

Medición a Bordo de Buque-Tanques (2)

Introducción

Debido a la gran cantidad de productos líquidos que diariamente se transportan y comercializan por vía marítima, especialmente aquellos derivados del petróleo, los conceptos y procedimientos asociados con la medición a bordo de buques-tanque poseen una importancia relevante en la cadena de transferencia. El incremento de los embarques de crudo que se realizan desde plataformas de almacenamiento flotante (**FPSO y FSO**), que reciben el crudo directamente de los pozos situados en el fondo marino, han contribuido notablemente a acrecentar la importancia de las mediciones a bordo de los buque-tanques que reciben el producto y luego lo transportan hacia su destino final. En la mayoría de estos casos, el volumen del **Conocimiento de Embarque** (Bill of Lading) se determina en base a las mediciones a bordo del buque receptor. Por otra parte, un alto porcentaje de estas transferencias de crudo y en buena parte de las ventas de combustibles derivados, la **transferencia de custodia** se establece como la medida en el buque antes de su descarga en el puerto de destino. En estos casos, el **Factor de Experiencia del Buque (Vessel Experience Factor - VEF)** se ha vuelto un factor relevante a la hora de determinar la cantidad final a ser facturada por el proveedor (o pagada por el receptor).

El Manual de Normas de Medición de Petróleo del American Petroleum Institute (API), dedica el **Capítulo 17** a tratar las singulares y variadas características asociadas a la medición y cuantificación de líquidos a granel en buques y barcas. Las actividades descritas en el Capítulo 17 se conocen generalmente como **Mediciones Marinas**.

El Capítulo 17 contiene actualmente doce (12) secciones. Las dos primeras entregan las pautas generales para la actividad de inspección; las secciones restantes ofrecen descripciones detalladas de ciertos aspectos específicos de las mediciones marinas.

Las doce secciones del Cap.17 cubren los siguientes tópicos:

- 17.1 Pautas para la Inspección de Carga/Descarga
- 17.2 Medición a Bordo de Buque-Tanques
- 17.3 Pautas para Identificar la Procedencia del Agua Libre

- 17.4 Cuantificación de Pequeños Volúmenes (OBQ/ROB)
- 17.5 Análisis de Viaje y Reconciliación de Carga
- 17.6 Pautas para Determinar el Llenado de Líneas
- 17.7 Desarrollo de Factores de Control de Barcas
- 17.8 Inspección de Tanques de Buque Antes de una Carga
- 17.9 Factor de Experiencia de Naves (VEF)
- 17.10.1 Medición de GNL a Bordo de Buques Gaseros
- 17.10.2 Medición a Bordo de Buques de LPG y Gases Químicos
- 17.11 Medición y Muestreo de Tanques de Buque usando Equipos de Sistema Cerrado o Restringido
- 17.12 Inspección de Productos Químicos Líquidos a Granel

Algunas Definiciones

Bill of Lading (Conocimiento de Embarque)

Es un documento que se emite en el puerto de carga, donde se especifica la cantidad de producto aceptado por la nave para transportarlo hacia un puerto de descarga. Tradicionalmente, el Bill of Lading se basaba en mediciones de los tanques de tierra, lo cual actualmente ha variado muchísimo.

Lightering – Ship to Ship Transfer – STS (Alije)

Es la transferencia de producto desde un buque a otro. Normalmente desde un buque de mayor tamaño (buque madre) que aquel que actúa como receptor de la carga (buque alijador).

Outturn Report

Es un documento que especifica la cantidad de producto recibido en el terminal de descarga desde el buque. Usualmente, pero no siempre, la cantidad recibida en destino se basa en mediciones de tanques de tierra.

Portable Measurement Unit (PMU)

Es un instrumento electrónico para medir el nivel de líquido, la temperatura y también el nivel de agua libre, diseñado para ser usado a través de una Válvula de Control de Vapor. (Vapor Control Valve). También se conoce como UTI (Ullage-Temperature-Interface).



Informativo Técnico N° 16

Portable Sampling Unit (PSU)

Es un instrumento de muestreo especialmente diseñado para acoplarse con una válvula de control de vapor y permitir la toma de muestras en cada tanque del barco.

Vapor Control Valve

Es una válvula, instalada en cubierta sobre cada uno de los tanques de un buque, donde se instala la unidad de medición y/o muestreo portátil, minimizando o eliminando el escape de vapores de hidrocarburos a la atmósfera.

Vessel Experience Factor (VEF)

El Factor de Experiencia del Buque es un registro histórico, en la forma de una razón o cociente, que compara las cantidades de producto basadas en la medición a bordo del buque con las cantidades medidas en los tanques de tierra.

Voyage Analysis (Análisis de Viaje)

Es un análisis matemático para determinar las más probables causas de las discrepancias entre el volumen cargado en el puerto de origen y el volumen recibido en los tanques receptores del terminal de descarga (Outturn). En este análisis también se incluyen los volúmenes medidos a bordo del buque en el puerto de carga y en el puerto de descarga, así como resultados de análisis y otra información relevante del proceso de transferencia.

Medición en Buques v/s Medición en Tanques de Tierra

Posición del Buque en el Agua

A diferencia de los tanques de tierra, los buque-tanques no siempre se encuentran nivelados con respecto al plano horizontal de la superficie del agua (trim), ni con respecto al plano vertical (escora). Su posición en el agua está determinada en función de cómo está distribuido el material a bordo. Si el barco no está nivelado (Even Keel), se necesitan cálculos o correcciones adicionales de la medida observada para determinar correctamente el volumen en cada tanque.

Exactitud de las Tablas de calibración de Tanques de Buque

A diferencia de los tanques de tierra, las tablas de calibración de los tanques de la mayoría de los buques han sido desarrolladas a partir de los planos de construcción de la nave. Esto es importante, porque

significa que sus dimensiones y, por tanto, sus capacidades no han sido verificadas con mediciones físicas después de la construcción del barco. Lo mismo podría suceder con las Alturas de Referencia de los tanques, que no siempre concuerda con la altura real.

Importancia de las Mediciones Marinas

Las mediciones de buques siempre han sido importantes para el proceso de transferencia marítima de custodia.

Cuando los volúmenes transferidos en custodia se basan en las mediciones del buque, su importancia es obvia. La medición a bordo también se usa cuando la carga es almacenada en los tanques de un buque (arrendado para ese propósito específico), cuando un producto es transferido o alijado desde un buque a otro y cuando se establece que las mediciones de tierra no son confiables por alguna razón.

En la mayoría de los casos, sin embargo, las mediciones de buque son importantes por su rol en la determinación de la exactitud aparente de las mediciones de tierra, para determinar las discrepancias de volumen que ocurren durante el tránsito del buque entre el puerto de carga y el puerto de descarga (diferencia en tránsito), y por su rol protagónico en el proceso de análisis de viaje y la resolución de discrepancias.

El proceso de la Medición Marina

Un listado completo de las etapas asociadas al desarrollo del proceso de mediciones a bordo de buque tanques se encuentra en el Cap. 17.2 del MPMS API. Sin embargo, el siguiente listado resume las principales actividades involucradas en este proceso y se debe considerar su ejecución antes, durante y después de una transferencia (carga o descarga):

1. Key Meeting (Reunión Clave)
2. Recopilación de información de puerto de carga
3. Inspección de Tanques (previo a la carga)
4. Verificación de la Condición de Llenado de Líneas
5. Verificación de la Exactitud de Equipos (UTI)
6. Mediciones del Nivel de Líquido y Agua Libre
7. Mediciones de Temperatura
8. Toma de Muestras
9. Verificación y elaboración del VEF
10. Cálculo de la Carga o de OBQ/ROB
11. Análisis de Viaje o Comparación Nave-Tierra



Informativo Técnico N° 16

Key Meeting

Todas las partes involucradas en la transferencia de custodia revisan, se informan, planifican y concuerdan los distintos aspectos y etapas del proceso a desarrollar. Cada persona se informa del rol de cada otra y se identifican los individuos a ser contactados según su función y responsabilidad. Antes de una descarga, durante esta actividad, además, se deben solicitar los documentos y reportes emitidos en el puerto de carga y se verifica el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición (UTI) y muestreo. El Manual API define esta actividad previa como "Key Meeting" (Reunión Clave) (Ver Cap.17.1, 17.2 y 17.8 del MPMS API).

Inspección de Tanques Previo a la Carga

Antes de cargar un producto en un buque, se necesita realizar una pre-inspección de tanques. Esta inspección puede ser tan simple como medir el OBQ (API MPMS Cap. 17.4), o puede ser tan compleja como una inspección visual desde el interior de cada tanque y verificar químicamente la condición de las paredes para detectar posibles contaminantes (Wall Wash). La extensión y rigurosidad de esta inspección depende, en gran medida, del producto a cargar y del producto anteriormente cargado en cada tanque en particular. El Cap.17.8 del MPMS API entrega las pautas detalladas para la inspección de tanques.

Verificación de la Condición de Llenado de Líneas

La cuantificación del producto transferido desde los tanques de tierra y del buque (y viceversa) podría estar afectada por la condición de llenado inicial y final de las líneas que se emplean para transferir el material. Si una línea de tierra está solo parcialmente llena con líquido antes de la transferencia, parte del líquido transferido permitirá llenar la parte vacía de la línea, pero no alcanzará a llegar hasta los tanques de destino y no será cuantificada cuando se midan los tanques receptores, sean éstos de tierra o del buque. Por lo tanto, la cantidad final calculada como transferida no será correcta y se producirá una merma en el buque o en tierra, según se trate de una carga o una descarga. Por lo tanto, es necesario determinar la condición de llenado de las líneas entre tierra y buque, o bien realizar acciones para asegurar su llenado, antes de realizar cualquier tipo de medición de producto.

El Cap. 17.6 del API MPMS describe cinco (5) métodos para la verificación y/o llenado de la línea de tierra.

Brevemente, estos métodos incluyen: desplazamiento de línea, circulación interna, empaque o presionado de la línea (line packing), válvulas de purga en puntos altos, y el uso de desplazadores mecánicos (pigging).

Verificación de la Condición y Exactitud del Equipo de Medición

Estas verificaciones se deben hacer antes de que el personal de medición concurra a cubierta para efectuar las mediciones a bordo. El instrumento (UTI) debe ser inspeccionado para comprobar que no presenta daños y que el sensor de agua libre funciona correctamente. También se debe contrastar el sensor de temperatura contra un termómetro de referencia certificado (para esto se usa un recipiente con agua en el cual se sumergen ambos instrumentos), dejando un registro de esta verificación.

Medición del Nivel de Líquido

Las mediciones marinas presentan cierto grado de dificultad. El movimiento del buque se transmite a la superficie del líquido. Si la condición del mar presenta algún grado de marejada, las medidas de nivel presentarán mayor imprecisión. Las condiciones adversas de medición deben ser registradas en el informe de mediciones.

En tanques de buque el nivel de líquido se determina midiendo el vacío o ullage (distancia entre la superficie del líquido y el punto de referencia ubicado en el instrumento de medición o UTI).

Actualmente los buques están equipados con **sistemas de medición cerrados (herméticos) o restringidos**. Cada tanque está provisto de una válvula de control de vapor, a través de la cual se acopla una cinta de medición electrónica (UTI) denominada Unidad Portátil de Medición (Portable Measurement Unit, PMU). Después que la cinta se ajusta firmemente a la válvula, ésta se abre y la cinta se desenrolla hacia el interior del tanque. Cuando el sensor del bulbo toma contacto con el hidrocarburo, el equipo emite un sonido continuo. Luego la cinta se eleva y se baja lentamente (entrando y saliendo del líquido) hasta que el Inspector pueda estar seguro de que el sensor está detectando realmente el nivel de la superficie del líquido. Entonces el **ullage** o vacío se lee en el visor de la cinta graduada.

Normalmente, el instrumento es operado por un representante de la nave, por lo que el Inspector Independiente debe estar atento al procedimiento de medición y conocer en detalle el modo de funcionamiento

del instrumento. Es muy típico observar que el operador de la nave trata de localizar el nivel de líquido lo más arriba posible, de manera de maximizar el volumen medido, esperando el movimiento ascendente de la superficie del líquido. Esto debe ser detectado y corregido por el Inspector, de manera de asegurar la máxima exactitud en la medida.

Medición de Agua Libre

La medición de agua libre en los tanques de buque es una operación crítica, ya que se trata de una impureza que debe ser descontada del volumen total de líquido antes de calcular el Volumen Estándar Bruto (GSV): Especial importancia sobre esta medición cuando la cantidad medida a bordo representa contractualmente la cantidad de la transferencia de custodia o cuando el volumen de agua libre medido a bordo es usado para confirmar el volumen de agua libre medido en tierra. En algunos terminales receptores, las mediciones de agua libre realizadas en el buque se consideran más confiables y exactas que las de los tanques de tierra.

Si bien es poco frecuente encontrar agua libre en cargas de combustibles derivados, es muy común detectar volúmenes significativos de agua libre en embarques de petróleo crudo, tanto en el puerto de carga como en el de descarga. Cuando la carga de crudo se ha realizado en una FPSO o FSO, es común que la cantidad de agua medida en el puerto de descarga sea mayor que la medida después de la carga en origen.

El nivel de agua libre a bordo se mide con el mismo instrumento usado para el Ullage y la Temperatura (UTI). Lo que este instrumento mide es el ullage de agua libre (no la altura desde el fondo). Cuando el sensor de nivel alcanza la superficie de la capa de agua, el sonido continuo cambia a un sonido intermitente, momento en el cual se debe registrar la medida en el punto de referencia. Sin embargo, dado que el sensor electrónico actúa por diferencias de conductividad eléctrica de los distintos materiales (hidrocarburo/agua), a veces se produce una demora entre el momento en que el sensor alcanza la superficie del agua y el cambio de sonido correspondiente. Esta demora o desfase puede no ocurrir en productos limpios (diesel, gasolinas, kerosenes), pero es muchas veces notoria cuando se trata de petróleo crudo. Por ello, para petróleo crudo las normas recomiendan confirmar la medida de la UTI con pasta detectora aplicada previamente en el bulbo del sensor, bajando la cinta hasta el fondo del tanque, según la altura

de referencia establecida en las tablas de calibración. De esa manera se puede obtener una medida de ullage y una medida de altura (sonda) para el Agua Libre. En tales circunstancias, la medida oficial para el cálculo será aquella que represente el mayor nivel o volumen de agua libre.

Otro aspecto crítico de la medida de agua libre en crudo es el tiempo de espera en el que la sonda con pasta detectora debe estar en el fondo del tanque para permitir que la pasta reaccione completamente con el agua libre allí presente. Si bien en agua pura la reacción es casi instantánea, no lo es cuando antes de llegar al agua libre la sonda ha tenido que atravesar casi toda la altura del tanque impregnada de crudo, el cual cubre la pasta al momento de llegar al fondo y, en presencia de agua, debe “desprenderse” para dejar libre la superficie de la pasta para que ésta reaccione completamente con el agua y cambie de color antes de extraer la cinta para observar la medida. Mientras más denso o viscoso sea el crudo, mayor tiempo se requerirá para lograr una medida confiable. Para un petróleo crudo, por tanto, un tiempo de 30 segundos es considerado como el mínimo necesario, para un crudo liviano (API igual o mayor a 30). Para crudos más pesados, hasta 1 minuto podría ser requerido.

Medición de OBQ/ROB

Antes de una carga y después de la descarga, los buques pueden contener pequeñas cantidades de material de la carga anterior. Estas cantidades resultan de la adherencia (clingage) de material en las paredes de los tanques, del material viscoso atrapado entre las vigas y miembros estructurales internos del tanque, y del material que se hizo muy denso o pesado para ser bombeado al exterior por las bombas del buque hacia el final del proceso de descarga.

En el puerto de descarga, las pequeñas cantidades que permanecen a bordo se denominan ROB (Remaining On Board). En el puerto de carga siguiente, este mismo material es denominado OBQ (On Board Quantity). Los inspectores que miden el ROB y el OBQ deben tomar precauciones adicionales para lograr la mejor medición posible (Ver Cap. 17.4 MPMS API).