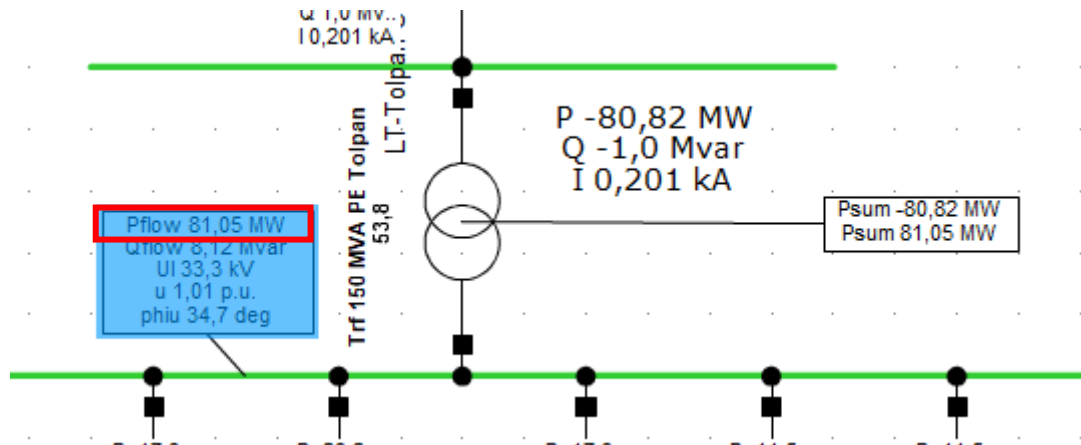


Figura 5.6: Cálculo de flujo de potencia en la barra colectora de 33 kV del praque eólico Tolpán Sur, considerando la modelación de la red de media tensión de 33 kV [3].

De la simulación se aprecia que la generación por el campo eólico total es:

$$\text{Generación Eólica} = 2,930 \text{ MW} * 28 = 82,04 \text{ MW}$$

Por lo que las pérdidas en la red de media tensión resultan ser:

$$\text{Pérdidas red MT} = 82,04 \text{ MW} - 81,05 \text{ MW} = 990 \text{ kW}$$

5.4. CONSUMO DE SERVICIOS AUXILIARES DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR

De acuerdo a lo indicado en la memoria “Memoria de Calculo Dimensionamiento SS/AA S/E Tolpán” [5], se estiman los consumos asociados a los servicios auxiliares de corriente alterna y corriente continua de forma conservadora para considerar el caso más desfavorable. Por lo tanto, las pérdidas por concepto de SS/AA asociadas al querque eólico se presentan en las siguientes tablas de acurdo a lo indicado en [5]:

INFORME
POTENCIA MÁXIMA: CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR

A.- CONSUMO C1, CARGAS PERMANENTES							
SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES							
Paño	Ítem	Descripción	Cant.	Potencia Unitaria (W)	Factor de eficiencia	Potencia Total (W)	Corriente (A)
52JT1 (PAÑO TOLPÁN)	1	Protección 87T	1	40	1	40	0,38
	2	Protección 87L	1	40	1	40	0,38
	3	Protección 21/21N	1	40	1	40	0,38
	4	Protección 51/51N	1	40	1	40	0,38
	5	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	6	Equipo facturación	2	40	1	80	0,75
	7	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	8	Alamas	1	15	1	15	0,14
	9	Otros	1	10	1	10	0,09
	10	Switch de comunicación	1	20	1	20	0,19
	11	Equipos de Teleprotección	1	75	1	75	0,71
	12	Instrumentacion Transformador	1	40	1	40	0,38
	13	90V	1	40	1	40	0,38
	14	Osciloperturbografo	1	45	1	45	0,42
	15	protección Zig-Zag	1	40	1	40	0,38
SWITCHGEAR 33 KV	1	Equipo Proteccion con funcion de control	8	40	1	320	3,01
	2	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	3	Alamas	1	15	1	15	0,14
	4	Otros	1	10	1	10	0,09
CONTROLADOR SS/AA	1	Equipo controlador CP	1	40	1	40	0,38
	2	Switch de comunicación	1	20	1	20	0,19
	3	Relés auxiliares (Global)	1	20	1	20	0,19
	4	Alamas	1	15	1	15	0,14
	5	Otros	1	10	1	10	0,09
ARMARIO SCADA COMUNICACIÓN	1	Concentrador de datos	2	300	1	600	5,65
	2	HMI	1	130	1	130	1,22
	3	Switch comunicacion	2	20	1	40	0,38
	4	Router/Firewall	2	25	1	50	0,47
TOTAL CONSUMO C 1						1875	17,65

Tabla 5.1: Consumos de SS/AA de C.C. de tiempo permanente [5].

Alimentador	CONSUMOS ESENCIALES	kW	Factor de Demanda	kW Total
CA2-1	Cargador de baterías N°1	9,00	0,5	4,50
CA2-2	Cargador de baterías N°2	9,00	0,5	4,50
CA2-3	Alimentación Alumbrado y Calefacción Equipos de Patio	2,85	1	2,85
CA2-4	Alimentación Alumbrado y Calefacción Arm. C&P y Tableros Sala	3,00	1	3,00
CA2-5	Alimentación sistema de seguridad y televigilancia	1,50	1	1,50
CA2-6	Alimentación Alumbrado y Fuerza Tablero Sala Esencial	3,16	1	3,16
CA2-7	Alimentación Alumbrado y Fuerza Tablero Patio Esencial	4,99	1	4,99
CA2-8	Alimentación Aire Acondicionado Esencial	6,00	0,7	4,20
CA2-9	Alimentación Sistema de Deteccion de Incendios	1,00	1	1,00
CA2-10	Alimentación Servicios Grupo Electrógeno	1,00	1	1,00
CA2-11	Alimentación Edificio control parque esencial	10,00	1	10,00
CA2-12	Alimentación Alumbrado y Calef. Switchgear	2,00	1	2,00
CA2-13	Alimentación y Control Ventilacion Transformador N°1	5,00	1	5,00
CA2-14	Alimentación CTBC Transformador N°1	2,00	1	2,00
CA2-15	Alimentación Motor Desconectador	5,70	1	5,70
CA2-16	Reserva	0,00	0	0,00
CA2-17	Reserva	0,00	0	0,00
CA2-18	Reserva	0,00	0	0,00
CA2-19	Reserva	0,00	0	0,00
TOTAL CONSUMO				55,4

Tabla 5.2: Consumos de SS/AA de C.A. y C.C. asociados a la barra de servicios esenciales del parque eólico Tolpán Sur [5].

Alimentador	CONSUMOS NO ESENCIALES	kW	Factor de Demanda	kW
				Total
CA1-1	Tablero de alumbrado y Fuerza Sala No Esencial	2,59	1	2,59
CA1-2	Tablero de alumbrado y Fuerza Patio No Esencial	4,83	1	4,83
CA1-3	Aire Acondicionado Casa SS/AA	8,00	0,7	5,60
CA1-4	Alimentación edificio control parque no esencial	15,00	1	15,00
CA1-5	Reserva	0	0	0,00
CA1-6	Reserva	0	0	0,00
CA1-7	Reserva	0	0	0,00
CA1-8	Reserva	0	0	0,00
TOTAL CONSUMO				28,02

Tabla 5.3: consumos de SS/AA de C.A. y C.C. asociados a la barra de servicios no esenciales del parque eólico Tolpán sur [5]

En su totalidad:

$$\text{Consumo de SS. AA. de la Central} = 1875 \text{ W} + 55,4 \text{ kW} + 28,02 \text{ kW} = 85,295 \text{ kW}$$

5.5. CONSUMOS DE SERVICIOS AUXILIARES EN LOS AEROGENERADORES DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR

De acuerdo al documento "DG200404 Potencia de Servicios Auxiliares AW3000" [6], el consumo máximo de servicios auxiliares del aerogenerador AW3000 construido por Nordex-Acciona WindPower haciendo a un valor máximo de 113,5 kW por aerogenerador, sin embargo, este valor no es real ya que en sus distintas etapas de operación (stand-by, partida, operación normal, etc.) los sistemas del aerogenerador no funcionan al mismo tiempo. En base a lo informado por el fabricante en su correo electrónico "Correo consumos SSAA AW3000 Windpower" [7] se puede establecer que en estado de pausa el equipo consume 20 kW mientras que en estado de marcha normal consume 50 kW, lo anterior se puede observar en los registros del sistema SCADA durante las pruebas de mínimo ya que mientras el aerogenerador permanece sin inyectar potencia activa a la red, pero con su barra de 12 kV energizada, y sincronizado, consume alrededor de 20 kW. Al iniciar su operación normal, comienzan a aumentar sus consumos elevándose hasta un valor de 45 kW, por lo tanto, los valores de consumos auxiliares para el aerogenerador AW3000 se pueden resumir como indica la siguiente tabla:

CONSUMOS EN STAND-BY/PAUSA	CONSUMOS EN OPERACIÓN
20 kW	50 kW

Tabla 5.4: Consumos de SS.AA. del aerogenerador AW3000 del parque eólico Tolpán Sur.

Por lo que el consumo SS.AA. del total de aerogeneradores del parque durante el mínimo técnico es de:

$$\text{Consumo total SS. AA. aeros.} = 50 \text{ kW} \times 28 \text{ aerogeneradores} = 1400 \text{ kW}$$

5.6. CÁLCULO DE MÍNIMO TÉCNICO (BRUTO) DEL PARQUE EÓLICO TOLPÁN SUR

A partir de los cálculos antes descritos se puede determinar el mínimo técnico bruto del parque eólico Tolpán Sur:

ELEMENTO	CONSUMO/ PÉRDIDA
Potencia activa inyectada en la barra de 220 kV (AT) de la central	80,82 MW
Potencia activa inyectada en la barra de 33 kV (MT) de la central	81,05 MW
Pérdidas en el transformador de poder de la central	232 kW

INFORME

POTENCIA MÁXIMA: CENTRAL EÓLICA TOLPÁN SUR

ELEMENTO	CONSUMO/ PÉRDIDA
Servicios Auxiliares Totales (central + aerogeneradores)	1485,295 kW
Pérdidas en el sistema colector del praque ERNC	990 kW

Por lo tanto, tomando en consideración todo lo anterior se tiene que la potencia máxima bruta de la planta eólica, previo al sistema de colección:

$$P_{Max (bruta)} = 80,82 MW + 0,232 MW + 1,485295 MW + 0,99 MW = 83,61 MW$$

6. CONCLUSIONES

En este informe se revisan los antecedentes técnicos de los aerogeneradores que componen el parque eólico Tolpán Sur, describiendo su funcionamiento y comportamiento en régimen permanente y transitorio, con el objetivo final de describir la estrategia de control implementada en el aerogenerador.

Si bien mediante esta metodología se llega a la conclusión de que la potencia máxima bruta del parque eólico Tolpán Sur resulta en 83,61 MW (estando en mantenimiento uno de los aerogeneradores). Es pertinente reiterar que la potencia instalada de la planta es de 84 MW, por lo que resulta que **la potencia máxima bruta del parque eólico Tolpán Sur es realmente de 84 MW.**

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] 31363 - Diagrama Unilineal General 33kV - R3.0.pdf.
- [2] DG200032_N_AW3000_Electrical datasheet.pdf.
- [3] Acciona Energía, PE Tolpan Detallado 200401.pfd.
- [4] SANGDONG POWER EQUIPMENT CO., 4-18270-Name plate-20190403 - Validado.pdf.
- [5] Acciona Energía, TOLPAN_W_DSS_EN_CST_HVS_101000012.pdf.
- [6] DG200404_A Potencia servicios auxiliares.pdf.
- [7] Correo consumos SSAA AW3000 Windpower".pdf.

NOTA. Completar la tabla con la documentación, legislación, normativa, etc. que esté relacionada con el documento.