



■ filial de isa

GESTIÓN INTELIGENTE
PARA UN MUNDO MEJOR



DIRECCIÓN PLANEACIÓN DE LA OPERACIÓN XM

Análisis Hidrológicos en la Planeación de la Operación del SIN

HIDROCIER Septiembre 18 de 2012

Objetivos

- Presentar el marco regulatorio que establece las tareas de XM en la Planeación de la Operación del SIN.
- Mostrar la estructura del Sector Eléctrico Colombiano (SEC) y el lugar de cada uno de sus actores. Tareas y Responsabilidades.
- Describir la información hidrológica e hidráulica básica entregada por los agentes.
- Presentar las características generales del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Presentar los procesos del CND y los análisis hidrológicos utilizados en el planeamiento indicativo.





Marco Regulatorio en el Sector Eléctrico Colombiano

Ley Eléctrica

Ley 143 de 1994:

Artículo 33.- La operación del sistema interconectado se hará procurando atender la demanda en forma confiable, segura y con calidad del servicio mediante la utilización de los recursos disponibles en forma económica y conveniente para el país.



Responsabilidades del CND

Ley 143 de 1994:

Artículo 34.- El Centro Nacional de Despacho tendrá las siguientes funciones específicas, que deberá desempeñar ciñéndose a lo establecido en el Reglamento de Operación y en los acuerdos del Consejo Nacional de Operación:

- a) Planear la operación de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema nacional, teniendo como objetivo una operación segura, confiable y económica;
- b) Ejercer la coordinación, supervisión, control y análisis de la operación de los recursos de generación, interconexión y transmisión incluyendo las interconexiones internacionales;



Responsabilidades del CND

Ley 143 de 1994:

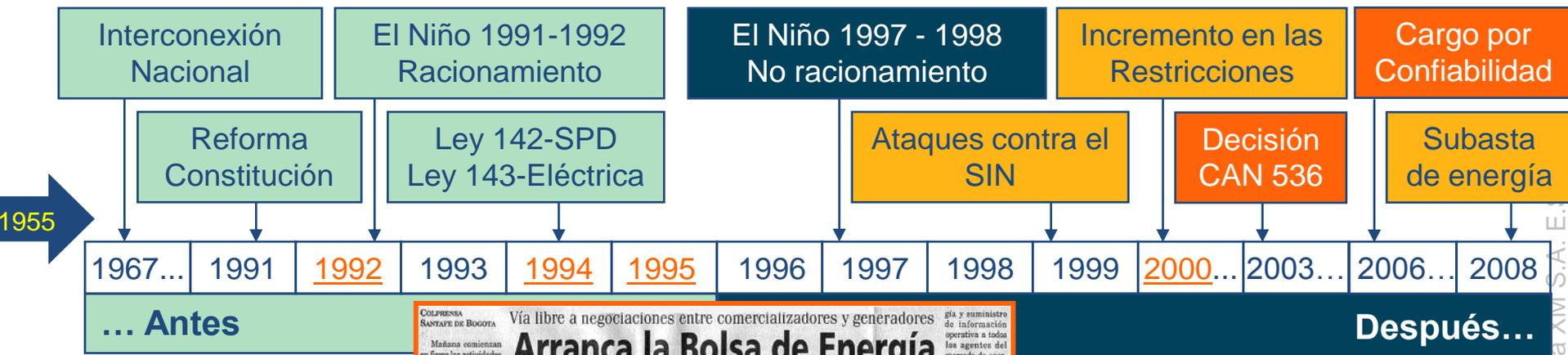
- c) Determinar el valor de los intercambios resultantes de la operación de los recursos energéticos del sistema interconectado nacional;
- d) Coordinar la programación del mantenimiento de las centrales de generación y de las líneas de interconexión y transmisión de la red eléctrica nacional;
- e) Informar periódicamente al Consejo Nacional de Operación acerca de la operación real y esperada de los recursos del sistema interconectado nacional y de los riesgos para atender confiablemente la demanda;
- f) Informar las violaciones o conductas contrarias al Reglamento de Operaciones;
- g) Las demás atribuciones que le confiera la presente Ley.





Estructura del SEC

Reestructuración Sector Eléctrico Colombia



Arranca la Bolsa de Energía

Vía libre a negociaciones entre comercializadores y generadores

COLPrensa SANTIPE DE BOGOTÁ

Mañana comienzan en firme las actividades de la Bolsa de Energía y el Sistema de Intercambios Comerciales, SIC. La Bolsa recibirá libremente ofertas y demandas y permitirá la compra y

... todas las personas naturales o jurídicas con una capacidad de generación superior a los 20 MW, conectados al SIN, o los

Cada una de las empresas generadoras, en forma confidencial, registra en la bolsa la cantidad de energía que tiene

... y suministro de información operativa a todos los agentes del mercado de energía eléctrica para la toma de deci-

siones. El otro eje del nuevo esquema comercial es el Sistema de Intercam-

1. Clientes

- Cubrimiento del servicio
- Evolución de las Tarifas
- Atención de la Demanda
- Subsidios del Servicio
- Clientes No Regulados

2. Mercado

- Competencia
- Participación privada
- Comportamiento de la cartera
- Balance hidráulico - térmico
- Disponibilidad de generación
- Reserva de Potencia
- Operaciones de cubrimiento
- Pérdidas de energía

3. Desarrollo Institucional

- Creación y consolidación de CREG, UPME, CNO y CAC

Estructura del Sector en Colombia

	Exclusivo Sector Eléctrico	Ambos Sectores	Exclusivo Sector Gas
Dirección		<p>Ministerio de Minas y Energía </p> <p>← Presidencia</p>	
Planeación		<p>Unidad de Planeación Minero Energética </p>	
Regulación		<p>Comisión de regulación de Energía y gas </p> <p>← MinMinas MinHacienda DNP</p>	
Consejo y Comité	<p> </p> <p>Acuerdos vinculantes Comité Asesor de Comercialización</p>		<p> Como Organismo Consultor</p>
Control y Vigilancia		<p>Superintendencia de Servicios Públicos </p> <p>← Presidencia</p>	
Operación y Administración del mercado	<p></p> <p>filial de isa</p>		
Coordinación Gas - Electricidad		<p>CACSSE </p> <p>Reparto ante escasez</p>	

Estructura del Mercado



Responsabilidades

CENTRO NACIONAL DE DESPACHO

Operación Integrada recursos del SIN
Operación segura, confiable y económica
Planeac, coordin, superv y control de SIN

EMPRESAS DE TRANSPORTE Y CONEXIÓN STN

Supervisión, coordinación y control (maniobras)
activos propios o delegados

GENERADORES

Operación de sus plantas generadoras

OPERADORES DE RED

Planeación, supervisión, coordinación y control
activos propios o delegados

Obligaciones (hidrología)

Dar señales oportunas a los agentes (expansión de la generación o Transmisión), verificar ENFICC. Identificar el riesgo en la atención de la demanda y evaluar la vulnerabilidad del SIN a eventos externos, seguimiento a variables de hidrología, clima, etc.



Garantizar la calidad de la información hidrológica e hidráulica suministrada al CND. Realizar el pronóstico hidrológico, hidrometría, etc





Información Básica Suministrada por los Agentes

Algunas Definiciones y Términos (1)

Serie Principal:

Serie hidrológica total de afluentes a un embalse despachado centralmente. Para embalses en cascada, corresponde a los aportes naturales para la cuenca propia.

Serie Menor:

Serie secundaria para la cual no existen mediciones directas y/o sistemáticas por lo que su caudal debe ser calculado por métodos indirectos, e.g. factor de serie menor.

Factor de Serie Menor:

Valor por el cual hay que multiplicar el caudal de una serie principal para obtener el de la correspondiente serie menor.

Información Histórica (oficial):

Información hidrológica definitiva, con resolución mensual, actualizada por los agentes a comienzos de cada año, siguiendo lo establecido en los Acuerdos 10 y 159 del CNO.

Información Operativa:

Información reportada diariamente de acuerdo con lo establecido en el Código de Operación (nivel, caudal, volumen almacenado en los embalses, etc.).

Algunas Definiciones y Términos (2)

NEPTUNO:

Base de datos donde se almacena la información operativa (resolución diaria) y los parámetros de series hidrológicas y embalses.

NETPUNO-WEB:

Aplicación cliente, utilizada por los agentes para el reporte de la información hidrológica operativa

GENSS:

Generador Estocástico de Series Sintéticas. Modelo PAR(p) utilizado en la modelación de Mediano Plazo y Largo Plazo (estocástico).

SAMS:

Stochastic Analysis Modeling and Simulation. Modelo de Simulación, Modelación y Análisis Estocástico.

Se ha establecido como responsabilidad de los agentes la calidad de la información hidrológica reportada, tanto operativa como histórica (Acuerdos CNO).

Resolución 025 del 13 de julio de 1995

-Código de Operación (1)-

«Hidrologías:

Las empresas con generación hidráulica suministran, dentro de los diez (10) primeros días del mes, al CND la información necesaria para actualizar las series históricas mensuales de caudales, irrigación, consumos de acueductos, aportes, bombeos y evaporación.

Se utilizan las series sintéticas de caudales mensuales, condicionadas al último valor histórico, para un horizonte de seis (6) años y actualizados mensualmente.

Los parámetros de las series históricas de caudales mensuales están representados por medias, desviaciones y correlaciones para modelos log - normal y normal, actualizados anualmente por el CND. Adicionalmente, se tendrán en cuenta las tendencias de los parámetros que las afectan, entre otras las variables climáticas.»



Código de Operación (2)

6. SUMINISTRO DE INFORMACIÓN adicional

6.2. Declaración de Datos Hidrológicos

Las empresas de generación, propietarias de plantas hidráulicas deben informar diariamente al CND cada día los siguientes datos para cada embalse:

- Nivel del embalse, especificando la cota leída en el embalse en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y los millones de metros cúbicos (Mm³) correspondientes a esa cota.
- El agua turbinada por la planta, expresada en Mm³.
- El agua vertida por el embalse, expresada en Mm³.
- El agua descargada del embalse por compuertas de fondo o cualquier otro sistema, expresada en Mm³.
- El promedio de aportes al embalse expresados en metros cúbicos por segundo (m³/s).
- Las empresas de generación propietarias de las plantas hidráulicas asociadas a embalses con regulación igual o menor a un día, deben informar diariamente al CND antes de las 07:00 horas de cada día los aportes naturales de todos los ríos que entran al embalse expresados en m³/s.

EL CAUDAL ES EL “COMBUSTIBLE” UTILIZADO POR LAS PLANTAS HIDRÁULICAS.



Resoluciones CREG

Resolución 080 (1999)

Artículo 4o. Otras Funciones del Centro Nacional de Despacho (CND). Son también funciones del CND las siguientes:

1...

2. Soporte a la CREG. El CND deberá, por solicitud de la CREG, brindar apoyo a la misma en lo relacionado con la información operativa y demás análisis que requiera.

3...

d) Informes operativos periódicos (diarios, mensuales y anuales). En estos informes se incluyen los que debe efectuar el CND en cumplimiento de la Resoluciones CREG-070 de 1998 y CREG-072 de 1999, y de aquellas que las modifiquen o sustituyan.



Informe Diario de Operación

La información hidrológica e hidráulica, operativa e histórica es procesada por XM para la preparación de informes con valor agregado.

Aportes Diarios -SIN-

Período: September 17 de 2012

Nombre	Caudal m3/s	Caudal Gwh	Caudal %	Promedio Acumulado m3/s	Promedio Acumulado GWh	Promedio Acumulado %	Histórico GWh	Histórico m3/s	Hidrología 95 % GWh	Hidrología 95 % m3/s
ANTIOQUIA										
A. SAN LORENZO	38.53	8.97	77.66	29.91	6.96	60.26	11.55	49.62	6.54	28.09
CONCEPCION	5.98	1.88	61.24	4.92	1.55	50.49	3.07	9.75	1.74	5.52
DEV. EPPM (NEC,PAJ,DOL)	8.38	2.64	60.41	8.75	2.76	63.16	4.37	13.85	2.47	7.83
DEV. GUARINO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	34.02	0.63	13.74
GRANDE	21.87	6.71	59.38	21.06	6.47	57.26	11.30	36.79	6.28	20.44
GUADALUPE	13.32	4.20	45.80	15.15	4.78	52.13	9.17	29.09	6.18	19.60
GUATAPE	23.83	4.06	58.42	21.35	3.64	52.37	6.95	40.80	4.07	23.90
MIEL I	21.14	0.97	31.09	17.78	0.81	25.96	3.12	68.26	1.46	32.04
NARE	20.54	7.30	34.26	21.62	7.69	36.09	21.31	59.94	11.26	31.69
PORCE II	54.83	6.66	56.35	67.77	8.23	69.63	11.82	97.27	6.17	50.77
PORCE III	34.89	2.57	131.79	22.43	1.66	85.13	1.95	26.48	0.49	6.69
SAN CARLOS	21.82	2.89	69.47	18.97	2.51	60.34	4.16	31.46	2.17	16.43
TENCHE	4.39	1.38	78.86	3.80	1.20	68.57	1.75	5.56	1.06	3.37
total Antioquia		50.23	54.56		48.26	52.42	92.07		50.52	

Informe Diario de Operación

Oferta

Demanda

Operación

Transacciones

Intercambios Internacionales

Información TX1: 15/Sep/12

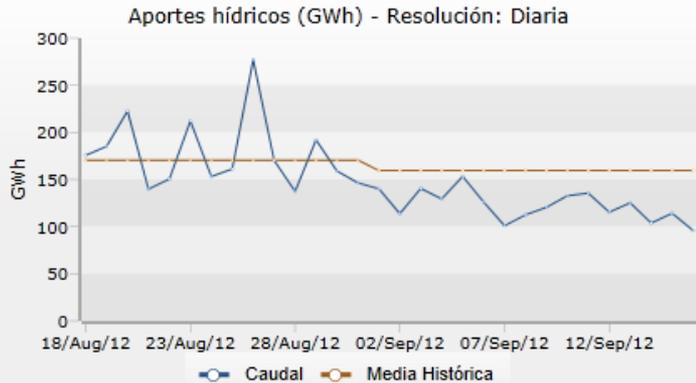
↓ Precio Bolsa Nal: 160.57 \$/kWh
 ↑ CEE: 29.45 \$/kWh
 ↔ Precio Escasez: 414.75 \$/kWh
 ↓ TRMC: 1,789.54 \$
 ↓ Rest

Información TX2: 12/Sep/12

↓ Precio Bolsa Nal: 161.29 \$/kWh
 ↓ Re

Oferta

Seleccione Indicador: Aportes hídricos (GWh)
 Resolución: Diaria



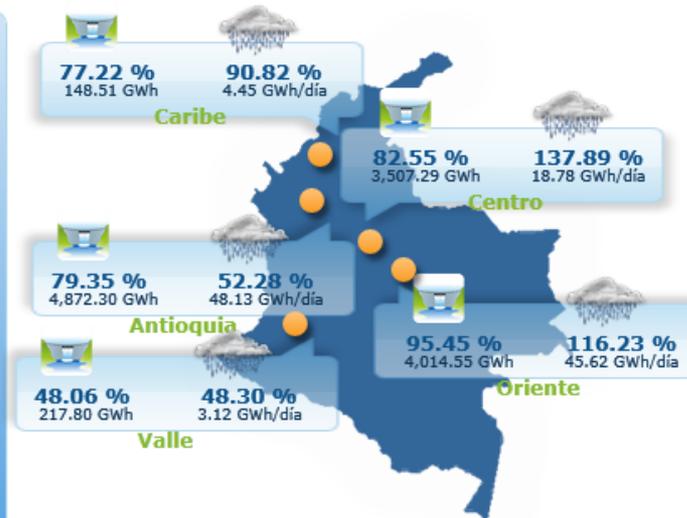
INFORMACIÓN DETALLADA



CAMBIAR VISTA



EXPORTAR



Sistema Interconectado Nacional (SIN)

[Haga clic sobre los puntos del mapa para ver más información](#)

Sunday, September 16, 2012



Reservas Hídricas

83.73 %
12,760.45 GWh



Aportes Hídricos
(Prom. día acumulado en el mes)

76.84 %
122.41 GWh/día



EXPORTAR IMAGEN



filial de isa

Informe de Reservas Diarias

Reservas Diarias

Período: September 17 de 2012

Nombre	Volumen Util Diario Mm3 (1)	Volumen Util Diario GWh (1)	Volumen Util Diario % (2)	Capacidad Util GWh (3)	Volumen Mm3 (4)	Volumen GWh (4)	Volumen % (5)	Volumen Máximo Técnico GWh (6)	Nivel ENFICC Probabilístico (%) (7)	Diferencia (%) (8)	Vertimientos GWh
ANTIOQUIA											
MIEL I	105.59	55.82	23.73	235.26	156.24	82.60	31.52	262.04	4.20	19.53	0.00
MIRAFLORES	77.99	284.63	81.64	348.66	83.00	302.91	82.55	366.94	47.47	34.17	0.00
PENOL	894.69	3,680.75	89.18	4,127.25	963.16	3,962.43	89.87	4,408.93	8.47	80.71	0.00
PLAYAS	55.02	108.51	109.40	99.19	74.30	146.53	106.79	137.21	0.53	108.86	1.92
PORCE II	9.57	13.45	10.04	133.95	57.02	80.17	39.95	200.66	11.73	-1.69	0.00
PORCE III	50.36	43.00	39.78	108.10	79.67	68.03	51.10	133.12	73.27	-33.48	0.00
PUNCHINA	18.58	28.45	34.92	81.48	23.86	36.54	40.80	89.56	0.00	34.92	0.00
RIOGRANDE2	72.71	258.39	52.75	489.83	120.32	427.59	64.88	659.04	27.40	25.35	0.00
SAN LORENZO	132.23	356.33	80.36	443.43	151.84	409.18	82.45	496.27	34.80	45.56	0.00
TRONERAS	2.55	9.30	12.77	72.78	11.53	42.07	39.86	105.55	47.47	-34.69	0.00
total Antioquia		4,838.63	78.81	6,139.90		5,558.06	81.03	6,859.33			1.92

Nombre	Volumen Util Diario Mm3 (1)	Volumen Util Diario GWh (1)	Volumen Util Diario % (2)	Capacidad Util GWh (3)	Volumen Mm3 (4)	Volumen GWh (4)	Volumen % (5)	Volumen Máximo Técnico GWh (6)	Nivel ENFICC Probabilístico (%) (7)	Diferencia (%) (8)	Vertimientos GWh
Total -SIN-		12,715.05	83.43	15,240.38		13,849.07	84.58	16,374.39			1.92

Otros datos de interés, Embalses pertenecientes a Agregado Bogotá

NEUSA	85.89	395.38	73.19	540.23	85.89	395.38	73.19	540.23	44.93	28.25	0.00
SISGA	80.47	370.46	87.82	421.83	80.47	370.46	87.82	421.83	44.93	42.89	0.00
TOMINE	553.18	2,546.62	84.04	3,030.37	553.18	2,546.62	84.04	3,030.37	44.93	39.10	0.00
		3,312.47	82.97	3,992.43		3,312.47	82.97	3,992.43			0.00



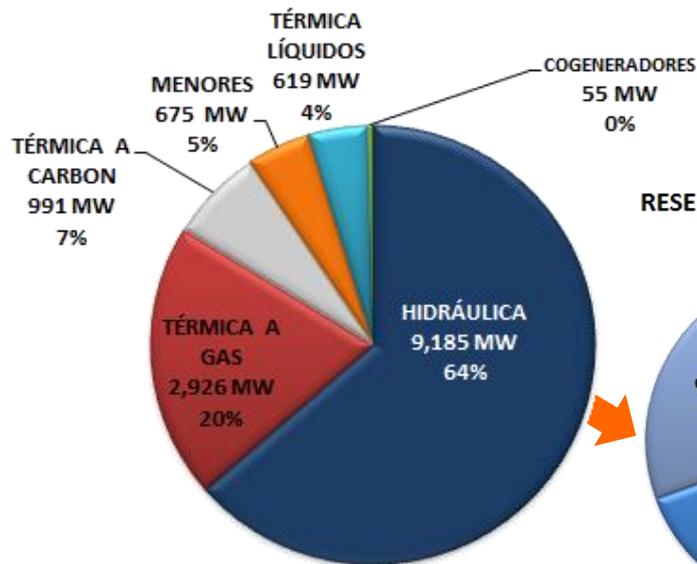
filial de isa



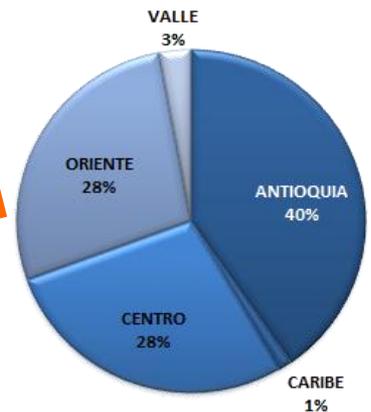
Características Generales del SIN

Características del sistema

CAPACIDAD DE GENERACIÓN



RESERVA HÍDRICA POR REGIÓN



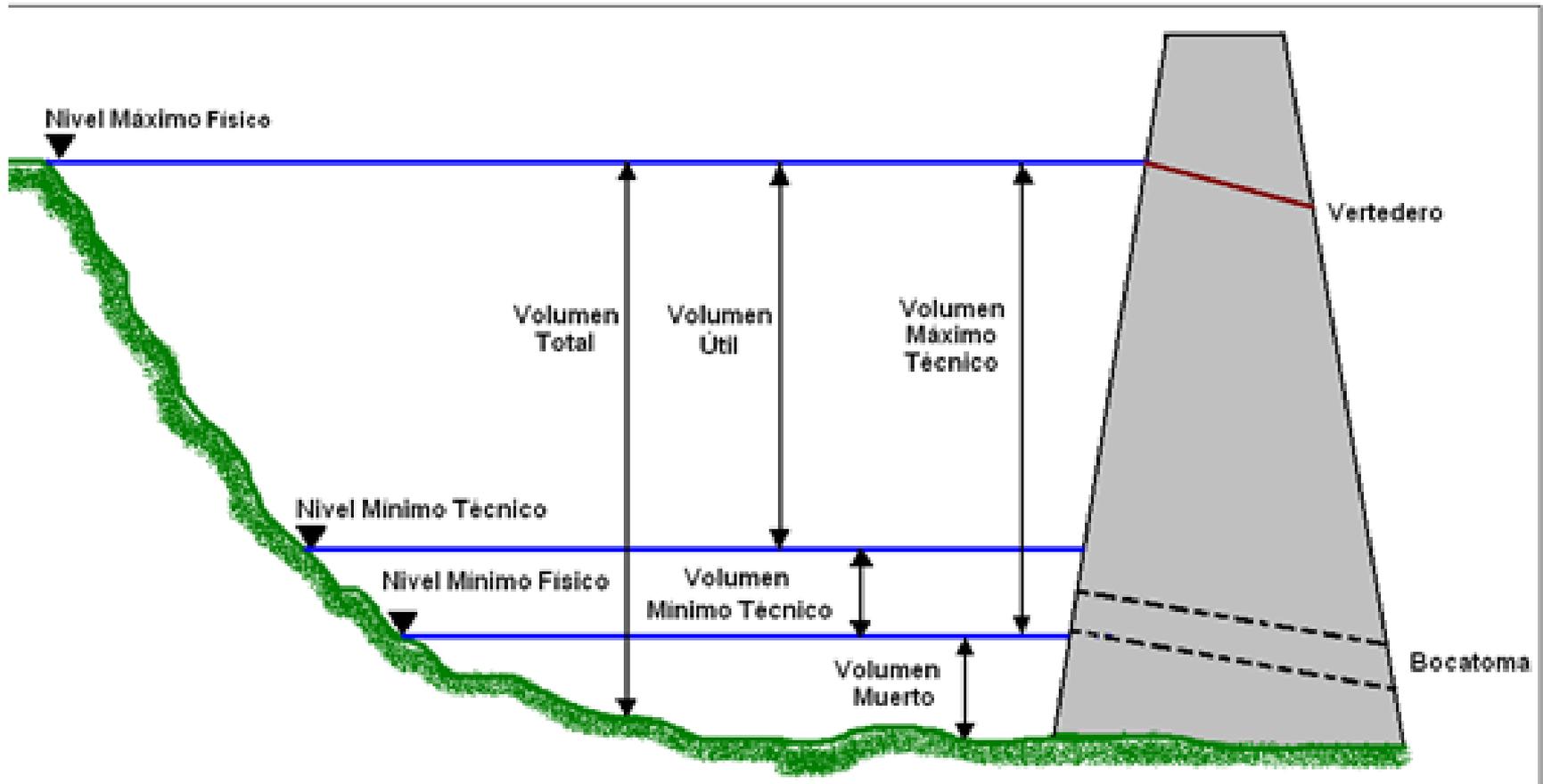
INTERCONEXIONES INTERNACIONALES	
ECUADOR	
IMPORTACIÓN	Hasta 215 MW
EXPORTACIÓN	Hasta 535 MW
VENEZUELA	
IMPORTACIÓN	205 MW
EXPORTACIÓN	336 MW

REDES DE TRANSMISIÓN		
LONGITUD RED DE TRANSMISIÓN A 110-115 kV	10,137	(km)
LONGITUD RED DE TRANSMISIÓN A 220-230 kV	11,830	(km)
LONGITUD RED DE TRANSMISIÓN A 500 kV	2,437	(km)
TOTAL	24,404	(km)



filial de isa

Niveles y Volúmenes Asociados con un Embalse



Parámetros Técnicos Asociados con los Embalses del SIN

Embalses del SIN

September 17, 2012

REGIÓN/EMBALSE	VOL. MÁXIMO TÉCNICO (1) Mm3	VOL. MÁXIMO TÉCNICO GWh	VOL. MÍNIMO TÉCNICO (2) Mm3	VOL. MÍNIMO TÉCNICO GWh	VOLUMEN ÚTIL (3) Mm3	VOLUMEN ÚTIL GWh	VOLUMEN TOTAL (4) Mm3	VOLUMEN MUERTO (5) Mm3	FACTOR CONVER.(6) GWh/Mm3	COTAV BORDE LIBRE (m.sn.m.)	COTAV COMPUERTA #	COTAV COMPUER m.s.n.m
ANTIOQUIA												
MIEL I	495.83	262.04	50.65	26.78	444.98	235.26	590.62	94.99	0.5287	445.50	0	
MIRAFLORES	100.54	366.94	5.01	18.28	95.53	348.66	107.03	8.49	3.6497 (7)	2,062.00	0	N/A
PENOL	1,071.69	4,408.93	68.47	281.69	1,003.22	4,127.25	1,094.10	22.41	4.1140 (7)	1,887.00	0	N/A
PLAYAS	69.57	137.21	19.28	38.03	50.29	99.19	79.75	10.18	1.9723 (7)	975.00	0	N/A
PORCE II	142.71	200.66	47.45	66.72	95.26	133.95	225.95	83.24	1.4061 (7)		4	910.9
PORCE III	155.90	133.12	29.31	25.03	126.59	108.10	170.02	14.12	0.8539	680.00	4	
PUNCHINA	58.49	89.56	5.28	8.08	53.21	81.48	61.67	3.18	1.5312	775.00	0	N/A
RIOGRANDE2	185.44	659.04	47.61	169.20	137.83	489.83	236.35	50.91	3.5539 (7)	2,270.00	0	N/A
SAN LORENZO	184.16	496.27	19.61	52.85	164.55	443.43	192.32	8.16	2.6948 (7)	1,247.03	0	N/A
TRONERAS	28.92	105.55	8.98	32.77	19.94	72.78	30.44	1.52	3.6497 (7)	1,775.65	0	N/A
TOTAL		6,859.33		719.43		6,139.90						
CARIBE												
URRA1	1,822.63	239.49	358.97	47.17	1,463.66	192.32	1,863.54	40.91	0.1314	128.50	0	N/A
TOTAL		239.49		47.17		192.32						
CENTRO												
AGREGADO BOGOTA	867.24	3,992.43	0.00	0.00	867.24	3,992.43	877.79	10.55	4.6036	N.A.	0	N/A
BETANIA	1,299.99	228.59	495.33	86.34	804.66	140.25	1,416.60	116.61	0.1743	561.20	4	548.0
MUNA	12.54	57.73	0.37	1.70	12.17	56.03	12.54	0.00	4.6036	2,569.50	0	N/A
PRADO	760.12	105.12	325.08	44.96	435.04	60.17	1,125.32	365.20	0.1383	N.A.	1	354.0
TOTAL		4,381.87		133.00		4,248.87						

Todos los derechos reservados para XM S.A. E.S.P.



filial de isa



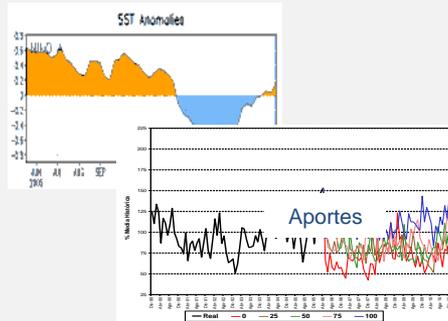
Procesos del CND

Operación y administración del Mercado

Registro



Planeación



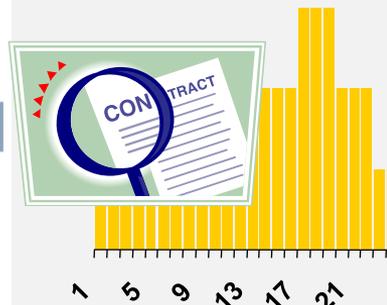
Programación



Gestión Financiera



Liquidación y facturación ASIC-LAC

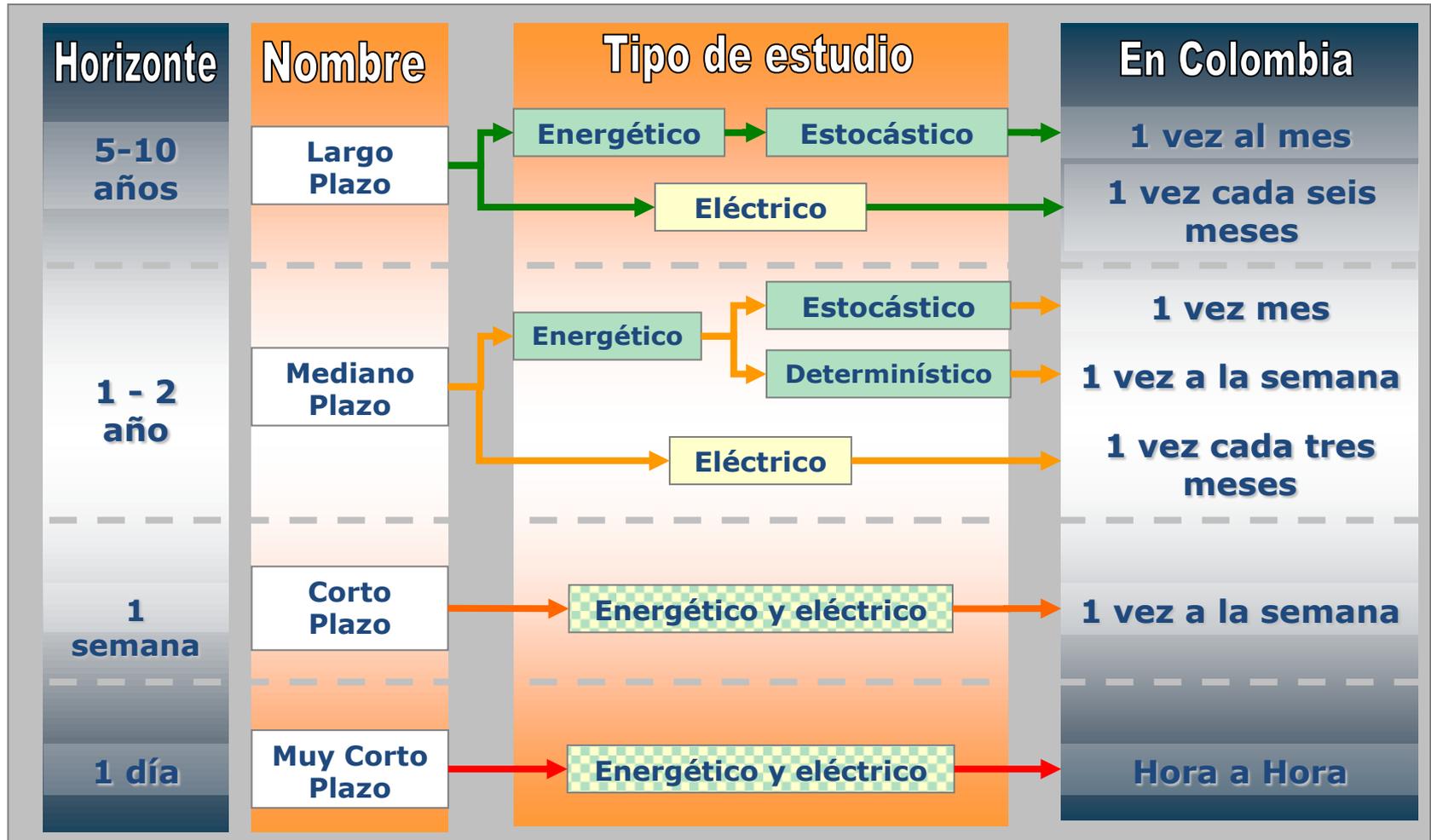


Coordinación, Supervisión y Control



Planeación de la Operación

Descomposición temporal y funcional



Importancia de la Planeación

Análisis de escenarios

Modelos de despacho H-T (SDDP, AS) permiten analizar posible comportamiento del sistema ante escenarios que entrañen riesgo.

Vulnerabilidad hidrológica

Alta componente hidráulica en el sistema colombiano

Regulación media de los embalses

Emisión de señales

Evolución futura de variables de interés (nivel de embalses, etc), frente a eventos climáticos extremos.





Hidrología y Procesos del Planemiento Indicativo

Hidrología:

Se denomina hidrología (del griego hidro: agua, y logos: estudio) a la ciencia o rama de las ciencias de la tierra que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

Estrictamente hablando, la hidrología puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico (Chow, V.T. et al.)

Algunas Aplicaciones de la Hidrología

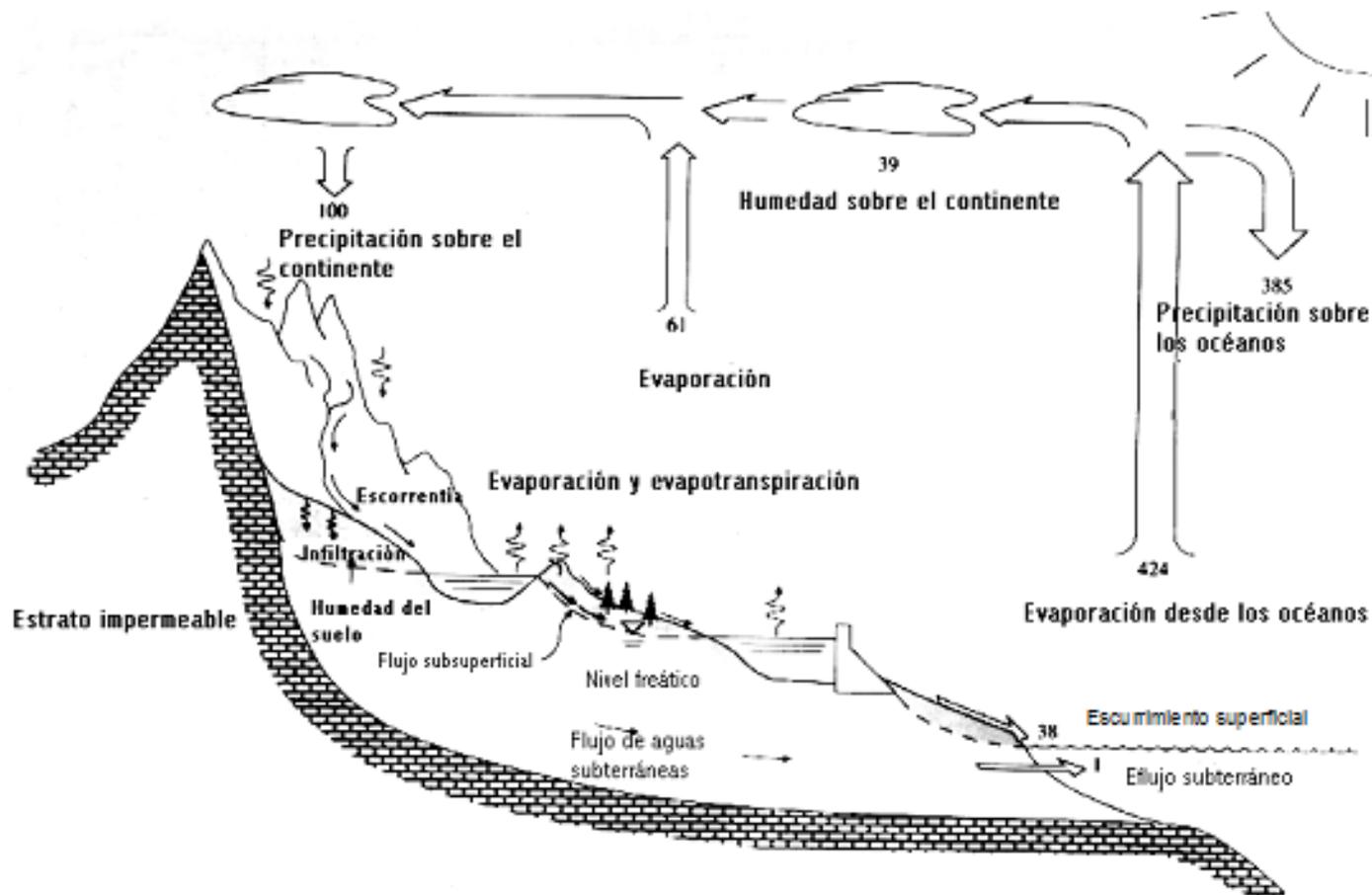
La hidrología es aplicada hoy en día a un sinnúmero de tareas, entre las cuales vale la pena mencionar las siguientes:

- Diseño y operación de estructuras hidráulicas;
- Suministro de agua (evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico, diseño de estructuras de captación, bocatomas, desarenadores, etc);
- Tratamiento de aguas residuales y su «disposición»;
- Riego;
- Drenaje;
- Control de crecientes;
- Navegación;
- Control de sedimentos y erosión de cauces;
- Control de la salinidad;
- Reducción de la contaminación hídrica;
- Uso recreacional del agua;
- Protección del hábitat natural;
- Planeamiento Indicativo de XM.
- Generación de energía eléctrica;
- etc. etc, etc



El Ciclo Hidrológico

El ciclo Hidrológico es quizá el concepto más importante en hidrología. Por esta razón se entiende que el objeto de estudio de esta disciplina se centre en los procesos físicos y químicos que intervienen en el mismo



Reservas Aproximadas de Agua en la Tierra

Cuerpo de Agua	Área (10 ⁶ km ²)	Volumen (km ³)	Porcentaje del total	Porcentaje del agua potable
Océanos	361.3	1,338,000,000	96.5	
Agua Subterránea				
Potable	134.8	10,530,000	0.76	30.1
Salina	134.8	12,870,000	0.93	
Humedad en el suelo	82.0	16,500	0.0012	0.05
Hielo polar	16.0	24,023,500	1.7	68.6
Otro hielo y nieve	0.3	340,600	0.025	1.0
Lagos				
Potables	1.2	91,000	0.007	0.26
Salinos	0.8	85,400	0.006	
Pantanos	2.7	11,470	0.0008	0.03
Ríos	148.8	2,120	0.0002	0.006
Agua biológica	510.0	1,120	0.0001	0.003
Agua atmosférica	510.0	12,900	0.001	0.04
Agua total	510.0	1,385,984,610	100	
Agua Potable	148.8	35,029,210	2.5	100

UNESCO. World Water Balance and Water Resources of the Earth, 1978.

Procesos Estocásticos en Hidrología

estocástico, ca.

D.R.A.E.

(Del gr. στοιχειστικός, hábil en conjeturar).

1. adj. Perteneciente o relativo al azar.

2. f. *Mat.* Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria, tal como la secuencia de las tiradas de un dado.

Todos los procesos hidrológicos tales como la precipitación, el escurrimiento, evaporación, infiltración, etc se consideran aleatorios. Esta aleatoriedad:

- puede ser inherente a la estructura misma del proceso;
- puede ser el resultado de la falta de conocimiento;
- Puede ser ocasionada por la escala de observación.

Procesos Estocásticos en Hidrología

En el diseño y operación de sistemas de recursos hídricos, siempre se ha reconocido la variabilidad e incertidumbre de los procesos hidrológicos.

Los procesos físicos de precipitación, evapotranspiración, escurrimiento y flujo subterráneo son más o menos procesos impredecibles y una secuencia de eventos hidrológicos (caudales) rara vez se repite.

Para afrontar este tipo de incertidumbres, en ingeniería se utiliza el análisis de series de tiempo.

“El análisis de las series de tiempo es el ejercicio de estimar las propiedades de los procesos subyacentes que llevan a obtener una serie observada “ (Bras, Rodríguez-Iturbe).

Procesos Estocásticos en Hidrología

El objetivo del análisis de series de tiempo es el de construir modelos matemáticos que permitan producir realizaciones estocásticas que desde el punto de vista estadístico no se puedan distinguir de las secuencias observadas. Esto se logra mediante la preservación de estadísticos de la muestra analizada.

Existen muchos tipos de modelos para la generación de procesos hidrológicos aleatorios (AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA, etc).

En el planeamiento indicativo del SIN se cuenta con diferentes herramientas de simulación hidrotérmica cada una de las cuales utiliza ya sea en su núcleo un modelo hidrológico propio (SDDP), o es alimentado por realizaciones estocásticas (AS).



Cálculos Energéticos (1)

En el planeamiento de los recursos energéticos es muy importante poder cuantificar (de manera aproximada) los aportes de un río a un embalse expresándolos en energía. Así mismo es fundamental conocer las reservas almacenadas en un embalse dado.

Factor de Conversión (Fc): también conocido como eficiencia de generación hidráulica. Es la cantidad de energía que una central puede aportar por cada metro cúbico de agua que utiliza por segundo y se expresa en MWh/(m³/s).

En el SIN el Fc es un parámetro declarado por los agentes propietarios de centrales hidroeléctricas, bien sea para la ENFICC o cuando sea necesario actualizarlo,

El procedimiento o protocolo de cálculo se halla reglamentado por el CNO.



Cálculos Energéticos (2)

Para una corriente de agua, la energía que aporta al sistema puede expresarse como:

$$E_i = Fc * Q * n * 24 / 1000$$

Donde:

- E_i Energía en GWh/mes que puede producir una central hidroeléctrica durante un mes.
- Q Caudal medio mensual que aporta un río a un embalse utilizado para generación de energía eléctrica.
- n Número de días en un mes.

Cálculos Energéticos (3)

Para el caso de cadenas hidráulicas, se suele considerar el efecto aditivo de los F_c .

$$F_{c_R} = \sum_{i=1}^n F_{c_i}$$

Donde:

F_{c_R} Factor de conversión de un río en una cascada de generación.

n Número de centrales en cascada.

Es importante aclarar que para una serie hidrológica, el efecto aditivo de los F_c se debe tener en cuenta a partir del primer embalse que alimenta en dirección aguas abajo.

Los factores de conversión se almacenan en la base de datos Neptuno y se pueden consultar en PARATEC.

Cálculos Energéticos (4)

Los embalses también tienen asociado su propio factor de conversión (F_{C_E}), el cual permite conocer el contenido de reservas energéticas almacenadas en un momento dado. En este caso,

$$F_{C_E} = F_{C_R} / 3.6$$

La suma de toda la energía almacenada en cada embalse permite tener una idea aproximada de las reservas útiles en un momento dado.

Balance Hídrico

El término balance hídrico se deriva del concepto de balance de masas, es decir, es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan a un sistema dado y los que salen del mismo en un intervalo de tiempo determinado. Sintéticamente puede expresarse por la fórmula:

$$S_{t+1} = S_t + \sum_{i=1}^n I_i - \sum_{j=1}^p O_j$$

Donde:

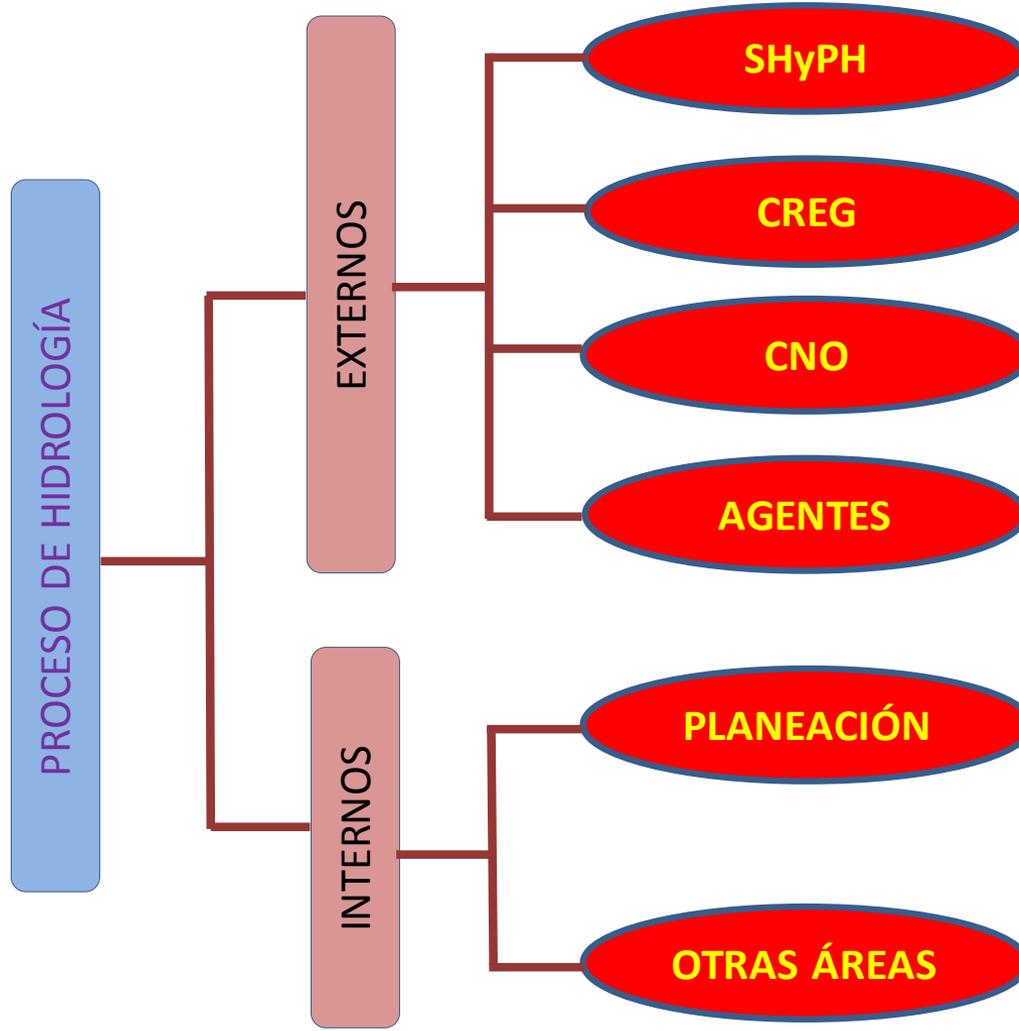
S_{t+1} Almacenamiento de agua (cantidad en volumen o como lámina de agua) al finalizar un período de tiempo dado.

S_t Almacenamiento de agua al comienzo de un intervalo de tiempo.

I_i Volumen de agua que ingresa a un sistema en un intervalo de tiempo dado (precipitación, afluencias, etc)

O_j Volumen de agua que sale del sistema en un intervalo de tiempo dado (evaporación, infiltración, etc.)

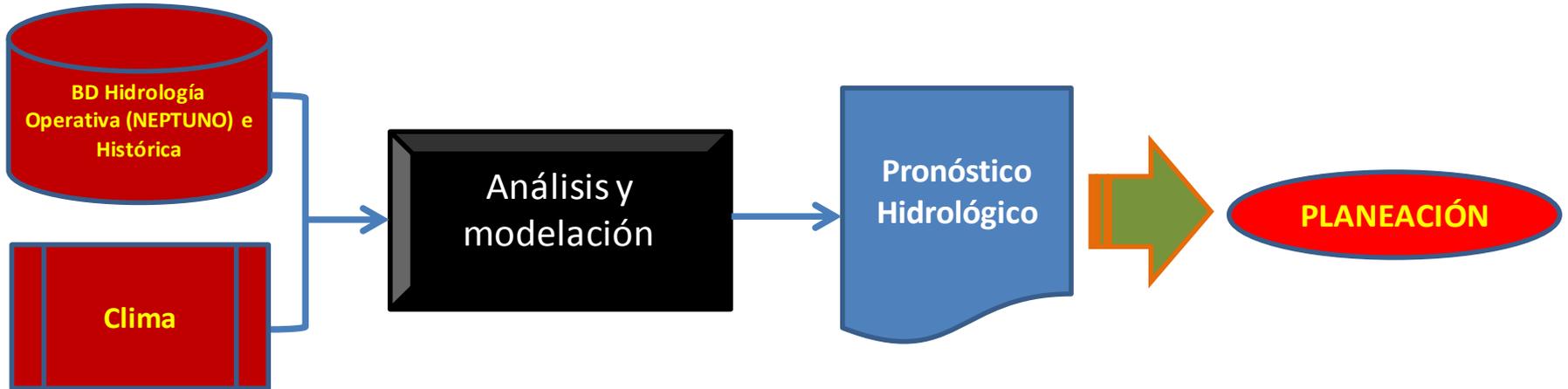
Clientes del Proceso



Modos y Horizonte de Modelación en el Planeamiento Indicativo

		MODO	
		DETERMINÍSTICO	ESTOCÁSTICO
HORIZONTE	CORTO PLAZO	X	
	MEDIANO PLAZO	X	X
	LARGO PLAZO		X

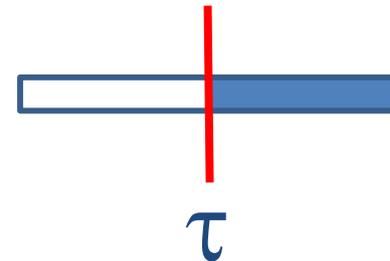
Pronóstico Hidrológico Modelación CP con DHT



Información operativa (diaria) y parámetros series hidrológicas

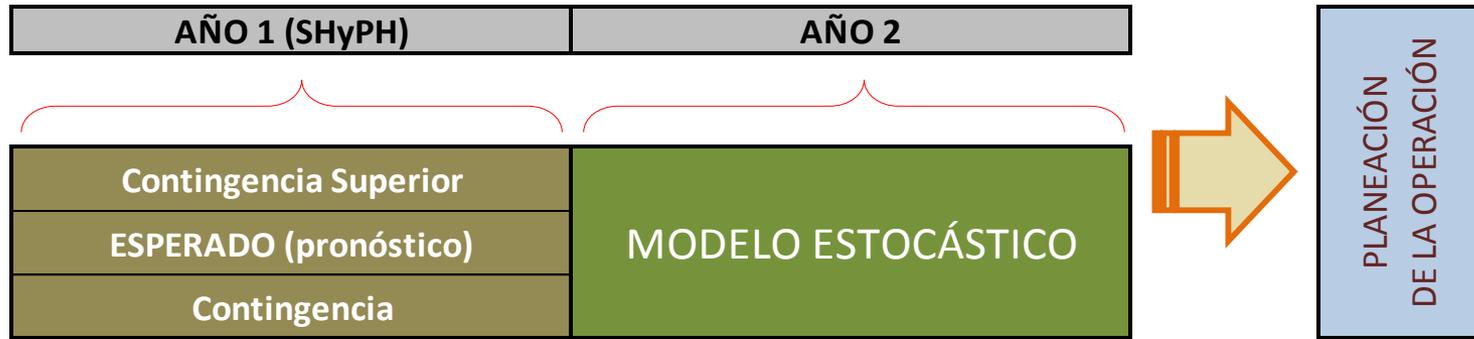
Series menores calculadas a partir de FSM. Cuando no hay información, con base en una serie análoga con afinidad geográfica, %media, etc.

Resolución: horaria
Horizonte: siete (7) días (lunes a domingo)



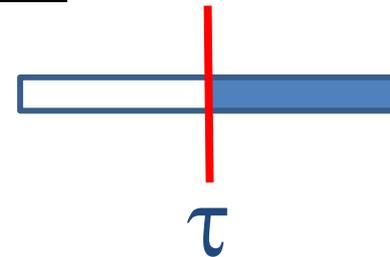
Escenarios Determinísticos para el Mediano Plazo

Series menores calculadas a partir de FSM. Cuando no hay información, con base en una serie análoga con afinidad geográfica, %media, etc.



GESS
SAMS (en fase de implementación)
ETC

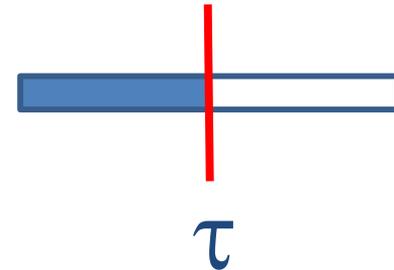
Resolución: semanal
Horizonte: 24 meses



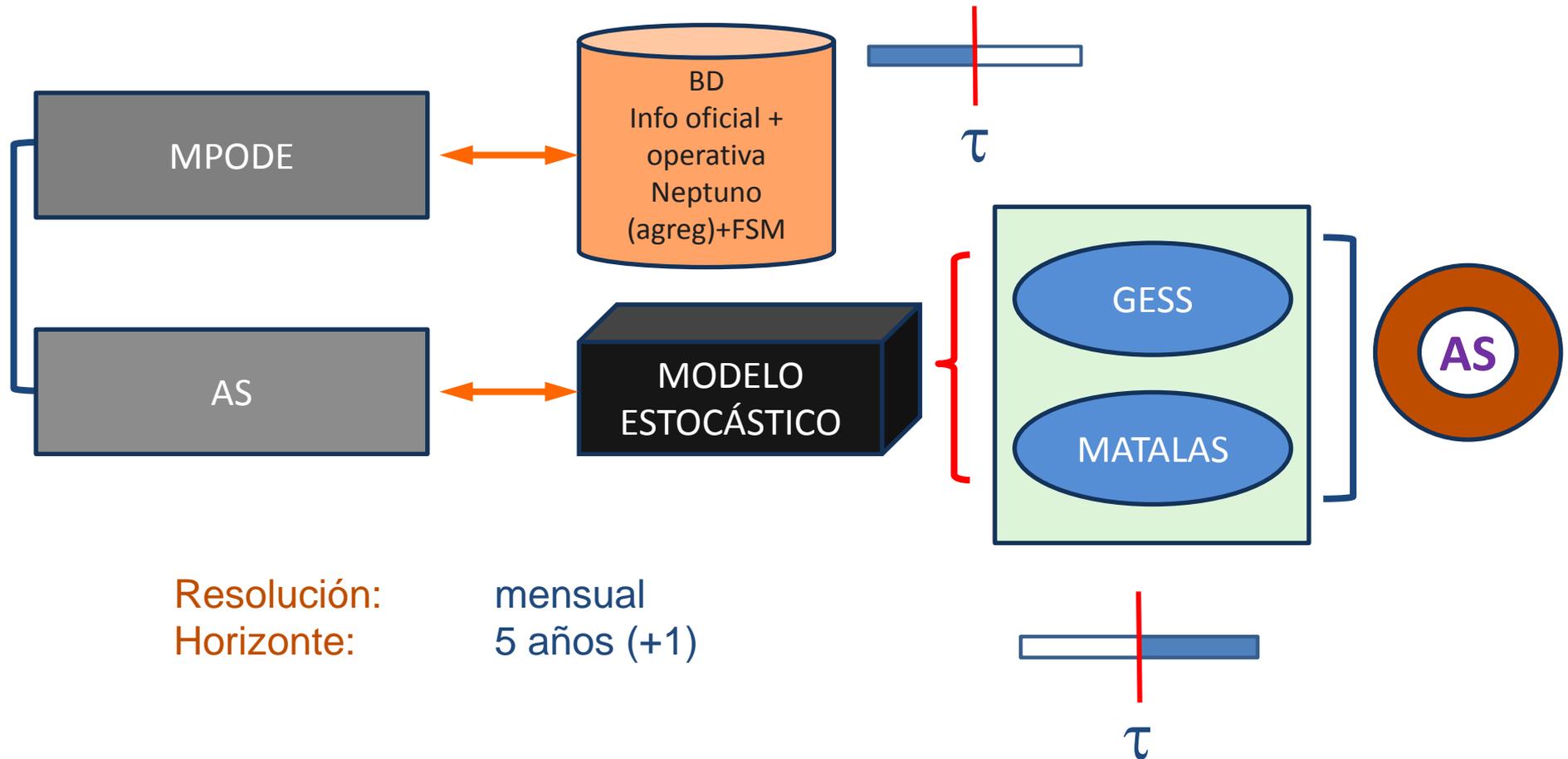
Modelación Estocástica de Mediano Plazo



Resolución: semanal
Horizonte: 24 meses (+12)



Análisis Estocástico de Largo Plazo



Resolución:
Horizonte:

mensual
5 años (+1)



Uso General de los Modelos Hidrológicos

Modelo Hidrológico

OBJETIVO:

Considerar en la planeación y operación de los aprovechamientos hidráulicos, la incertidumbre asociada a la hidrología.

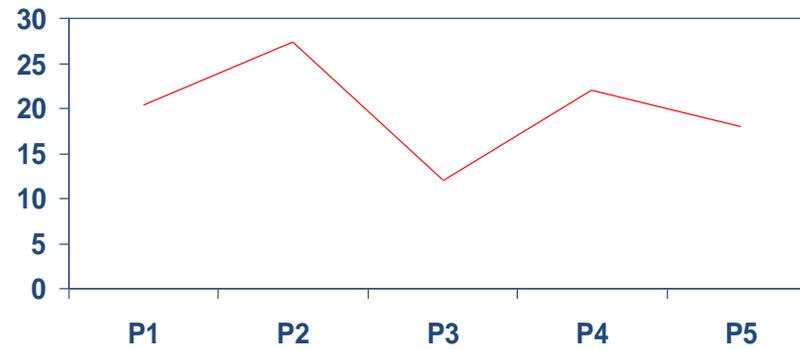
El procedimiento consiste en asumir que las series hidrológicas observadas pueden ser representadas siguiendo un conjunto de leyes probabilísticas. En consecuencia, se pueden obtener nuevas series diferentes a la observada (histórica), pero igualmente probables a ésta (método Montecarlo)

Modelo Hidrológico

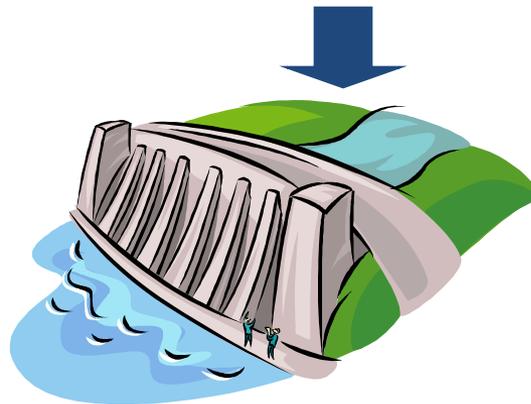
El modelo hidrológico utilizado busca por lo general caracterizar de la manera más simple posible:

- ✓ La dependencia de una serie de caudales con su pasado reciente (autocorrelación);
- ✓ La naturaleza de la distribución del vector de ruidos en cada intervalo de tiempo;
- ✓ La naturaleza de la interdependencia entre las afluencias a los diferentes embalses (correlación espacial entre series).

Modelo Hidrológico



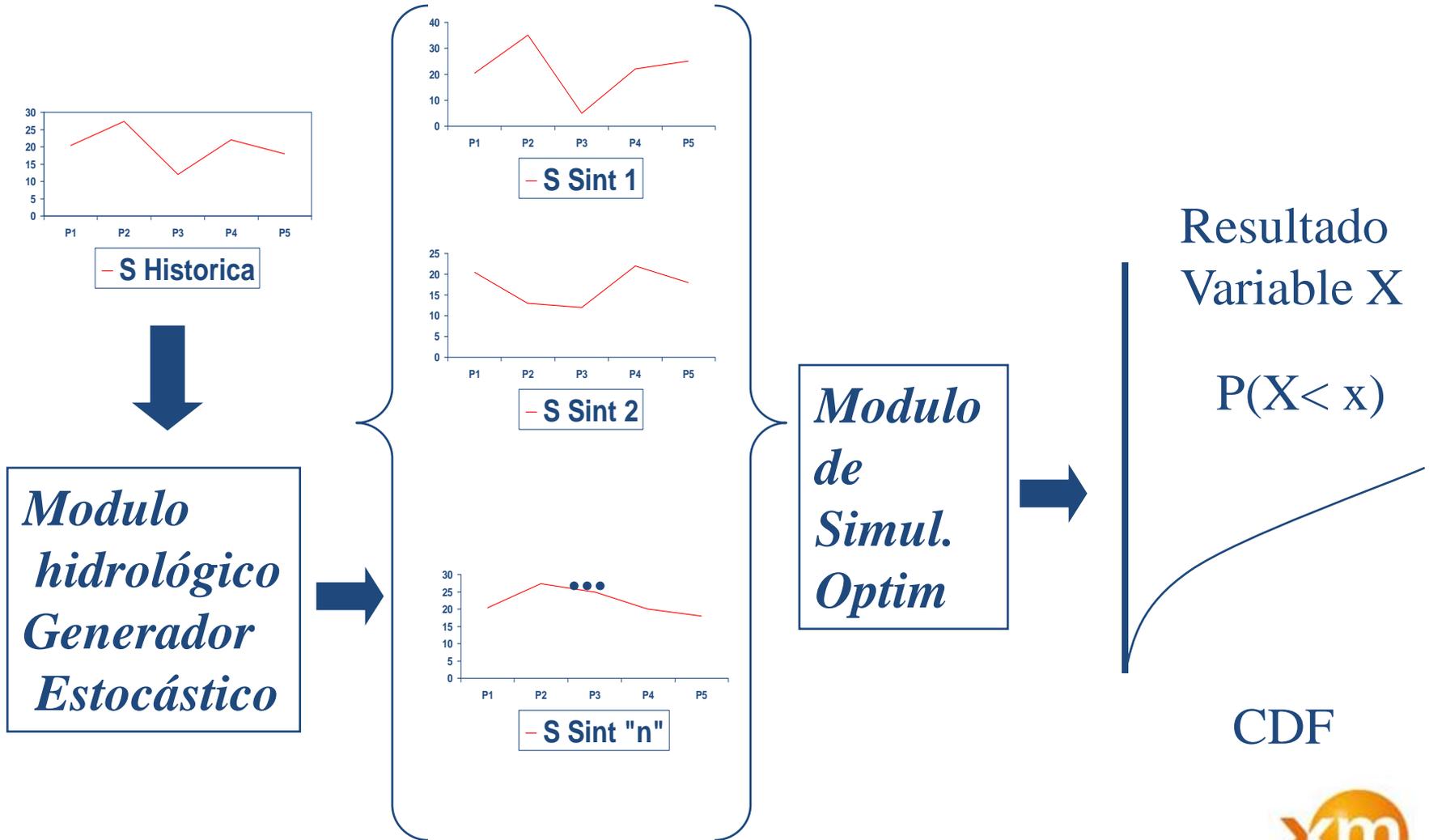
— S Historica



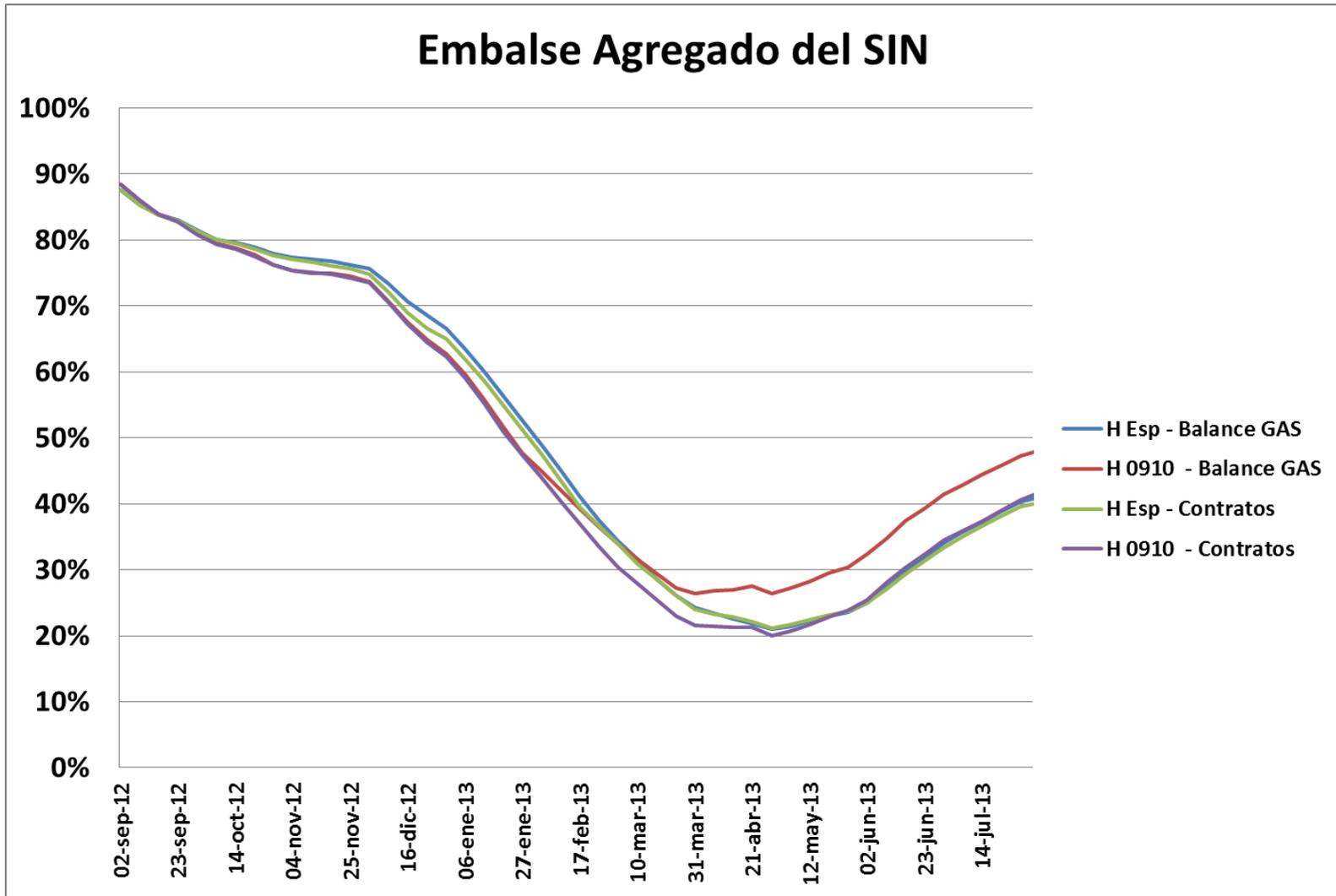
Modelo Hidrológico



Modelo Hidrológico



Resultados tipo de un análisis de MP determinístico





Informes de Mercado

(<http://www.xm.com.co/Pages/Informes.aspx>)

Estado variables hídricas – Septiembre 17 de 2012

Oferta

Demanda

Operación

Transacciones

Intercambios Internacionales

Información TX1: 16/Sep/12 : 29.45 \$/kWh ⬆ Precio Escasez: 414.75 \$/kWh ⬆ TRMC: 1,789.54 \$ ⬆ Restricciones a Cargo de Demanda: 610.85 Mill \$

Información TX2: 13/Sep/12 : 132.95 \$/kWh ⬆ Precio Contratos NR: 108.39 \$/kWh ⬆ Transacciones en Contratos Reg: 13,932.83 Mill \$ ⬆ Transacciones en Contratos

Oferta

Seleccione Indicador: Aportes hídricos (GWh) ▾

Resolución: Diaria ▾



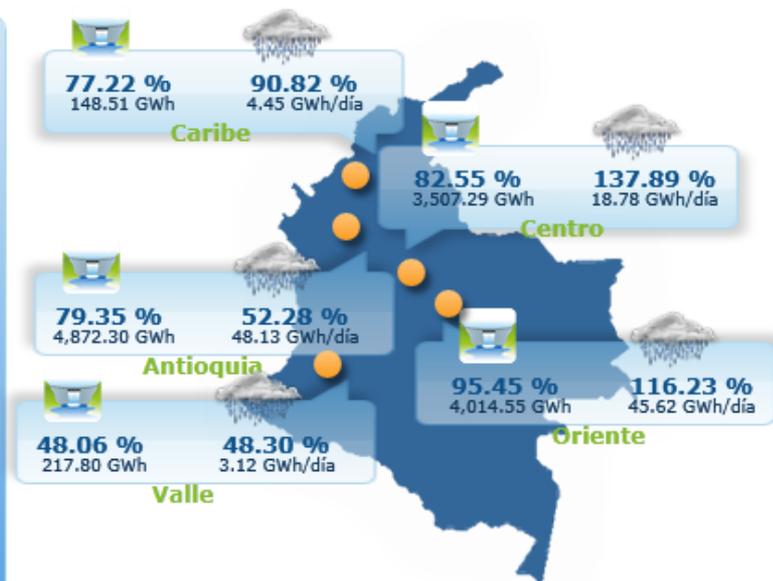
INFORMACIÓN DETALLADA



CAMBIAR VISTA



EXPORTAR



Sistema Interconectado Nacional (SIN)

Haga clic sobre los puntos del mapa para ver más información

Sunday, September 16, 2012



Reservas Hídricas

83.73 %
12,760.45 GWh



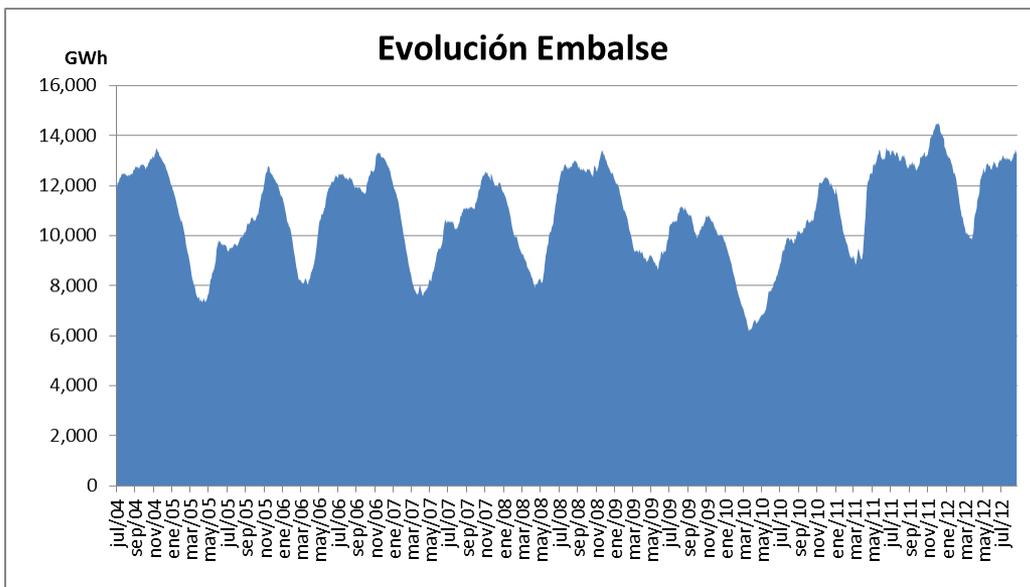
Aportes Hídricos (Prom. día acumulado en el mes)

76.84 %
122.41 GWh/día



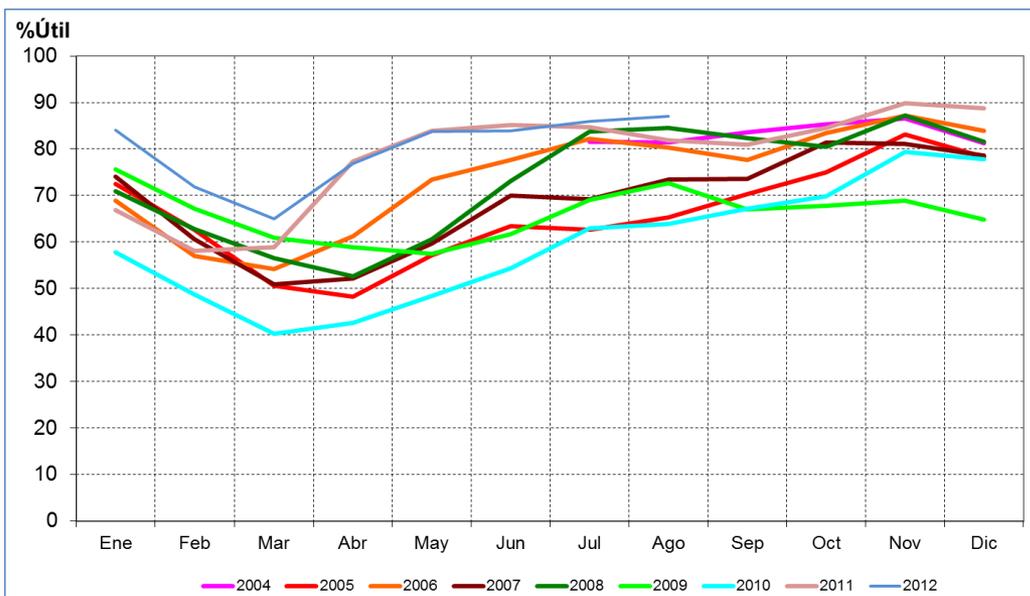
EXPORTAR IMAGEN

Evolución Reservas del SIN a agosto de 2012



Volumen Util Diario
(a último día del mes)

Mes	GWh	%
ago-2012	13,266.2	87.0
jul-2012	13,104.1	86.0



Las reservas hídricas almacenadas en los embalses del SIN a agosto 31 de 2012 aumentaron en 162.1 GWh frente a las del mes anterior, lo que equivale a un crecimiento relativo de 1.2%.

Reservas SIN por Regiones agosto de 2012

Volumen Util Diario

Nombre	%	GWh
--------	---	-----

ANTIOQUIA		
MIEL I	27.1	63.8
MIRAFLORES	88.3	307.7
PENOL	96.2	3,968.9
PLAYAS	78.9	78.2
PORCE II	51.7	69.2
PORCE III	65.8	71.1
PUNCHINA	36.0	29.4
RIOGRANDE2	75.3	368.9
SAN LORENZO	77.2	342.4
TRONERAS	22.9	16.7
total Antioquia	86.6	5,316.2

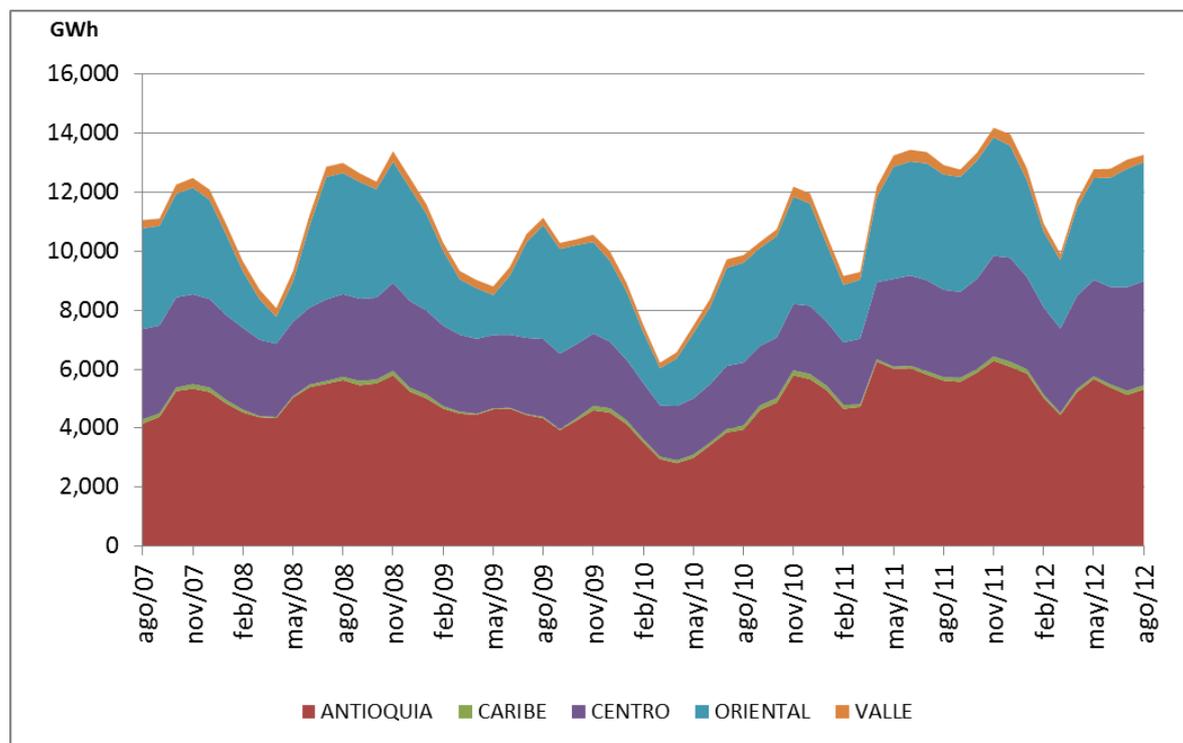
CARIBE		
URRA1	73.4	141.2
total Caribe	73.4	141.2

CENTRO		
AGREGADO BOGOTA	83.0	3,313.5
BETANIA	99.8	140.0
MUNA	95.6	53.6
PRADO	48.0	28.9
total Centro	83.2	3,536.0

ORIENTE		
CHUZA	90.0	939.9
ESMERALDA	97.9	1,043.7
GUAVIO	97.3	2,039.4
total Oriente	95.6	4,023.0

VALLE		
ALTOANCHICAYA	0.7	0.2
CALIMA1	75.9	168.7
SALVAJINA	40.9	80.7
total Valle	55.1	249.7

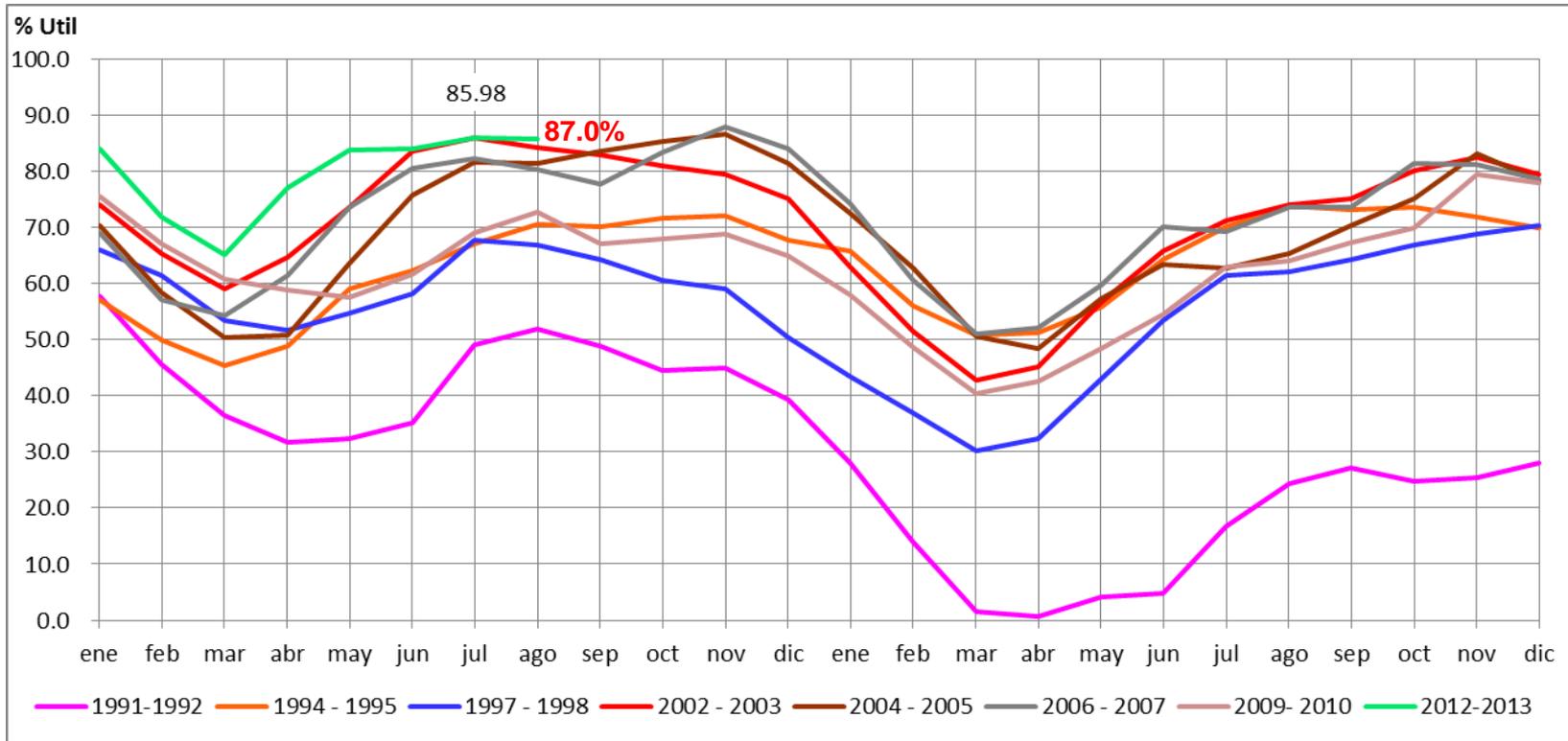
Total -SIN-	87.0	13,266.2
--------------------	-------------	-----------------



La tabla y figura muestran la distribución regional de las reservas útiles del SIN (las magnitudes están expresadas como porcentaje del volumen útil y como energía almacenada).



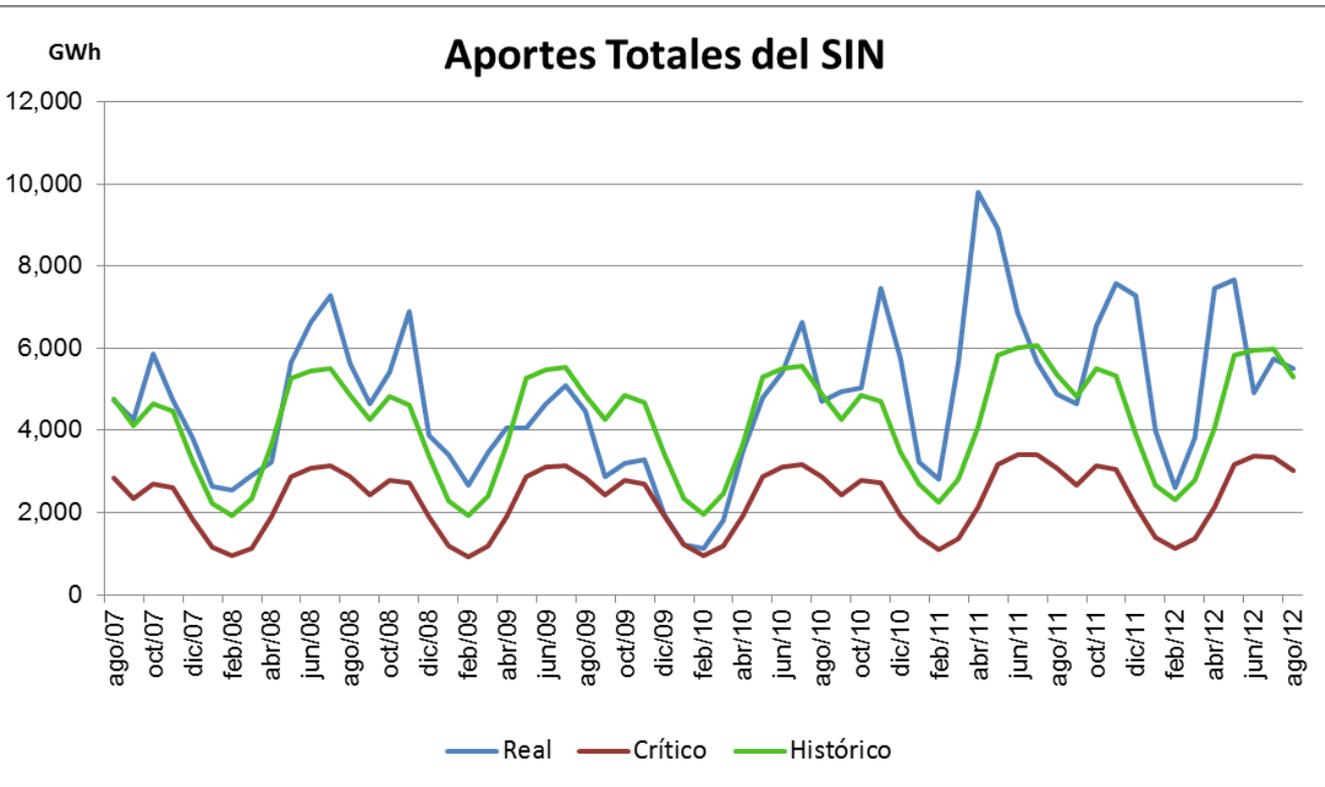
Evolución del embalse agregado SIN Primer y Segundo Año (Niños desde 1991 según ONI)



ONI: Oceanic El Niño Index



Aportes Hídricos al SIN hasta agosto de 2012

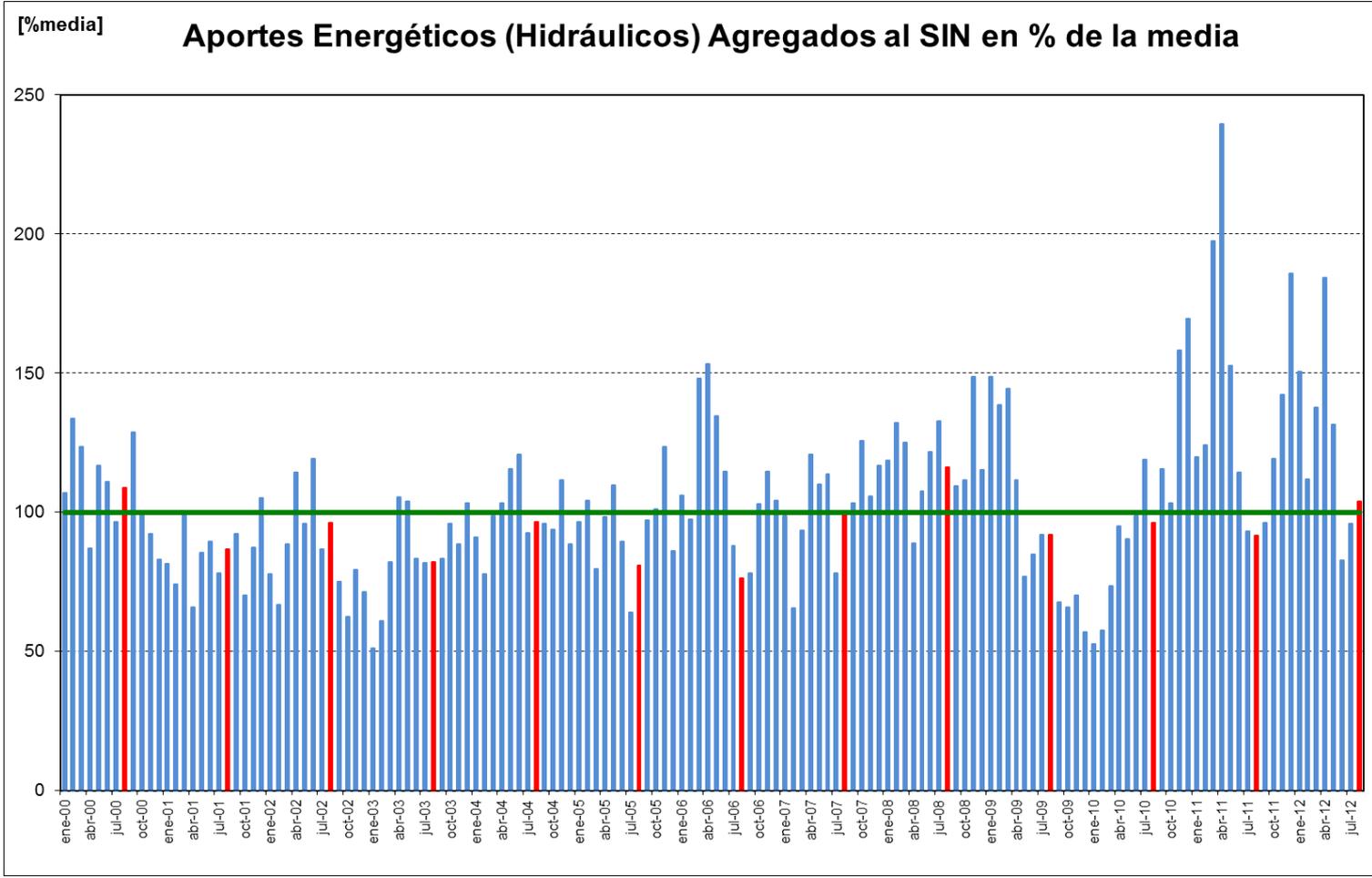


Aportes al SIN frente a promedios históricos	
ago-12	103.9%
jul-12	95.9%

En la gráfica se muestra la evolución de los aportes energéticos mensuales al SIN. Como referencia se presentan también los valores medios mensuales y críticos (correspondientes a un caudal 95PSS univariado). Se puede observar el impacto en los aportes hídricos de los recientes eventos El Niño (2009-2010), La Niña (2010-2012) y del reciente calentamiento iniciado en el Pacífico tropical (El Niño 2012 – 2013).

En agosto de 2012 ingresaron al SIN aportes por 5,495.7 GWh (103.9% de la media histórica), los cuales fueron superiores en 586.5 GWh a los registrados en el mismo mes del año pasado (4,909.2 GWh). Los mayores aportes se dieron en las regiones Oriente y Centro.

Aportes Hídricos al SIN desde 2000



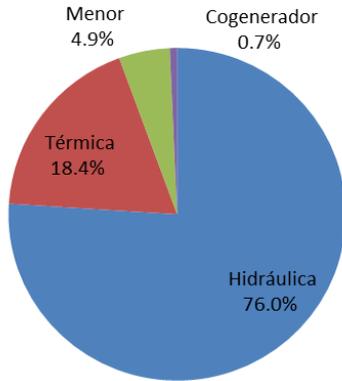
En la gráfica se muestra la evolución de los aportes energéticos mensuales al SIN, en su componente hidráulica, desde enero de 2000. Para una fácil lectura de dicha evolución, se han resaltado en rojo los aportes de agosto en cada uno de los años presentados. En este sentido, agosto de 2012 estuvo ligeramente por encima de la media, jalonado especialmente por altos aportes en las regiones Centro (124.1%) y Oriente (111.1%). Por su parte, Antioquia finalizó con aportes cercanos a los históricos (97.1%).

Todos los derechos reservados para XM S.A. E.S.P.

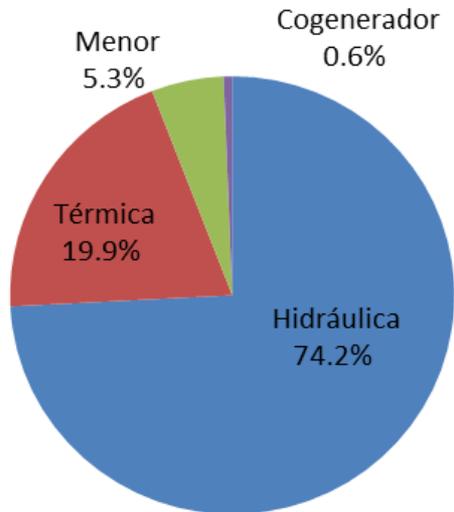


Composición de la Generación del SIN

ago-11



ago-12



Generación mensual energía SIN (GWh)

Tipo Generación	ago-11	ago-12	% Crecimiento
Hidráulica	3,826.1	3,814.2	-0.3%
Térmica	926.3	1,025.2	10.7%
Menor	245.7	270.2	10.0%
Cogenerador	35.0	32.1	-8.3%
Total	5,033.1	5,141.8	2.2%





■ filial de isa

 www.xm.com.co

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS PARA XM S.A. E.S.P.

2012