



**Impacto FERNC en el SIN**  
**Unidad Negocio de Transmisión**  
Diciembre 4 de 2018

**Camilo Andrés Ordóñez Medina, MSc.**

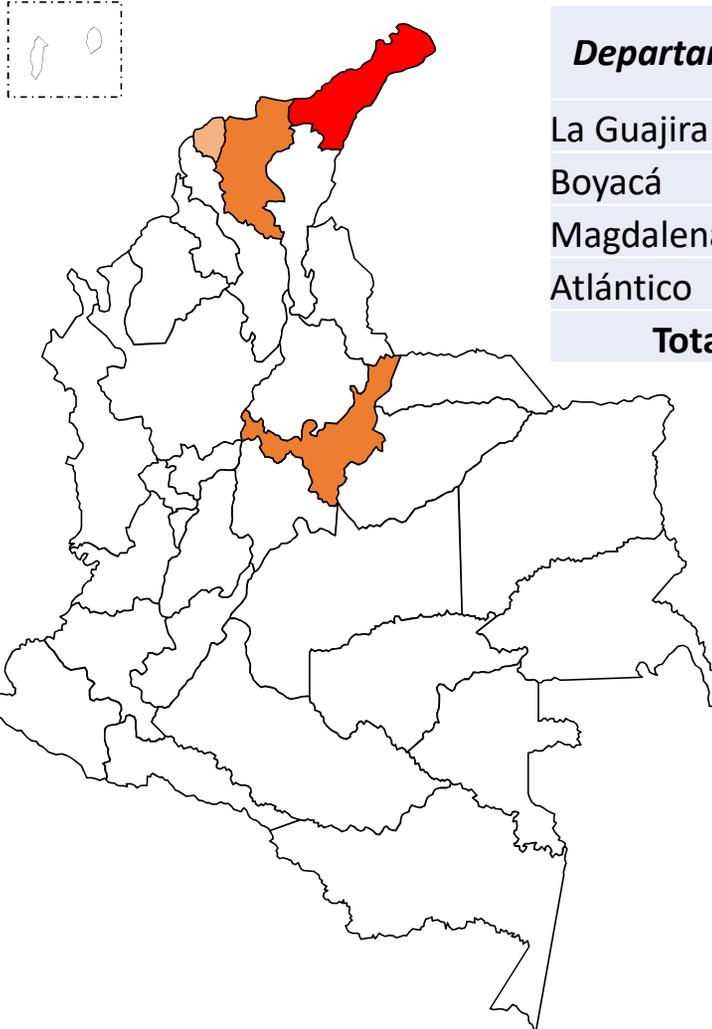


**Grupo Energía Bogotá**

# Solicitudes de conexión de energía eólica



Fuente: NY Times



<i>Departamento</i>	<i>Capacidad eólica solicitada (MW)</i>
La Guajira	5.992
Boyacá	125
Magdalena	100
Atlántico	80
<b>Total</b>	<b>6.297</b>

Fuente: UPME

**Capacidad actual de generación en Colombia**  
**17.206 MW**

Solicitudes PV:  
37% de la capacidad actual

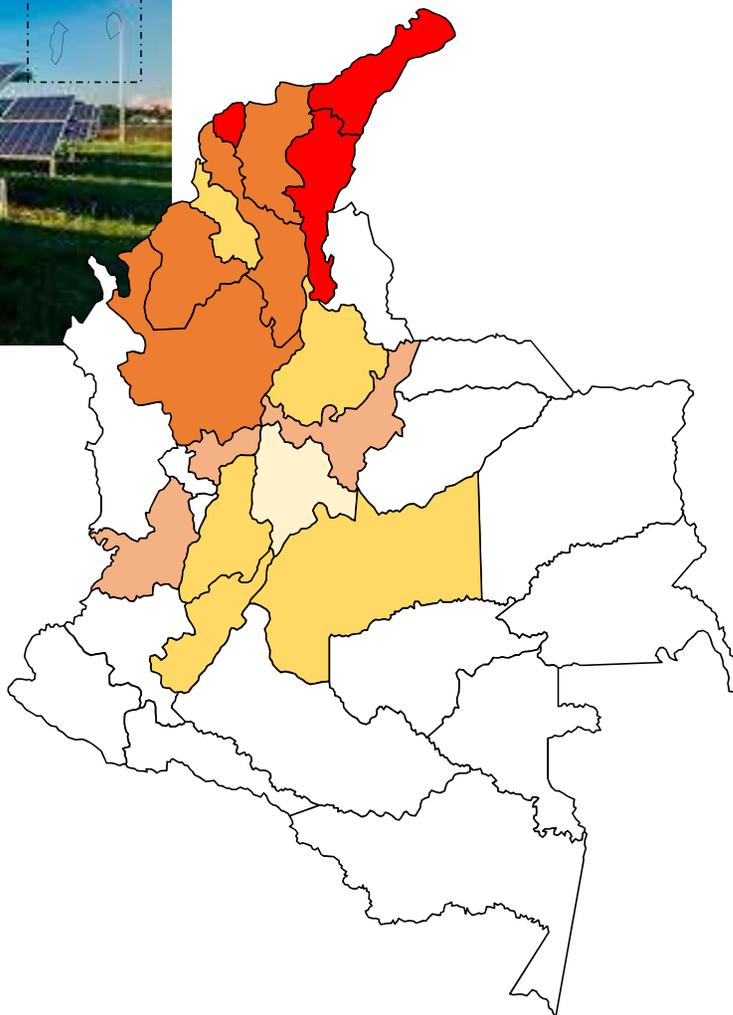
# Solicitudes de conexión de energía solar PV



Fuente: NY Times

**Capacidad actual de generación en Colombia**  
**17.206 MW**

Solicitudes PV:  
42% de la capacidad actual



<i>Departamento</i>	<i>Capacidad solar solicitada (MW)</i>
Cesar	2.461
La Guajira	1.566
Atlántico	1.097
Magdalena	520
Córdoba	239
Bolívar	216
Antioquia	200
Caldas	185
Boyacá	160
Valle del Cauca	127
Sucre	115
Huila	100
Meta	98
Tolima	90
Santander	80
Bogotá	50
<b>Total</b>	<b>7.305</b>

Fuente: UPME

# Solicitudes de conexión de energía solar PV



6.297 MW



7.305 MW

x 50%

6.801 MW

**Si no entrara generación convencional, en 5 años, el 28% de la matriz energética sería FNCER**



**¿Cómo se desempeña el SIN ante  
generación variable?**

**¿Cómo debemos prepararnos?**

# Algunas implicaciones

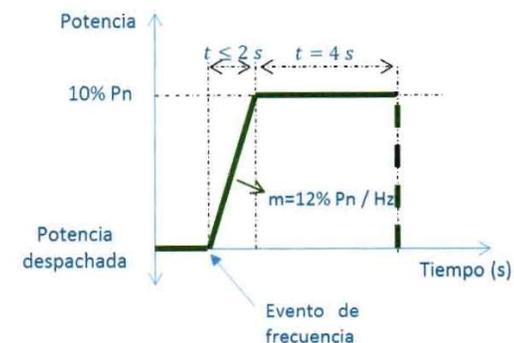
1) **Variabilidad del recurso solar y eólico:** Respuesta de parques eólicos y solares ante variaciones súbitas del viento o radiación solar. Considerar reservas de potencia firme para mantener el balance de potencia

$$\sum P_G + P_{loss} = L$$
$$\sum P_G + \sum \Delta P_{PV+W} + P_{loss} = L$$

¿Almacenamiento de energía?

2) **Estadismo de frecuencia (%P/%f) :** capacidad limitada de regulación de frecuencia.

CREG 128-18 (reglas transitorias de FNCER) propone entre 2 y 6%. Tiempo de respuesta de 2 s y de establecimiento 15s. Sólo actuarán ante eventos de sobrefrecuencia (hasta -3% de su generación programada) pero deben estar capacitados para responder a subfrecuencia (¿?)



# Algunas implicaciones

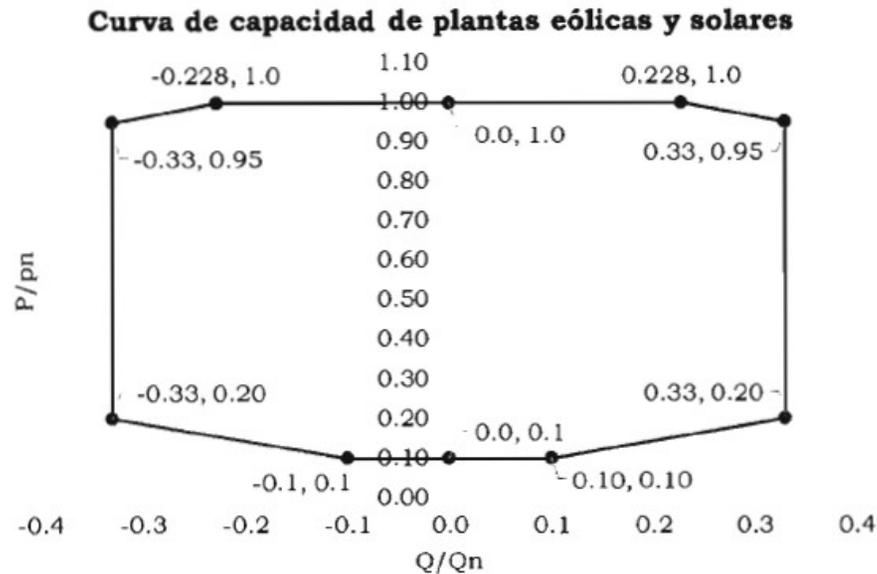


## 3) Control de voltaje

Curvas de potencia reactiva en estado estacionario y dinámico de generación basada en inversores (convertidores DC/AC) electrónicos

CREG 128-18 (proyecto): Regulador de tensión, modo de control de V, Q, fp

Estadismo de tensión (%V/%Q), tiempo de respuesta de 2 s y tiempo de establecimiento de 15 s

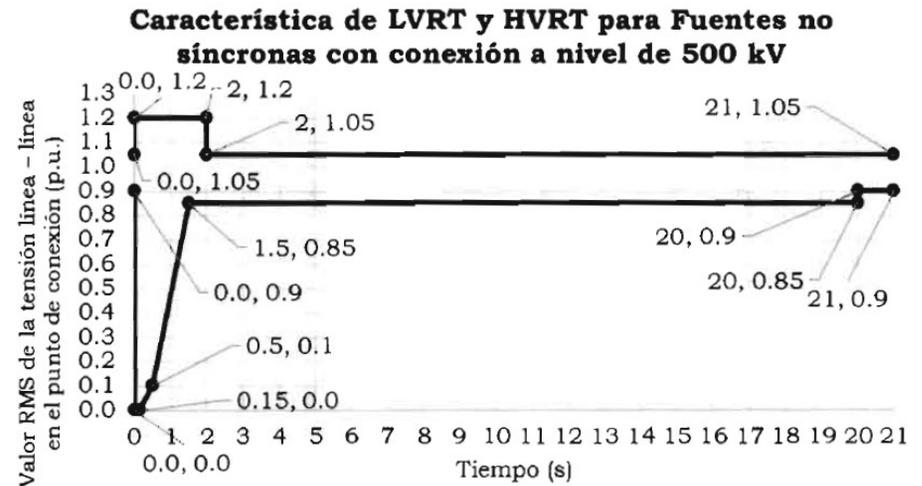
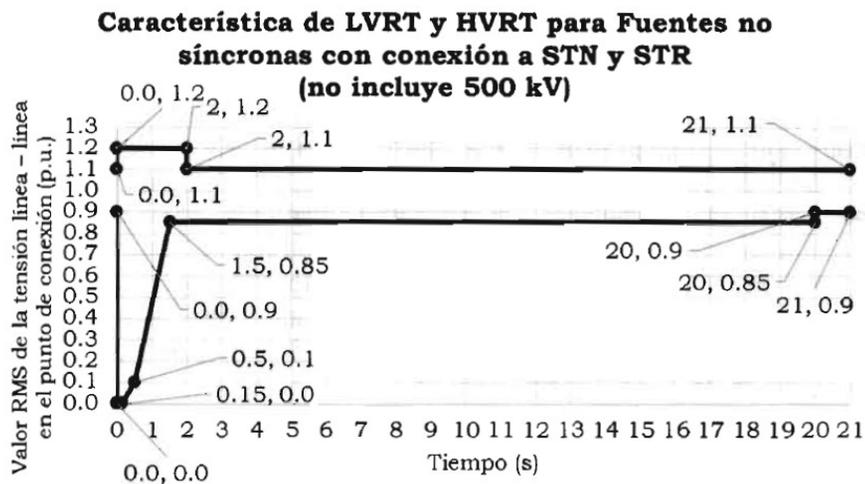


# Algunas implicaciones



## 3) Control de voltaje

Operación transitoria durante fallas (respuesta de tensión en el tiempo)

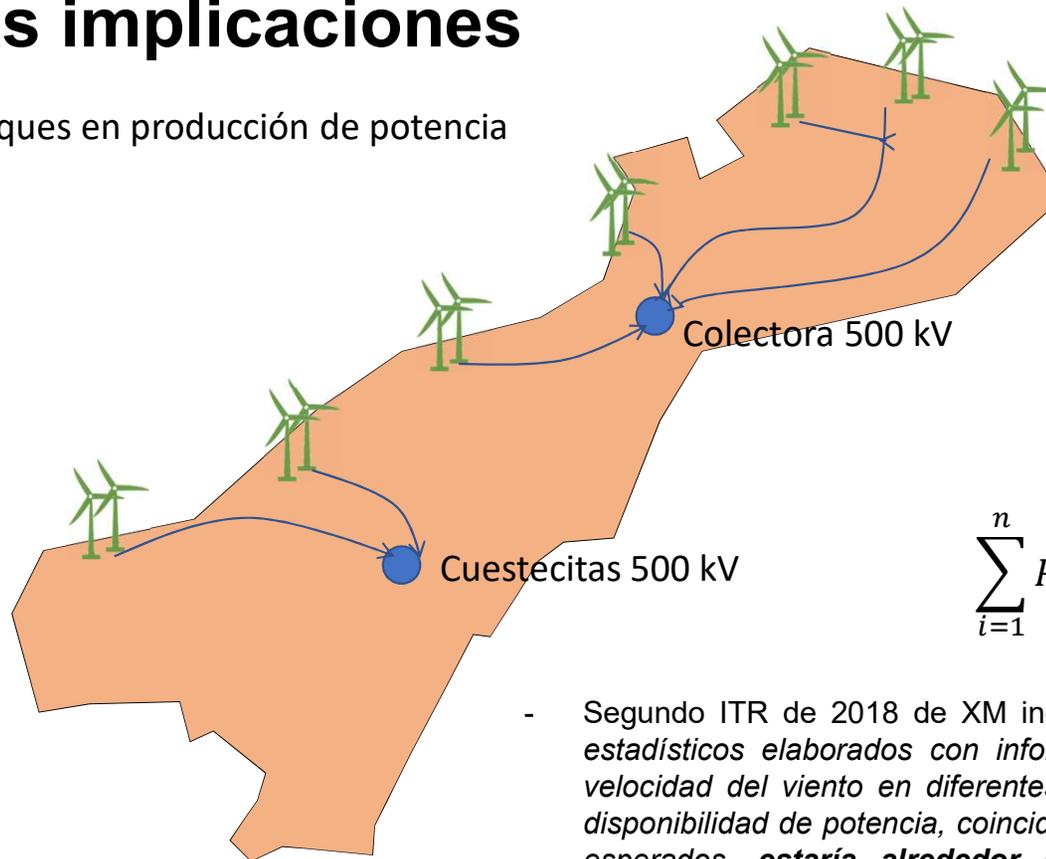


Fuente: Res. CREG 128-18

4) Otras: rampas de arranque y parada (MW/min) de 14% → si hay recurso

# Algunas implicaciones

## 4) Simultaneidad de parques en producción de potencia



$$\sum_{i=1}^n P_{i-m} < P_{\max \text{ colec}}$$

- Segundo ITR de 2018 de XM indica que: “De acuerdo con análisis estadísticos elaborados con información disponible de medidas de velocidad del viento en diferentes puntos de La Guajira, la máxima disponibilidad de potencia, coincidente para todos los parques eólicos esperados, estaría alrededor del 85% de la capacidad total esperada”.

¿Cuál es la Potencia máxima que se entregará en las subestaciones? ¿Producción coincidente?

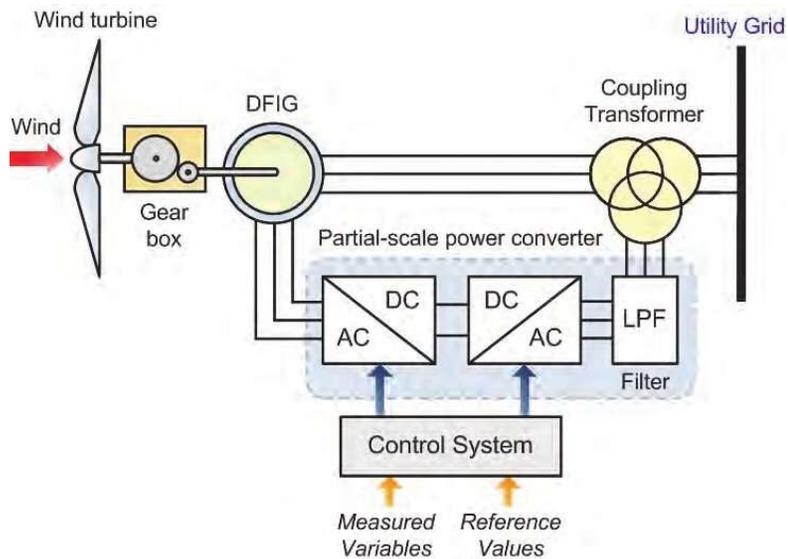
¿Cómo planear de manera óptima la red?



# Algunas implicaciones

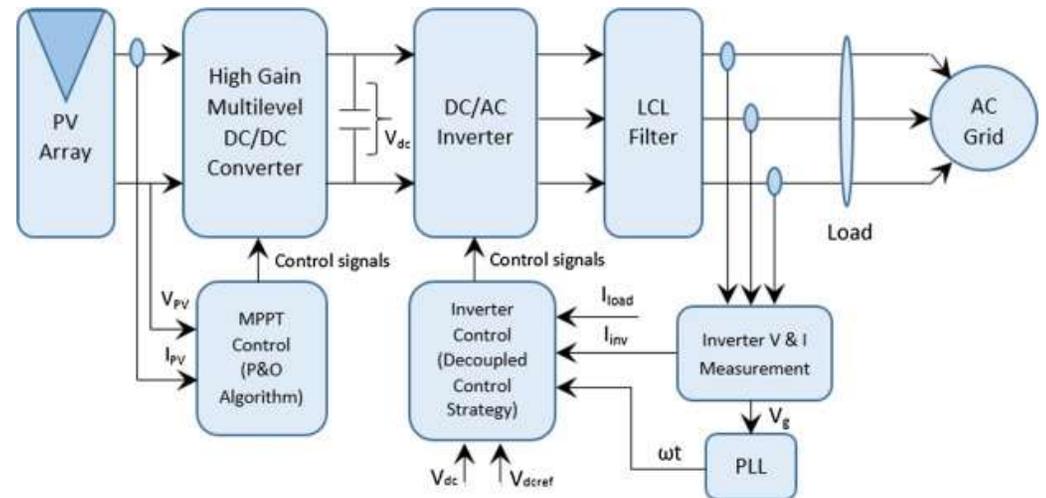
## 5) Modelos eléctricos de plantas eólicas y solares

### Modelo DFIG Eólico



Tomado de ResearchGate

### Modelo control arreglo PV



Recuperado de:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447916300880>

¿Inercias virtuales? ¿Corrientes de cortocircuito? Fuente débil

# Atrapamiento de energía en el norte del país



La gran cantidad de producción de energía FNCER esperada puede causar atrapamiento y problemas de redes en GCM

Una de las posibles soluciones es línea de HVDC que lleve la energía directamente al centro del país

