

Ráfagas Eólicas y su Impacto en Redes de Transmisión

FELIPE ESCOBAR TAPIA
ESPECIALISTA ESTUDIOS ELECTRICOS

Contexto General

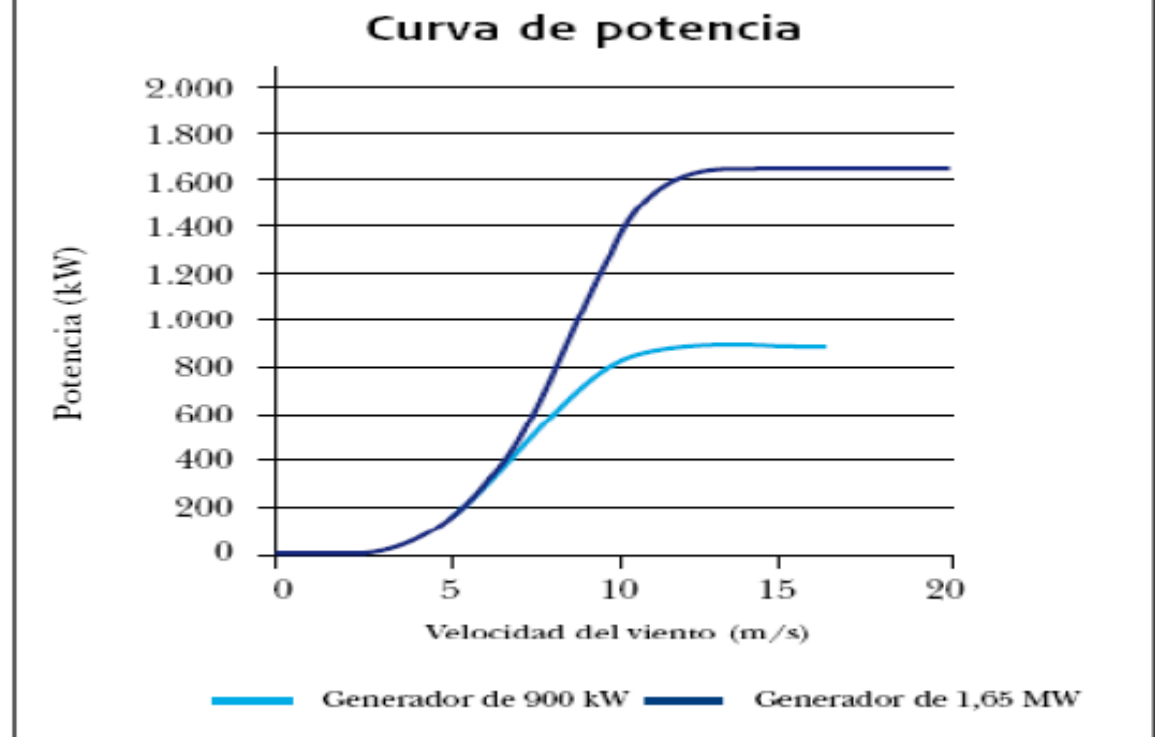
$$P_V = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3$$

$A =$ *areabarrida*

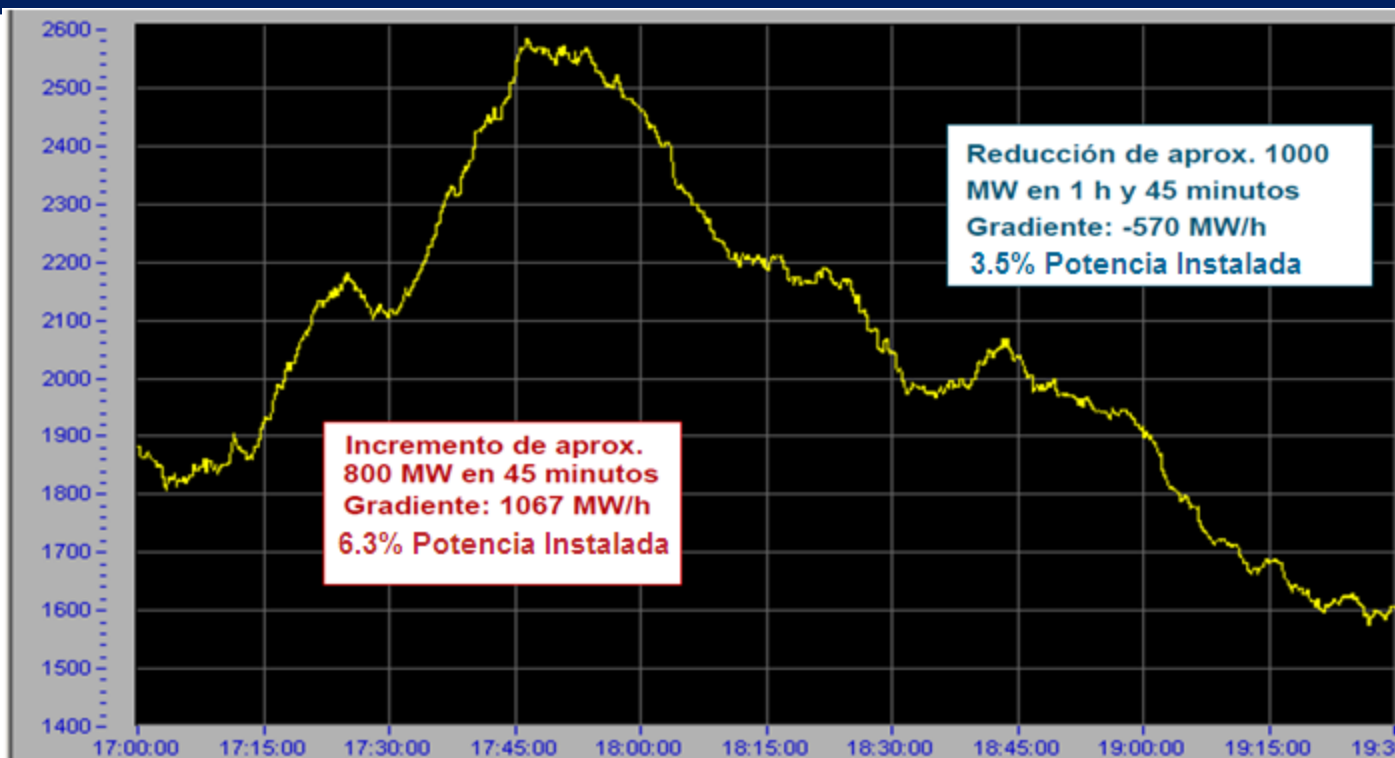
$\rho =$ *densidad del viento*

$v =$ *velocidad del viento*

Curva Potencia vs Velocidad Viento

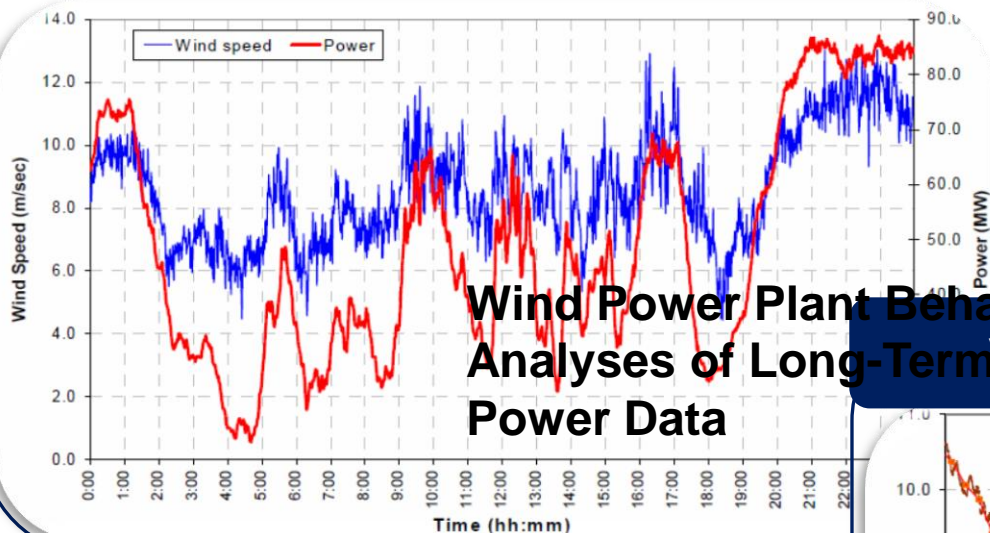


Variabilidad Producción Eólica.- REE (Capacidad Instalada : 17.000 MW Eólicos a nov 2008)



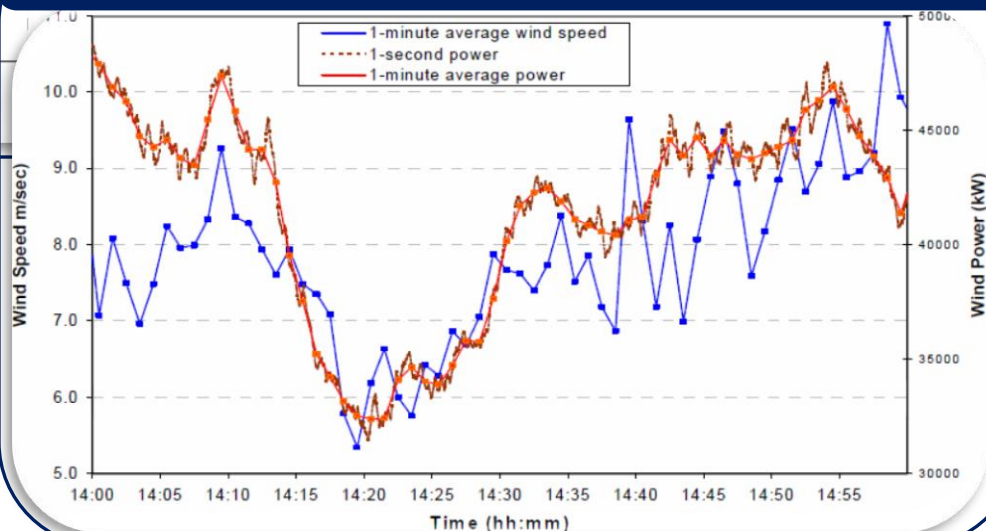
- Como pendiente importante se aprecian alzas de 26 MW/min
- Es necesario considerar que este es un sistema de alta penetración eólica

Velocidad Viento VS Potencia (24 horas)*



**Wind Power Plant Behaviors:
Analyses of Long-Term Wind
Power Data**

Velocidad Viento VS Potencia (60 min)*



Durante el periodo de una hora:

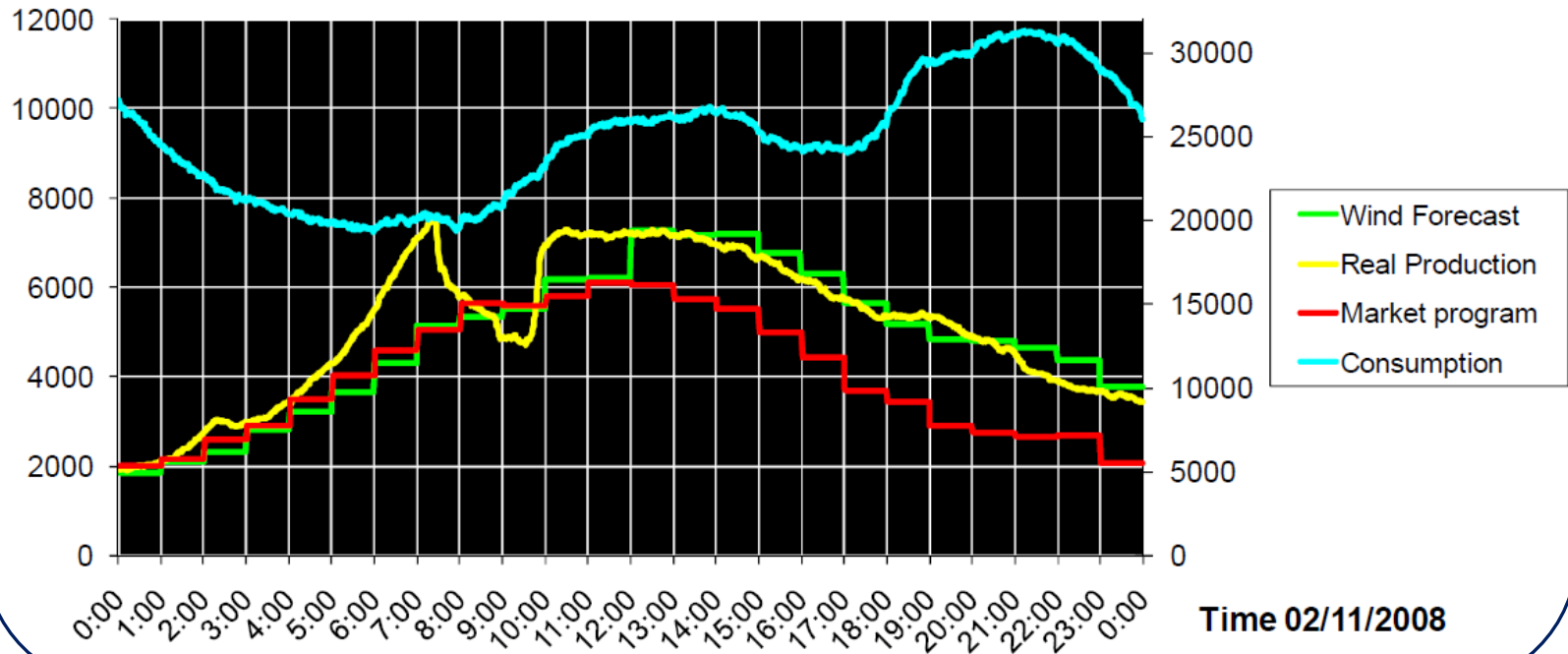
Potencia Mínima : 32.4 MW

Potencia Máxima : 47.9 MW

Potencia Media : 41.4 MW

Desviación Estándar: 4.4 MW

Predicción de Velocidad de Viento

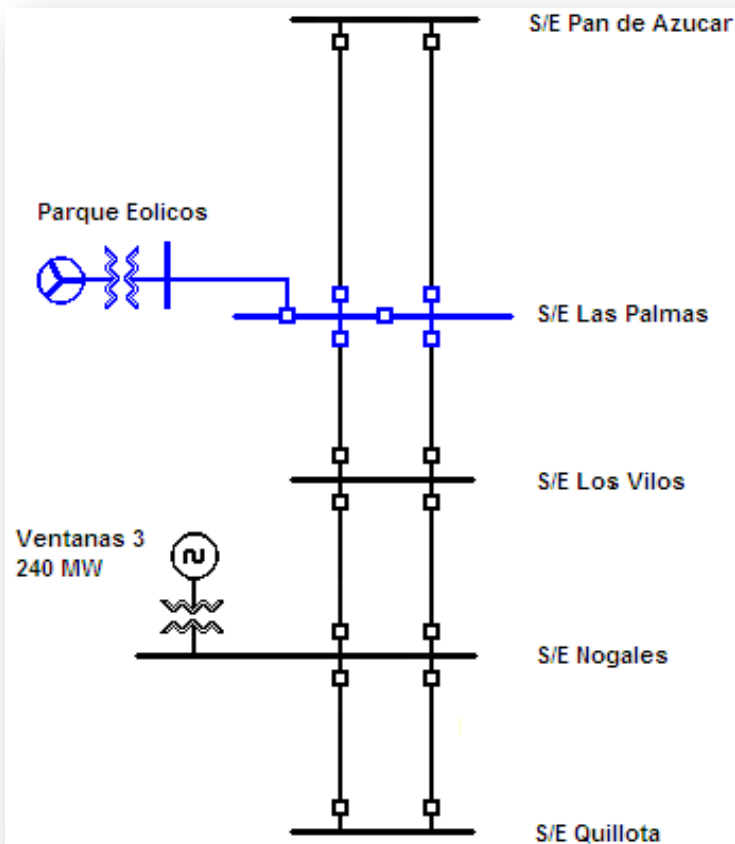


Debido al elevado nivel de penetración eólica:

- Se requiere mayor necesidad de desarrollos de sistemas de previsión.
- Programas diarios de despachos de unidades de generación pierden confiabilidad (re-despachos)
- Impacto en los requerimientos de regulación del sistema eléctrico necesitando mayor capacidad de regulación en generación

Análisis Variación Eólica SIC Norte

Conexión Parques Eólicos IV Región



Nombre Parque Eolico	Condicion Actual	Potencia Instalada (MVA)
Monte Redondo	Operando	38
Totoral	Operando	46
Canela 1	Operando	18,15
Canela 2	Operando	60
TOTAL		162,15

Unidad	P (MW)
Diego de Almagro	10
Guacolda	450
Los Molles	5
Olivos	45
Ventanas 3	240
TOTAL NORTE	750

▪ Se considera la simulación del sistema eléctrico en el norte con las unidades térmicas definidas en el cuadro mostrado.

▪ Considerando este despacho como “Escenario Base” se llevó a cabo un análisis del aporte de las centrales eólicas descritas.

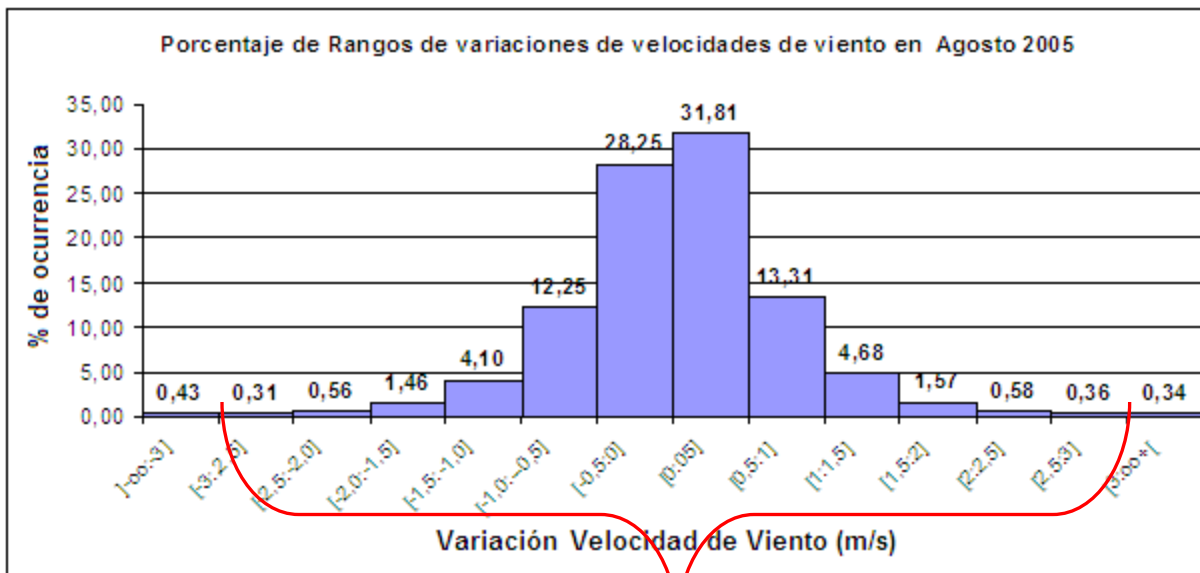
Análisis Estático del Despacho

Conexión Parques Eólicos IV Región

	Línea Nogales - Quillota 2x220 kV					
	Operación Normal (MVA)		Contingencia C1 (MVA)		Capacidad Nominal (n-1)	Exceso (MVA)
	C1	C2	C1	C2	Línea	C2
Sin Parques Eólicos	89,3	89,3	0,0	175,0	224,0	-49,0
Parques al 30%	111,2	111,2	0,0	222,0	224,0	-2,0
Parques al 60%	134,3	134,3	0,0	265,4	224,0	41,4
Parques al 100%	165,0	165,0	0,0	327,3	224,0	103,3

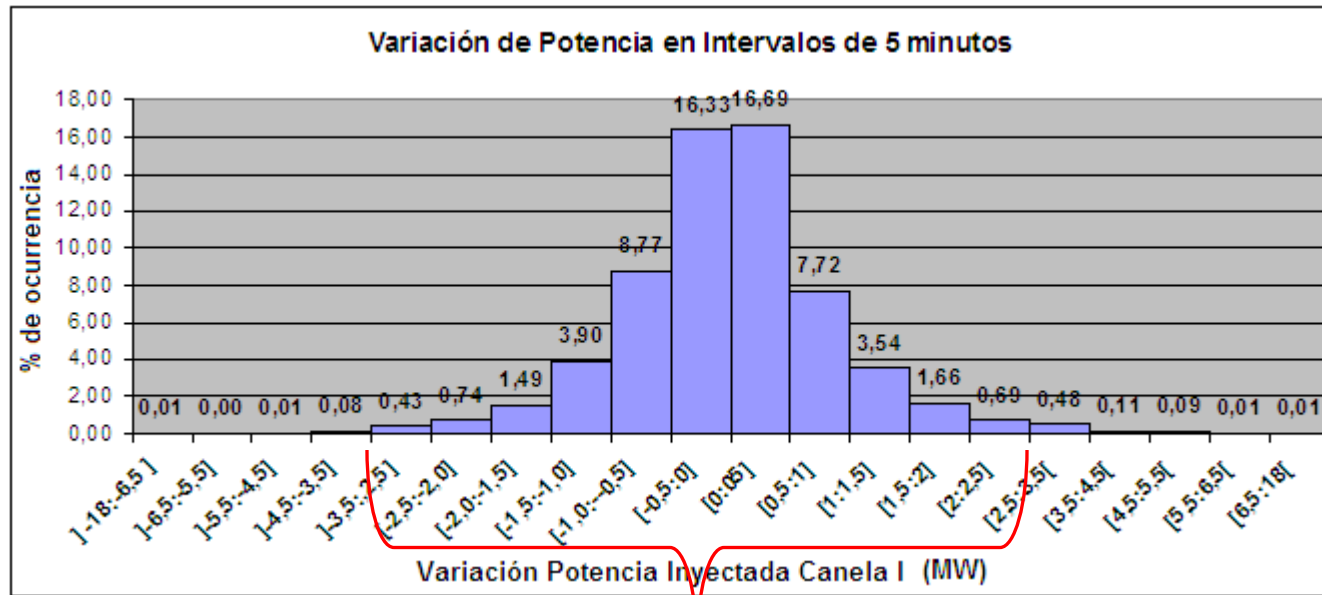
- En el análisis se mantiene el despacho de generación de relevante componente térmico.
- El aporte de los parques eólicos al “Escenario Base” por sobre el 30% de su potencia instalada provoca incrementos de transmisión que dejan la línea “Nogales Quillota 2x220 kV” con transferencias por sobre su capacidad “n-1” (224 MVA).

Variación Velocidad de Viento Intervalos de 10 minutos



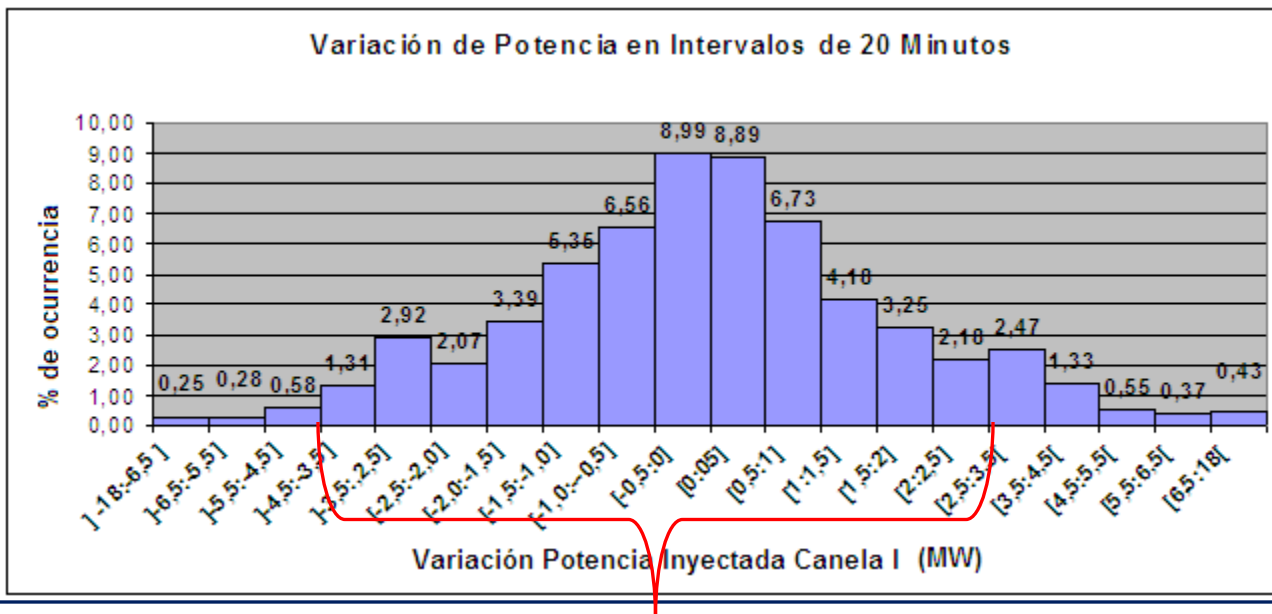
El 99.24% de las variaciones de velocidad del viento no superaron un aumento o una disminución de 3 m/seg..

Variación Potencia Inyectada Intervalos de 5 minutos



Más del 99% de las variaciones de potencias encontradas, se registran entre disminuciones de 3.5 MW y alzas de 3.5 MW

Variación Potencia Inyectada Intervalos de 20 minutos



El 93.7% de las variaciones de potencias encontradas, se registran entre disminuciones de 3.5 MW y alzas de 3.5 MW

Conociendo el comportamiento estadístico del viento y de las máximas variaciones en la inyección de Canela I, se extrapoló este comportamiento a los parques proyectados.

Caso 1: Extrapolación a parques eólicos de toda la Zona Norte.

Teniendo en cuenta que las máximas variaciones de Canela I fueron:

- 50% en aumento de Potencia en 5 minutos.
- 55 % en aumento de Potencia en 10 minutos.
- 73% en aumento de Potencia en 15 minutos.
- 78% en aumento de Potencia en 20 minutos.

Bajo las mismas condiciones de estudio, se analizan los puntos 1 y 3 para una variación de todos los parques en conjunto

Con el objetivo de analizar la posibilidad de que, ante limitaciones en el sistema de transmisión, el incremento de la potencia generada por los parques eólicos sea equilibrado con reducción en la generación del parque térmico se han definido los siguientes conceptos:

Nivelación de potencia transmitida mediante medidas operacionales

- **Ttec** : Tiempo técnico para nivelación de la potencia en base a las características de las unidades generadoras.
-
- **Tope**: Tiempo que requiere el operador en dar la orden de variación de generación en las centrales que corresponda.
- **Ttot**: Es el tiempo real que demora la nivelación de las transferencias de potencia por los tramos involucrados (conservación criterio “n-1” estricto).

$$T_{tot} = T_{tec} + T_{ope}$$

Caso 1.1: Considerando que los Parques Eólicos proyectados tendrían una potencia instalada de 160 MW.

Se calcula el tiempo necesario para controlar un aumento del 50% de los parques en una ventana de 5 minutos (aumento de 80 MW)

Esquema de Compensación Unidades Térmicas SIC Norte

<i>Aumento Parques</i>					
<i>Rango 5 min</i>	Despacho(MW)	MW/min	Central	MW	T(min)
	10	14	Diego De almagro	10	2
	60	7	Los Olivos	35	5
	450	6	Guacolda	24	4
	2	5,5	Los Molles	0	0
	250	3	Ventana 3	15	5
				Tiempo Max	5
			Potencia Disminuida (MW)		84

$T_{tec} = 5 \text{ min.}$

$T_{tope} = 3 \text{ min.}$

$T_{tot} = 8 \text{ min.}$

Caso 1.2: Considerando que los Parques Eólicos proyectos tendría una potencia instalada de 160 MW.

Se calcula el tiempo necesario para controlar un aumento del 73% de los parques en una ventana de 15 minutos (aumento de 116 MW)

Esquema de Compensación Unidades Térmicas SIC Norte

<i>Aumento Parques</i>					
<i>Rango 15 min</i>	<i>Despacho(MW)</i>	<i>MW/min</i>	<i>Central</i>	<i>MW</i>	<i>T(min)</i>
	10	14	Diego De almagro	3	1
	60	7	Los Olivos	50	9
	450	6	Guacolda	42	7
	2	5,5	Los Molles	0	0
	250	3	Ventana 3	24	5
				Tiempo Max	9
				Potencia	119

Ttec = 9 min.

Tope = 3 min.

Treal = 12 min.

1. Existen escenarios que pueden provocar flujos de potencia en líneas del SIC Norte con magnitudes por sobre su capacidad “n-1”.
2. Se presenta la necesidad de llevar a cabo un estudio de ráfagas de viento para apreciar las ventanas de tiempo en que se producen incrementos / decrementos de la inyección de los parques eólicos al sistema de transmisión.
3. Se aprecia que las ráfagas de viento cuya variación es mayor a 3 m/s, en una ventana, de 10 minutos son de escasa probabilidad.
4. Se analizan las variaciones históricas en la inyección de potencia de Canela I logrando tener antecedentes que podrían extrapolarse en los futuros parques.
5. El análisis mostró que es posible mantener criterios de seguridad para sistemas de transmisión con baja penetración eólica a través de medidas operacionales (redespacho de unidades térmicas)

Soluciones propuestas en mercados con elevada penetración de generación eólica:

- **Limitaciones de la producción eólica.**
- **Mejoras en las herramientas de predicción.**
- **Incremento de las reservas en giro.**
- **Mercado para Servicios Complementarios.**
- **Interconexión con sistemas eléctricos que incrementen flexibilidad de despachos.**
- **Incorporación de sistemas de generación “rápida” para regular variabilidad: centrales hidráulicas de bombeo, turbinas a gas.**
- **Implementación de sistemas de almacenamiento en las plantas o a nivel global de red (baterías, sistemas de aire comprimido, etc).**
- **Creación de Centros de Control de monitoreo especial para generación de elevada variabilidad.**

Muchas Gracias

Ráfagas Eólicas y su Impacto en Redes de Transmisión

FELIPE ESCOBAR TAPIA
ESPECIALISTA ESTUDIOS ELECTRICOS