



# Planeación y operación del sistema eléctrico colombiano

hacia una transición energética

4to Encuentro Internacional de Energías Renovables

Liderando la transición energética

Barranquilla, 12 de marzo de 2020

# Contenido

- El camino de la transformación
- Nuevos retos, nuevas herramientas
- Atención futura de la demanda
- Conclusiones

# El camino de la transformación



**30%\***

## Usuario final

Prosumidores, respuesta de la demanda, micro redes, **vehículos eléctricos**. \*Ley 1964 de 2019

**\*80MW/1h**  
**\*30MVA SW**  
**\*2GW HVDC**

## Transporte

FACTs, smart wires, almacenamiento, HVDC

**2.7 GW**

## Mercados

Contratos largo plazo, **cargo por confiabilidad**, despacho vinculante, despachos intradiarios, P2P

**26%**

## Matriz energética

Hidro: de 68% a 49%

Térmica: de 32% a 25%

**FERNC: de <1% a 26%**

Datos UPME, proyectos con concepto a 2024

# Nuevos retos, nuevas herramientas

## Flexibilidad como complemento a la confiabilidad



La **flexibilidad** es la habilidad que tienen los sistemas eléctricos de potencia para **responder** a las diferentes **condiciones de cambio** en el **balance** generación-demanda, en todas las escalas y horizontes de tiempo.



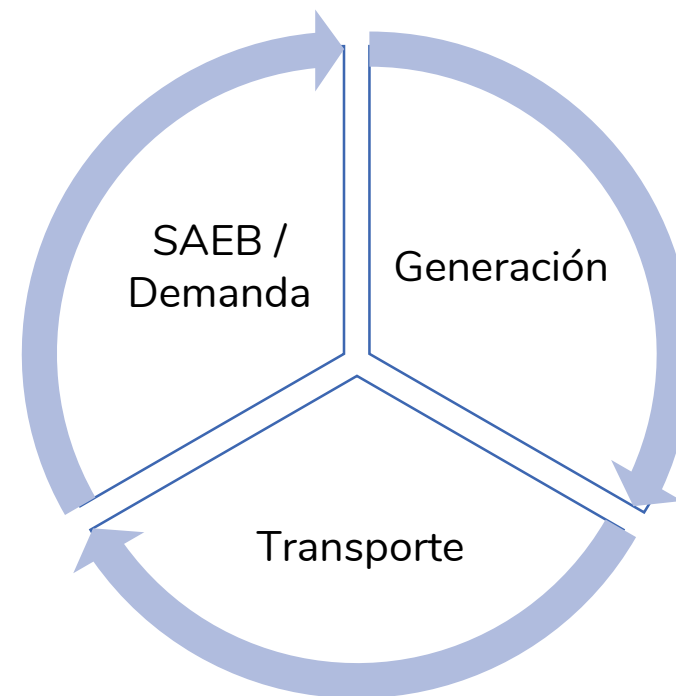
Análisis integrado de largo, mediano y corto plazo



Características técnicas y red de transmisión



Incertidumbre y variabilidad en aportes, demanda, viento, sol



# ¿Cómo vemos el futuro?

## Panorama 2023-2024

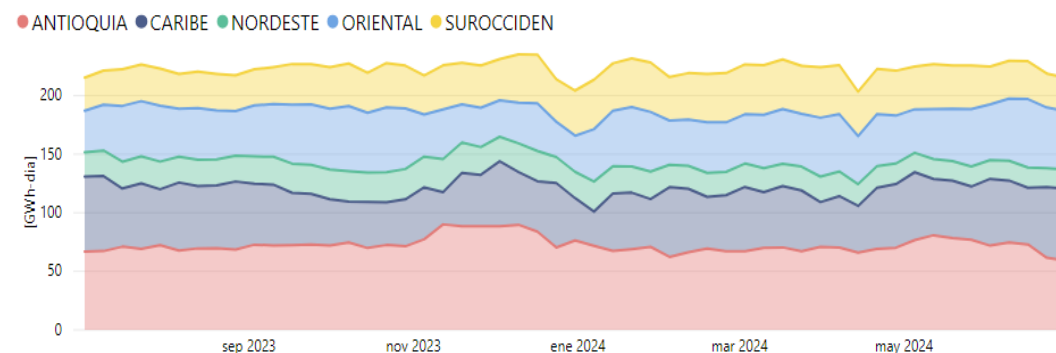
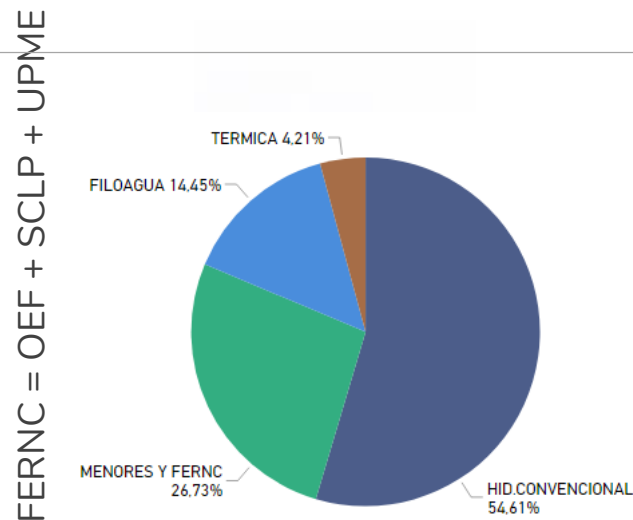
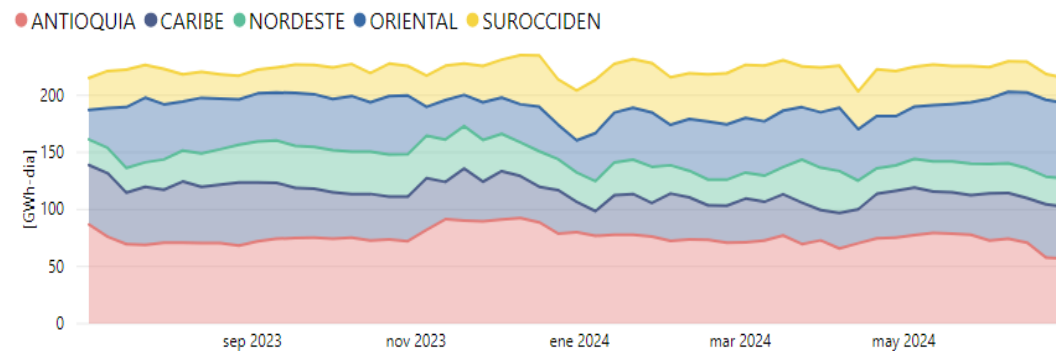
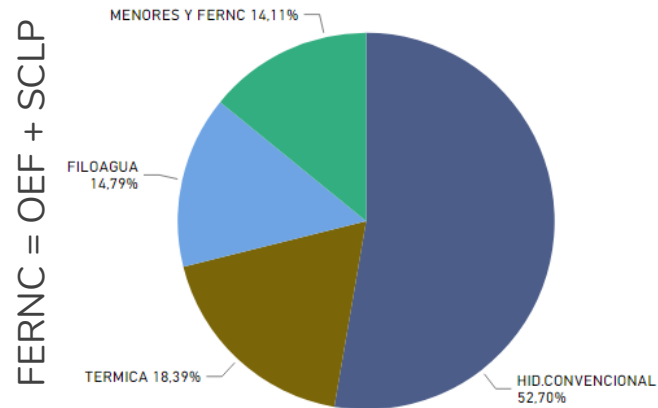


### Supuestos

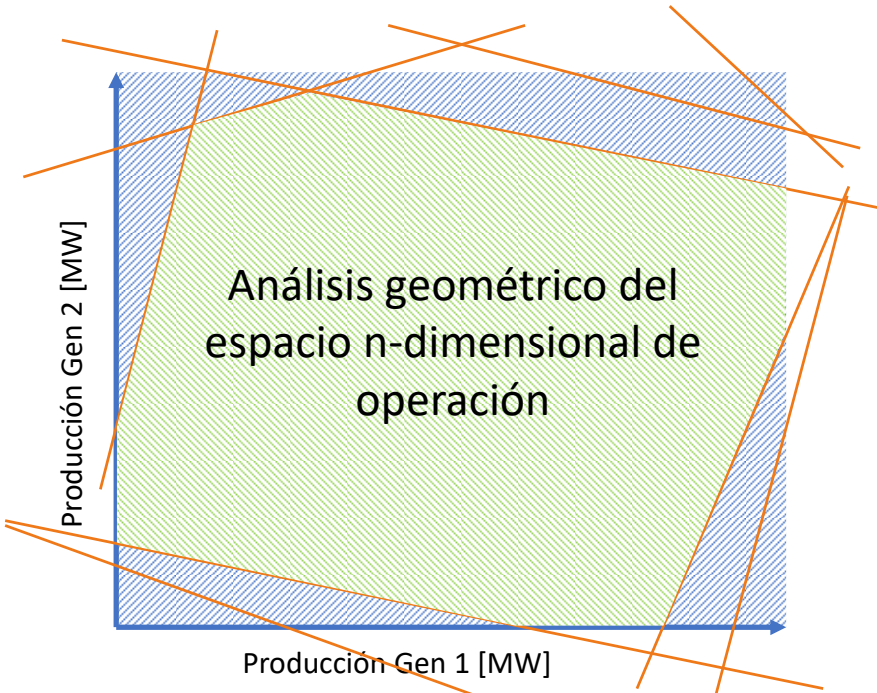
- Demanda media UPME
- Hidrología media 2013-2014
- Caso autónomo
- Proyectos con concepto UPME 2023-2024 a enero 2020

### Bajo estas condiciones

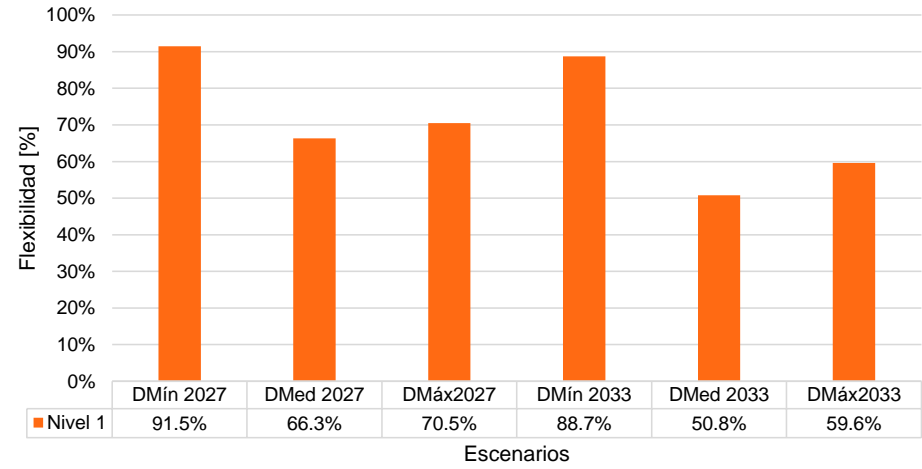
- Reducción de la generación térmica
- Generación térmica requerida por seguridad
- Aumento de generación en Caribe



# Flexibilidad de la Transmisión

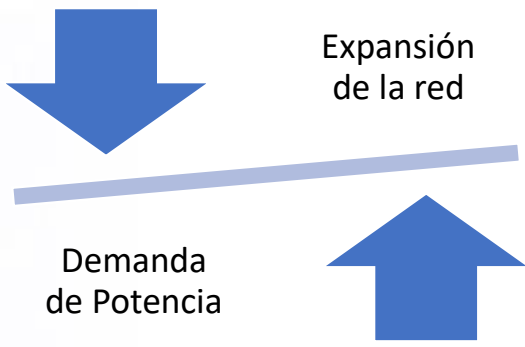


Ejemplo Flexibilidad de Red: Red Atlántico



Crecimiento de la demanda

Determinación región segura de operación y porcentaje de escenarios seguros de operación

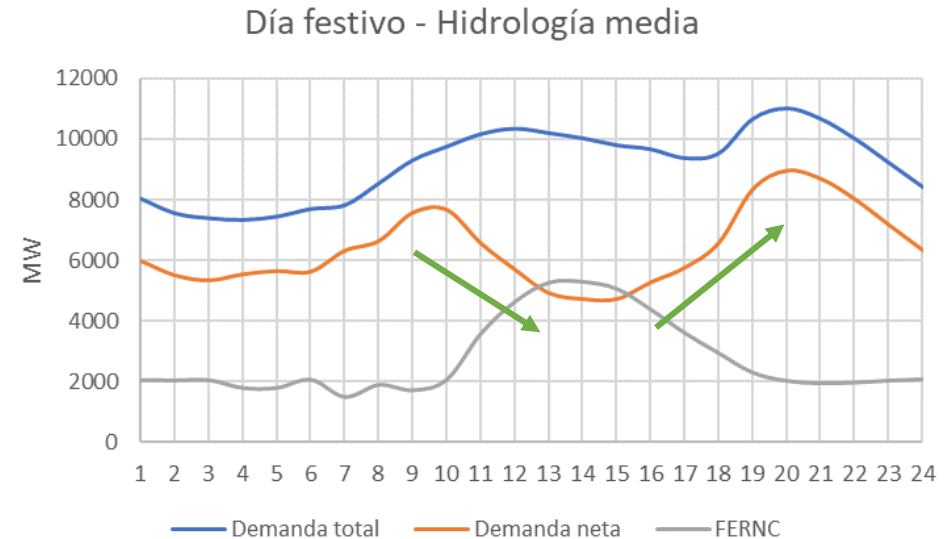
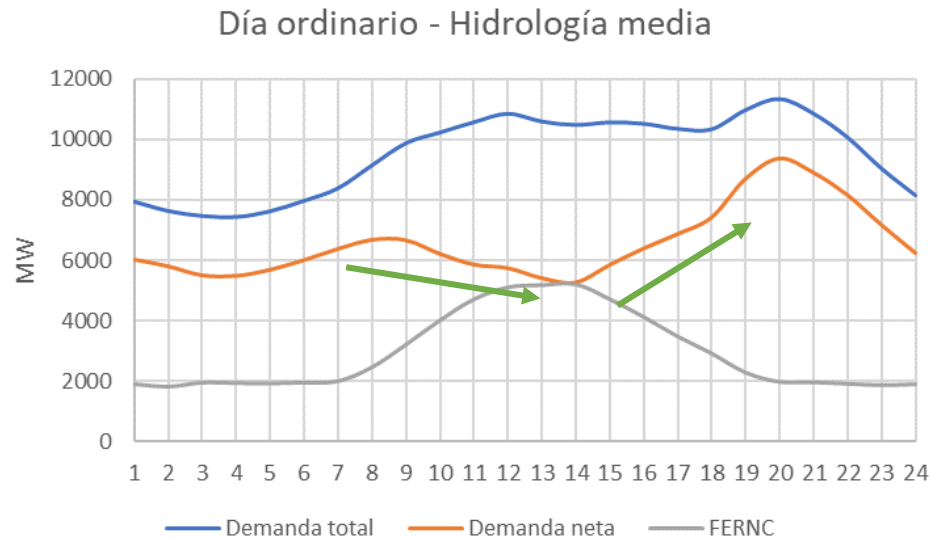


La integración de generación podría verse limitada por el atraso en los proyectos de expansión (Congestionamientos o bajos valores de corto circuito)

# Flexibilidad de la generación



## Atención de la demanda neta



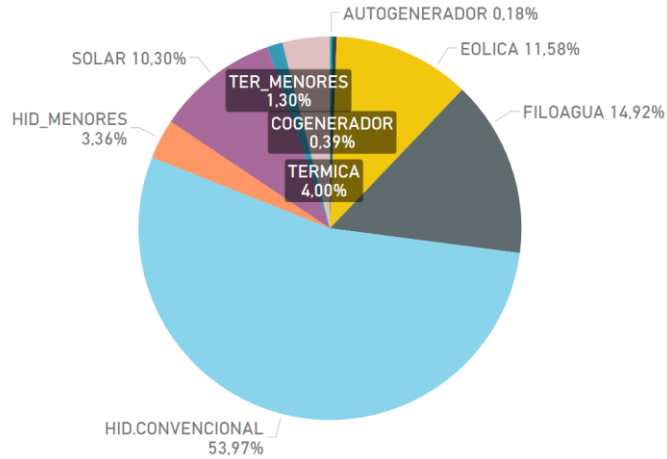
### Retos

- La generación renovable se espera que sea despachada en la base (bajos precios de oferta)
- La demanda neta (demanda total – generación FERNC) debe ser atendida por recursos tradicionales
- A medida que se incrementa la producción de FERNC, especialmente la generación solar, la demanda neta presenta mayores **rampas de bajada y subida**, lo que modifica considerablemente la forma de operar el sistema

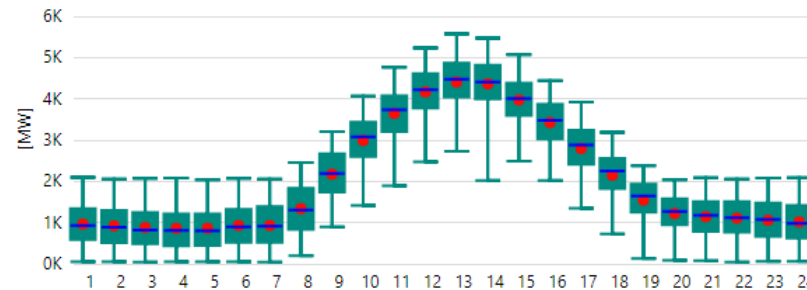
# Flexibilidad de la generación



## Atención de la demanda y requerimientos de rampas



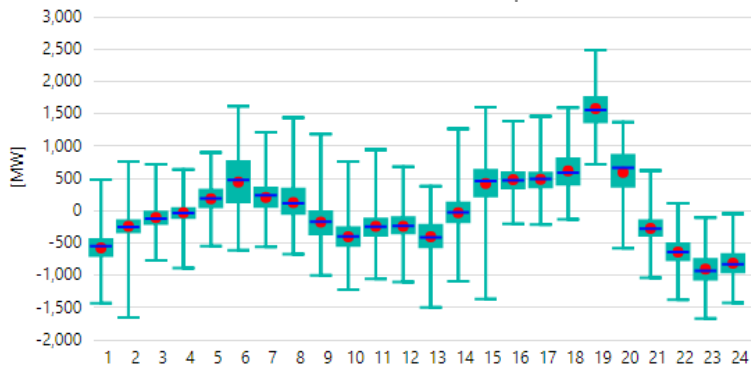
Distribución producción horaria FERNC



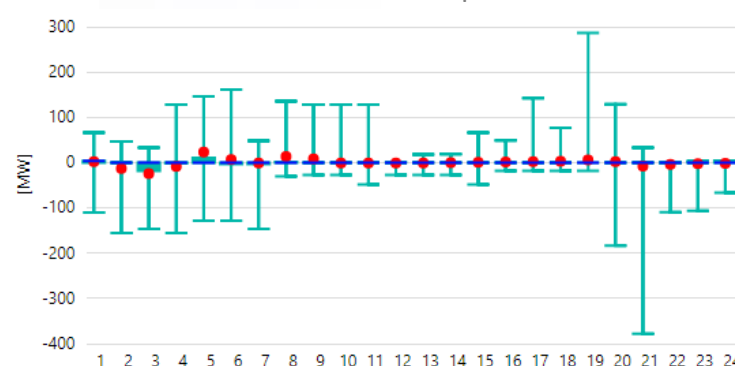
### Principales resultados:

- No se observan problemas en la atención de la demanda ni vertimientos de FERNC.
- La disponibilidad de radiación solar impacta altamente la producción neta de generación con FERNC
- Los requerimientos de rampas a subir y a bajar para atender la demanda neta se espera sean atendidos en su mayoría por plantas hidráulicas
- Las plantas térmicas se espera que se despachen en la base por seguridad y sus requerimientos de rampas son puntuales.

Distribución atención de rampas con hidro



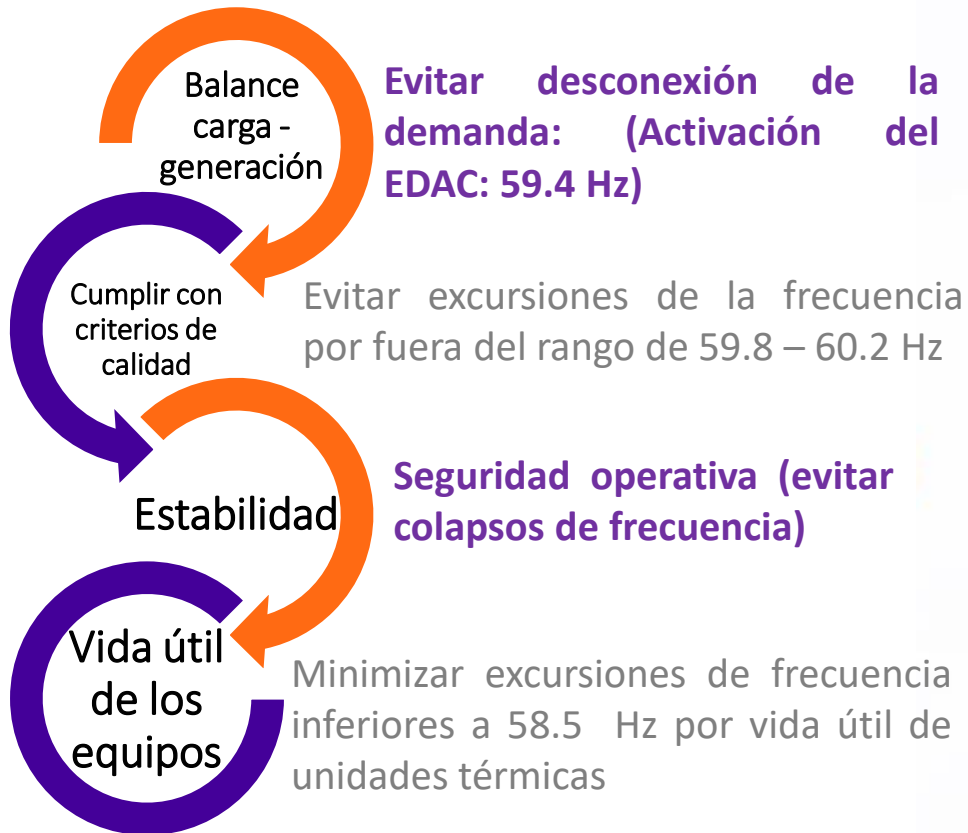
Distribución atención de rampas con térmica



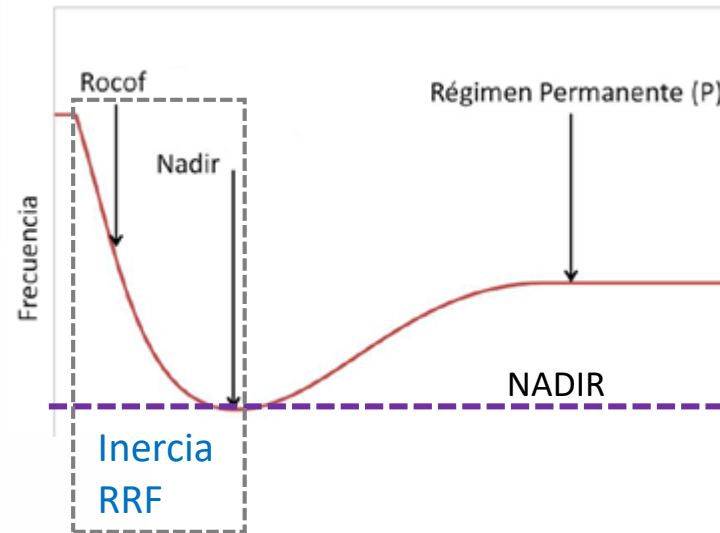


# Regulación de frecuencia

## REQUERIMIENTOS



## EVENTO DE FRECUENCIA



- Magnitud de la contingencia
- INERCIA**
- Número de generadores con control primario implementado
- Características dinámicas de los elementos de la red

## HERRAMIENTAS REGULATORIAS

- Resolución CREG 023/2001: Obligatoriedad RPF
- Resolución CREG 061/1996: Criterios de diseño del EDAC
- Resolución CREG 060/2019: Requerimientos RRF (eólicas) y RPF para FERNC

# Regulación de frecuencia

## Evento 1

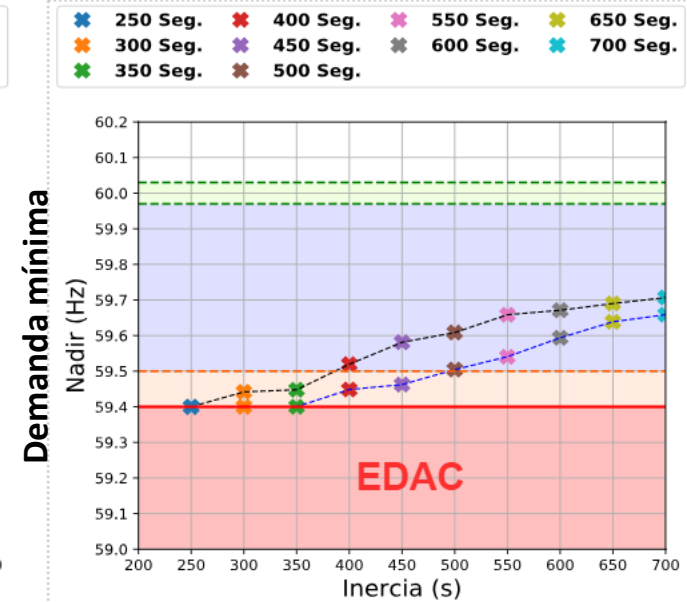
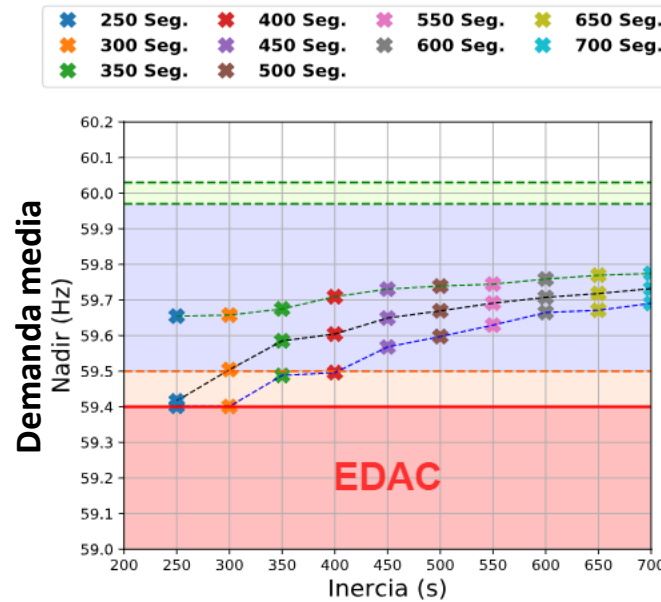
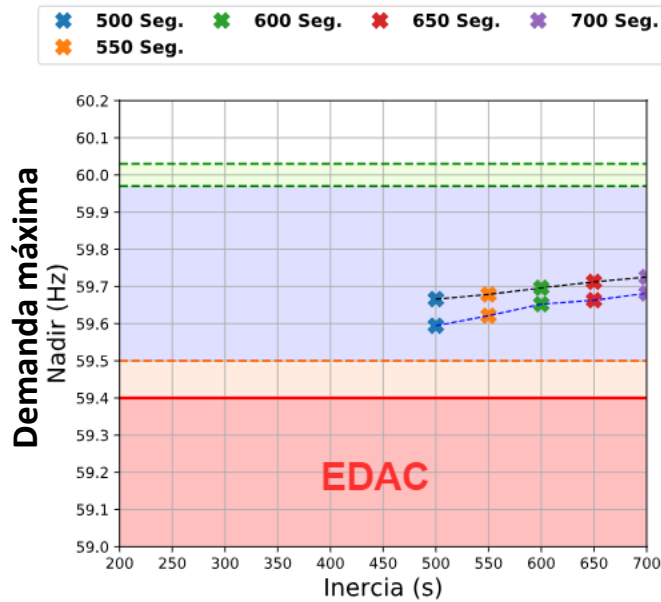
- Salida de 400 MW de generación convencional

Unidad esperada más grande + margen de tolerancia

Sin interconexión con Ecuador

Periodo	Demanda (GW)	Inercia COL (s)	Hidrología	FERNC /Demanda (%)	FERNC (GW)	
					Eólica	Solar
P04	7.269	250 a	Alta	28.62	2.081	0
P12	10.238	700 *		51.41	2.080	3.184
P20	10.919			19.18	2.095	0

\*Base 100 MVA



----- Con RRF      - - - Sin RRF      - - - Con RRF y RPF

- ✓ No se superan los umbrales del EDAC con la pérdida de la unidad más grande
- ✓ Se requiere contar con los requerimientos de control definidos en la regulación y activar la función de RPF para eventos de subfrecuencia cuando la penetración de FERNc sea significativa

# Propuesta de cálculo de reserva secundaria

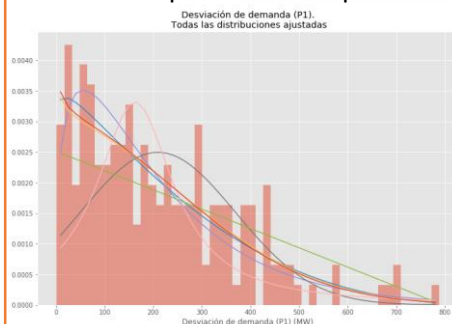
Convolución de funciones construidas

- Disparo de unidades de generación
- Errores en el pronóstico de carga
- Errores en pronóstico de generación de FERNC

Definición de fuentes de desbalance carga - generación

Construcción de funciones de densidad de probabilidad

- Proceso iterativo de ajuste a la función de probabilidad óptima.



Probabilidad acumulada:

- Prd (porcentaje de cubrimiento ante eventos que requieran un valor positivo de reserva)
- Pro (porcentaje de cubrimiento ante eventos que requieran un valor negativo de reserva)

Establecer márgenes de déficit de reserva

Cálculo de la reserva

- Se establece un porcentaje de reserva secundaria en función de los porcentajes de cubrimiento.

# Conclusiones



- Ante la evolución que están enfrentando los sistemas eléctricos, es fundamental un cambio de paradigma en los procesos de planeación y operación de sistemas eléctricos. Conceptos como el de confiabilidad, se deben complementar con otros como el de flexibilidad y resiliencia para acercar la planeación al tiempo real y enfrentar los retos de variabilidad e incertidumbre asociados con la integración de nuevas tecnologías al SIN.
- Bajo los supuestos analizados en los estudios, desde el punto de vista operativo, se observa viabilidad para integrar los proyectos de FERNC con concepto UPME a marzo de 2020, ya que no se evidencian en el sistema condiciones de flexibilidad, seguridad o suficiencia que pongan en riesgo la operación del sistema.
- Es indispensable que los proyectos que entren a operar en los próximos años cumplan con los requisitos técnicos de conexión estipulados en la regulación para las FERNC conectadas al STR y STN para garantizar la seguridad del sistema.
- Es fundamental monitorear y cuantificar la cantidad de recursos distribuidos y la aparición de micro redes para ajustar los estudios, y desarrollar la regulación que establezca los requisitos de conexión para permitir una integración segura, de forma que contribuyan a incrementar la flexibilidad y resiliencia del sistema.
- Se debe realizar de forma periódica un análisis del desempeño de la frecuencia del sistema y de los factores que intervienen a medida que aumente la intergración de FERNC al SIN, con el fin de cuantificar las necesidades por parte de los FERNC y las plantas convencionales, para de mantener los estándares de calidad, seguridad y confiabilidad en el sistema.
- En la medida que se cuente con mejor información acerca de los proyectos de expansión del SIN, XM realizará actualización de los resultados presentados.

