

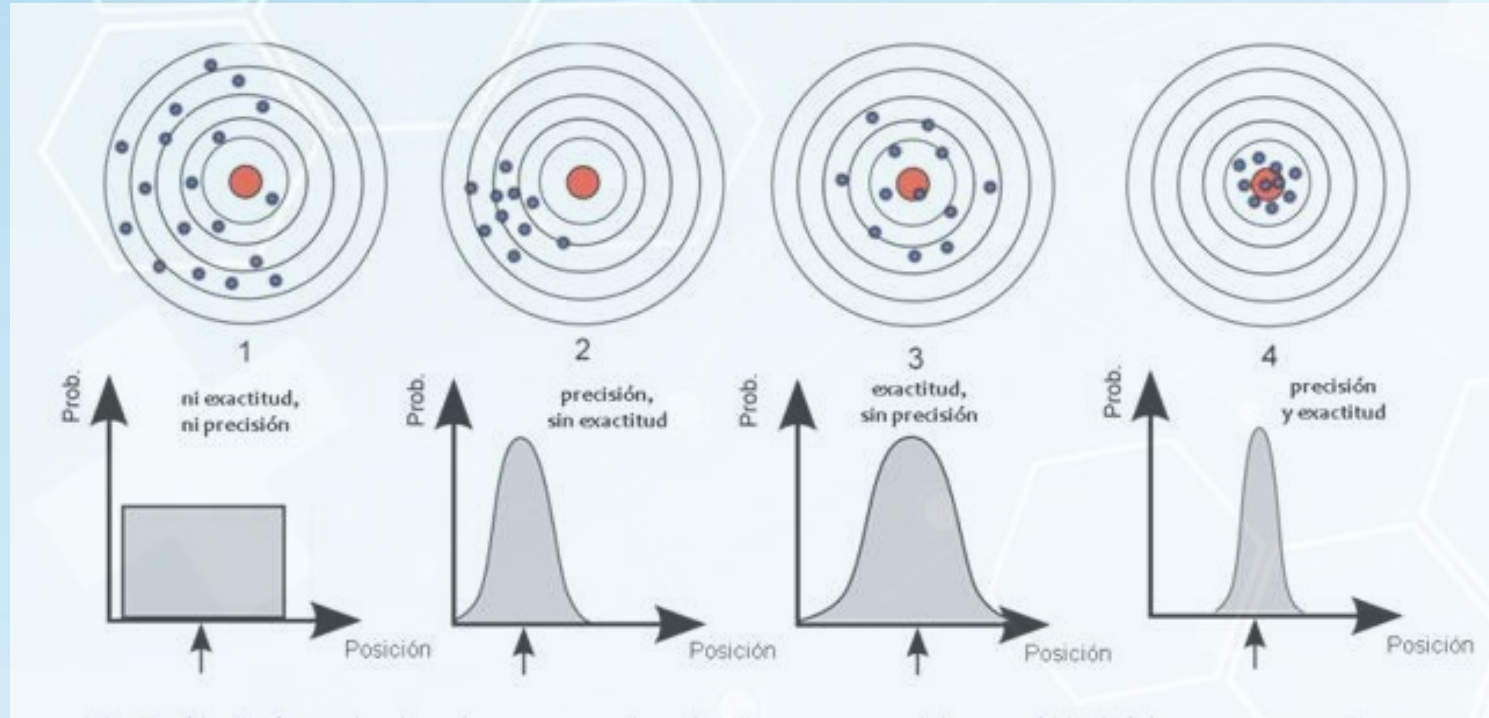
Utilización de modelos de grafos y técnicas de reconciliación de datos para evaluar/chequear los niveles de incertidumbre en las operaciones de transferencia de custodia y contabilidad de la producción.

Lic. Justina Bertotto - Lic. Gabriel Genellina
SoftLab SRL

Incertidumbres de medición

- Toda medición tiene una incertidumbre asociada
- Una parte es inherente al método de medición
 - Cambiar el dispositivo de medición o escoger otro método
 - No siempre es posible
- Otra parte es estadística
 - Repetir las mediciones
 - Es costoso

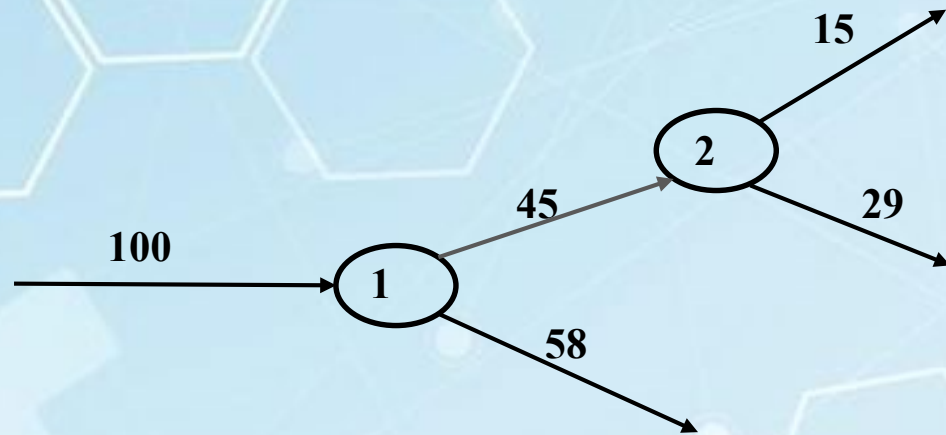
Precisión vs. exactitud



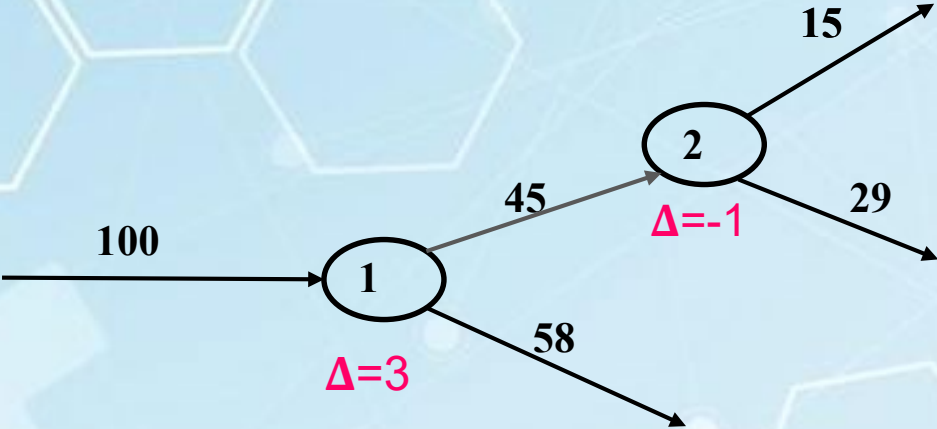
Criterio general de las normas API

- El procedimiento de medición queda estandarizado y no se modifica.
- Se acepta una incertidumbre del 5%
 - Equivale a considerar que el verdadero valor está en el intervalo $\mu \pm 2\sigma$ con un 95% de probabilidad.
 - Eso significa que, en promedio, una de cada 20 mediciones podría estar fuera de esos límites.
- El número de repeticiones está precalculado para que el resultado cumpla con esos parámetros.

Reconciliación de datos



Reconciliación de datos



Hay desbalances

Reconciliación de datos

- Leyes de conservación
- Balance de un componente:
 - balance de masa
 - balance de energía
- Balance multi componente
 - destilación (masa total o cada componente individual)
- Balance con reacciones químicas
 - el balance obedece las leyes estequiométricas (masa total o cada componente individual)

Reconciliación de datos

Modelo matemático

$$F_1 - F_2 - F_3 = 0$$

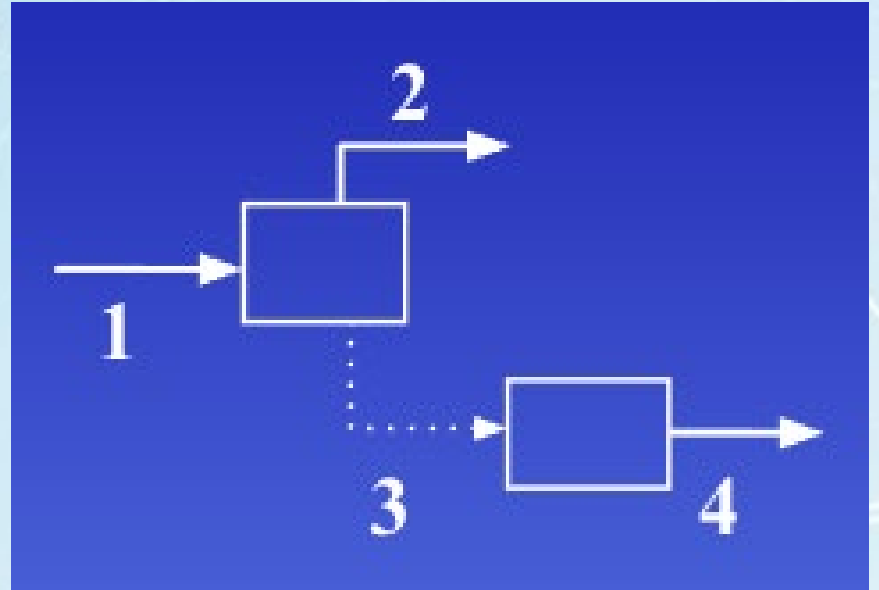
$$F_3 - F_4 = 0$$

Datos medidos

$$F_1 = 8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Modelo de errores

$$\sigma_1 = 0.5\%$$

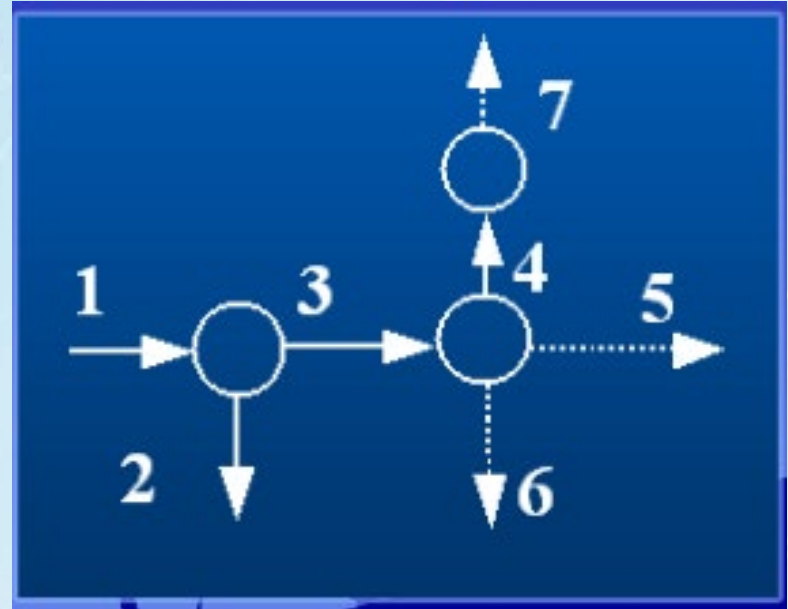


Reconciliación de datos

Redundancia / Observabilidad

flujos

- 1,2,3 medida, redundante
- 4 medida, no redundante
- 5,6 no medida, no observable
- 7 no medida, observable



Medida

No
Medida

Clasificación de las variables

medida (x)	redundante (se reconcilian)
	no redundante (no cambia al reconciliar)
no medida (y)	observable (puede calcularse)
	no observable (no puede calcularse)
constante (c)	(no cambian con la reconc.)

Cálculo de los datos reconciliados

- $f(x^+, y, c) \approx 0$
 - x^+ variables medidas
 - y variables no medidas
 - c constantes
- Cuando hay redundancia la función nunca se anula

Cálculo de los datos reconciliados

- Buscar el mínimo de esta función
 - x^+ variables medidas
 - x_i variables reconciliadas
 - σ_i errores
 - que SÍ verifica $f(\underline{x}, y, c) = 0$
- Problema de minimización multidimensional (lineal o no lineal)
- Maneja matrices grandes \Rightarrow Esencial usar solver optimizado (software)

$$\sum_i \left(\frac{x_i - x^+}{\sigma_i} \right)^2 \Rightarrow \min$$

Propiedades de los datos reconciliados

- Se obtienen datos **CONSISTENTES**
 - obedecen leyes de la naturaleza
- Los valores reconciliados son más **PRECISOS** que los directamente medidos
 - σ reconciliado $<$ σ medición
- Las normas **NO** permiten usar los datos reconciliados para transferencia de custodia, pero sí para control operativo

Propiedades de los datos reconciliados

- La reconciliación provee información sobre:
 - posibles errores groseros \Rightarrow detectar y corregir
 - exactitud de los resultados
 - propagación de los errores de medición

Transferencia de custodia / Control de mermas

- Ecuación de balance

$$(\text{Stock Final} + \text{Salidas}) - (\text{Stock Inicial} + \text{Entradas}) = \Delta$$

- Como porcentaje:

$$\frac{(\text{Stock Final} + \text{Salidas}) - (\text{Stock Inicial} + \text{Entradas})}{(\text{Stock Final} + \text{Salidas})} \times 100\% = \Delta\%$$

Balance

- Periodicidad mensual
 - Balance operativo puede ser diario
- Dispositivos de medición adecuados según norma API
- Calibración y mantenimiento según norma API
- Procedimientos de medición según norma API
- Procedimientos de cálculo según norma API

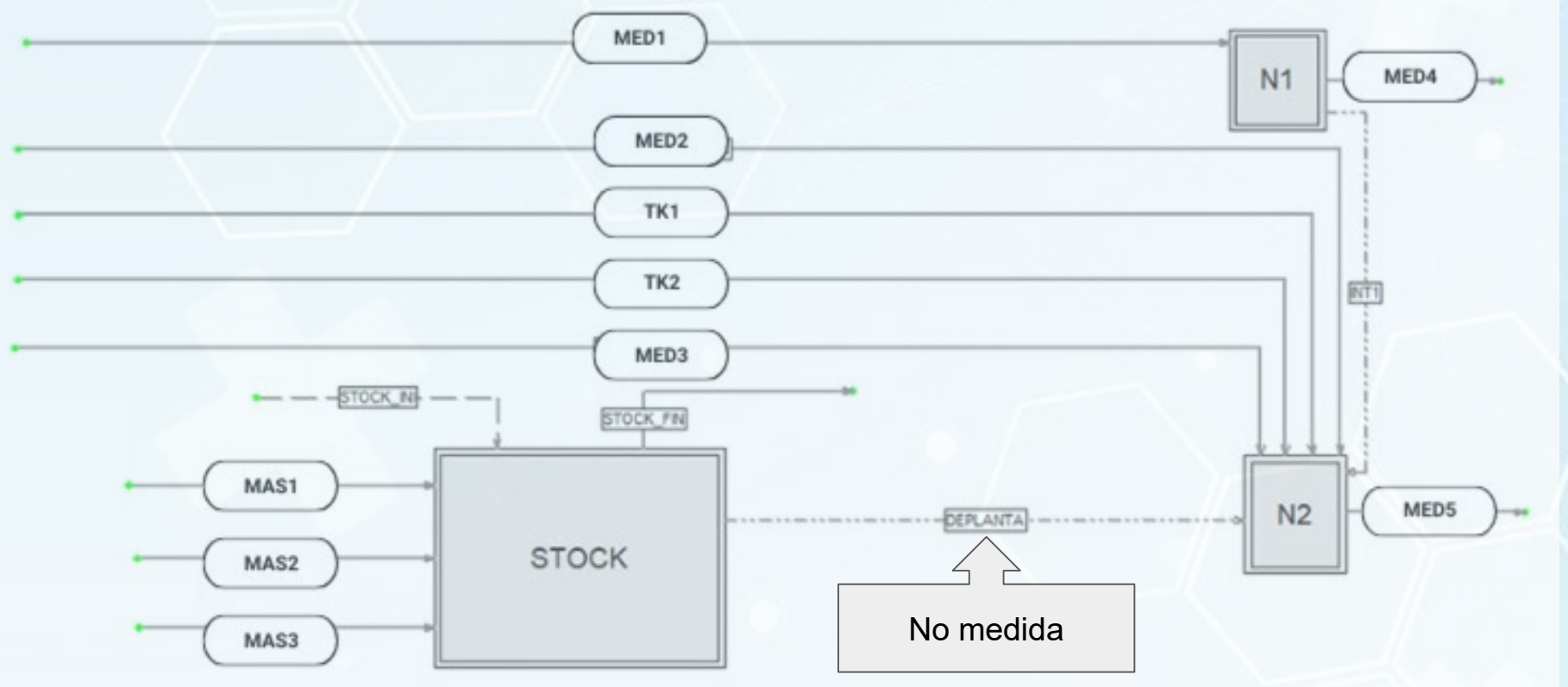
Banda de control



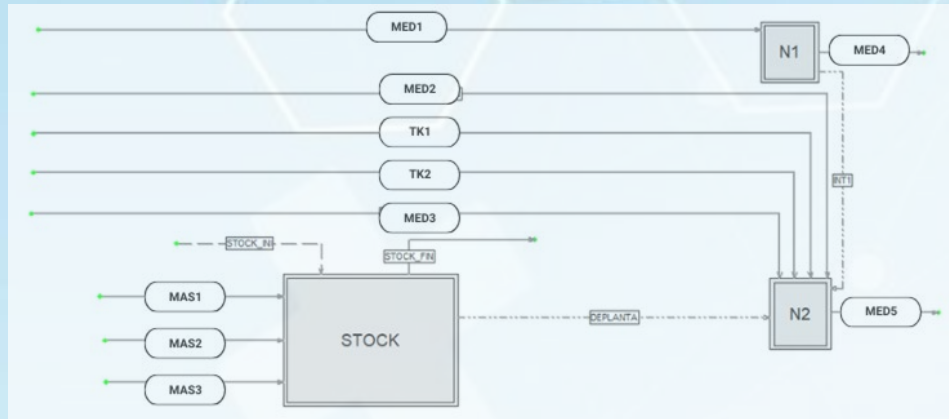
Banda de control

- Amplitud. Depende de muchos factores:
 - tecnología
 - mantenimiento
 - cultura organizacional
- Un auditor con experiencia puede evaluar hasta cuánto se puede llegar
- Pero más importante es lograr mantenerla bajo control estadístico
 - sin fluctuaciones fuertes
 - puede haber un punto fuera de control cada 20 puntos

Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo



Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo



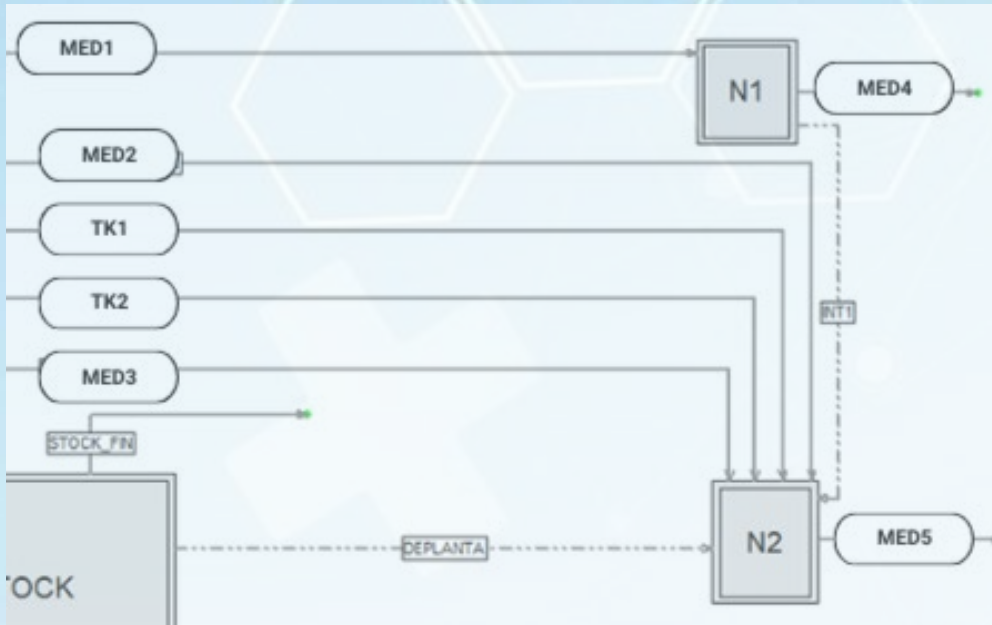
Datos:

- Todas las entradas de N1 y N2 (excepto la corriente interna DEPLANTA) con precisión de transferencia de custodia (tanque quieto o unidad LACT)
- Las salidas de N1 y N2 (unidades LACT)
- Las tres entradas de STOCK son medidores másicos (baja precisión)

Incógnita:

- La corriente DEPLANTA.

Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo



En el nodo N1:

$$\text{MED1} = \text{MED4} + \text{INT1}$$

En el nodo N2:

$$\text{DEPLANTA} + \text{MED2} + \text{TK1} + \text{TK2} \\ + + \text{MED3} + \text{INT1} = \text{MED5}$$

Despejando:

$$\text{DEPLANTA}[\text{N2}] = \text{MED5} - (\text{MED2} + \\ + \text{TK1} + \text{TK2} + \text{MED3} + \text{MED1} \\ - - \text{MED4})$$

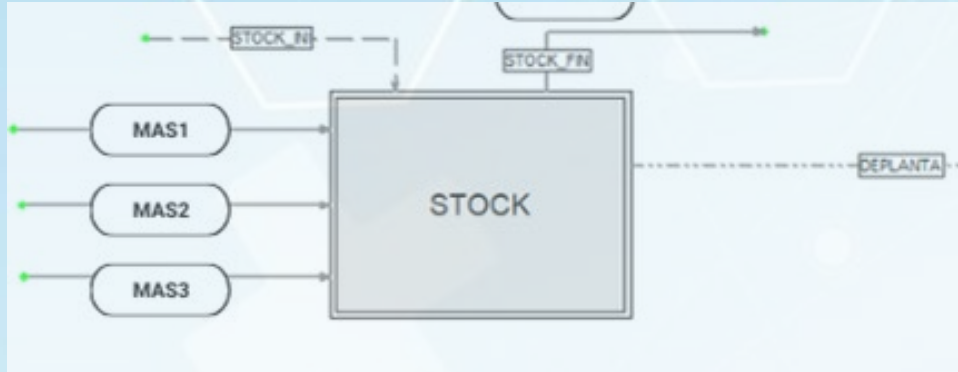
Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo

En el nodo STOCK:

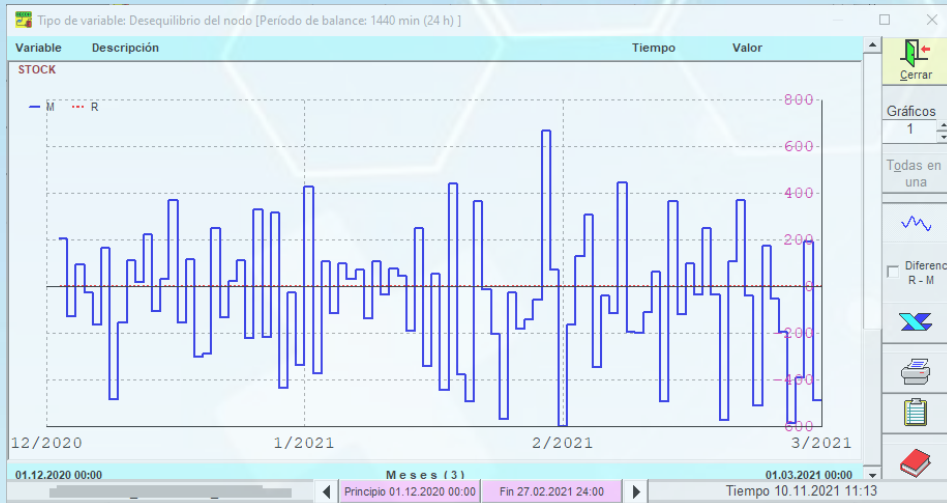
$$\begin{aligned} & \text{MAS1} + \text{MAS2} + \text{MAS3} + \\ & + \text{STOCK_IN} = \text{DEPLANTA} + \\ & + \text{STOCK_FN} \end{aligned}$$

Despejando:

$$\begin{aligned} \text{DEPLANTA}[\text{STOCK}] = & \text{MAS1} + \\ & + \text{MAS2} + \text{MAS3} + \\ & + \text{STOCK_IN} - \text{STOCK_FN} \end{aligned}$$



Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo



- Se comparan los dos valores calculados DEPLANTA[STOCK] y DEPLANTA[N2]
- Parte de la diferencia se puede explicar por evaporación y contracción -> se añade una corriente de salida al nodo STOCK para representar esa pérdida.

Caso de ejemplo: Planta de tratamiento de crudo

- El resto se atribuye al error de lectura en los másticos
- Se valida con el software de reconciliación de datos
- Resultado: los datos así corregidos son compatibles con los errores propuestos para cada medición

Gracias por su atención.



<https://www.softlab.com.ar>