



Energía

Ministerio de Minas y Energía · República de Colombia

Reporte Integral — Riesgo Hídrico-Energético

Análisis completo del SIN: hidrología, energía firme, gas, precios, modelos y territorio · 29/07/2026 · Cifras en vivo, reproducibles y con trazabilidad de fuente

72/100 · Naranja · Riesgo alto

CONTENIDO

- 1. Panorama
- 2. Riesgo de apagón
- 3. Proyecciones y modelos
- 4. Territorio y cobertura
- 5. Embalses e hidrología
- 6. Precios
- 7. Gas y térmicas

PANORAMA DEL SIN — SEÑALES RELEVANTES

Señal	Valor	Lectura
Índice integrado de riesgo	72/100 Naranja	Riesgo alto
Margen de energía firme (ENFICC)	-3.1 GWh/día	la demanda supera la firme
El Niño — P(estrés)	81-97%	El Niño Advisory
Distancia bolsa→escasez	536 COP/kWh	-2.0/día, ≈263 días a OEF
Gas: dependencia importación	30%	GNL/FSRU, al alza
Aportes hídricos 30d	81%	de la media histórica

Impulsores del riesgo

Factor impulsor	Valor	Aporte
Probabilidad de estrés por El Niño (modelo validado)	81% · El Niño Advisory	+17.9
Cobertura de gas firme de térmicas	41%	+10
Firmeza de oferta de gas en pico El Niño	2%	+8
Balance comercial de gas en firme	deficitario 35/35 TEE	+8
Aportes hídricos vs media (30d)	81%	+7

Análisis: El sistema entra a la temporada seca con margen de energía firme NEGATIVO (-3.1 GWh/día), el precio de bolsa cerrándose hacia la activación de OEF y una dependencia de gas importado del 30%. El episodio El Niño está presente con P(estrés) 81-97%.

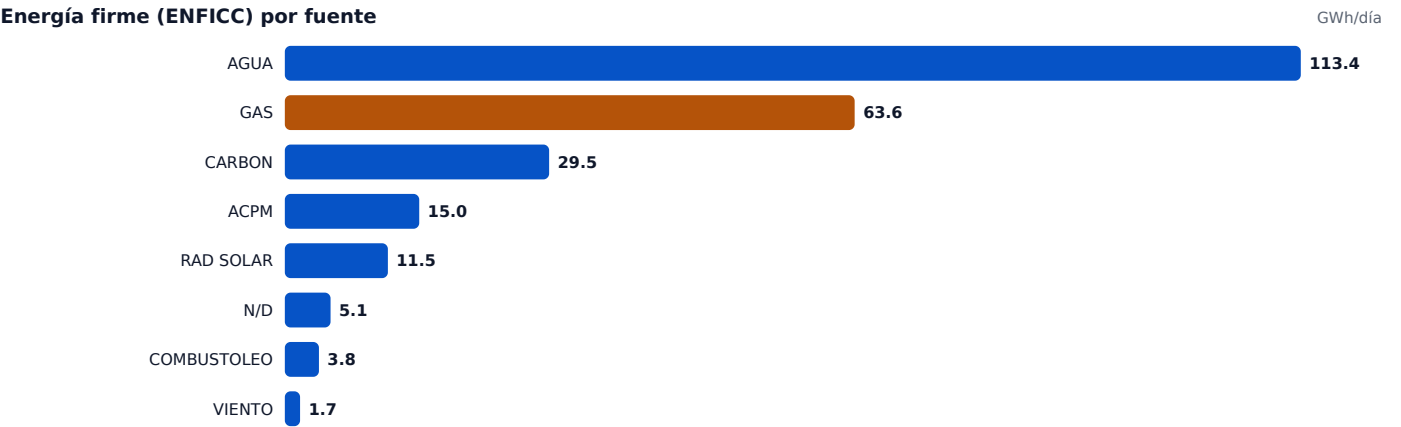
RIESGO DE APAGÓN — ÍNDICE INTEGRADO Y SUFICIENCIA

Índice vigente **72/100 Naranja** · versión propuesta con factores observados (gas+ENFICC): **84 Rojo** (decisión pendiente del Ministerio).

Descomposición completa del índice (17 factores, cada uno con fuente)

Grupo	Factor	Valor	Aporte	Fuente
A. Clima-hidrología	Probabilidad de estrés por El Niño (modelo validado)	81% · El Niño Advisory	+17.9	Modelo estadístico episodios El Niño (logí
A. Clima-hidrología	Aportes hídricos vs media (30d)	81%	+7.0	XM PorcApor
A. Clima-hidrología	Embalse agregado del SIN	80%	+0.0	XM VoluUtilDiarEner/CapaUtilDiarEner (Sist
B. Demanda	Crecimiento interanual de demanda	+6.0%	+5.0	XM DemaReal
B. Demanda	Cobertura de generación	102%	+1.0	XM Gene/DemaReal
C. Gas-respaldo	Cobertura de gas firme de térmicas	41%	+10.0	XM consumo vs BEC contratación firme
C. Gas-respaldo	Firmeza de oferta de gas en pico El Niño	2%	+8.0	PTDVF/CIDVF SEGAS
C. Gas-respaldo	Balance comercial de gas en firme	deficitario 35/35 TEE	+8.0	Balance TEN SEGAS
C. Gas-respaldo	Dependencia de importación de gas (GNL)	30% (media 30d)	+6.0	BEC Información Operativa — Energía Inyect
C. Gas-respaldo	Balance físico observado oferta—demanda de gas	superávit 83,423 MBTUD (media 30d)	+0.0	BEC Información Operativa — inyectada vs t
D. Eventos operativos	Indisponibilidad de capacidad (mantenimientos y fallas)	4,352 MW fuera (20.0%)	+2.5	XM CapEfecNeta vs DispoReal
D. Eventos operativos	Generación de seguridad (restricciones de confiabilidad)	34.4 GWh/día	+5.0	XM GeneSeguridad
D. Eventos operativos	Generación fuera de mérito (restricciones de red)	15.7 GWh/día	+2.0	XM GeneFueraMerito
D. Eventos operativos	Cercanía al precio de escasez	bolsa al 64.2% del techo de escasez	+3.0	XM PrecEscaAct 1,221 COP/kWh
D. Eventos operativos	Demanda no atendida (30 días)	4,309 MWh · foco AREA CARIBE	+2.0	XM DemaNoAten por área
E. Mitigación (renovables)	FN CER cubriendo demanda hoy	9.5%	-4.0	XM Gene solar/eólica
E. Mitigación (renovables)	Pipeline renovable en pruebas	1231 MW	-1.8	PARATEC

Energía firme (Cargo por Confiabilidad)



Análisis: ENFICC 245.0 vs demanda 248.1 GWh/día → margen -3.1. 18.2 GWh/día de la energía firme a gas dependen de gas interrumpible: si se corta, el margen cae a -21.3 GWh/día (déficit).

Eventos operativos del SIN

Evento operativo	Valor	Severidad
Indisponibilidad de capacidad (mantenimientos y fallas)	4,875 MW fuera (22.4%)	warn
Generación de seguridad (restricciones de confiabilidad)	25.9 GWh/día	risk
Generación fuera de mérito (restricciones de red)	23.6 GWh/día	risk
Cercanía al precio de escasez	bolsa al 64.2% del techo de escasez	warn
Demanda no atendida (30 días)	4,309 MWh · foco AREA CARIBE	warn

Marco de eventos raros

Con un solo racionamiento histórico (1992) no se entrena una probabilidad de apagón: el riesgo se sustenta en suficiencia física determinista (ENFICC), el pronóstico de intensidad NOAA (calibrado) $\times$ umbral histórico $ONI \approx 1.45$, y escenarios condicionales. Se reporta ESTRÉS del sistema, no probabilidad calibrada de apagón.

PROYECCIONES Y MODELOS ENTRENADOS

Modelo de precio de bolsa — error de ±36 COP/kWh

Métrica principal: **error medio (MAE) 36 COP/kWh** fuera de muestra. **Sobre el R²:** el modelo da R² 0.94, pero la línea base trivial "mañana = hoy" ya da R² 0.94 (MAE 37) — el precio es muy persistente, así que ese R² alto viene de la autocorrelación, no del modelo. Reportamos el MAE para no dar falsa impresión de precisión; el valor del modelo es explicar QUÉ fundamentales (hidrología, El Niño, gas) mueven el régimen. Target en log, 22 variables, partición temporal sin fugas.

Variable	Importancia (permutación)
precio_lag1	1.371
demanda_gwh	0.009
precio_lag7	0.009
aportes_pct	0.006
indisponibilidad_pct	0.006
margen_gen_dem_gwh	0.002
precio_lag14	0.002
precio_mm7	0.001

El Niño — escenarios y verificación

P(estrés) del episodio en formación: sigmoide 81.3% · no-paramétrico 97.0% → rango reportado. Punto de inflexión ONI≈1.52 (frontera Niño moderado→fuerte).

Escenario de intensidad	P(estrés) histórica
Nino debil (peak 0.9)	14%
Nino moderado (peak 1.3)	34%
Nino fuerte (peak 1.8)	70%
Nino muy fuerte (peak 2.4)	93%

Calibración out-of-sample (LOOCV)

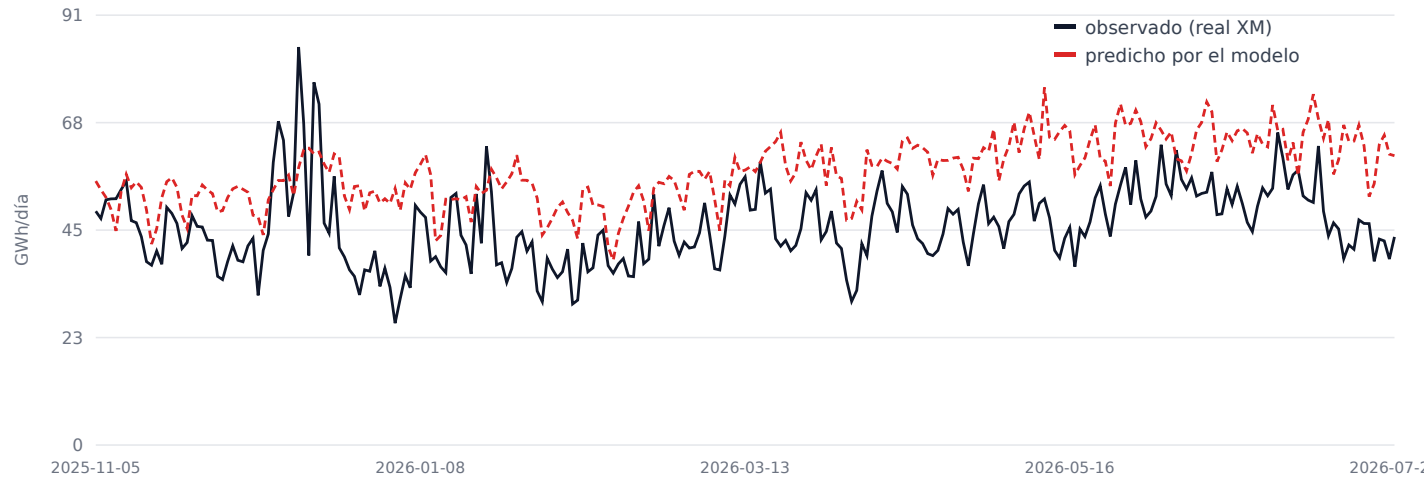
Rango prob.	n	Predicho	Observado
0.0-0.2	3	0.11	0.00
0.2-0.5	4	0.33	0.25
0.5-0.8	1	0.55	1.00
0.8-1.0	3	0.90	1.00

Estrés operativo — NO predecible (hallazgo, no error)

Análisis: intentamos predecir el estrés operativo del SIN y el modelo NO logró superar ni al promedio histórico — eso es, técnicamente, un R² negativo, y NO es un modelo roto sino la evidencia de que el estrés por restricciones lo determinan la topología de transmisión y el despacho, no las series energéticas diarias (se probaron incluso los mantenimientos: no mejora). Publicar este fracaso —en vez de maquillar un R² positivo— es lo que da credibilidad al resto: por eso el riesgo se mide con el índice integrado y la suficiencia física (ENFICC), no con esta predicción.

Estrés operativo del SIN — observado vs. modelo (Gradient Boosting)

R² fuera de muestra: -1.67 · no predictivo (R² < 0) · 257 días de prueba · 10 variables (incluye indisponibilidad/mantenimientos

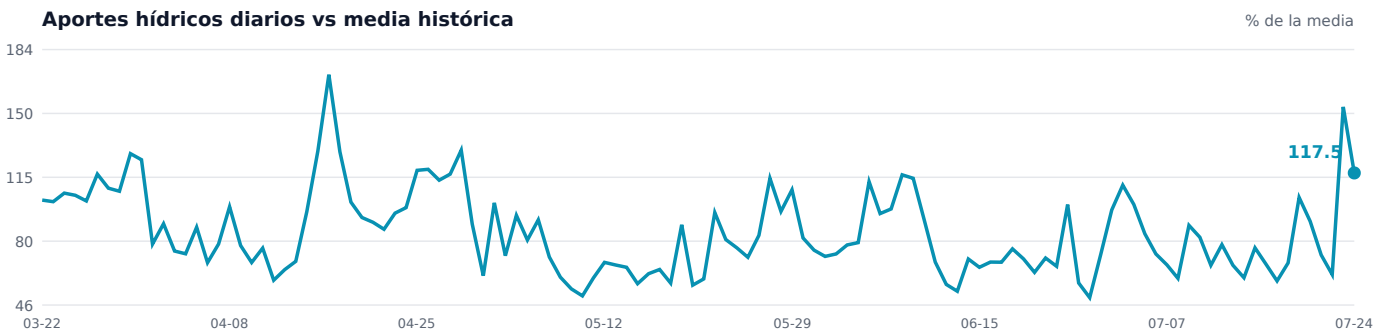
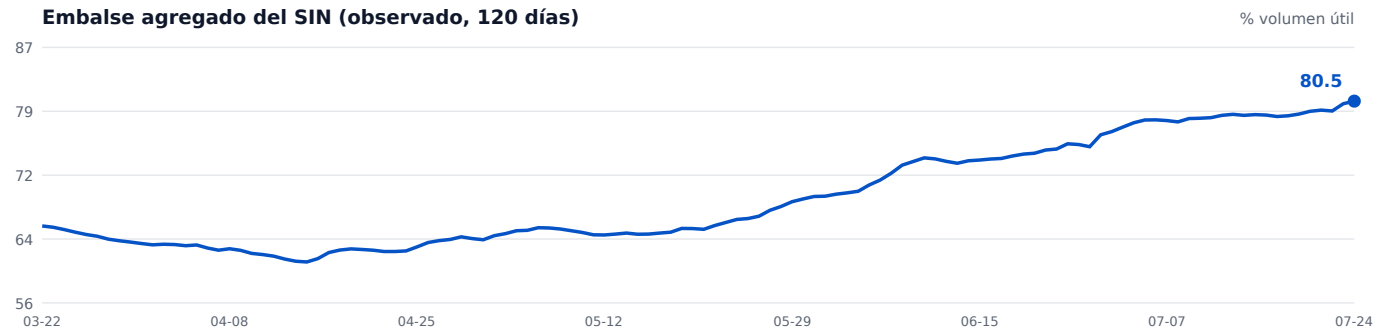


COBERTURA GEOGRÁFICA Y TERRITORIO

Capa	Indicador	Valor
Parque generador (PARATEC)	Plantas con ficha oficial XM	582
Térmicas georreferenciadas	oficial / municipio / pendiente	56 / 12 / 0
ZNI (IPSE/SIGMA)	Localidades con telemetría	N/D
Red por área	Demanda no atendida (foco)	Caribe (concentra la DNA)

Análisis: la georreferenciación de térmicas está completa con fuentes oficiales (PARATEC + DIVIPOLA); las ZNI se monitorean con telemetría IPSE con rezago de ~8 días; la demanda no atendida se concentra en el área Caribe — coherente con la saturación de transporte de gas en esa zona.

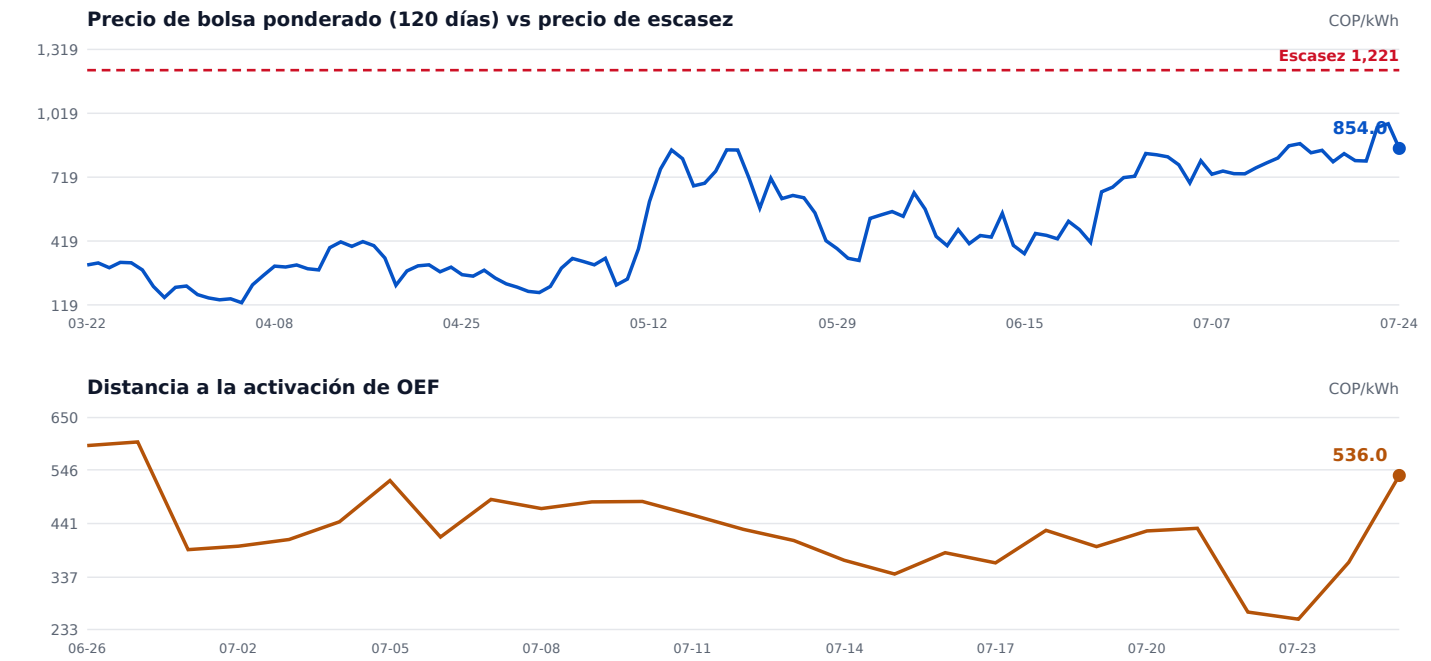
EMBALSES Y RECURSOS HÍDRICOS



Indicador	Valor
Embalses en la maestra	23 (georreferenciados 23)
Corte XM	2026-07-26
Aportes promedio 30 días	81% de la media

Análisis: el embalse agregado se sostiene en torno al 80% con aportes al 81% de la media: la señal hídrica aún no es crítica, pero el margen del sistema ya no depende del agua sino del respaldo térmico a gas (ver energía firme).

PRECIOS DEL MERCADO



Indicador	Valor
Precio ponderado (último)	854.0 COP/kWh · percentil 88
Promedio histórico (2023-)	474 COP/kWh
Ofertas del despacho	mediana N/D · p90 N/D COP/kWh
Costo de restricciones	5.4 COP/kWh (~1,321 M COP/día)
Distancia a escasez	536 COP/kWh · -2.0/día · ≈263 días a OEF (extrapolación declarada)

Análisis: el precio escaló ×6+ desde febrero y el p90 de las ofertas (N/D) ya roza el precio de escasez: el mercado está poniendo en precio el estrés. Modelo entrenado (R^2 0.94) valida los impulsores: rezago del precio, aportes y embalse.

GAS NATURAL Y RESPALDO TÉRMICO (CAPÍTULO EXTENDIDO)

Indicador	Valor
Balance físico oferta–demanda	oferta 1,033,263 vs demanda 960,311 MBTUD → 72,952
Dependencia de importación (GNL)	30.5% (al alza)
Gas a térmicas	160 GBTUD (81 firme / 46 interrumpible) · 96% en el Caribe
Nominaciones firmes	1,635,468 MBTUD (TGI+Promigas ≈90%)
Autonomía / margen regasificación	165 GBTUD ≈ 860 MW ociosos (uso 65%)
Mercado secundario	suministro 24,039 MBTUD @ 12.65 USD/MBTU
GLP	2,819,577 TON/año · 30.7% importado

Consumo de combustibles en generación (XM, 30 días) GBTUD



Análisis: XM separa el gas de generación en GAS (66.3) y GAS NI (221.6 GBTUD) — interpretado como importado: ~77% del gas quemado en térmicas sería importado (requiere validación con XM). El respaldo térmico del país es, en la práctica, GNL del Caribe.

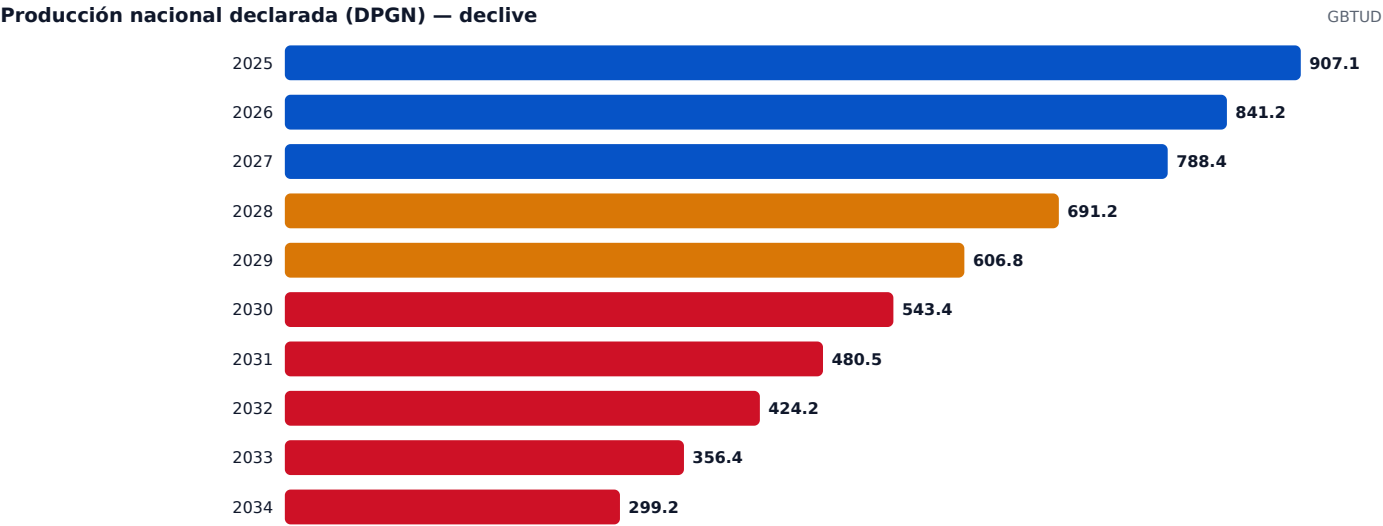
Gas por planta (BEC)

Planta	GBTUD
CORELCA TEBSA S.A.	66.6
TERMOCANDELARIA S.C.A. E.S.P.	37.7
TERMOFLORES III LTDA & CIA S.C.A. E.S.P.	14.0
TERMONORTE	13.2
PROELECTRICA LINEA NO. 1	7.6
TERMOGUAJIRA	7.1
FLOREÑA	4.6
TERMOFLORES II LTDA & CIA S.C.A. E.S.P.	3.6

Campos productores (Balance MME, observado)

Campo	Zona	Mpcpd
PAUTO SUR	Interior	362.5
CUPIAGUA	Interior	113.5
CUPIAGUA SUR	Interior	85.9
FLOREÑA	Interior	63.3
CHUCHUPA	Caribe	58.2
FLOREÑA MIRADOR	Interior	46.6
CUSIANA NORTE	Interior	32.8
LA BELLEZA	Caribe	31.3

Producción futura declarada



Declive -35% a 2030 · -64% a 2034.

Transporte — tramos saturados (CDP≈0)

Tramo	Sentido	Utilización
CARTAGENA-BARRANQUILLA	CONTRAFLUJO	96.3%
YUMBO/CALI-CALI	FLUJO	100.0%
VASCONIA-LA BELLEZA	FLUJO	99.0%
APIAY-USME	FLUJO	95.2%
GUANDO-FUSAGASUGA	FLUJO	100.0%
CENTAUROS-GRANADA	FLUJO	100.0%

Reporte generado automáticamente por el plataforma MIRHE con análisis propio del Ministerio · Fuentes oficiales: XM/Sinergox, SIMEM, NOAA/IDEAM, BEC/BMC, MME (DPGN, Balance de Producción), IPSE/SIGMA, DANE · Metodología y límites declarados en el Expediente Técnico · Complementa (no reemplaza) el Boletín Energético de XM.