

Contabilidad de la Producción en la Industria de Gas y Petróleo

Marcela Brina – Soteica Houston
Sebastian Cúneo – Soteica Latinoamérica
(sebastian.cuneo@soteica.com - T: +54 (11) 45555703)

Sinopsis

En las dos últimas décadas, la industria del gas y petróleo ha reconocido la necesidad de disponer de mejor información y a velocidades crecientes de acceso para poder optimizar el negocio. Para lograr este objetivo se realizaron grandes inversiones en Sistemas de Control e Instrumentación, Historiadores, Sistemas de Negocios, Bases de Datos e Infraestructura de captura de datos. El resultado de estas inversiones ha sido la disponibilidad y accesibilidad a muchísimos datos del negocio. Sin embargo, los errores inherentes a las mediciones de procesos, calidad, composiciones, movimientos e inventarios, hacen que toda esta información pierda valor para la toma de decisiones.

La forma de resolver este problema es aplicando una técnica probada desde hace años en la Industria, como es un Sistema de Contabilidad de la Producción que permita resolver el Balance de Masa de todo el negocio.

En este trabajo se explican la problemática, experiencias y resultados de la implementación de sistemas de Contabilidad de la Producción en la Industria del Gas y Petróleo.

Se analiza el problema de contar con una gran cantidad de datos y que estos no sean consistentes entre sí. Se describe como se pueden interrelacionar todos estos datos mediante la aplicación del principio universal de la conservación de la masa y como de esta manera poder homologar el balance productivo con el balance económico del complejo productivo en cuestión.

Se describen las características de todos los componentes de software que intervienen en un sistema de contabilidad de la producción y las experiencias en cuanto a como fueron resueltos los desafíos de las implementaciones. Se plantean una serie de recomendaciones y puntos críticos, basados en estas experiencias, para aquellos que están pensando en encarar proyectos similares.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas la Industria de Oil & Gas ha reconocido la necesidad de contar con más información y de acceder a la misma más rápidamente. Para lograrlo se hicieron inversiones en la instalación de sistemas de control distribuido, historiadores, bases de datos e infraestructura de tecnología informática. Ahora con todo esos datos disponibles nos enfrentamos al desafío de utilizar los mismos, pero nos encontramos con el problema de la mala calidad de esos datos, lo que impide cerrar un balance.

La gran cantidad de información de varias fuentes de datos da lugar a innumerables inconsistencias que inevitablemente se traducen en una pérdida de confianza en los sistemas de medición. El mismo conjunto de datos es utilizado por diferentes grupos dentro de la unidad de negocio y en cada caso sufren distintos tipos de ajustes. Esta es la razón por la cual los resultados contables generalmente difieren de los resultados ingenieriles, que a su vez difieren de los resultados de planificación, aunque todos parten de las mismas mediciones. El resultado final es que la gerencia toma decisiones basada en información pobre e inconsistente. El mensaje es muy claro: tener los datos disponibles no se traduce en tener buena información. Buena información se obtiene solamente cuando comprendemos los datos y las mediciones y cuando podemos cuantificar la calidad de esos datos. La obtención de datos precisos es la base para la toma de decisiones lucrativas.

MEDICIONES, BALANCE DE MASA Y RECONCILIACIÓN

No existe la medición perfecta. Antes de poder evaluar la calidad de los datos es muy importante comprender los principios de certeza de la medición, o incertidumbre, y la diferencia entre bias y precisión. La figura 1 describe la distribución del error de una medición cuando se toman en cuenta una cantidad infinita de mediciones de la misma variable. Se puede ver que la distribución se asemeja a una curva Gaussiana. La precisión se define como el error aleatorio y será distinto para cada medición. Estadísticamente podemos tener la confianza que 95 de cada 100 mediciones estarán entre dos desviaciones estándar de la media.

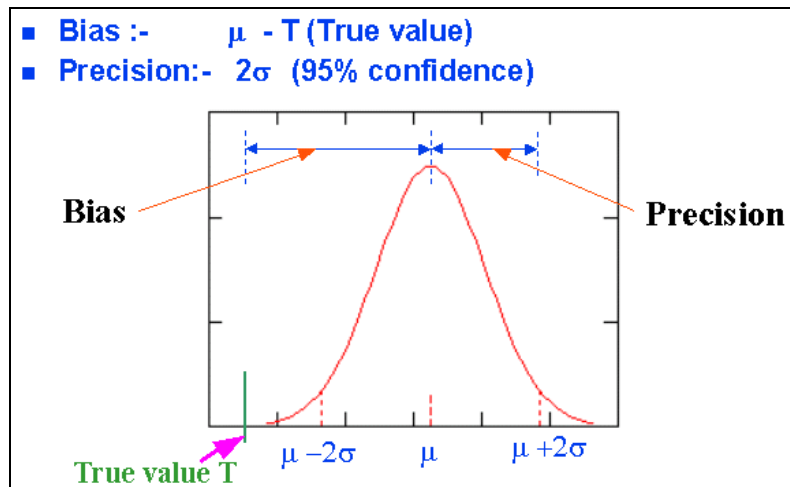


Figura 1

La incertidumbre de la medición está definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Uncertainty} := \left(\text{Bias}^2 + \text{Precision}^2 \right)^{0.5}$$

El siguiente ejemplo muestra las diferencias entre bias y precisión. Se usaron dos medidores para hacer múltiples lecturas de un caudal constante. Supongamos que el verdadero valor es conocido e igual a 100. Los resultados de las mediciones están graficados en la figura 2.

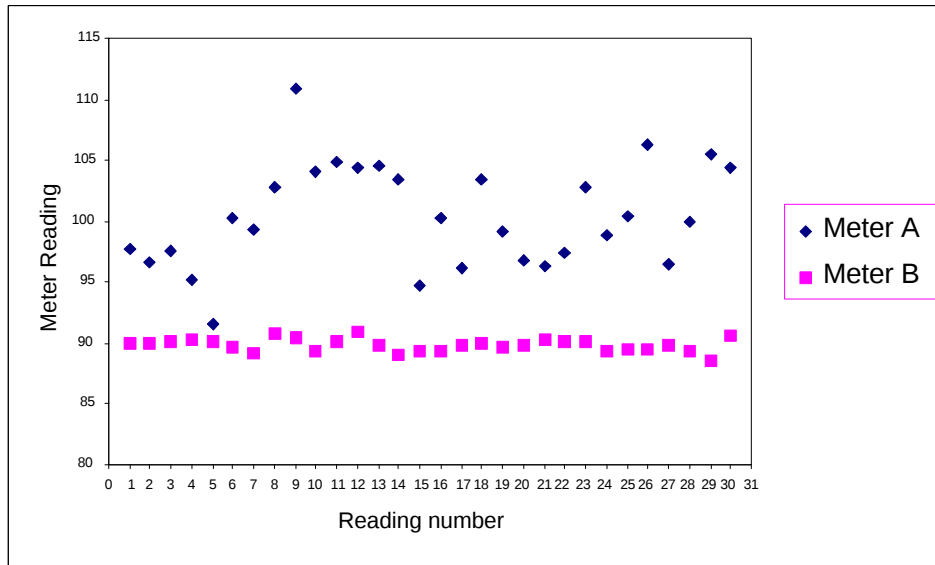


Figura 2

Para cada medidor se puede calcular el promedio o media aritmética, la precisión y la desviación estándar. El medidor A tiene un valor medio de 100.4, por lo tanto un bias de 0.4 y una desviación estándar de 4.26 con lo cual la incertidumbre en la lectura del instrumento es 8.54. El medidor B tiene un valor medio de 89.8, por lo tanto un bias de -10.2 y una desviación estándar de 0.52, con lo cual la incertidumbre en la lectura del instrumento es de 10.22. En este caso el medidor B puede ser recalibrado y la incertidumbre en la lectura del instrumento bajaría a 1.05. Si en cambio se recalibrara el medidor A para remover su bias, la incertidumbre en la lectura de las mediciones sería todavía de 8.53. Entonces podríamos preguntarnos, ¿para qué gastar dinero y esfuerzo en recalibrar el medidor A? Es mucho más importante recalibrar el medidor B.

Lamentablemente la vida real no es tan simple: nunca se sabe el valor verdadero de la medición (¡si lo supiéramos no tendríamos necesidad de medir!). Podemos calibrar nuestros instrumentos con otros instrumentos estándar que tengan una gran exactitud. La calibración o verificación del instrumento generalmente no es hecha con el instrumento in situ. Normalmente se lo remueve y se lo lleva a mantenimiento para su recalibración. Una vez recalibrado el instrumento se lo vuelve a colocar en la línea y su exactitud puede verse afectada por una multitud de factores tales como efectos de la instalación, propiedades del material que se está midiendo (que normalmente difiere del que se usó para calibrar), deriva del instrumento, etc.

Balance de Masa

Entonces, ¿cómo podemos determinar el bias y la precisión de los instrumentos, hacerle un seguimiento a su deriva, y determinar la calidad de los datos cuando el instrumento está en línea? La base para la respuesta a esta pregunta se le enseña a los alumnos de ingeniería en uno de los primeros cursos y se llama “principio de balance de masa”. La ley de la conservación de masa dice que la masa no puede ser destruida ni creada sino solo conservada (sólo no se cumple cuando estamos describiendo reacciones nucleares).

El poder de aplicar el concepto de balance de masa queda ilustrado en el siguiente ejemplo. En la Figura 3, el medidor M1 esta siendo balanceado contra dos medidores en paralelo M2 y M3. En la Figura 4, el medidor M1 esta siendo balanceado contra ocho medidores en paralelo. Supongamos que todos los medidores están calibrados y no tienen bias y además que la precisión del medidor M1 es 0.5% y el resto de los medidores tiene 1%.

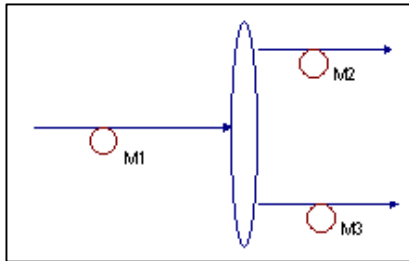


Figura 3

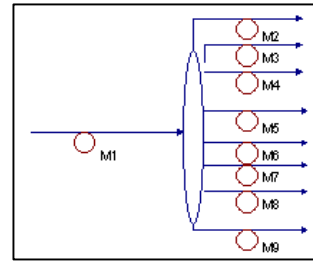


Figura 4

Para el caso de la Figura 3, supongamos que el medidor M1 reporta 160 tn, y los medidores M2 y M3 80 tons cada uno. Entonces cuando hacemos un balance el valor obtenido del medidor M1 será 160 ± 0.8 tons. Por el lado de la suma de M2 y M3 el valor seria 160 ± 1.13 tons. En este caso es más preciso trabajar con M1.

Para el caso de la Figura 4, la suma de los ocho medidores en paralelo daría 160 ± 0.57 tn. En este caso es mejor utilizar la suma de los ocho medidores para obtener una medida más precisa que la de usar un único medidor M1, mas allá de que individualmente cada uno de los ocho medidores sean menos precisos. Esto puede fundamentarse estadísticamente. Cuando dos distribuciones Gaussianas son sumadas el resultado es una distribución gaussiana cuya media es calculada sumando las medias de cada distribución individual y la desviación estándar resultante se calcula como la raíz cuadrada de la sumatoria de las desviaciones estándar individuales al cuadrado.

Reconciliación

El término reconciliación puede tener distintas interpretaciones para distintas personas. La definición en el diccionario Webster es “Reconciliar es ajustar, llegar a un acuerdo, hacer consistente”. Este “ajuste” de los datos puede ser hecho de muchas maneras. Algunas de estas maneras pueden ser normalización, vía sistemas expertos o vía sistemas estadísticos. Los primeros dos se basan en presunciones de conocer donde ocurren los errores típicamente, basados en la información histórica recopilada a lo largo del tiempo. Este enfoque limita la habilidad de la reconciliación para identificar todos los errores que pueden ocurrir y que además son específicos de la configuración de la planta en cuestión. El método recomendado para esto es el estadístico, que evita los problemas anteriores y que es independiente de la configuración o tipo de planta . El principio básico de esta técnica estadística es la minimización de la sumatoria de los errores mínimos ponderados al cuadrado. La función objetivo a ser minimizada es:

$$F_n := \sum_{i=1}^N \left[\frac{(Meas_i - Recon_i)^2}{Tol_i} \right]$$

Donde,

N: es el número de mediciones

Meas_i: es el valor medido del instrumento i.

Recon_i: es el valor reconciliado del instrumento i.

Tol_i: tolerancia del instrumento i.

Por lo tanto el software Reconciliador utiliza sólo mediciones y los errores asociados a esas mediciones. Las mediciones son vinculadas entre sí a través del modelo de mediciones que se configura en el software. Este modelo de mediciones, que representa la instalación en cuestión, esta sujeto solo al principio de conservación de la masa. Aunque todo el fundamento detrás del sistema es estadístico y por lo tanto se la podría clasificar como una aplicación técnica, cuando se lo utiliza como parte de un Sistema de Contabilidad de la Producción se vuelve una aplicación de negocios.

SISTEMAS DE CONTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Estos sistemas incluyen dentro del modelo del sitio las plantas procesadoras, las playas de tanques y las compras y ventas realizadas diariamente. Es fundamental que el límite de batería del modelo de mediciones coincida con los límites de la unidad económica. Lo que se debe buscar es que los valores reportados por producción sean consistentes con aquellos usados para determinar las ganancias y pérdidas de la unidad económica. Realizar el balance de masa asegura que todos los empleados del complejo queden trabajando con datos que están en sincronía con las finanzas de la planta. Los resultados obtenidos a partir del modelo de mediciones del Sistema de Contabilidad de la Producción se pueden utilizar también para monitoreo de rendimientos de procesos, mantenimiento de instrumentación, control avanzado y optimización, planificación y programación de la producción, etc.

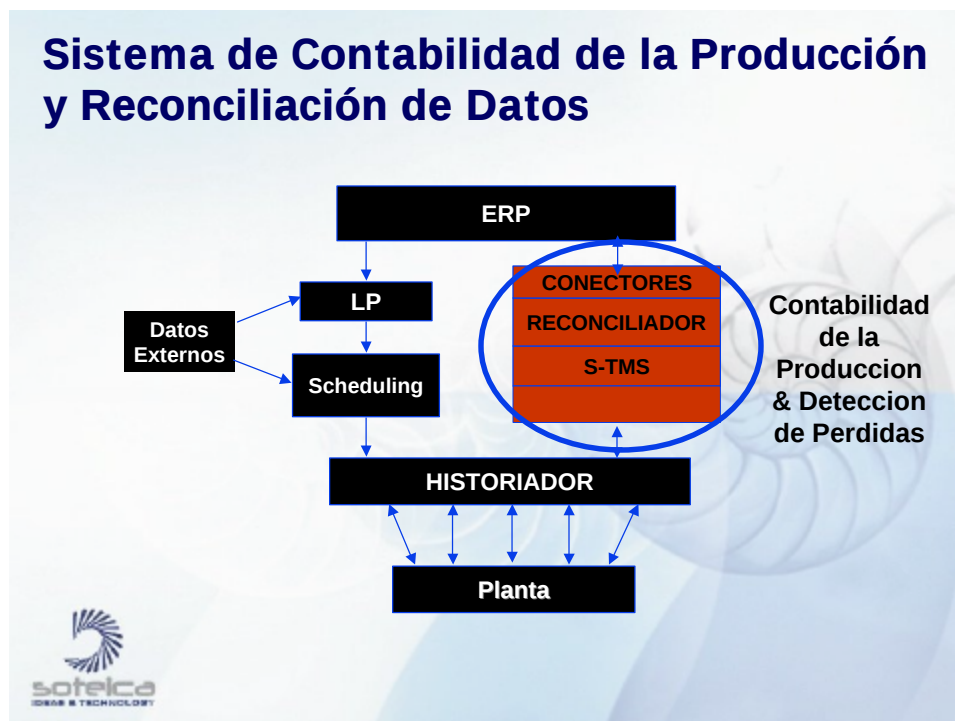


Figure 5

Puntos más importantes en la implementación de un Sistema de Contabilidad de la Producción

Los puntos más importantes que deben ser atendidos en detalle para la implementación de un Sistema de Contabilidad de la Producción son:

1. Representatividad del modelo utilizado
2. Utilización del Sistema de Contabilidad de la Producción (S-TMS), que permite, entre otras cosas, un completo registro de todos los movimientos de productos desde y hacia tanques del complejo y posibilita la integración con otros sistemas
3. Medición de los datos de laboratorio requeridos para el balance (densidades y BSW de líquidos, peso molecular de gases)

Representatividad del modelo utilizado

El modelo para balance de masa debe incluir todas las unidades de proceso del sitio y tener como limite todos los puntos de compra / ingreso de materias primas y los puntos de venta / salida de productos terminados.

Deben incluirse además todos los consumos de gas combustible y fuel oil y las pérdidas contabilizadas de producto (drenajes, venteos a antorcha).

Para el desarrollo del modelo de balance de masa es de vital importancia la participación del personal de todas las áreas del sitio para asegurar el correcto modelado de las unidades.

Sistema de Contabilidad de la Producción (S-TMS)

Tiene las siguientes características:

- Calcula y almacena inventarios de tanques y sólidos
 - Permite diferentes formas de ingreso de datos para el cálculo de inventario en función del tipo de tanque (API, API de techo flotante, esfera, cilindro) y el tipo de información disponible (tablas de calibración, geometría, cinta y pilón, nivel, volumen bruto, volumen neto, masa neta)
 - El factor de corrección volumétrica (VCF) utilizado en los cálculos de inventario puede ser calculado de acuerdo con: los estándares API para crudos e hidrocarburos generales, estándares ASME para asfaltos y estándares GPA para licuables. Pueden agregarse otras correlaciones requeridas por el cliente, las cuales serán cotizadas por separado.
 - Permite el seguimiento de los inventarios de cada tanque de la playa de tanques. Los cálculos de inventario pueden ser efectuados para cada conjunto de medidas disponibles para ese tanque, independientemente de si es al final o en el medio de un periodo de balance.
 - El cálculo de inventario de esferas y cilindros no solo considera el inventario de la fase líquida sino también el inventario de la fase gaseosa

- Calcula y almacena la cantidad de los movimientos de materiales
 - Calcula la cantidad y la tolerancia de los movimientos usando todas las fuentes de datos disponibles (diferencia de inventario de tanque de origen, diferencia de inventario de tanque de destino, datos de balanza, datos de medidores) y almacena todos ellos simultáneamente.
- Calcula y almacena cantidad de medidores de caudal
 - Calcula el caudal estándar de medidores de caudal de líquido y caudal de gas
 - Calcula los caudales netos considerando el BSW.
- Permite el ingreso de datos de diferentes fuentes:
 - Provee pantallas para el ingreso de datos manuales
 - Permite la importación y exportación de datos desde y hacia diferentes fuentes (reconciliador, historiador, otras bases de datos, archivos planos), dependiendo de los conectores específicos de S-TMS incluidos en el sistema, preprocesando y agrupando la información si fuese necesario.
- Permite el seguimiento de cambios de materiales en tanques y “transferencias de material” de un material a otro, permitiendo de esta manera realizar balances de materiales de manera correcta y enviar información precisa al sistema ERP.
- Permite definir periodos de balance de longitud variable (un día, un fin de semana, un mes)
- Permite el cálculo de las composiciones de en tanques de crudo
- Permite el seguimiento del plan mensual comparando los valores planeados con los valores reales

Pantallas típicas de ingreso y cálculo de movimientos

Soteka TMS 2 - Mozilla

File Edit View Go Bookmarks Tools Window Help

http://localhost:8081/tms2/client

Search

Home Bookmarks

Init **Movements lookup** Model: Cheyenne Period: Daily/04/06/02

Start options

Measurements

Reclassifications

Compositions

Movements

Enter

Lookup

Flows

Planning

Reports

Connectors

Setup

Exit

Area: RECP - Receipts by pipeline

Open movements: Rec_Pipeline - TK2-73 - Pipeline receipts to TK2-73 - 06/02/2004 02:15:00

Source node: Rec_Pipeline - Pipeline receipts

Destination: TK2-73 - Pipeline receipts to TK2-73

Transfers: 06/02/2004 02:15:00 - 06/02/2004 04:15:00

Start transfer: 06/02/2004 02:15:00

End transfer: 06/02/2004 04:15:00

Close: ☒

Continue Cancel edit

Source material: LL - LLOYD MINISTER "B"

Destination material: SO - WYOMING GENERAL SOUR

Info

Batch #: Manual BATCH 060104-A

Comments: Manual

Complete or partial: Manual Partial

Customer BOL#: Manual 343556777

Final: Manual YES

Order #: Manual 223-3-3-3

Pipeline/Carrier: Manual CPL - CPL - CPL

☒ **Vol**

Liquid gross actual volume flow: Manual 6000 bbl

Liquid temperature: Manual 60.00 F

Density at obs temp: Manual 24 API

Liquid temperature (Dens. meas.): Manual 60.00 F

Hydrometer: Manual

BSW: Manual 0.000 %

☐ **Mass**

Net mass flow: Manual 0 lb

Density at obs temp: Manual 0.00 API

Liquid temperature (Dens. meas.): Manual 0.00 F

Hydrometer: Manual

☐ **TKDest**

Calculate

Done

Soteka TMS 2 - Mozilla

File Edit View Go Bookmarks Tools Window Help

http://localhost:8081/tms2/client

Search

Home Bookmarks

Init **Movements lookup** Model: Cheyenne Period: Daily/04/06/02

Start options

Measurements

Reclassifications

Compositions

Movements

Enter

Lookup

Flows

Planning

Reports

Connectors

Setup

Exit

Area: RECP - Receipts by pipeline

Open movements: Rec_Pipeline - TK2-73 - Pipeline receipts to TK2-73 - 06/02/2004 02:15:00

Source node: Rec_Pipeline - Pipeline receipts

Destination: TK2-73 - Pipeline receipts to TK2-73

Transfers: 06/02/2004 02:15:00 - 06/02/2004 04:15:00

Start transfer: 06/02/2004 02:15:00

End transfer: 06/02/2004 04:15:00

Close: ☒

Continue

Source material: LL - LLOYD MINISTER "B"

Destination material: SO - WYOMING GENERAL SOUR

Role

Property

From: 06/02/04 02:15 To: 06/02/04 04:15

Info

Batch #: BATCH 060104-A

Comments:

Complete or partial: Partial

Customer BOL#: 343556777

Final: YES

Order #: 223-3-3-3

Pipeline/Carrier: CPL - CPL - CPL

Vol

Liquid gross actual volume flow (bbl): 6,000.000

Liquid temperature (F): 60.00

Density at obs temp (API): 24.00

Liquid temperature (Dens. meas.) (F): 60.00

Hydrometer: false

BSW (%): 0.000

VCF (Dens. meas.): 1.00000

Density at ref temp (API): 24.00

VCF: 1.00000

Liquid net std volume flow (bbl): 6,000.000

Net mass flow (lb): 1,311,810

Tolerance (lb): 3,824

RecFlow

Net mass flow (lb): 1,322,916

Density at ref temp (API): 22.90

Liquid net std volume flow (bbl): 5,992,168

Cancel Store Cancel edit

Done

Tan importantes como las mediciones de planta son los registros de todas las transacciones de movimiento de producto. Estas transacciones deben quedar registradas en el sistema de Contabilidad de la Producción. En general, los sistemas existentes en los complejos industriales no almacenan toda la información que necesita un Sistema de Contabilidad de la Producción.

Durante la fase de diseño del Sistema de Contabilidad de la Producción se debe asegurar que el modelo de mediciones sea extendido hasta los puntos de transacciones financieras (puntos de venta y puntos de compra) y que sea los resultados sean enviados al sistema de negocios. De esta manera el responsable por la unidad de negocios puede analizar en una base idéntica sus resultados de producción y rendimiento y sus resultados económicos.

Es una practica recomendada que todos los sistemas de medición del complejo estén integrados electrónicamente al sistema de contabilidad de la producción. Las mediciones normalmente residirán en una base de datos de series temporales o sistema histórico..

Medición de Datos de laboratorio

El balance de masa debe ser balance de masa de hidrocarburos en base seca ya que es la única manera de poder detectar pérdidas y mermas. Como en general las mediciones de caudal se realizan en volumen, se debe prestar especial atención a la frecuencia y cantidad de puntos de muestreo de las mediciones de densidad y BSW para líquidos y peso molecular para gases.

Consideraciones particulares para Plantas de Procesamiento de Gas

La problemática en las plantas de procesamiento de gas es similar a Refinerías y Petroquímicas, salvo que cobra mayor importancia el seguimiento y contabilidad de la composición de las diferentes corrientes gaseosas, allí donde se cuente con la valiosa información de composición proveniente de cromatógrafos.

BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LA CONTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

El primer beneficio se obtiene durante la etapa de definición del modelo y es tomar conciencia de la situación actual de la planta y el conocimiento de las operaciones que se realizan. En general la documentación de proceso existente no esta actualizada debido a la realización de modificaciones no registradas. Otra situación común encontrada son maniobras en la planta que realizan los operadores y que no siempre son perfectamente conocidas por el personal de procesos. Durante la etapa de desarrollo del modelo esto se pone en evidencia ya que se realizan reuniones de revisión con todos los sectores involucrados.

El uso diario de un Sistema de Contabilidad de la Producción trae los siguientes beneficios generales:

- Disponer de un conjunto único y consistente de datos disponible para todas las áreas productivas y que permite la toma de mejores decisiones gerenciales
- Permite el análisis sistemático de los errores de medición en planta y puntos de transferencia de custodia, permitiendo implementar un programa de gerenciamiento y mantenimiento de la instrumentación.
- Implementación de mejoras en los procedimientos operativos y en la calidad y frecuencia de las mediciones.
- Detección temprana de errores grandes (movimientos no ingresados, movimientos mal ingresados, falla de señales de instrumentos, errores en datos de ingreso manual)
- Análisis sistemático de posibles puntos de pérdida.

Algunos ejemplos específicos de errores de contabilización encontrados en casos reales son:

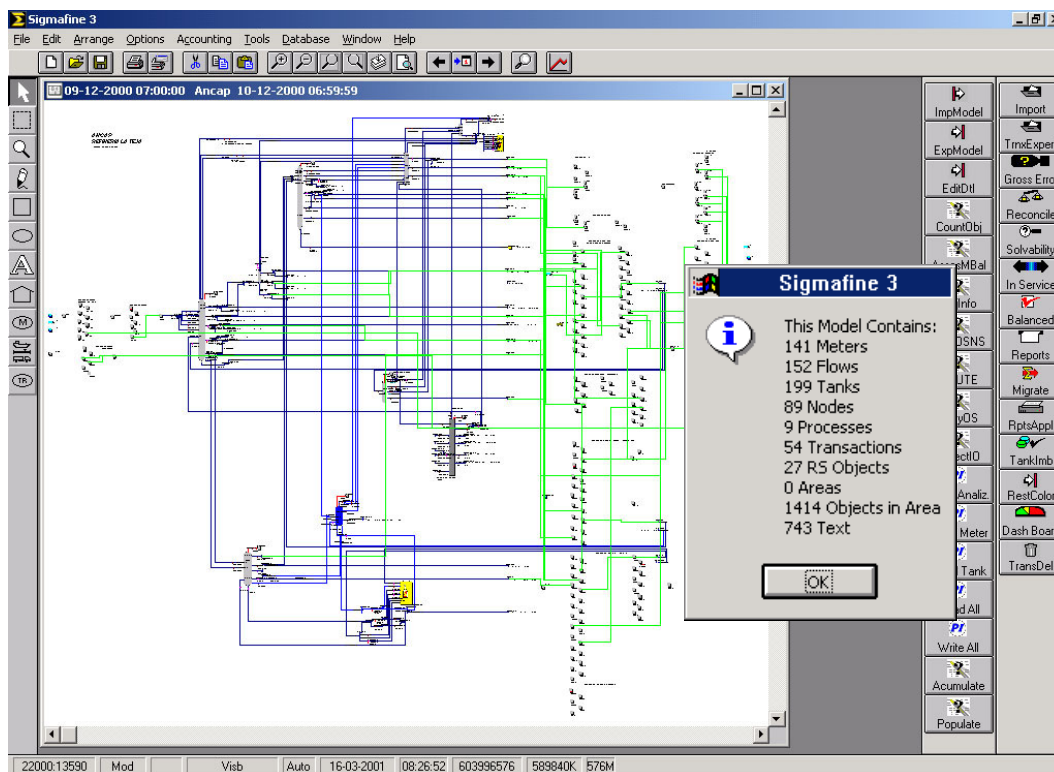
- Utilización de densidades erróneas en la facturación de las ventas
- Tablas de calibración de tanques erróneas, por ejemplo de un tanque que sufrio una reparación y no fue recalibrado.
- Errores de calibración en medidores de transferencia de custodia operados por terceras partes, descubierto al comparar diariamente las cantidades medidas con las mediciones de los tanques.
- Degradaciones de productos no detectadas (movimientos de un tanque de un producto de mayor valor a otro de menor valor)
- Errores de calibración de instrumentos de planta
- Lectura de medidores que se creían en condiciones estándar pero que no estaban compensados ni corregidos por temperatura
- Llenado de líneas de transferencia que estaban siendo leídos por los medidores de transferencia de custodia utilizados para facturación
- Datos de balanza obtenidos en peso, que estaban siendo considerados en masa

Todos estos errores de contabilización, una vez corregidos, se tradujeron en beneficios económicos recurrentes para el sitio.

- **CASO DE ESTUDIO**

Caso de Estudio – refinería La Teja ANCAP (Uruguay)

El modelo de ANCAP comprende múltiples plantas y más de 190 tanques. A continuación el modelo refinería La Teja visto desde el reconciliador:



El Sistema de Contabilidad de la Producción se construyó con el sistema de Contabilidad de la Producción S-TMS conectado con el reconciliador Sigmafine. A su vez se conectó el S-TMS con el historiador PI. El PI recibe datos de planta a partir de un TDC3000 de Honeywell y de la playa de tanques a partir de un FIX. Por último el S-TMS envía los datos requeridos al sistema ERP de SAP.

Beneficios para ANCAP

Se identificaron pérdidas de producto. Por ejemplo se individualizó una corriente de Jet Fuel (TK 720) que erróneamente estaba siendo usado para lavado de líneas y luego enviado a slop.

Además se identificaron tanques que estaban mal calibrados gracias al uso del Sistema de Contabilidad de la Producción. Esto se reconfirmó luego de la recalibración de dichos tanques, generando de esta manera ahorros recurrentes.

Otros beneficios fueron la identificación de instrumentos con necesidad de mantenimiento, el control de las recepciones y despachos mejoró notablemente y la calidad de la información generada por los contadores de la producción fue mejorada y reutilizada por todo el personal de la Unidad de Negocio.

CONCLUSIONES

Un Sistema de Contabilidad de la Producción es una aplicación de negocios.

Al estar basado en componentes de software de estantería se vuelve una proposición de bajo riesgo.

La aplicación genera ahorros recurrentes para la unidad de negocios del complejo industrial.

Una vez que el complejo cuenta con un Sistema de Contabilidad de la Producción basado en Balance de Masa, el próximo paso lógico es poner en marcha una iniciativa de “Contabilidad de Perdidas”. A través de esta iniciativa se pueden determinar tanto las pérdidas contables como no-contables. Son pérdidas contables por ejemplo las pérdidas por evaporación. Se puede mejorar el modelo para contemplar estas pérdidas y hacerles un seguimiento. Son perdidas no-contables aquellas que surgen de errores en el papel (en general relacionadas a las transacciones). Su seguimiento se ve facilitado por trabajar con un conjunto de datos “confiables” obtenido a partir de la reconciliación de datos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ales Soudek: *Data Reconciliation and Data Quality*. Internal document OSISoft Inc., July 1999.
2. Fabian Ismirlian, Marcela Brina, Oscar Santollani, Nikolai Guchin, and Luis Rodriguez: *Yield Accounting Systems centered around Sigmafine*. Presented at the 2001 OSISoft User Conference.
3. McDonald, P.J., "Implementation of Data Reconciliation in the Oil & Gas Processing Industry", Canadian Gas Association Conference, April 1994.
4. McDonald, P.J., "How to Control the Cash Registers of your Company", KBC SIGMAfine User Conference, London, England, April, 1993.