



SUBCOMITÉ HIDROLÓGICO

Informe Actividades

Dirigido al Consejo Nacional de Operación

Abril 9 de 2015



Temario

1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL
2. Balances Hídricos
 - i. Antecedentes
 - ii. Resultados análisis SH&PH – CNO Marzo 7 de 2013
 - iii. Conclusiones
 - iv. Recomendaciones



1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL

AGENTE	TOTAL RECOMENDACIONES	NIVEL DE CUMPLIMIENTO				
		SI	NO ATENDIDA AUN	EN EJECUCIÓN	NO SE IMPLEMENTARÁ (VER OBSERV)	ATENCIÓN A TRAVÉS DE OTRA MEDIDA
TOTAL	117	57	1	21	25	13
	% de atención	48.7%	0.9%	17.9%	21.4%	11.1%

- El Subcomité hidrológico validó la mayoría de las recomendaciones no atendidas por los agentes
- En 2015 finalizará la atención de todas las recomendaciones por parte de los agentes

1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL

AGENTE	TOTAL RECOMENDACIONES	NIVEL DE CUMPLIMIENTO					OBSERVACIONES
		SI	NO ATENDIDA AUN	EN EJECUCIÓN	NO SE IMPLEMENTARÁ (VER OBSERV)	ATENCIÓN A TRAVÉS DE OTRA MEDIDA	
CHEC	16	12	0	0	4	0	1) Dificultad tecnica en el sitio por el represamiento aguas abajo que imposibilitaba el montaje de la estación y estimar afluencias laterales al embalse San Francisco (no son representativas) 2) El flujo es en canales recubiertos no hay problemas de filtración. No se requieren estudios de pérdidas 3) Afluencias laterales a San Francisco no representativas, no se hace estudio. 4) Serie Faguacampoalegre no se requiere reconstruir porque la metodología actual de medición en la estación Insula son confiables.
	% de atención	75.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	
CHIVOR	5	3	0	1	1	0	No es viable la construcción de una nueva estación sobre el río Rucio ya que la cuenca tiene un muy alto aporte de sedimentos en la zona ocasionados por la explotación minera a lo largo de la cuenca, y por ende problemas de inestabilidad en la sección de aforo. Debido a esta situación, se recurre al cálculo de aportes partir de los caudales de la estación Río Negro – La Gloria.
	% de atención	60.0%	0.0%	20.0%	20.0%	0.0%	

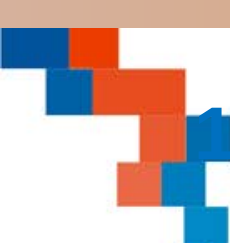
1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL

AGENTE	TOTAL RECOMENDACIONES	NIVEL DE CUMPLIMIENTO					OBSERVACIONES
		SI	NO ATENDIDA AUN	EN EJECUCIÓN	NO SE IMPLEMENTARÁ (VER OBSERV)	ATENCIÓN A TRAVÉS DE OTRA MEDIDA	
EPM	26	13	0	0	3	10	*Recomendación no atendida en el sentido estrictamente solicitado (atendida a través de otra medida): Instalación de instrumentos adicionales para el registro de nivel EPM cuenta con dos sensores de nivel en cada embalse y adicionalmente se realiza semestralmente un muestreo cada segundo durante 10 minutos, para verificar la desviación según los estándares de aseguramiento metrológico para la variable nivel, garantizando con ello una medida confiable. Adicionalmente se acuerdo en Subcomité que la medida de nivel en la captación es el sitio más apropiado porque mide la cabeza hidráulica directamente
	% de atención	50.0%	0.0%	0.0%	11.5%	38.5%	
EPSA	16	12	0	3	0	1	La recomendación de equipos de medición de nivel se atiende con medidores recientes, de características similares a las de otros agentes del sector eléctrico
	% de atención	75.0%	0.0%	18.8%	0.0%	6.3%	
ISAGEN	5	1	1	2	1	0	Recomendación no atendida: instalación de instrumentos adicionales de nivel, en diversos puntos del embalse ISAGEN cuenta con tres (3) instrumentos de medición del nivel del embalse, cada uno con diferente método de transmisión y a los cuales se les hace un constante seguimiento y calibración. ISAGEN considera que es suficiente con estos instrumentos para garantizar una medición confiable
	% de atención	20.0%	20.0%	40.0%	20.0%	0.0%	

1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL

AGENTE	TOTAL RECOMENDACIONES	NIVEL DE CUMPLIMIENTO					OBSERVACIONES
		SI	NO ATENDIDA AUN	EN EJECUCIÓN	NO SE IMPLEMENTARÁ (VER OBSERV)	ATENCIÓN A TRAVÉS DE OTRA MEDIDA	
URRA	6	6	0	0	0	0	
	% de atención	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
EMGESA	43	10	0	15	16	2	Recomendaciones no atendidas: - Instalación estaciones propias en algunos sitios: Otras entidades ya cuentan con estaciones automáticas en los sitios requeridos. - Instalación instrumentos adicionales de nivel en los embalses: No es práctico ni viable realizar varias mediciones simultáneas del nivel del embalse. - Medición caudal descargado con estación o estructura hidráulica: No es viable técnicamente y la incertidumbre de esta variables es marginal con la metodología vigente. - Medición caudal turbinado Guavio: No es viable técnicamente. Recomendaciones que serán atendidas a través de otra medida: - Hacer censo de usuarios de la cuenca: Se estimará la demanda potencial a partir de información secundaria. Esta información será de referencia.
	% de atención	23.3%	0.0%	34.9%	37.2%	4.7%	

Como aspecto adicional, Emgesa está estudiando algunos temas asociados con la información a través de un contrato con la Universidad Javeriana, que permitirán definir la necesidad de algunas estaciones



1. Seguimiento Avances Actividades INGFOCOL

Para las recomendaciones no atendidas por EMGESA el SH planteó las siguientes inquietudes:

- INGFOCOL recomendó tener estaciones propias, evitando depender de otras entidades para obtener la información hidrológica, y así tener control sobre la calidad y oportunidad en la información
- La experiencia que han tenido otras empresas con los convenios muestra que sólo funciona si se operan (controlan) directamente las estaciones aunque sean de otra institución.
- En la siguiente reunión del SH se pidió a EMGESA ampliar los argumentos y exponerlos con más detalle para definir algunas recomendaciones adicionales

En 2015 finalizaría la implementación de todas las recomendaciones atendidas por parte de los agentes.

2. Balances Hídricos - Antecedentes

Desviación en el Balance Energético Diario

La desviación total D_i (pérdidas) se calcula como:

$$D_i = \sum_{i=1}^{\text{todas las plantas}} d_i \quad \text{Alternativamente:} \quad D_i = W_{T_{i-1}} + \sum W_{Q_T} - \sum W_{G_T} - \sum W_{V_T}$$

W_{R_i-1} Volumen reportado (Mm³ o GWh) a las 0:00 del día anterior.

W_{G_T} Volumen de agua utilizada para la generación de energía durante el día anterior.

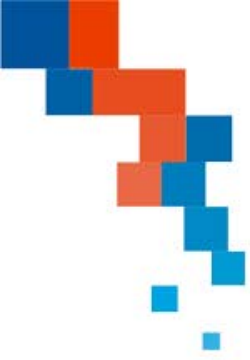
W_{Q_T} Volumen aportado por los afluentes a un embalse durante el día anterior

W_{V_T} Volumen de agua vertida durante el día anterior.

	OPESIN					
Fecha	Vol Útil Diario [GWh]	Aportes diarios [GWh]	Generación [GWh]	Vertimientos [GWh]	Vol Útil TEÓRICO [GWh]	Desviación [GWh]
Junio 7/2010	7780.56					
Junio 8/2010	7764.07	140.19	161.59	0.45	7758.71	-5.36

Desviación promedio estimada en 14 GWh en 2009

En invierno las desviaciones son mayores

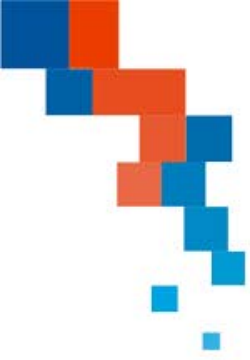


2. Balances Hídricos – Resultados del análisis SHPH – Marzo de 2013

La determinación de las variables que intervienen en el balance hídrico de los embalses asociados con las plantas de generación de energía tiene implícitas varias imprecisiones que no permiten determinar con exactitud las reservas de energía almacenada, así como las variables que hacen parte de este cálculo. Ello se debe principalmente a:

1. El Factor de Conversión (Caudal descargado por generación):

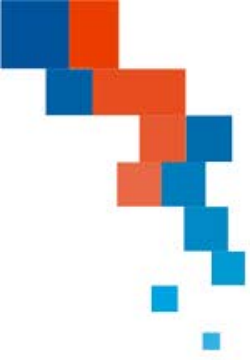
- El valor del FC para el cálculo de las reservas es **un parámetro fijo**
- Su determinación **tiene una incertidumbre asociada**.
- El FC se determina unidad por unidad o a toda la planta en su conjunto. El primero podría estar generando mayores imprecisiones en el cálculo del FC de cada planta.
- El FC **se determina con los niveles durante los últimos cinco años**, por lo que no habiendo algunos embalses descendido hasta cotas cercanas al nivel mínimo técnico no es posible medir la eficiencia energética en dicha franja.



2. Balances Hídricos – Resultados del análisis SHPH – Marzo de 2013

- Las reservas consideran un **FC único pero el FC varía en función del nivel del embalse** en la mayoría de las plantas (posible mejora)
- Se utiliza un **FC único para estimar las reservas en cadena** (el nivel de todos los embalses en dicha cadena están en el nivel correspondiente al FC mediano)

2. Deficiencias en la estimación del caudal en el sitio de presa basado en el caudal de entrada al embalse
3. Deficiencias en las ecuaciones de regresión utilizadas para el traslado de caudales de una estación a otra.
4. Incertidumbre en las mediciones hidrométricas, aun con equipos de tecnología de punta



2. Balances Hídricos – Resultados del análisis SHPH – Marzo de 2013

5. El balance hídrico no puede contemplar todas las variables (evaporación, infiltración, precipitación, etc.) y todas las variables del balance poseen a su vez incertidumbre
6. Cambios en el volumen útil o total del embalse que generan diferencias importantes en el balance y solo se identifican cuando se actualiza la batimetría
7. Dificultades inherentes a las topologías complejas de las diferentes cadenas.
8. Imprecisión en la medición del volumen de embalse a partir del nivel (a mayor tamaño, mayor incertidumbre en el volumen).

A decorative graphic consisting of a cluster of blue and orange squares arranged in a roughly triangular shape, pointing towards the bottom right.

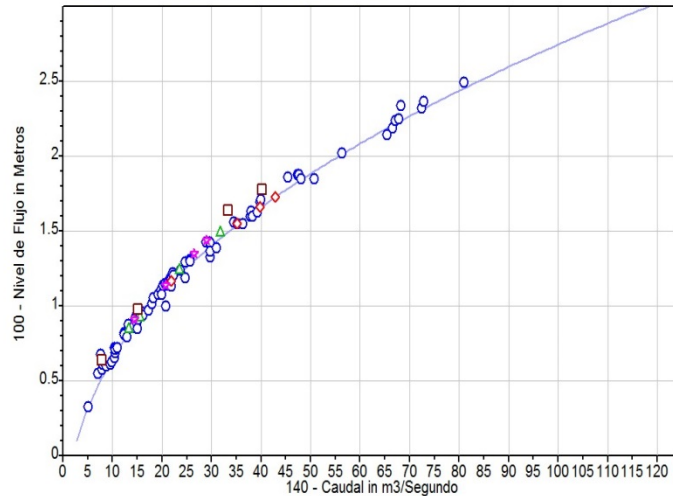
- *Medida directa del caudal*
- *Estimación por balance hídrico*



2. Balances Hídricos – Deficiencias

Deficiencias medición directa del caudal

CURVA DE CALIBRACIÓN DE ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDALES



CÁLCULO DEL CAUDAL EN UN RÍO - AFORO HIDROMETRICO

$$Q = v * A \quad (1)$$

Donde: Q caudal de la sección del flujo, en m^3/s
 v velocidad media de la sección, en m/s
 A área de la sección, en m^2 .

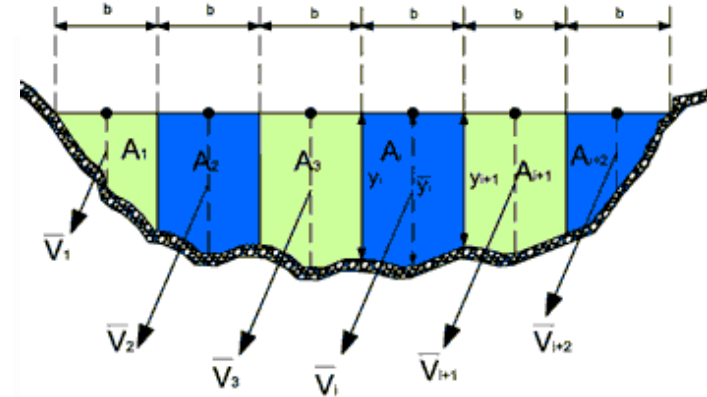
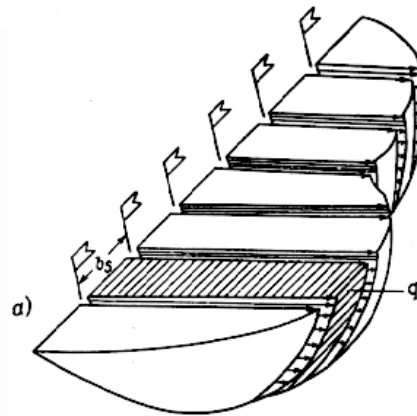


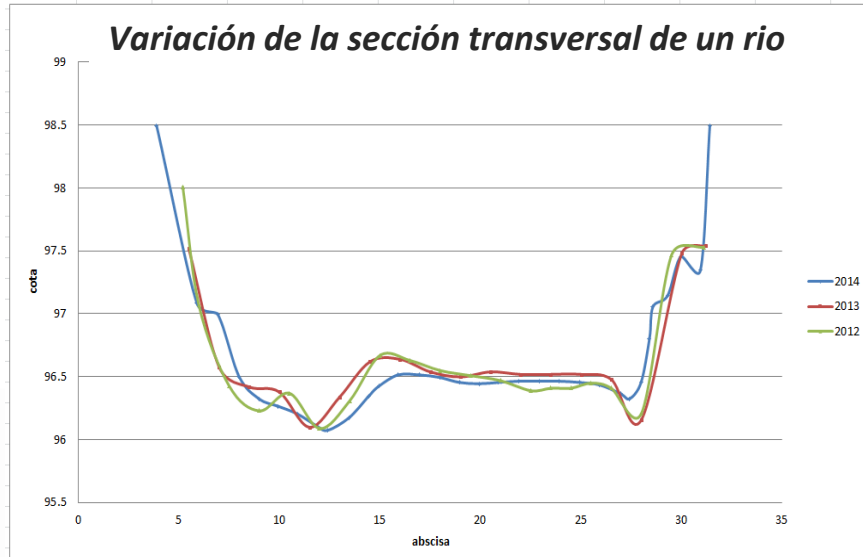
Figura 1. Modelo área - velocidad

El método de área – velocidad subdivide el flujo en diferentes secciones individuales así:

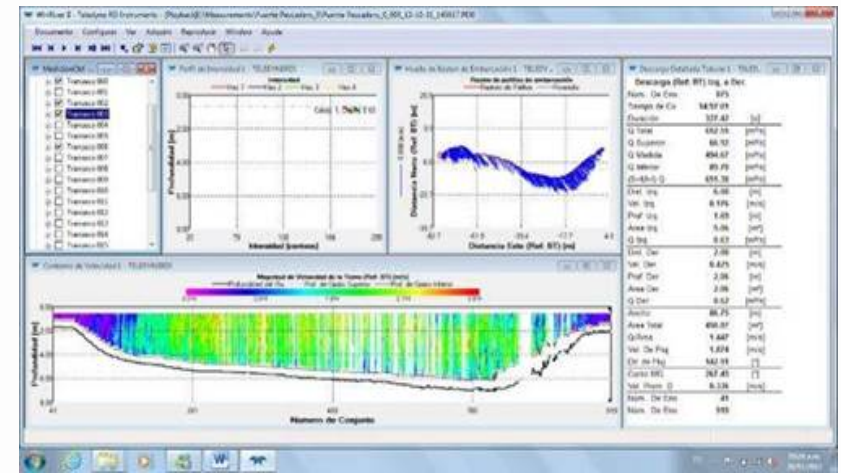
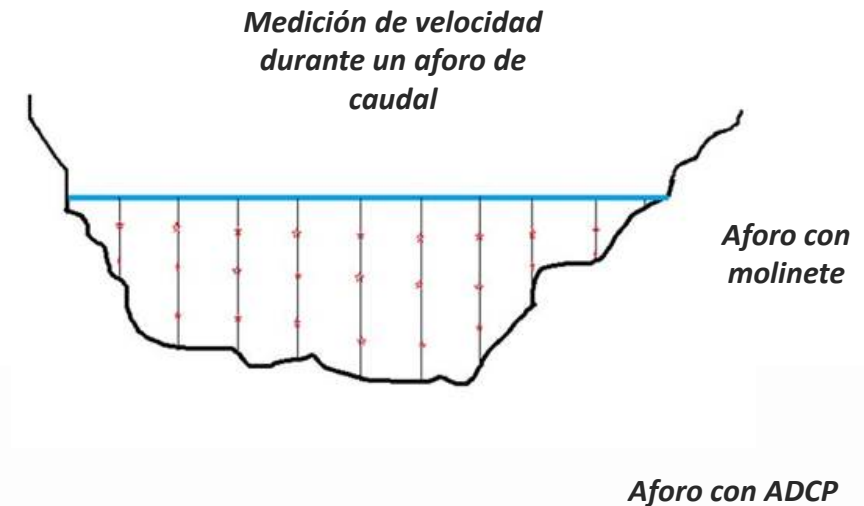
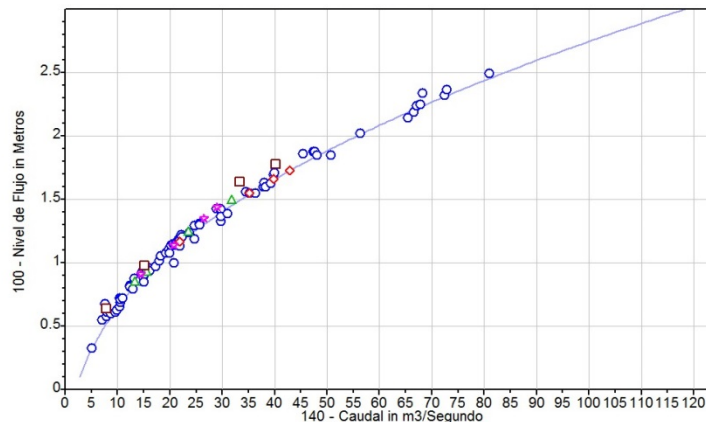
$$q_s = v_s a_s \rightarrow Q = \sum_{s=1}^n q_s$$

2. Balances Hídricos – Deficiencias

Deficiencias medición directa del caudal



CURVA DE CALIBRACIÓN DE ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUALES



2. Balances Hídricos – Deficiencias

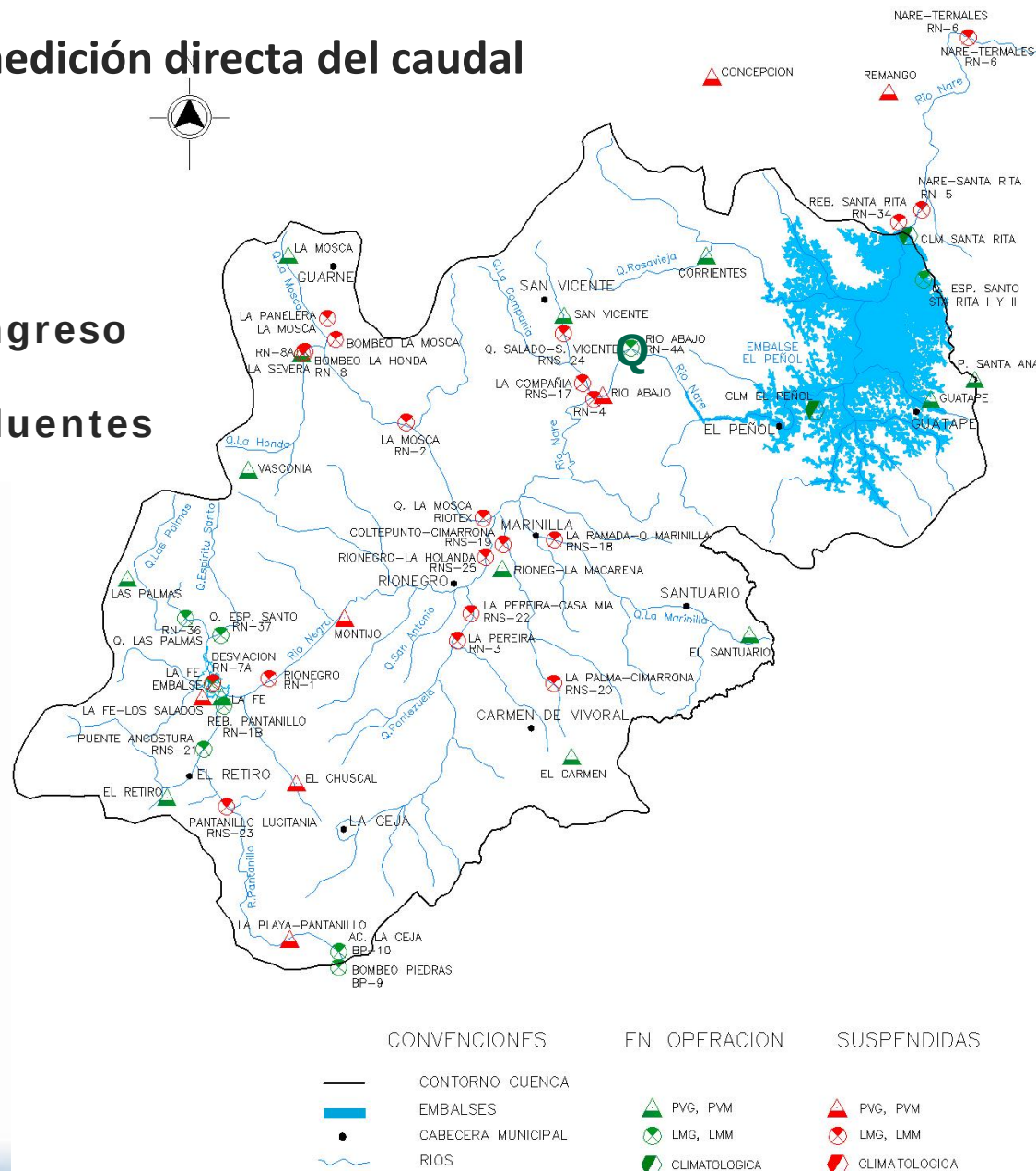
Deficiencias medición directa del caudal

Regresión

Aporte total = $8.11 + 1.401 Q$ Ingreso

No es posible medir todos los afluentes

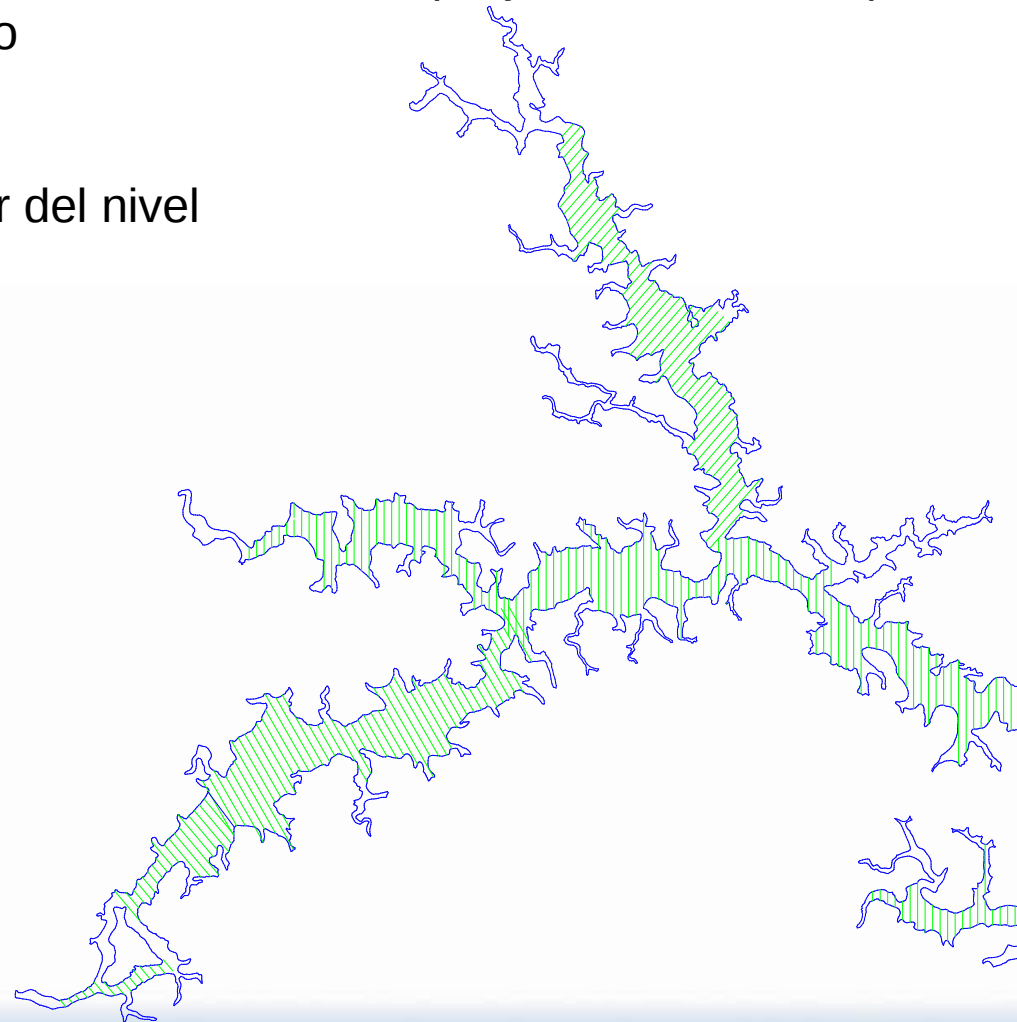
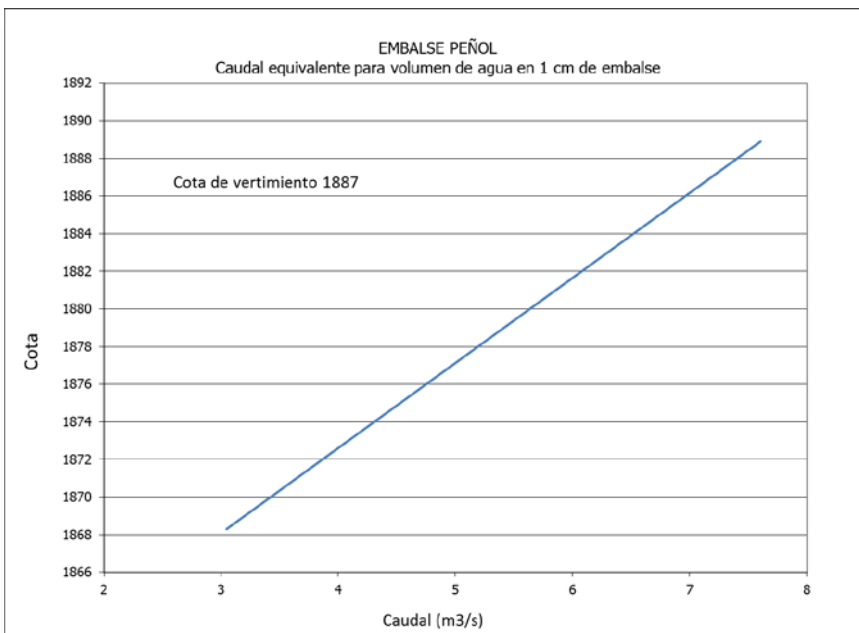
- Imposibilidad técnica
- Costos

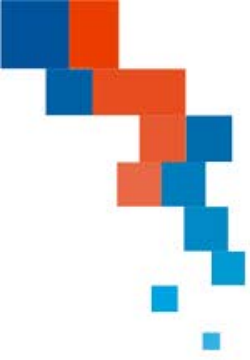


2. Balances Hídricos – Deficiencias

Deficiencias en estimación del volumen del embalse - Batimetrías:

- Levantamiento por secciones cada 50 ó 100 m (mejora con Multihaz)
- Zonas donde no hay acceso
- Cada 5 años
- Sedimentación
- Cálculo del volumen a partir del nivel





2. Balances Hídricos – Deficiencias

Balance Hídrico en el embalse

$$V_f = V_i + \text{Aportes} - \text{Descargas}$$

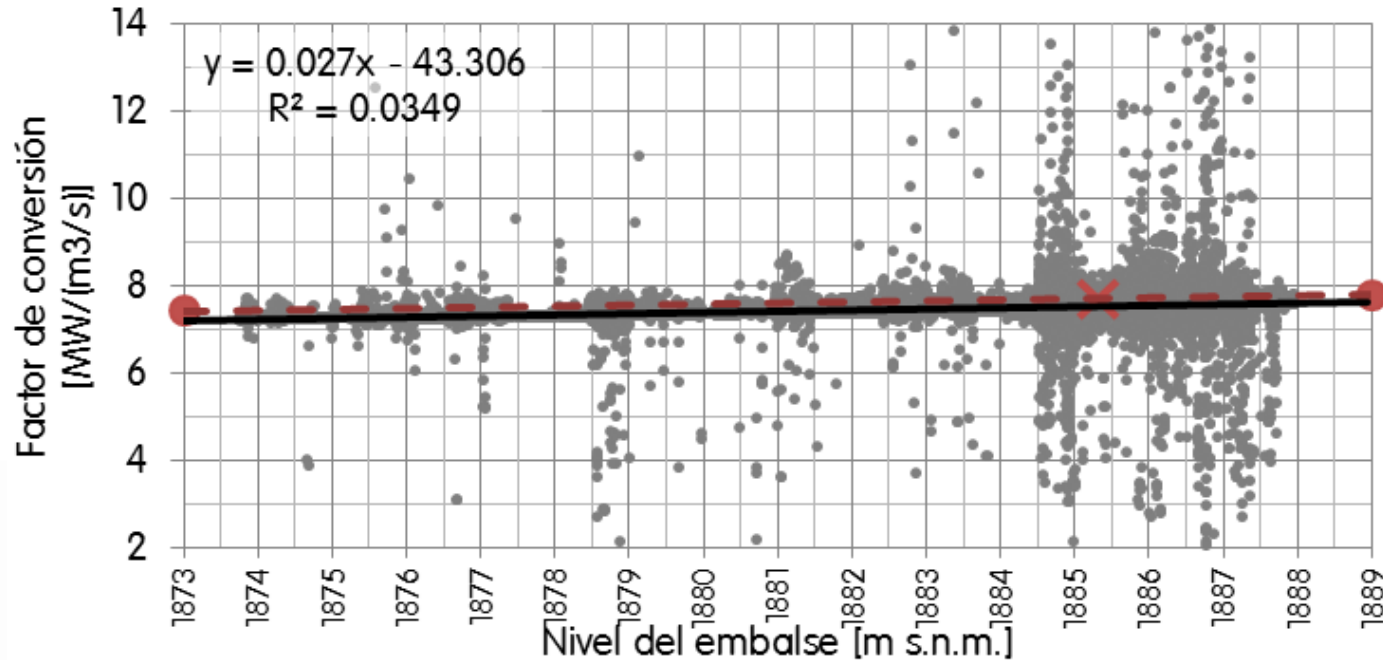
$$\text{Aportes} = (V_f - V_i) + \text{Descargas}$$

El balance enmascara:

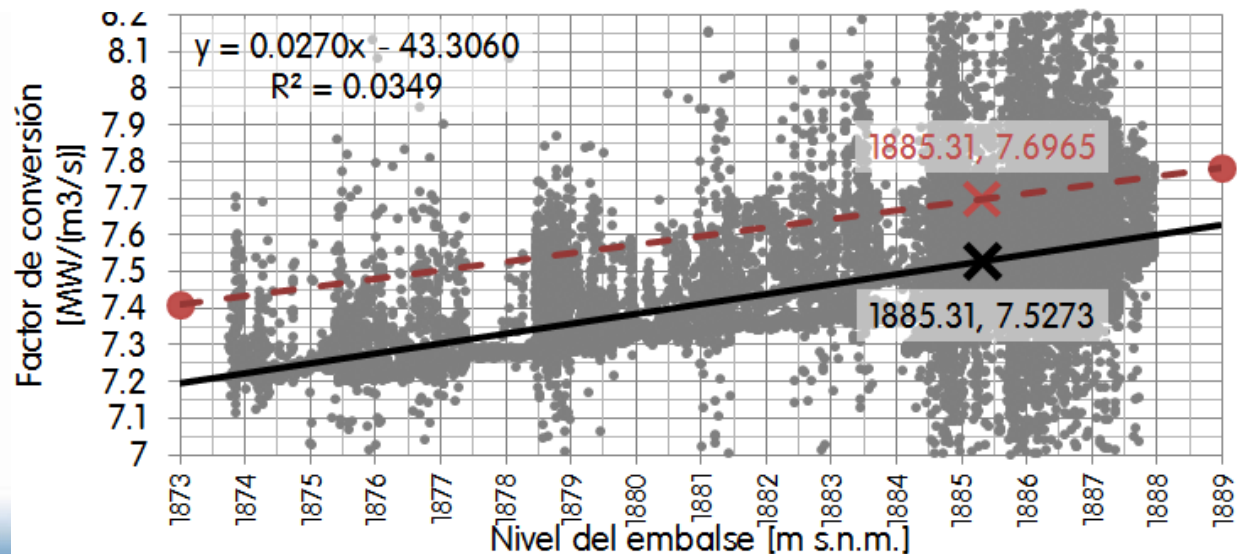
- Imprecisión en el volumen del embalse
- Imprecisión en medición de Vertimientos (Medición de nivel)
- Imprecisión en medición de descargas de fondo (Medición)
- Imprecisión en medición de caudal por generación **(Fc)**

El aporte estimado por balance hídrico puede diferir significativamente del aporte real

2. Balances Energéticos – Deficiencias Utilización del Factor de Conversión Fc

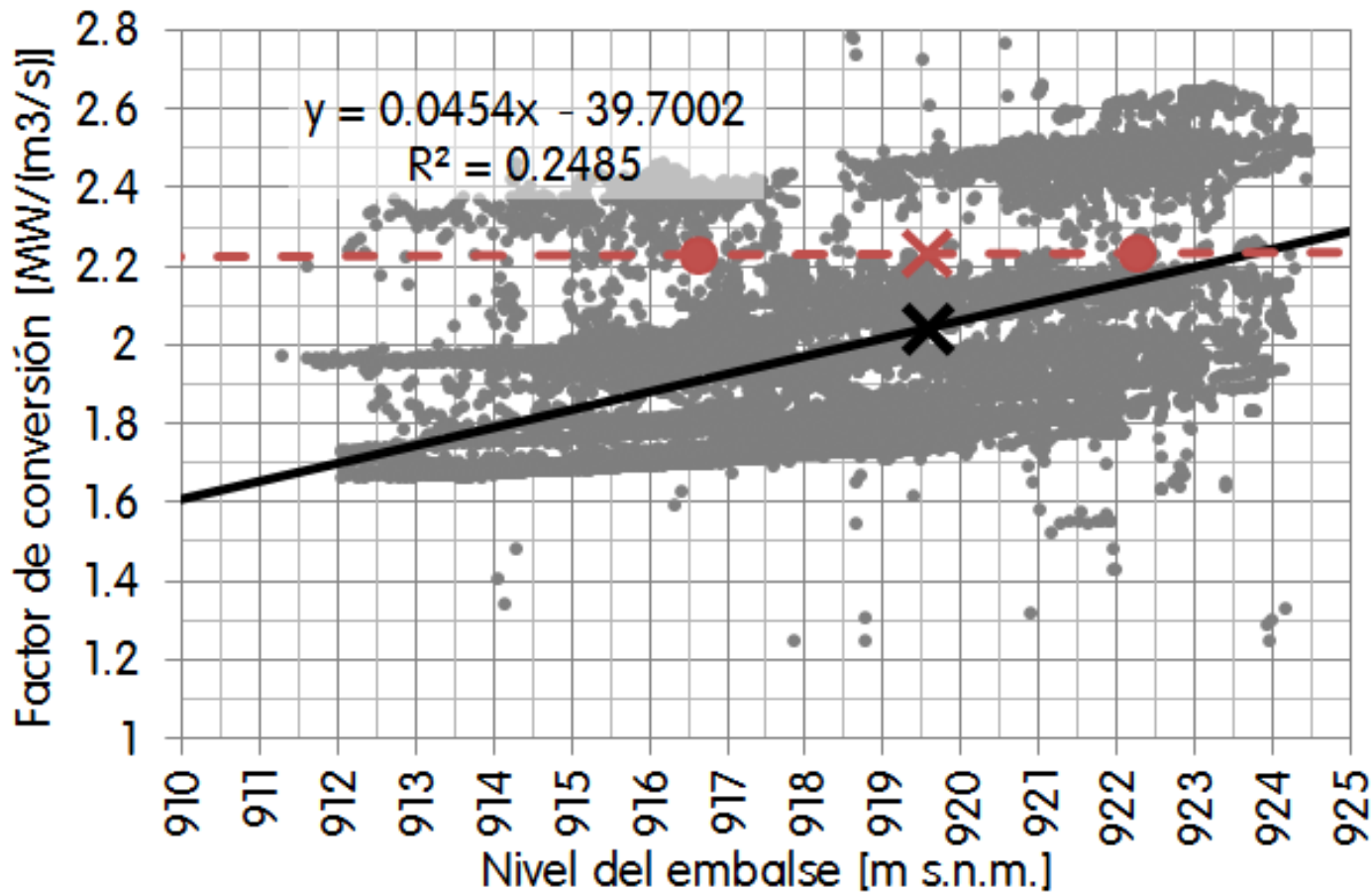


Fc. Central Guatapé



2. Balances Energéticos – Deficiencias Utilización del Factor de Conversión Fc

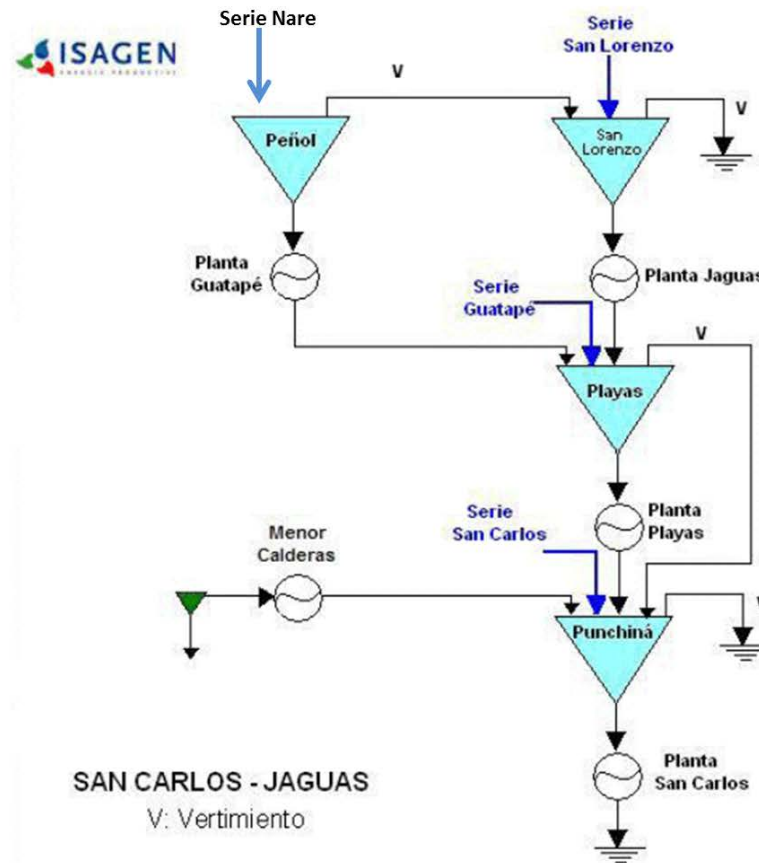
Fc. Central Porce II



2. Balances Energéticos – Deficiencias Estimación Energética en Sistemas

- FC cadena
- Tiempos de viaje del agua
- Simultaneidad medidas
- Incorporación de todas las intervenciones (acueducto,..)
- Modelaje

ISAGEN S.A. E.S.P. – TOPOLOGÍA CADENA HIDRAÚLICA SAN CARLOS



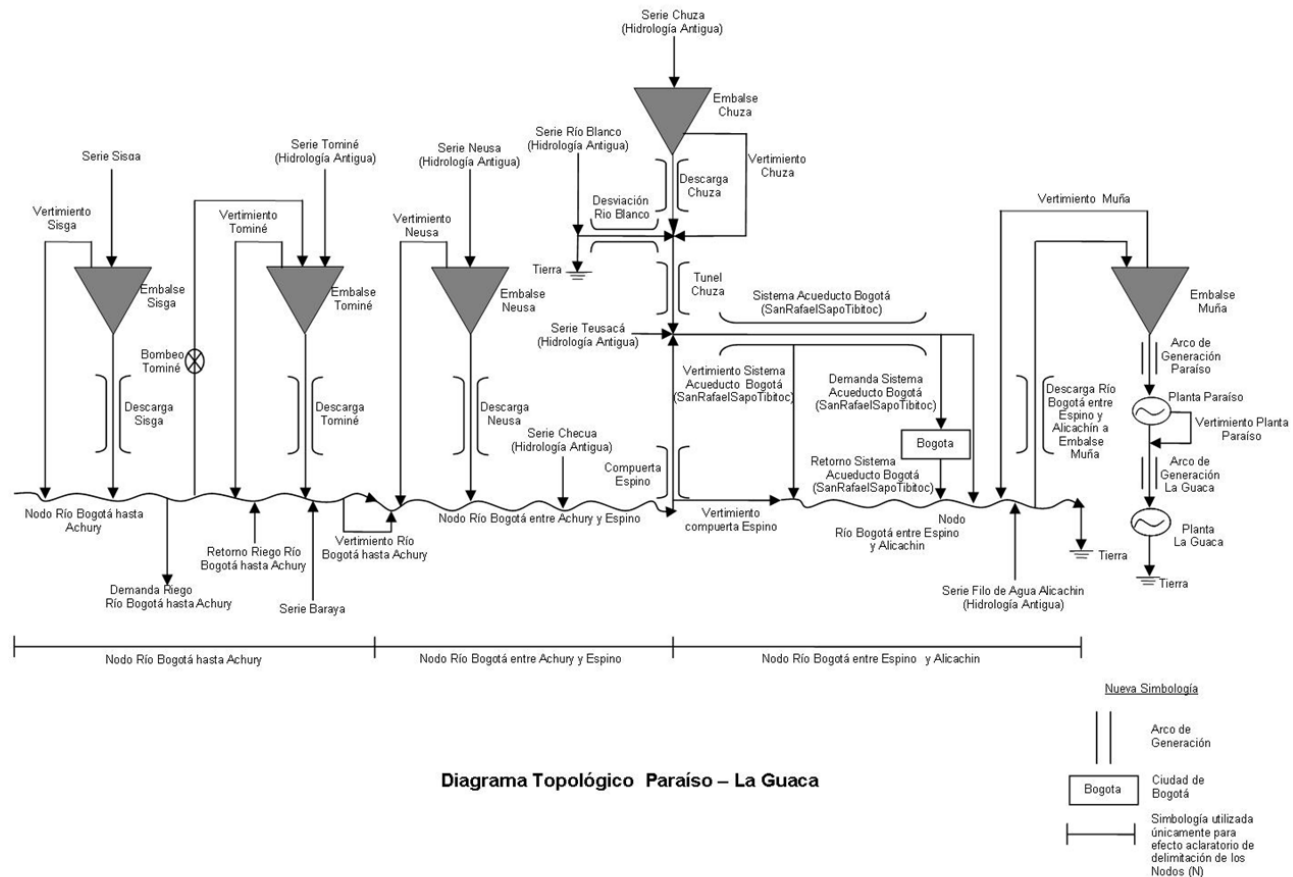
Nota: Información reportada por los agentes para vigencia del Cargo por Confiabilidad 2009-2010.

Julio 25 de 2010

2. Balances Energéticos – Deficiencias Estimación Energética en Sistemas

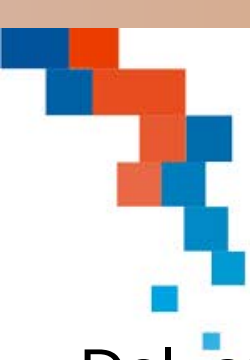
- FC cadena
- Tiempos de viaje del agua
- Simultaneidad medidas
- Incorporación de todas las intervenciones (acueducto,...)
- Modelaje

EMGESA S.A. E.S.P. – TOPOLOGÍA CADENA HIDRAÚLICA PARAISO



Nota: Información reportada por los agentes para vigencia del Cargo por Confiabilidad 2009-2010.

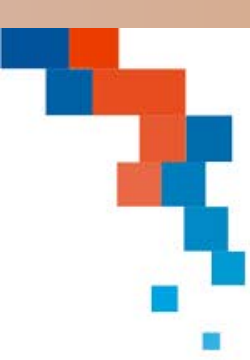
Junio 25 de 2010



2. Balances Hídricos – Conclusiones

SH&PH - Marzo 2013

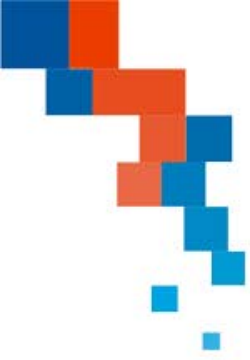
- Del análisis se encontró que existen varias incertidumbres que agregadas generan una imprecisión importante en el balance hidráulico, la cual técnicamente no es posible mejorar, a pesar de que los agentes tienen implementadas diferentes metodologías de medición, en muchos casos con tecnología de punta,
- Debido a lo anterior, el Subcomité consideró que no se debían catalogar estas imprecisiones como pérdidas, ni tampoco era posible definir una magnitud para las mismas a partir del balance hídrico, sin incurrir en una aproximación que podría no ser la más adecuada.



2. Balances Hídricos – Conclusiones

Del análisis del balance hídrico y energético

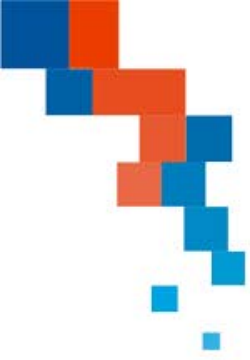
- La estimación de variables por balance enmascara las imprecisiones e incertidumbres descritas (descargas, volumen embalse, caudal estimado con F_c , etc.)
- La mejor información corresponde a las medidas directas, que pueden validarse a partir de recomendaciones de Ingfocol y estandarizando (Código de medida – recomendación del CO)
- No es posible lograr desbalance cero con volúmenes de agua y tampoco en términos energéticos por incertidumbres, imprecisiones de medidas, simultaneidad de medidas en embalses en cadena, tiempos de viaje entre embalses, etc.



2. Balances Hídricos – Acciones en marcha para una mejor estimación energética

SH&PH - Marzo 2013

1. Evaluar si al utilizar las curvas del factor de conversión para cuantificar reservas, aportes y descargas, disminuyen los desbalances.
2. Verificar que la ecuación de balance contenga todos los elementos que componen la topología hidráulica de cada central (entradas y salidas).
3. Caracterizar los valores del desbalance energético ante diferentes condiciones climáticas (estaciones de lluvia y de verano) mediante un análisis estadístico de 4 años.
4. Implementación de recomendaciones de INGFOCOL



2. Balances Hídricos – Acciones propuestas para una mejor estimación energética

Del análisis del balance hídrico y energético

1. Concluir atención de recomendaciones INGFOCOL **(SH)**
2. Estandarización de medidas para aportes, descargas, vertimientos y nivel de embalse (Explorar un posible acuerdo para homologación de medidas – Recomendación del Comité de Operación) **(SH)**
3. Referenciamiento en otros sistemas en los temas de cuantificación energética, Factores de Conversión y homologación de medidas **(SH-SPO-SP)**
4. En la cuantificación energética, ahondar en el análisis de los siguientes aspectos, a la luz del análisis energético **(Liderazgo del SPO y apoyo SH)**:
 - Métodos de cuantificación de reservas energéticas
 - Resolución del análisis (diaria, semanal, mensual)
 - Modelos utilizados para el análisis energético y capacidad de representar la realidad (sistemas hidráulicos en cadena)
 - Limitantes de la cuantificación energética