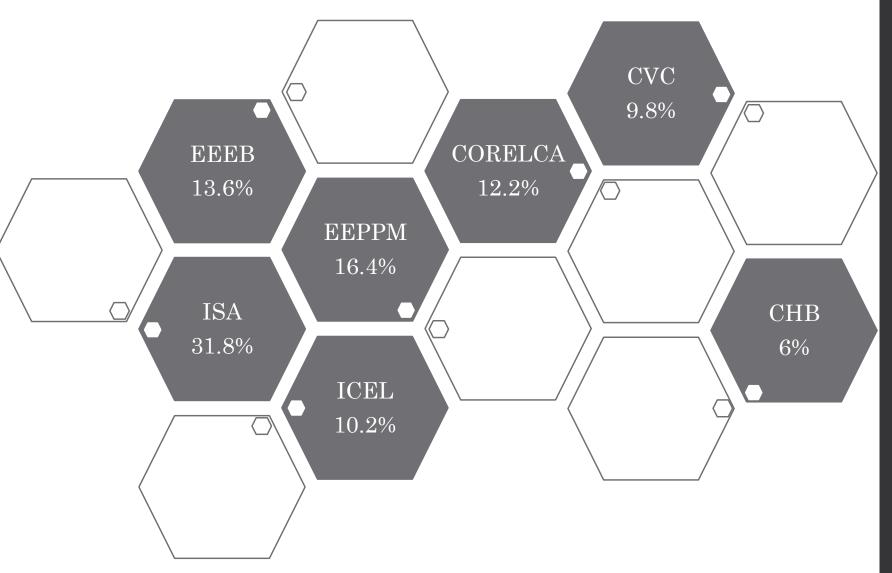
Optimización Aplicada a Sistemas de Potencia

Oscar Carreño mauricio.carreno@udea.edu.co

Ingeniería Eléctrica Universidad de Antioquia 2020

Mercado Eléctrico Colombiano

¿Cómo era la operación y administración del mercado eléctrico colombiano antes del 95?

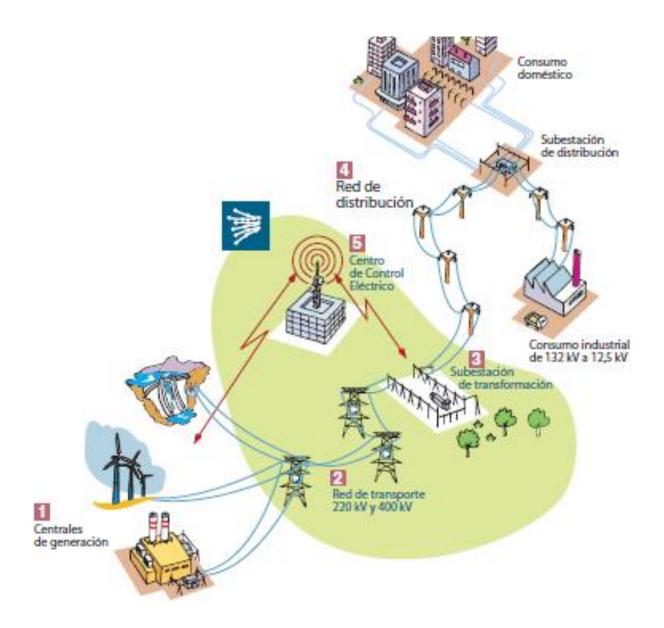


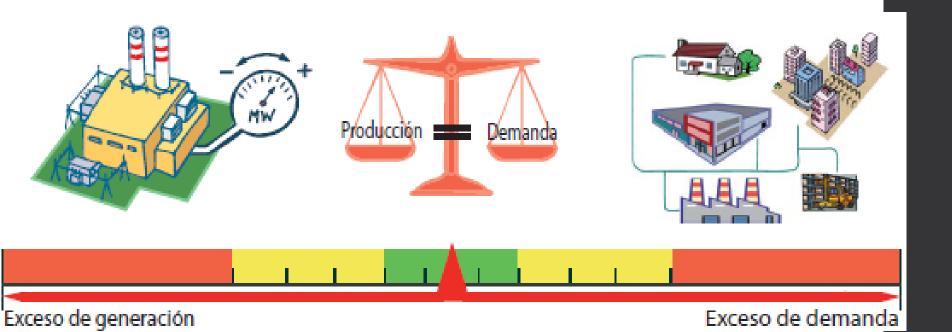
Funciones De ISA

- Interconectar El Sistema Colombiano
- · Coordinar El Despacho De Energía
- Realizar Plan De Expansión Transmisión Y Generación
- Construir Plantas De Generación Y Líneas De Transmisión

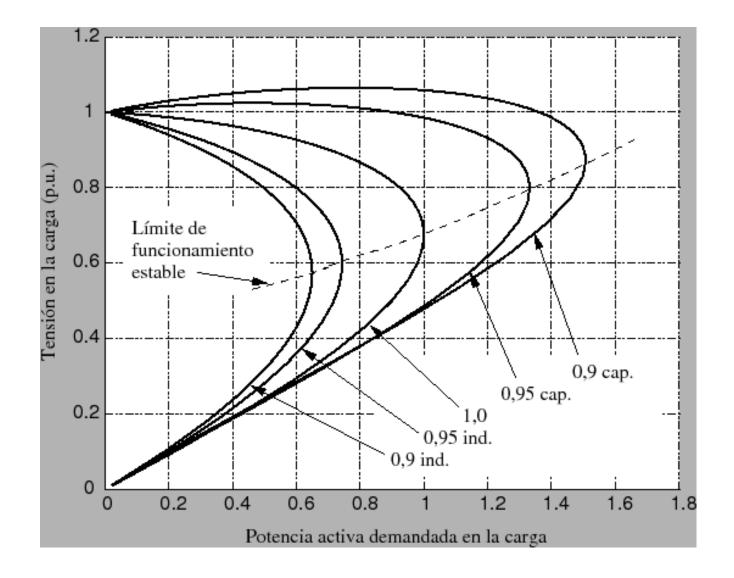
Largo Plazo Mediano Plazo • SDPSA • MINUS • 5 años • 5 semanas • Mensual • 1 diaria • Factura estacional • 4 semanales • LTI Corto Plazo

- Dos días
- Horario
- Factura mensual horaria
- STI





59.8 - **60 Hz** - 60.2



0.9 - 1 p.u - 1.1 (1.05)

1992

Racionamiento

1994

Ley 142-143 1995

Inicia mercado eléctrico 1997-1998

Niño. No Racionamiento. Intervención embalses 1999...

Atentados infraestructura

2000

Resoluciones 062-063

2001

Resolución 026

2003

Decisión CAN 536 2006

Cargo por Confiabilidad 2008

Subasta Primaria y GPPS 2009

Resoluciones 006 y 015, 051 2009-2010

Niño. No raciona

Resoluciones 127, 137, 140, 141, 051, 148, 008, 009, 010, 036, 041

2015-2016 Niñoincendio

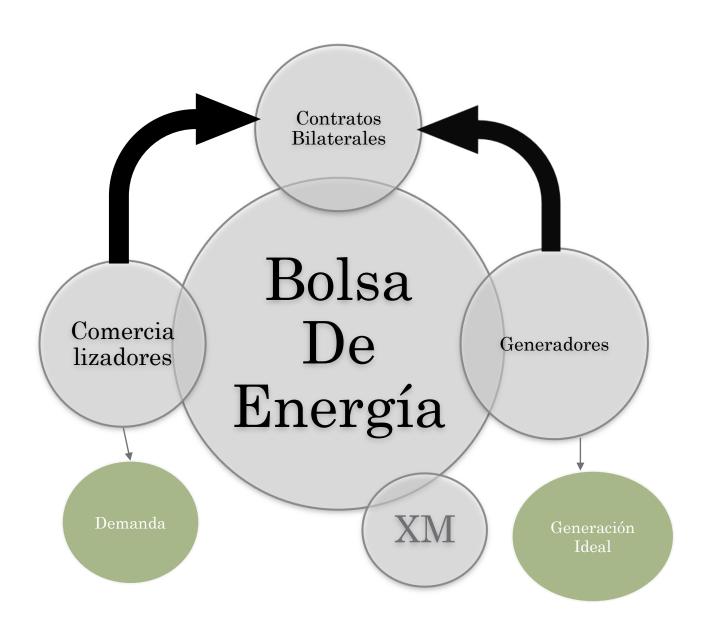
Guatapé

2018 Contingencia Ituango 2019-2020 Subasta Contratos de largo plazo, Plantas con generación variable, FACTS

2021 ...

Mercado Intradiario, Participación Demanda, Vehículos eléctricos, Medición inteligente, baterias





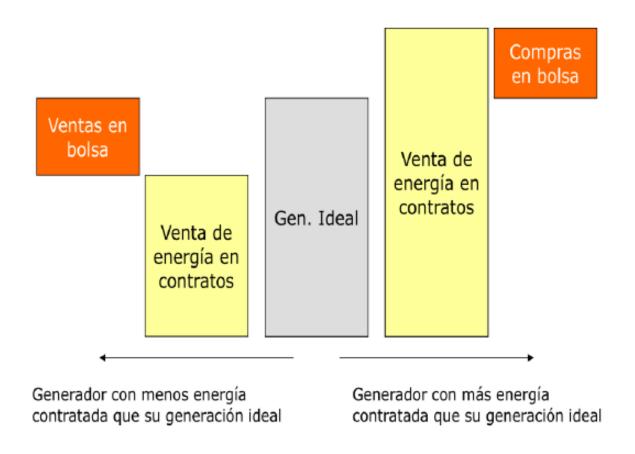


Figura 3. Compras en bolsa de Generadores

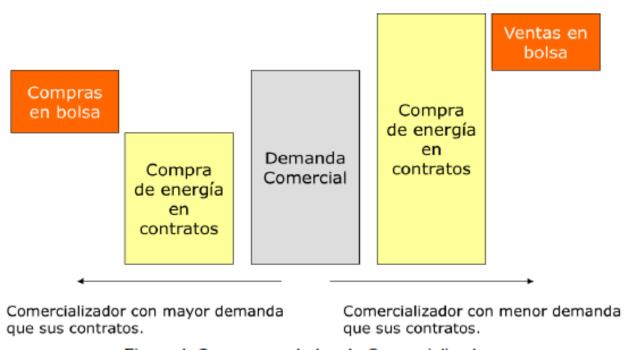


Figura 4. Compras en bolsa de Comercializadores

Modelos De Toma De Decisiones Aplicados Al Sector Eléctrico

- Cómo garantizar una operación económica?
- Cómo liquidar el mercado?
- Cómo asegurar la confiabilidad del sistema?
- Cómo disminuir restricciones?

CNO con concept con concept con concept concep

Mercado Eléctrico Colombiano

XM Operador y ADM

Agentes Gen, Com, Trans, Dis MME, SSPD CREG,UPME

- Cómo encontrar el valor óptimo de sus ofertas diarias?
- Cómo encontrar un porcentaje de contratación óptimo? Precios de contratación?
- Cómo saber cuando invertir en nueva generación?
- Cómo programar de forma eficiente sus mantenimientos?
- Cómo gestionar los riesgos?

Agentes

Gen, Com, Trans, Dis MME, SSPD CREG, UPME

- Cómo garantizar una tarifa competitiva?
- Cómo garantizar libre competencia?
- Cómo encontrar nuevos proyectos de transmisión?
- Cómo pronosticar la demanda de energía?

Agentes Gen, Com, Trans, Dis



MME, SSPD CREG,UPME

Cómo saber si es rentable invertir en infraestructura eléctrica?

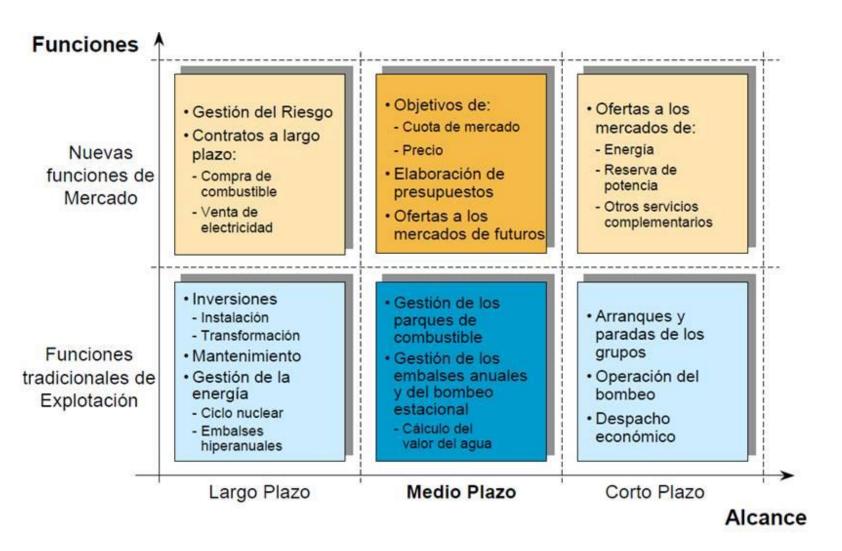
CAC, CAPT

Colombiano

ADM

Agentes Gen, Com, Trans, Dis

- La Mayoría De Problemas Son Difíciles De Modelar.
 No Linealidad En Las Variables: Flujo De Gas, Flujo
 Potencia, Comportamiento De Agentes.
- La Mayoría De Problemas Son De Gran Tamaño
- Existe Incertidumbre En Los Principales Variables Del Mercado: Demanda, Aportes, Precios, PIB
- Muchos De Estos Problemas Apenas Están Siendo Abordados Por La Comunidad Científica.



Funciones 1 · Objetivos de: · Ofertas a los Gestión del Riesgo - Cuota de mercado mercados de: · Contratos a largo - Precio - Energía Nuevas plazo: - Reserva de funciones de Elaboración de - Compra de potencia combustible presupuestos Mercado - Otros servicios - Venta de · Ofertas a los complementarios electricidad mercados de futuros Inversiones Gestión de los Arranques y Instalación parques de paradas de los - Transformación combustible Funciones grupos Mantenimiento Gestión de los tradicionales de · Gestión de la embalses anuales Operación del y del bombeo energía bombeo Explotación - Ciclo nuclear Despacho - Embalses económico hiperanuales Simulación Continua Largo Pla SDDP Optimización estocástica Programación lineal Heurísticas Teoría de Juegos. Inteligencia artificial

Programación No lineal

Despacho Económico En Colombia

¿Para qué se hace el despacho económico en Colombia?

- Preparar la operación (económica, confiable y segura)
- Nominar gas
- TIE

- SDDP estocástico 5 10 años
- Señales Indicativas de Precios, hidrologías, políticas de embalses.
- · Cálculo de confiabilidad.

- DHT
- Mantenimientos

Planeación Largo Plazo

Planeación Mediano Plazo Planeación Corto Plazo

- SDDP determinístico
- Señales Indicativas de Precios, hidrologías, políticas de embalses.
- Análisis de Restricciones

COSTOS

Planeación Largo Plazo

Planeación Mediano Plazo Planeación Corto Plazo

- DRP 24 horas
- Atención demanda
- TIE

- DRP 24 horas
- Disponibilidad comercial
- Demanda real
- Precio Bolsa
- Generación ideal

Despacho Económico

OFERTAS

Redespacho

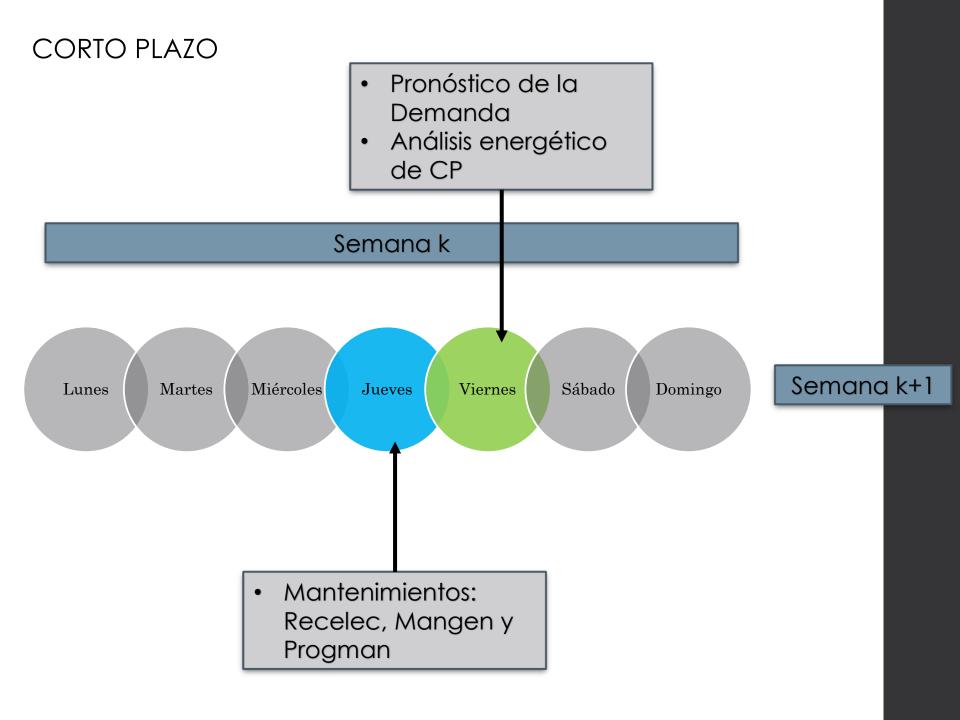


- DRP
- Periodo redespacho Periodo 24
- 1 ½ horas
- Atención demanda
- Redespacho TIE
- Generación Programada

Despacho Ideal

CORTO PLAZO

- Analizar programa semanal de mantenimientos.
- · Ejecutar despacho hidrotérmico semanal.
- · Gestionar pronóstico de demandas.



DESPACHO ECONÓMICO

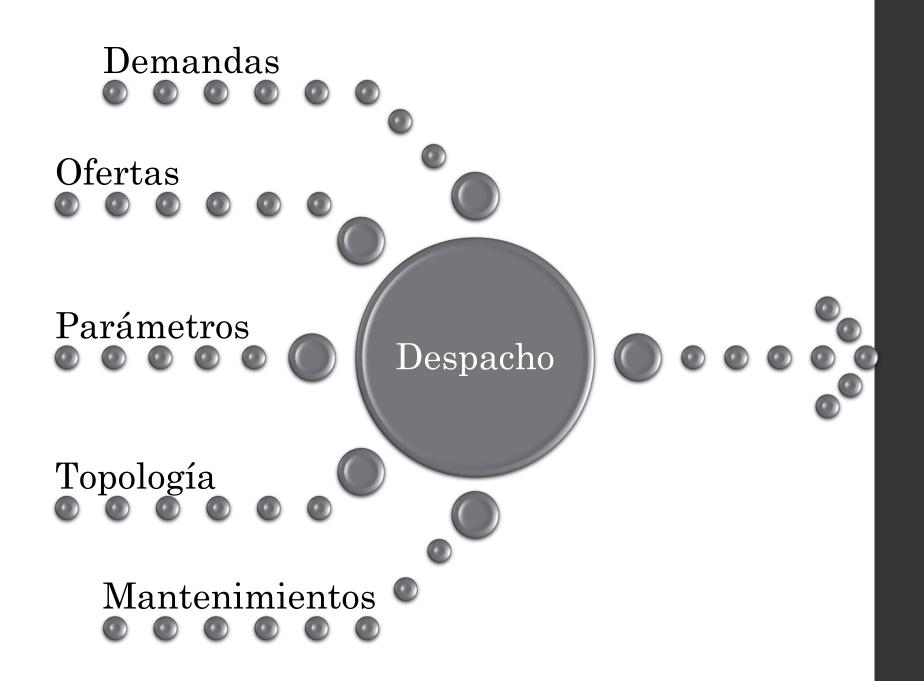
- Procesar Ofertas
- Asignar AGC
- Programar Generación 24 Horas
- Realizar Proceso TIE

XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS S.A E.S.P

DESPACHO POR RECURSO/UNIDAD

DESPACHO ECONÓMICO COORDINADO -	EECHA, 10 11 2020	CASO, DE0000027615	HODA 15,01,51
DESTACHO ECONOMICO COORDINADO:	- FECHA: 10-11-2020	CASO: DE000004/615	HUKA 15:01:51

DESPACH	DESPACHO ECONÓMICO COORDINADO - FECHA: 10-11-2020 CASO: DE0000027615 HORA 15:01:51																							
RECURSO	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
VALLE								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				2			
CORDOSUC																					2			
AG_ARGOSC	3	0	0	0	1	3	6	1	0	0	0	0	1	1	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
AG_ARGOSS	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AG_COCACC	1	1	1	1	1	1	'	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				'
AG_ELCAIRC	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AG_FAMILIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 40	1	1	10
AG_FERTICC	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
AG_ORITO		1	1	1	1	1	1	8	1	8	1	1 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AG_REFICAF	8	8	8	8	8	8	8	_	8		8	_	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
AG_TURGAS	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AG_UNIBOL AG_YAGUAR	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0		0	1	1	1	1	1	1		1	,
ALBAN					228	228				393	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393	266		200
AMOYA	228 75	228 75	228 75	228 75	75	75	266 75	266 75	266 75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	266 75	266 75
BAJOTULUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2
BETANIA	60	60	60	60	60	60	60	200	400	400	410	410	420	410	430	460	410	410	480	480	480	480	345	210
CALIMA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	132	132	0	0	0
CHIVOR	500	500	500	500	500	500	500	500	500	380	380	380	380	380	380	380	380	380	290	290	290	500	500	500
CMANUELIT/	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5	3	4	5	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	4
CMAYAGUEZ	14	14	14	14	14	14	14	15	15	16	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	14	15	14	15
COBIOENER	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
COINCAUCA	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CORISARAL	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
CPROENCA2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
CPROVIDEN	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
CRIOPAILA	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
CUCUANA	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
C_CASTILLA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C_COLTEJEF	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
C_LLERAS	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
DARIOVS	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
DORADA1	0	0	0	0	0	0	2	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1	0
ELQUIMBO	266	266	266	266	266	266	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
ESCUELAMIN	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
ESMERALDA	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
FLORES1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	60	65	65	65	65	65	65	104	104	85	14	0
FLORIDA2	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	19	19	19	19	10	6	6	6
GECELCA3	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
GECELCA32	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273



Ofertas

• 8:00 am

 Disponibilidad, MO, pruebas, configuraciones, Costo Arrangue, AGC

Asignación AGC AGC por recurso

Despacho Preideal

- Sin restricciones técnicas. Costo arranque
- Precio bolsa para TIE.
- Chequeo Precio de Escasez

Despacho Nacional

- Generación Programada Demanda Doméstica
- Cálculo CMR
- Se publica a las 12:00 pm

Cálculo PONE

- Cálculo de la curva de PONE
- Definición de intercambios con Ecuador
- Entre 1:00 pm 2:15 pm

Despacho Coordinado

- Generación Programada Demanda Doméstica + Demanda internacional TIE
- Archivos _AP
- Publicado antes de las 2:45 pm

Despacho Programado

- Generación Programada Demanda Doméstica + Demanda internacional TIE + Demanda NO Doméstica
- Publicado antes de las 3:05 pm

Sorteo Pruebas Disponibilidad

- Resolución CREG 138 de 2012 (proyecto 111-2013)
- Archivo dPRU138DispMMDD.txt

Informe Despacho

- Publicado aproximadamente 1 hora después de publicado el despacho
- Archivo infoDespachoMMDD.pdf

$$\min \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^{G} P_i \cdot g_{t,i} + \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^{G} PAP_i \cdot a_{t,i} + \sum_{t=1}^{24} CR_t \cdot r_t$$

$$\sum_{i=1}^{G} g_{t,i} + r_t = D_t \qquad \forall_t$$

$$g_{t,i} \leq Max_{t,i} \cdot u_{t,i} \quad \forall_{t,i}$$
$$g_{t,i} \geq Min_{t,i} \cdot u_{t,i} \quad \forall_{t,i}$$

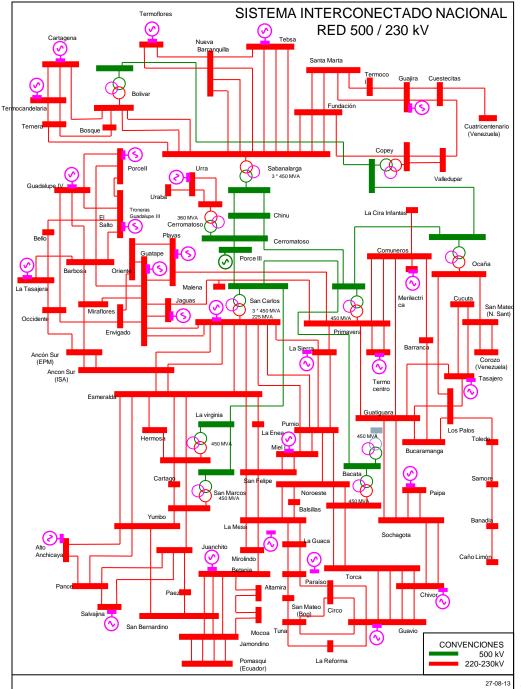
$$a_{t,i} - p_{t,i} \ge u_{t,i} - u_{t-1,i} \quad \forall_{t,i}$$

 $a_{t,i} + p_{t,i} \le 1 \quad \forall_{t,i}$

$$g_{t,i} - g_{t-1,i} \le UR_i \quad \forall_{t,i}$$
$$g_{t-1,i} - g_{t,i} \le DR_i \quad \forall_{t,i}$$

$$\sum_{k=t-TML+1}^{t} a_{i,k} \le u_{i,t} \quad \forall_{i,t \in [TML,24]}$$

$$\sum_{k=t-TMFL+1}^{t} p_{i,k} \le 1 - u_{i,t} \ \forall_{i,t \in [TMFL,24]}$$



Fuente www.xm.com.co

$$\sum_{i=1}^{G_b} g_{t,i} + \sum_{l=1}^{\Omega_b^+} f_{t,l} - \sum_{l=1}^{\Omega_b^-} f_{t,l} + r_{t,b} = D_{t,b} \qquad \forall_{t,b}$$

$$x_l \cdot f_{t,l} \le \theta_{t,b_i} - \theta_{t,b_f} \quad \forall_{t,l}$$

$$\overline{-f_{t,k}} \ge \sum_{l=1}^{\Omega_k} f_l \le \overline{f_{t,k}} \quad \forall_{t,k}$$