

# Estructuración de alternativas para el tratamiento de desviaciones de generación – Solar y Eólica

## Contenido:

1. Introducción
2. Predicción energía solar y eólica
3. Diagnóstico
4. Referencia internacional
5. Alternativas preliminares



# 1. Introducción

Esta consultoría fue contratada por el BID y tiene como objetivo estructurar alternativas para ajustar las desviaciones del programa generación<sup>1</sup>, con el siguiente alcance:

- Solo aplica para plantas de generación **solar y eólica**.
- **No pretende hacer propuestas** para modificar reglas de las plantas de generación convencional
- **No pretende hacer propuestas** para modificar reglas operativas y/o comerciales del AGC (servicio de regulación secundaria de frecuencia)

<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019

# Variables dominantes en la producción de energía solar y eólica

## Plantas Solares



Nubosidad (Espesor, altura, movimiento)

Humedad

Temperatura ambiente y temperatura del panel

Posición del sol

Velocidad del viento

Contaminación

Brillo

Características de los paneles

## Plantas Eólicas



Velocidad del viento

Dirección del viento

Altura de los aerogeneradores

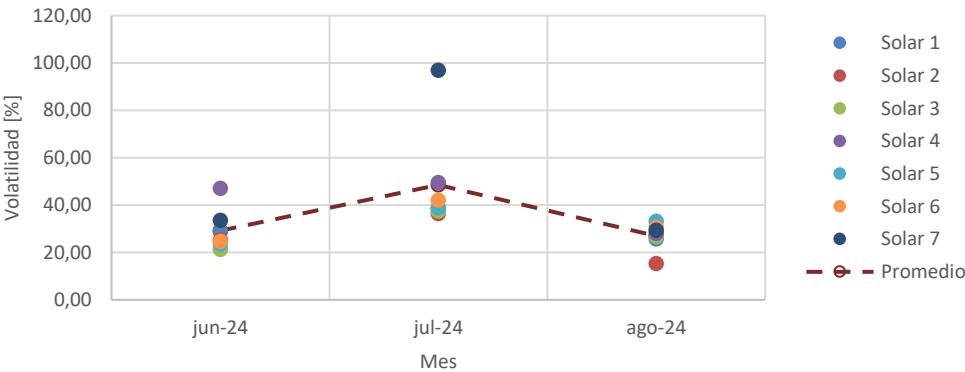
Humedad

Presión atmosférica

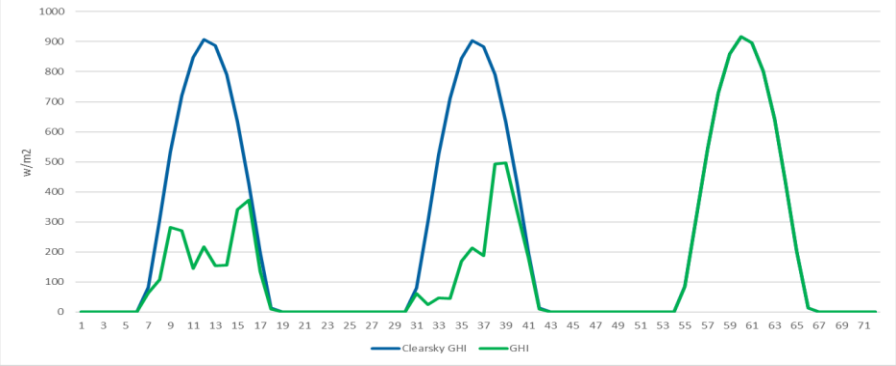
Características de los aerogeneradores

# ALTA VOLATILIDAD DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA Y ALTO IMPACTO DE LA NUBOSIDAD

Volatilidad de la generación diaria



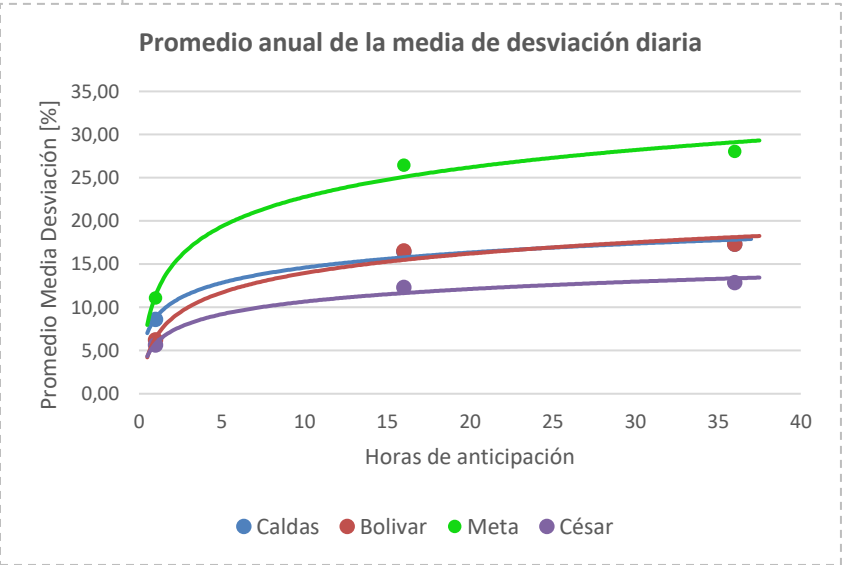
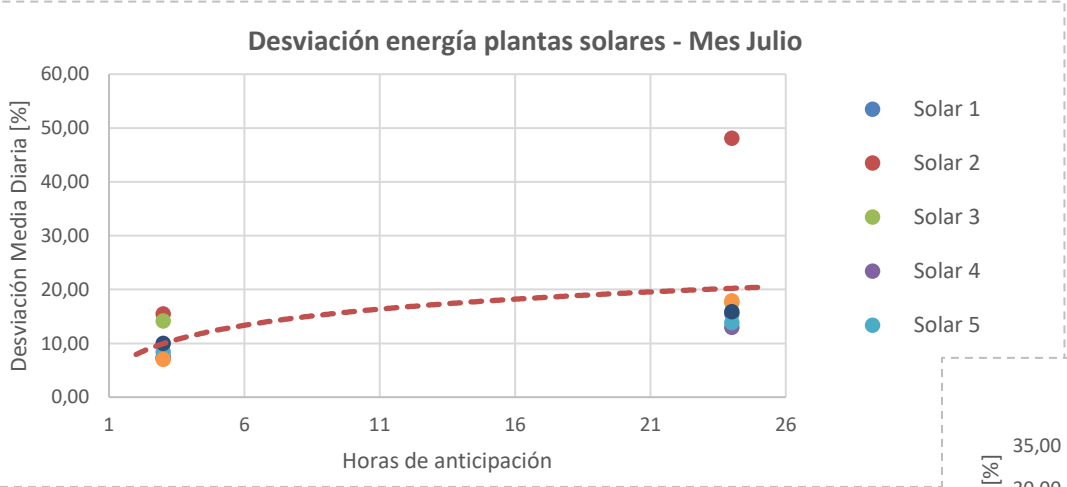
Impacto de la nubosidad en el radiación Nov 8 2022 - Nov 11 2022



<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019

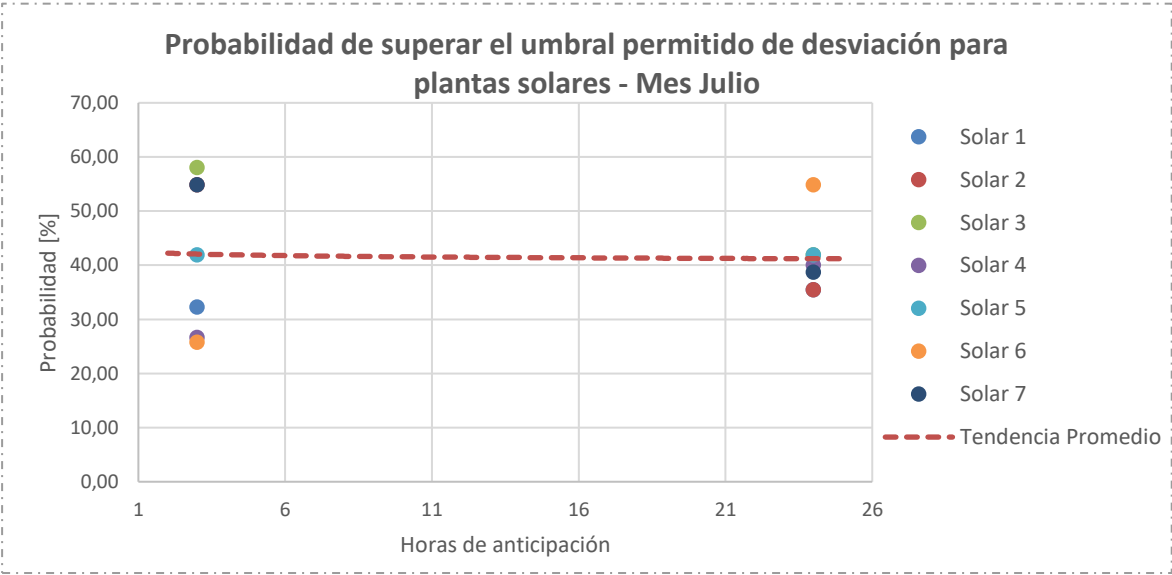


# EL TIEMPO ENTRE EL PRONÓSTICO Y EL TIEMPO REAL ES CRÍTICO EN LAS DESVIACIONES. A MENOR DIFERENCIA MENORES DESVIACIONES



<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019

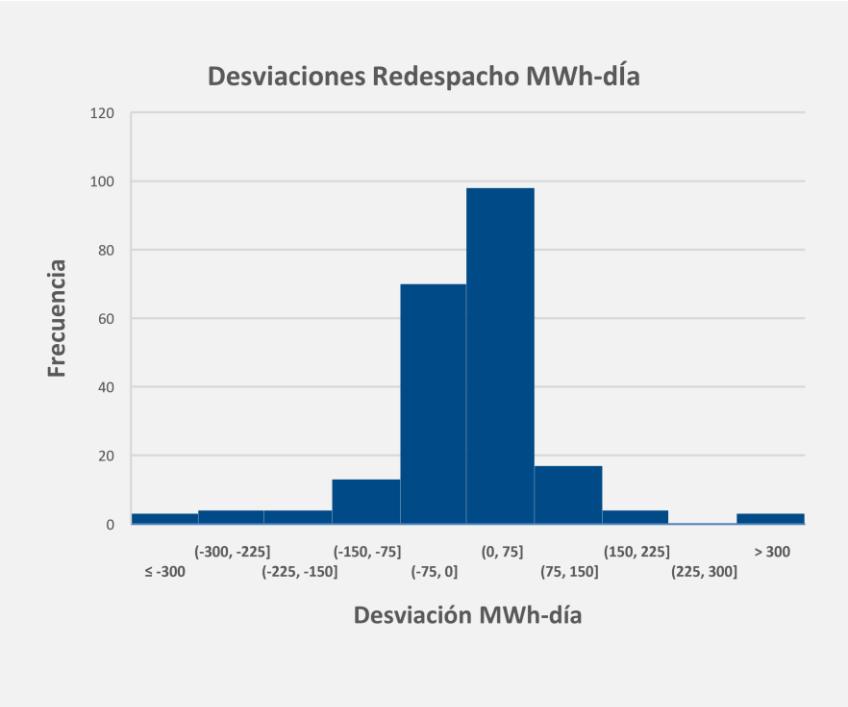
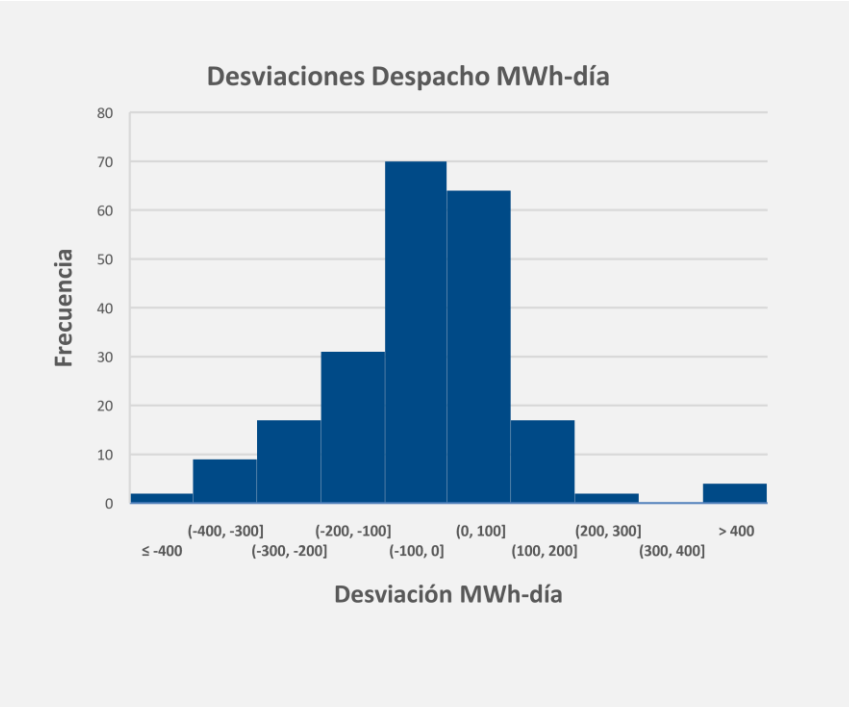
# EXISTE ALTA PROBABILIDAD DE SUPERAR EL UMBRAL



<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019



# EXISTE SESGO A SUBESTIMAR LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

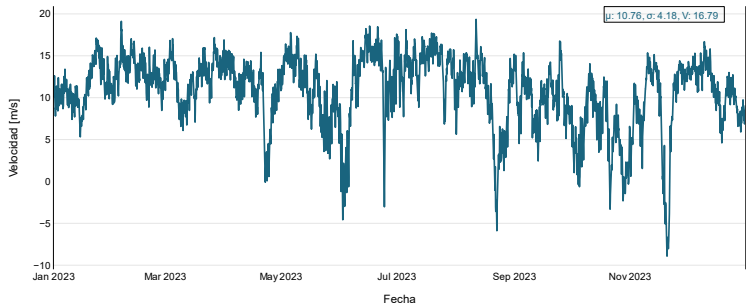


<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019

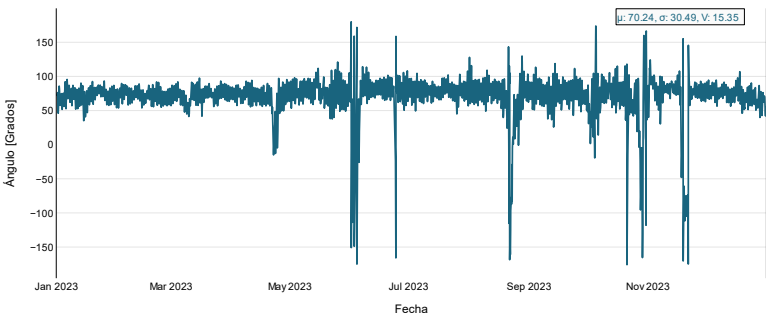


# EXISTE ALTA VARIABILIDAD DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

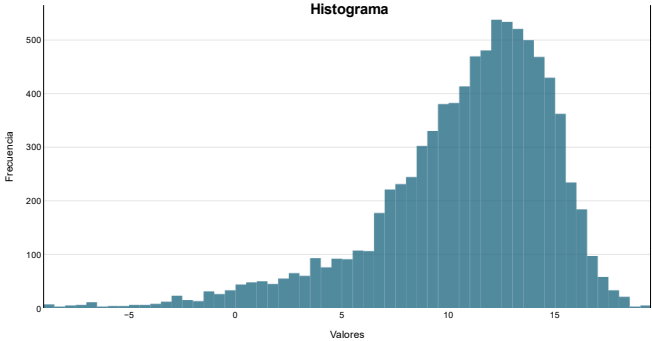
Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Velocidad [m/s]



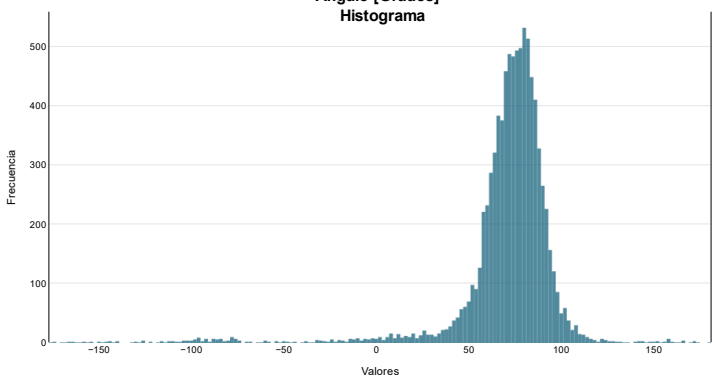
Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Ángulo [Grados]



Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Velocidad [m/s]  
Histograma



Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Ángulo [Grados]  
Histograma



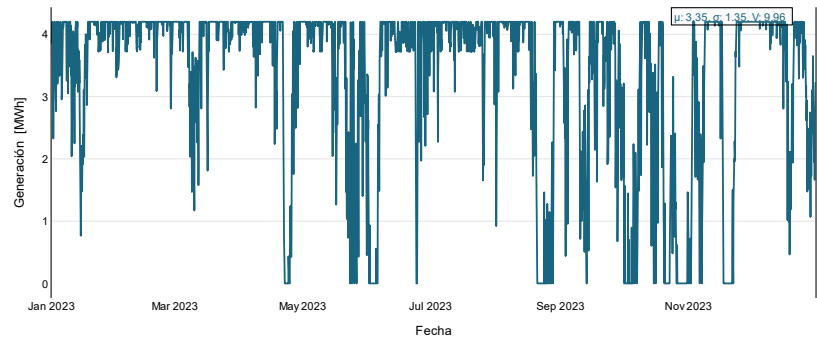
<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019



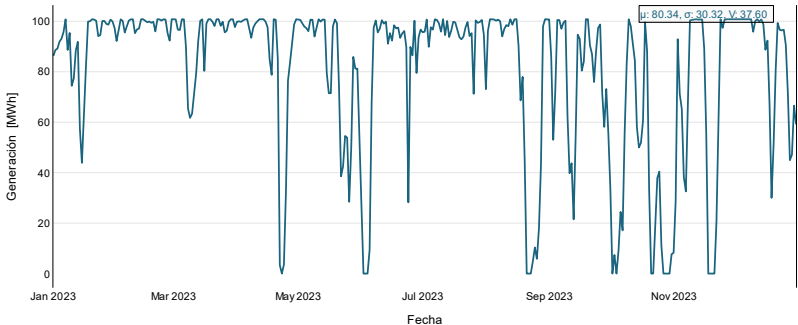


# EXISTE ALTA VOLATILIDAD DE LA GENERACIÓN EÓLICA

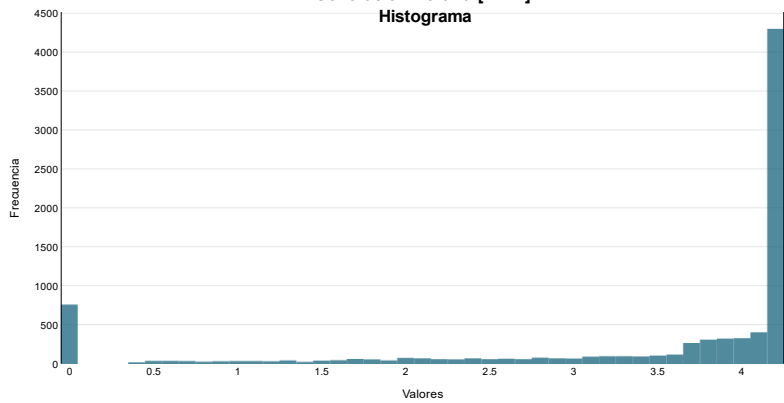
Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Generación Horaria [MWh]



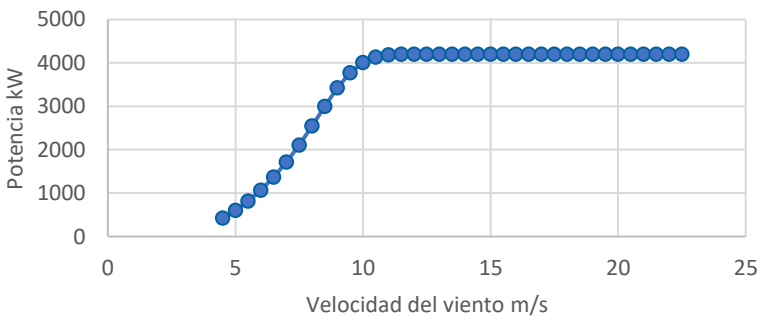
Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Generación Diaria [MWh-día]



Guajira Cabo de la Vela Planta 4.2MW h=135[m]  
Generación Horaria [MWh]  
Histograma

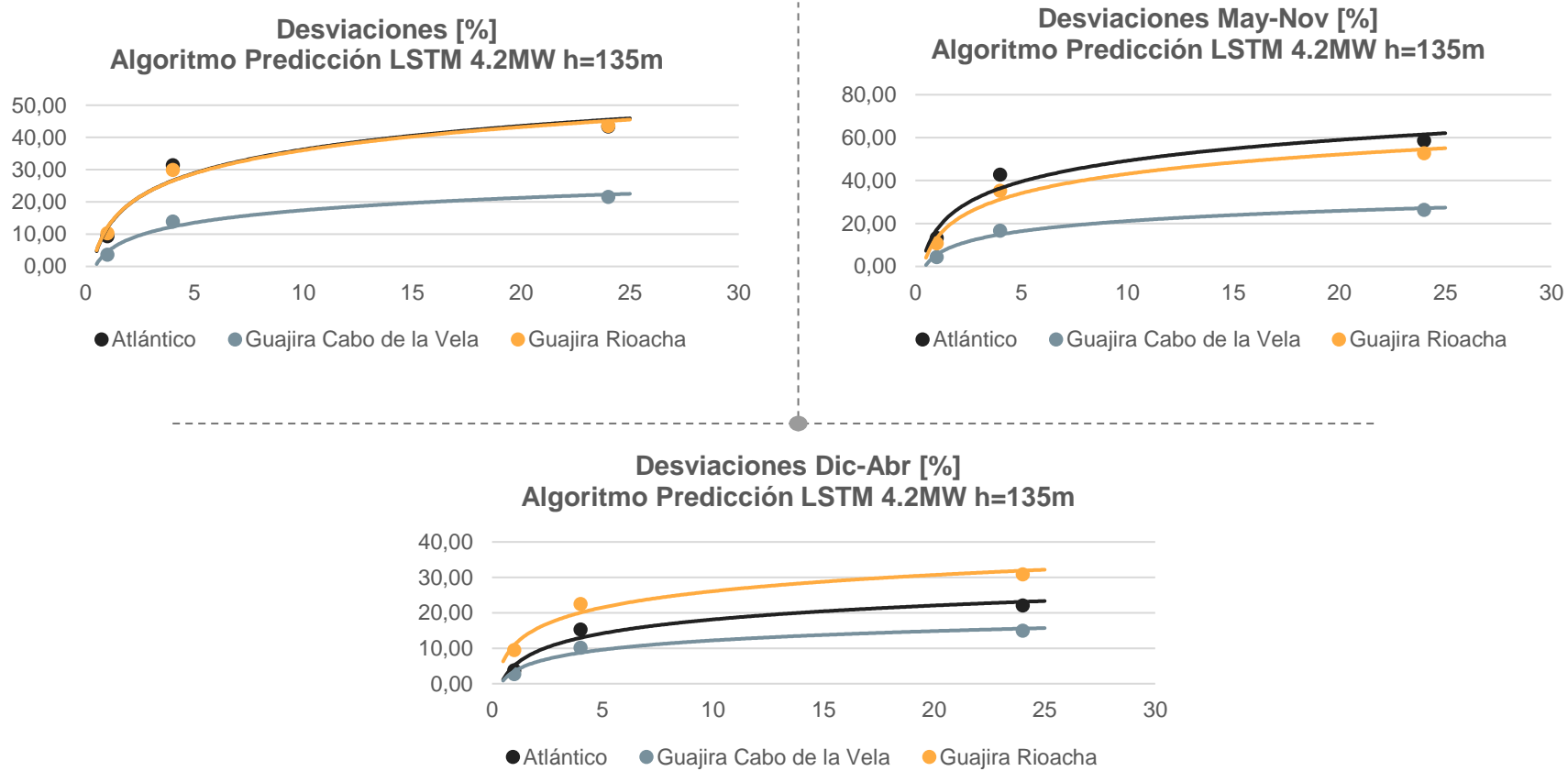


Curva de Potencia 4.2MW y Velocidad de viento



EL TIEMPO ENTRE EL PRONÓSTICO Y EL TIEMPO REAL ES CRÍTICO EN LAS DESVIACIONES. A MENOR DIFERENCIA MENORES DESVIACIONES.

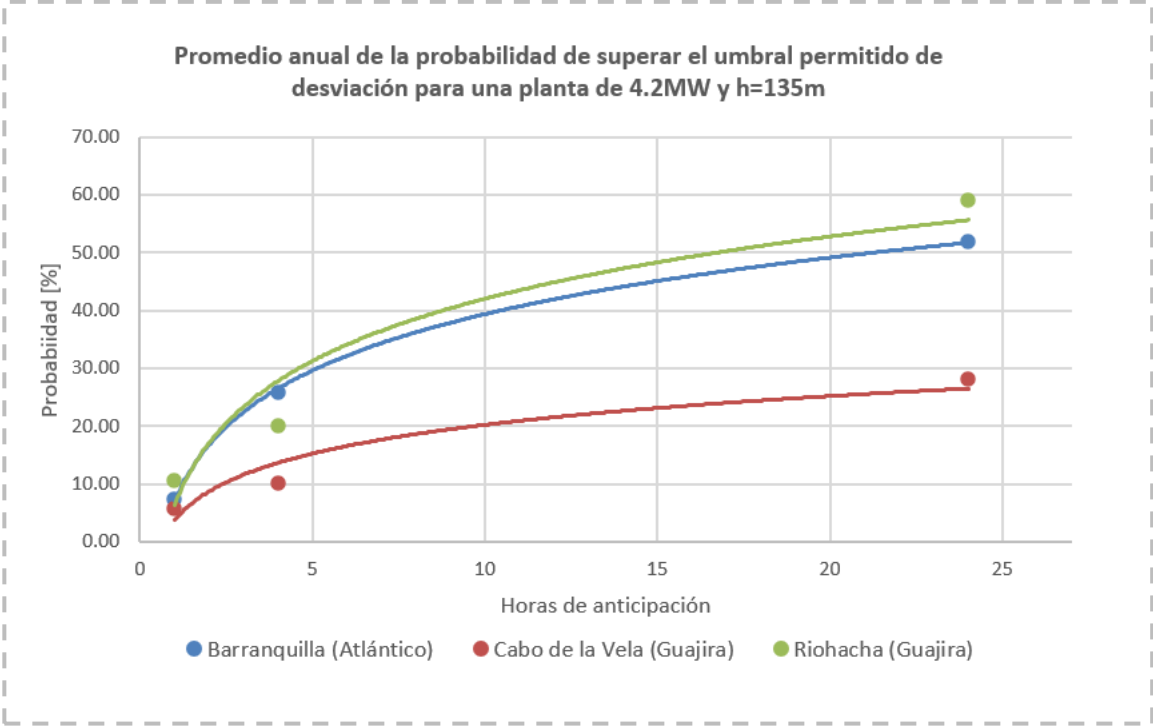
EL MODELO DE PRONÓSTICO Y LA INFORMACIÓN DE ENTRENAMIENTO DEL MODELO TAMBIEN SON FUNDAMENTALES



<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019



# EXISTE ALTA PROBABILIDAD QUE LAS DESVIACIONES SUPEREN LOS UMBRALES



<sup>1</sup>Resolución CREG 060 de 2019



### 3. Diagnóstico

1. Los errores de predicción son difíciles de disminuir más allá de cierto nivel.
  - La predicción debe ser lo más cercano al momento de operación
  - Esto es concordante con la experiencia internacional
  
2. La referencia internacional tiene dos vertientes.
  - Mercado basado en ofertas de precio.
    - Responsabilidad total de los agentes: asumen el costo que las desviaciones le causan al sistema
    - El despacho de generación y de la reserva son co-optimizadas
  - Mercado basado en costos por tecnología.
    - El operador resuelve las desviaciones del sistema
  - No se han encontrado sistemas con las mismas condiciones de Colombia



## 4. Referencia internacional

### ***Lenguaje de contexto***

*Mecanismo de Balance*: Esquema de liquidación donde los causantes de costos al sistema por desviaciones de generación/demanda pagan los costos de los recursos que ayudaron a cubrir esas desviaciones.

*Balance operativo*: Igualar generación con demanda, que se logra con despacho en tiempo real y con los esquemas de reserva rodante y no rodante (regulación de frecuencia primaria, AGC y regulación terciaria).

*Desviación*: Se refiere a la diferencia entre el último compromiso o programa de generación y la generación real.



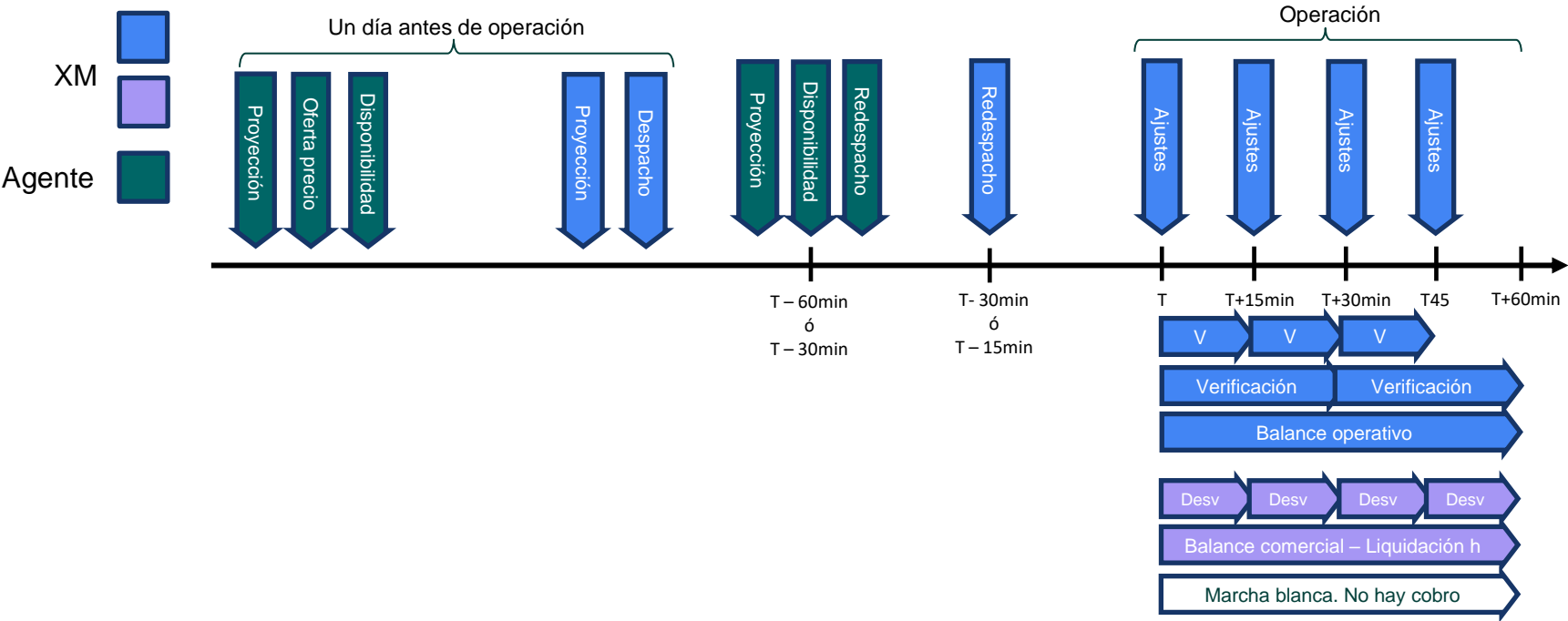
# 4. Referencia internacional

De los mercados o sistemas revisados como: Australia - AEMO, Caiso, Chile, España, India, MISO, Perú, Nueva Zelanda, PJM y UK, se destaca lo siguiente:

Mercados basados en ofertas de precio	Mercados basados en costos por tecnología (Chile y Perú)
Los agentes realizan oferta de precio y energía para el mercado de energía y reserva (Co-optimización de energía y reserva). AEMO, Caiso, España, Nueva Zelanda, PJM y UK	El operador realizar un despacho basado en costos por tecnología para cubrir el programa de generación y reserva
Los agentes responden comercialmente por los programas de generación de diferentes mercados: diario, horario y en tiempo real. AEMO, Caiso, España, PJM y UK. En Nueva Zelanda el programa puede ser modificado dos horas antes.	Los agentes no tienen obligaciones comerciales por el programa de generación
Algunos mercados cuentan con horizontes de 60 min, 30 min, 15 min y de 5 min, previos a la operación. AEMO, Caiso, España, Nueva Zelanda, PJM y UK.	No tienen mercados intradiarios
El operador corrige o cubre las desviaciones a través del mecanismo de balance (reserva y despacho en tiempo real).	El operador corrige o cubre las desviaciones a través de los servicios de reserva y redespachos previos a la operación. Los agentes No asumen costo por desviaciones



# 5. Alternativas preliminares



# 5. Alternativas preliminares

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Intervalo de despacho	15 min para XM. 60 min para Agentes y envío 30 min antes	15 min para XM. 60 min para Agentes y envío 30 min antes	15 min para XM. 60 min para Agentes y envío 30 min antes
Responsable de pronóstico	XM, considerando insumo del agente. Puede ser algorítmico. P.ej. i.) XM evaluará y utilizará la proyección de quién haya sido más preciso; o ii.) XM utilizará el de mayor impacto [en energía]	XM, considerando insumo del agente. Puede ser algorítmico. P.ej. i.) XM evaluará y utilizará la proyección de quién haya sido más preciso; o ii.) XM utilizará el de mayor impacto [en energía]	XM, considerando insumo del agente. Puede ser algorítmico. P.ej. i.) XM evaluará y utilizará la proyección de quién haya sido más preciso; o ii.) XM utilizará el de mayor impacto [en energía]
Tiempo límite para pronóstico	30 min	30 min	30 min
Cálculo desviación	Individual. <i>Torneo entre agente y XM.</i> Valor absoluto de las desviaciones del último redespacho (pronóstico) con respecto a la generación real.	Individual. <i>Torneo entre agente y el sistema.</i> Valor absoluto de las desviaciones del último redespacho (pronóstico) con respecto a la generación real.	Individual. Evaluación contra el mismo agente. Métrica: valor absoluto de las desviaciones del último redespacho del agente con respecto a la generación real.
Tolerancia	Si el agente gana el torneo, no se cobra desviación. Si pierde, pero su desviación tiene una diferencia con <b>la de XM</b> en un valor menor a 3%, o 2 MWh, no se cobra desviación.	Si el agente gana el torneo, no se cobra desviación. Si pierde, pero su desviación tiene una diferencia con <b>la del sistema</b> menor a 1%, no se cobra desviación.	Si persistentemente el agente viene mejorando el error (p.e. últimas dos semanas o diaria en la última semana), no se le cobra desviación.
Precio desviaciones	$P = A * \text{Costo de AGC promedio del último mes (hoy: 2 x CERE)}$ A es un número positivo calibrado	$P = A * \text{Costo de AGC promedio del último mes (hoy: 2 x CERE)}$ A es un número positivo calibrado	$P = A * \text{Costo de AGC promedio del último mes (hoy: 2 x CERE)}$ A es un número positivo calibrado
Marcha blanca. Al inicio de operación comercial	3 meses	3 meses	3 meses





# 5. Alternativas preliminares

	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7	Alternativa 8
Intervalo de despacho	15min o 30min	15min o 30min	15min o 30min	15min o 30min
Responsable de pronóstico	Menor error[Agente(t-1),CND(t-1)]	Menor error[Agente(t-1),CND(t-1)]	Menor error[(t-1),CND(t-1)]	Menor error[Agente(t-1),CND(t-1)]
Tiempo límite para pronóstico	30 min antes de operación	30 min antes de operación	30 min antes de operación	30 min antes de operación
Cálculo desviación	Gen horaria real menos gen proyectada por el agente. Última declaración	gen real - gen programada  horaria en último despacho dividido por generación real en la hora	gen real - gen programada  horaria en último despacho dividido por generación real en la hora	gen real - gen programada  horaria en último despacho dividido por generación real en la hora
Tolerancia	Un valor regulado. Si error menor que el del CND, desviación autorizada. Definida según error de predicción. <b>El CND calcula la tolerancia igual a la mediana del error calculado por zona.</b>	NO	NO	Autorización de desviaciones por CND si error agente < error CND
Precio desviaciones	Desviación positiva, recibe $Pb*(1-\alpha)$ Desviación negativa, devuelve $Pb*(1+\alpha)$ Se paga o descuenta sobre excedente de la tolerancia	NO	NO	NO
Servicio Balance	NO	Ventas. Aumento o reducción de generación para cubrir desviaciones de programa de generación.	Ventas. Aumento o reducción de generación para cubrir desviaciones de programa de generación.	Ventas. Aumento o reducción de generación para cubrir desviaciones de programa de generación.
Precio Balance	NO	Precio AGC $\pm$ Incentivo. Desvío hacia arriba, recibe $AGC(1-\alpha)$ Desvío hacia abajo, devuelve $AGC(1+\alpha)$ .	Delta precio sobre desviación positiva o negativa. Igual a diferencia con precio siguiente hacia arriba o hacia abajo al marginal	Desviaciones autorizadas: ídem actual. Desviaciones No autorizadas: Pos. recibe $Pb*(1-\alpha)$ ; Neg. devuelve a $Pb*(1+\alpha)$
Marcha blanca. Al inicio de operación comercial	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses

# 5. Alternativas preliminares

Alternativa 9	
Despacho programado (primer despacho)	Intervalo 15 min. Horizonte 24 horas
Redespacho	Intervalo 15 min. Horizonte desde la hora T hasta el último periodo del día Declaración de disponibilidad por parte de los agentes de las plantas eólicas y solares cada hora 45 minutos antes de empezar la siguiente hora T a intervalos 15 minútales.
Operación muy corto plazo (balance)	Intervalo 5 minutos. Horizonte desde inicio de la hora T hasta el final de la hora T. Se utilizan los pronósticos de XM
Responsable de pronóstico	Despacho Programado: Los Agentes Redespacho: Los Agentes Balance: XM
Cálculo desviación	Métrica: 1 ) valor absoluto de las desviaciones del primer despacho del agente con respecto al despacho de balance realizado por XM 2) valor absoluto de las desviaciones del último redespacho del agente con respecto al despacho de balance realizado por XM. 3) valor absoluto de las desviaciones del despacho de balance realizado por XM con respecto a la generación real de las plantas en forma agregada
Tolerancia	Si el agente tiene una desviación X% para el despacho y Y% menor que la proyección de XM para la planta, no se cobran desviaciones. Si es superior, se cobran desviaciones. Para XM se debe incluir un indicador en el conjunto de indicadores que se consideran para la remuneración al precio de desviaciones.
Precio de desviaciones del despacho (impacto en los precios)	Diferencia de los precios obtenidos del despacho ideal calculado con la información del despacho programado y el precio de bolsa de la TX1 siempre y cuando el precio de la TX1 Sea mayor que la del despacho ideal calculado para las condiciones del despacho programado
Precio desviaciones redespacho (impacto en los costos de reserva)	$P_{desv} = A * \text{Costo de AGC promedio del último mes (incluyendo costo de reconciliaciones)}$ A no necesariamente es mayor que 1. Las desviaciones remanentes después de la última proyección se van a corregir con y a costo de AGC para el sistema. Por otro lado, la cantidad de AGC requerida no va a ser la suma de los valores absolutos de las desviaciones individuales, puesto que las desviaciones de algunas plantas cancelarán las desviaciones de otras. $DESV\_total < SUM(abs(DESV\_i))$ . Por lo tanto, el costo de las desviaciones individuales se ve aminorado en el agregado por el número de plantas en el sistema y su correlación. El uso del costo promedio de AGC es para que no se distorsione el AGC diario. Este costo de AGC corresponde al valor de responsabilidad comercial de AGC que asumen las plantas despachadas centralmente del costo real de AGC, después del alivio de una proporción de las reconciliaciones negativas. Actualmente, entendemos que las predicciones individuales se desvían 15-30%, pero las totales son 5-8%. Implícitamente, esto permite ajustar la penalización por desviarse a su verdadero impacto en el sistema a medida que hay mayor penetración de FNCR. Adicionalmente, se puede considerar un tratamiento diferencial si la desviación fue en la dirección opuesta a la del sistema o en la misma dirección, lo que favorecería a las plantas correlacionadas negativamente con el total (las que disminuyen el riesgo de desviación).
Marcha blanca. Al inicio de operación comercial	3 meses

# Estructuración de alternativas para el tratamiento de desviaciones de generación – Eólica y Solar

**Gracias**

