### Software de Dispensarios de Combustibles Líquidos, Tendencias Normativas en México

C. Cajica

Centro Nacional de Metrología km 4,5 Carretera a Los Cués, 76246, Querétaro, México. ccajica@cenam.mx

### **RESUMEN**

Actualmente la tecnología electrónica disponible en equipos de medición de combustibles líquidos conocidos como dispensarios y que son instalados en gasolineras, ha rebasado las disposiciones normativas establecidas en la NOM-005-SCFI-2005, así mismo los requerimientos normativos quedan limitados respecto al aseguramiento de la equidad en la transacción comercial que busca esta norma. Este trabajo muestra la experiencia del personal del CENAM en la evaluación de la conformidad del punto 7.7 Método de prueba de autentificación del sistema electrónico y programas informáticos de la NOM-005-SCFI-2005, realizada durante más de 2 años, la propuesta de actualización de la norma y la tendencia normativa sobre el software de instrumentos de medición utilizados en transacciones comerciales.

#### 1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico actual ha permitido que los instrumentos de medición incluyan instrumentación electrónica basada en microcontroladores o microprocesadores, permitiendo con ello que los instrumentos sean programables y realicen las mediciones de forma automática, sin la participación de persona alguna.

El artículo 10 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización establece que los Instrumentos para medir que se encuentren sujetos a normas mexicanas obligatorias (NOM) y que sirvan de base o se utilicen para una transacción comercial o para determinar el precio de un producto o servicio, entre otros, deben contar con aprobación del modelo o prototipo. La aprobación de modelo es el procedimiento por el cual se asegura que un instrumento de medición satisface las características metrológicas. especificaciones técnicas y de seguridad establecidas en las normas oficiales mexicanas.

Tabla 1. Relación de instrumentos de medición cuya aprobación de modelo es obligatoria.

| Instrumentos   | Norma Oficial Mexicana que los regulan   | Entrada en<br>Vigencia |
|--|--|------------------------|
| Instrumentos para pesar de<br>bajo, mediano y alto alcance de<br>medición  | NOM-010-SCFI-1994 "Instrumentos de medición-Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático-Requisitos técnicos y metrológicos" [7]  | 1999-08-08             |
| Sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos  | NOM-005-SCFI-2005 "Instrumentos de medición-Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos-Especificaciones, métodos de prueba y de verificación"                            | 2005-11-27             |
| Medidores para gas natural o L. P. con capacidad máxima de 16 m3/h con caída de presión máxima de 200 Pa (20,40 mm de columna de agua) | NOM-014-SCFI-1997 "Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o L. P. Con capacidad máxima de 16 m3/h con caída de presión máxima de 200 Pa (20,40 mm de columna de agua)" [8] | 1998-12-22             |
| Relojes registradores de tiempo  | NOM-048-SCFI-1997 "Instrumentos de medición-Relojes registradores de tiempo-Alimentados con diferentes fuentes de energía" [9]   | 1998-12-01             |
| Taxímetros   | NOM-007-SCFI-2003 "Instrumentos de medición-Taxímetros" [10]   | 2003-09-08             |

En la Tabla 1 se muestra la relación de instrumentos de medición y patrones a que hace referencia el artículo 11 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cuyas verificaciones inicial, periódica o extraordinaria o calibración son obligatorias [1].

La norma oficial mexicana NOM-005-SCFI-2005 [2], regula los sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos, también llamados dispensarios. Estos sistemas de medición, como muchos otros, han sido sujetos de una

actualización tecnológica encausada y conducida por el desarrollo de la tecnología electrónica. Los dispensarios anteriores instalados en las gasolineras y que la mayoría de nosotros conocimos, estaban dotados de engranes, poleas, bandas, chicotes e indicadores mecánicos para mostrar el volumen surtido y su costo total. Ahora conocemos los dispensarios con indicadores electrónicos y de pantalla luminosa, capaces de "identificar" despachador o al cliente mediante dispositivos (tokens) ópticos, magnéticos o de radiofrecuencia, además cuentan con la capacidad para conectarse a sistemas de control a distancia. En los dispensarios actuales, aunque el mecanismo principal que realiza la medición de volumen, la unidad de medición, sique siendo de operación mecánica a través del principio de desplazamiento positivo, toda su demás operación está basada en el procesamiento de señales electrónicas a través de circuitos integrados programables conocidos como microcontroladores o microprocesadores. Esta implantación de tecnología sobre los sistemas de medición se materializa en la colocación de un sistema mínimo de instrumentación electrónica conocido como Módulo Electrónico de Dispensario (MED), lo cual da como resultado muchos beneficios al proceso de medición en las transacciones comerciales pero también complicaciones técnicas en los procesos de verificación.

## 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE SEGURIDAD DE LOS DISPENSARIOS

La combinación de la calidad de la operación de la unidad de medición con la operación del software instalado, determina las buenas o malas características metrológicas del sistema de medición, y en resumidas cuentas esta combinación es la responsable de guardar o comprometer la equidad en las transacciones comerciales. Veamos a continuación cada una de estas partes:

### 2.1. De la Unidad de Medición

Las características de la unidad de medición de los dispensarios incluyen mecanismos de ajuste que permiten la colocación de sellos o seguros mecánicos para que una vez que el sistema es calibrado no se alteren la exactitud de las mediciones realizadas por él, además varios tipos de unidades de medición incluyen el pulsador encapsulado de tal forma que el acceso a este pulsador no está disponible. El pulsador es el elemento mecánico de la unidad de medición que se mueve al paso de combustible e incluye un

convertidor de movimiento mecánico a pulsos eléctricos.

### 2.2. Del Software que Opera los Sistemas de Medición

La programación de la operación de los dispensarios conforma un software especial conocido como firmware [3], que es colocado dentro de los circuitos integrados. El software del dispensario es el responsable de toda la operación del sistema de medición y por consiguiente, también de las características de comportamiento metrológico del mismo. La obtención de los resultados de sus mediciones, tendrá características metrológicas tan buenas como su programación lo permita, incluso los modelos matemáticos programados en los circuitos integrados pueden corregir la falta de linealidad en la operación de los mecanismos, transductores y sensores, realizar corrección por histéresis o señalizar las condiciones de saturación, entre otras características de los procesos de medición.

### 2.3. Experiencias en los Procesos de Verificación

En las verificaciones periódicas y extraordinarias se han detectado operaciones inadecuadas de dispensarios debido no solamente al desgaste o a la falta de mantenimiento, sino también al uso inapropiado, uso incorrecto o por haberse intervenido de alguna manera el sistema de medición, entendiéndose por intervenido, el acto por el cual se altera, modifica, o adecuan un sistema para provocar en él una operación diferente a la diseñada originalmente. La intervención puede o no ser deliberada, pero el hecho es que la equidad en la transacción puede verse afectada.

La inspección física puede detectar el estado que guarda el mecanismo de ajuste en la unidad de medición, detectando con cierto grado de facilidad las modificaciones o adecuaciones, en caso de que las hubiera, al sistema mecánico de traducción de paso de combustible a pulsos eléctricos. Sin embargo, detectar la alteración del MED tiene actualmente como barrera infranqueable, la verificación de forma integra del software que lo opera.

Por las consideraciones anteriores, los dispensarios guardarán la equidad en la transacción comercial tanto como su software haya sido desarrollado, por lo que es de suma importancia incluir dentro de la verificación para la aprobación de modelo y las verificaciones inicial, periódica y extraordinaria, un procedimiento de revisión del software que permita

comprobar íntegramente la forma en que los resultados de las mediciones realizadas y el establecimiento de precios para el caso de transacciones comerciales son calculados y mostrados al consumidor.

Actualmente ninguna norma oficial mexicana incluye algún requerimiento que permita comprobar íntegramente la operación del software.

# 3. REQUERIMIENTOS NORMATIVOS DEL SOFTWARE QUE OPERA DE LOS DISPENSARIOS

### 3.1. Requerimientos Exigidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCFI-2005

Los esfuerzos para realizar de alguna manera algún tipo de verificación de software hasta ahora sólo han llegado a establecer un proceso de autenticación del mismo y sólo por una norma oficial mexicana, la NOM-005-SCFI-2005.

El punto 7.7.2.7.4 de la norma antes mencionada establece el procedimiento para la verificación de la suma de comprobación (*checksum*) de la versión de software que opera el dispensario en un momento dado. La autenticación del software en este punto está basada en una técnica de reducción criptográfica que permite identificar con cierta seguridad el software desarrollado e incluido por el fabricante o el distribuidor en los modelos o prototipos de dispensarios. El algoritmo sugerido es el conocido como MD5 a 128 bits [4], ver la Fig. 1.

El resultado de aplicar el algoritmo MD5 a 128 bits a cualquier archivo electrónico, que en nuestro caso es el archivo que contiene el software de un dispensario, nos da un número de 32 caracteres en formato hexadecimal, como este:

#### 1A2B3C4D5E6F7A8B9C0D1FAABB6C7D8E.

Este resultado es una "huella digital" del contenido del archivo electrónico que garantiza con un alto grado de confiabilidad la integridad del mismo. Los resultados MD5 se utilizan extensamente en el mundo del software para proporcionar la seguridad de que un archivo no se ha alterado. Comparando una suma binaria MD5 de un archivo publicado con la suma binaria MD5 de un archivo descargado, un usuario puede tener la confianza suficiente de que el archivo descargado es igual que el publicado siempre y cuando sus sumas de comprobación binaria coincidan exactamente.

El mismo punto de la norma antes mencionado deja la posibilidad de que se aplique otro algoritmo de reducción criptográfica, siempre y cuando el resultado de éste sea de al menos 8 caracteres.

Existen dos procedimientos para obtener el software que opera el MED en un dispensario. El primero consiste en remover de la tarjeta electrónica, el integrado donde reside el software (firmware), y posteriormente se usa un lector de circuitos integrados para obtener en un archivo electrónico en formato binario [5] el software que opera el MED; y el segundo, cuando no es posible retirar de la tarjeta electrónica el circuito integrado donde reside el software, la obtención del archivo electrónico se realiza a través de un puerto de comunicación serial con protocolo ETHERNET o TCP/IP, en este caso normalmente se requiere una computadora portátil con software comercial o propietario para establecer

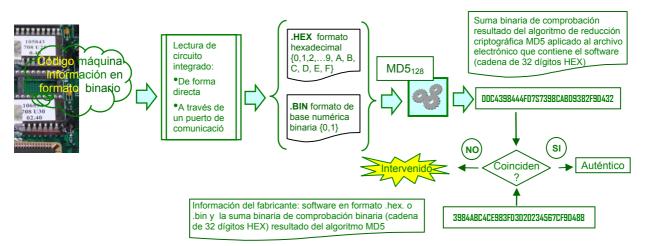


Fig. 1. Procedimiento de verificación (autenticación) de software mediante reducción criptográfica.

comunicación con el MED y descargar el software que lo opera creando el archivo electrónico en formato binario.

## 3.2. Requerimientos Adicionales a las Especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCFI.2005

Las autoridades y los fabricantes de las marcas de dispensarios que comercializan dispensarios en el territorio nacional, han firmado un convenio de concertación de confiabilidad de dispensarios para adicionar aditamentos de confiabilidad en sus sistemas de medición. Uno de los aditamentos incluye adicionarle capacidades al software para incluir esquemas de auditorías, mediante la inclusión de una bitácora electrónica de eventos, audit trail, relacionados con los datos de la configuración del sistema de medición. Entre los eventos que se registran se encuentran al menos los siguientes:

- Contar con los registros de eventos requeridos por fecha y hora en forma electrónica
- Registrar cada cambio de precios,
- Registrar los accesos a los módulos electrónicos del dispensario,
- Registrar los accesos a los modos de programación; y
- · Registrar las calibraciones electrónicas.

En el proceso de verificación para la aprobación de modelo, se realiza como verificación adicional la comprobación del proceso de generación de registros de auditoría, revisando la bitácora electrónica de eventos.

La inclusión de esta bitácora de eventos tiene como fin realizar verificaciones periódicas o extraordinarias más a detalle en caso de haberse presentado una inconformidad o haber detectado una medición errónea en las verificaciones volumétricas.

### 4. RESULTADOS

El procedimiento actual de verificación del software a través del mecanismo de autenticación es muy ágil, y comprueba de manera segura si el software desarrollado e incluido por el fabricante o el distribuidor en los modelos o prototipos de dispensarios durante la verificación para la aprobación de modelo, es el que opera el dispensario durante su uso en las transacciones comerciales. Sin embargo, realmente lo que se está realizando es una comprobación del origen

del software, y de forma limitada, de su funcionalidad. Las verificaciones del software para la aprobación de modelo se han venido realizando al mismo tiempo que la verificación volumétrica, con lo cual se asegura que el software (o "una parte de él"), opera adecuadamente para garantizar la equidad en la transacción comercial.

Las características técnicas del desarrollo del software incluyen la posibilidad de generar subrutinas y subprogramas que pueden estar programados para ser llamados cuando así se requiera, a través de algún medio mecánico o electrónico. Por ello, dado que con el requerimiento actual no es posible conocer la operación y funcionalidad del software de forma íntegra y que solo el fabricante sabe como este software opera y controla el instrumento de medición, la autoridad que aprueba el modelo o prototipo del instrumento realiza un acto de fe sobre la ética profesional del fabricante respecto a la equidad en la transacción comercial en la que interviene el instrumento de medición.

Se ha elaborado la propuesta de actualización de la norma oficial mexicana NOM-005-SCFI-2005, la cual incluye los aditamentos de confiabilidad, la exigencia de incluir circuitos integrados no removibles o medios aseguren que irremovilidad, la inclusión de un puerto de comunicación para realizar la descarga del software y bitácora electrónica de eventos, y la autenticación del software que opera el MED exclusivamente con el algoritmo de reducción criptográfica MD5 a 120 bits. Con ello se pretende darle más certidumbre a los procesos de verificación para la aprobación de los modelos o prototipos de dispensarios.

De enero de 2006 a mayo de 2008, el CENAM ha realizado un poco más de 110 verificaciones de software de 11 marcas diferentes de dispensarios a través del proceso de autenticación, todas ellas con resultados aprobatorios.

### 5. DISCUSIÓN Y TENDENCIAS NORMATIVAS

La limitación del alcance de la autenticación puede compensarse agregando esquemas de revisión de cada versión de software de cada fabricante de sistemas de medición a nivel de los algoritmos y códigos de operación del mismo, lo que implicaría conocer el archivo del programa fuente en el lenguaje que entienden los circuitos integrados, comprobando todo subprograma, función,

procedimiento, subrutina, control de eventos, y manejo de interrupciones para lo que hubiera sido programado el microprocesador o el microcontrolador correspondiente.

Este procedimiento conformaría una validación cuyo dictamen de verificación daría la certeza de lo que realmente realiza la programación del instrumento de medición y con ello la garantía de la equidad en las transacciones comerciales en las que participa.

Existen fuertes dificultades técnicas para realizar una validación de software en los términos antes descritos, pues tanto el abanico de opciones y posibilidades tecnológicas para programar circuitos integrados como la disposición de tecnologías de las diferentes marcas de los propios circuitos son muy amplias; implicaría la necesidad de contar con varios especialistas en la materia para realizar las verificaciones, aunado a que la revisión de un programa de cómputo podría requerir mucho tiempo. La participación del fabricante en esta revisión sería indispensable así como la utilización de normas nacionales o

internacionales relacionadas con la verificación de software; por otra parte el fabricante tendría la necesidad de mostrar a la autoridad el *Know How* de su tecnología, lo que implicaría manejar de forma segura esquemas de protección industrial y manejo de información confidencial.

Los resultados que se esperarían con el establecimiento de un procedimiento de validación de software bien valen la pena, la autoridad cumpliría cabalmente con la responsabilidad de guardar la protección al consumidor asegurando la relación precio-cantidad en las transacciones comerciales en las que los instrumentos de medición de operación automática participan, aunado al reforzamiento y mejor cobertura de los esquemas de evaluación de la conformidad en el procedimiento para obtener la aprobación de modelo o prototipo.

En la Fig. 2 se muestra el procedimiento propuesto para validar el software de instrumentos de medición, y se explica a continuación:

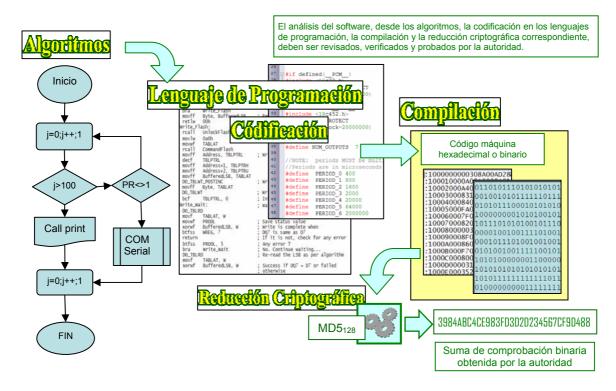


Fig. 2. Procedimiento propuesto de validación de software de instrumentos de medición.

1.- Debe iniciar con el análisis de algoritmos en un esquema o diagrama de modelado (usando algún lenguaje estándar de modelado), donde la

funcionalidad de cada objeto que se incluya, debe estar documentada y justificada.

- 2.- La traducción de estos algoritmos o modelos a un lenguaje de programación también estándar, verificando la codificación de cada función definida por cada objeto en el algoritmo;
- 3.- El proceso de compilación de toda la codificación para la generación de código binario (código máquina o de bajo nivel). Este archivo conforma el software que se instala en el o los circuitos integrados que operan el MED.
- 4.- La reducción criptográfica para obtener la "huella digital" de este software para su fácil y posterior verificación.

Este mecanismo que se propone podría llevarse a cabo por el fabricante ante la presencia de la autoridad, sin que hubiera necesidad de disponer la información confidencial a quien realiza verificación de aprobación del modelo o prototipo.

#### 6. CONCLUSIONES

El avance de la tecnología electrónica y su inclusión en los instrumentos de medición, es ineludible. Los esquemas actuales de verificación de estos instrumentos cuando participan en transacciones comerciales no debe quedar supeditadas a pruebas de operación simples, sino que éstas deben completarse con verificaciones integrales de nivel tecnológico acorde a la complejidad de los propios instrumentos desarrollados.

Las tendencias normativas internacionales con relación a la verificación del software que opera los de medición que participan transacciones comerciales, son conducidas por el Subcomité 2 del Comité Técnico 5 de la Organización Internacional de Metrología Legal, el cual cuenta OIML TC5/SC2 Software[6], actualmente con el documento desarrollado "CD2 General requirements for software controlled measuring instruments" N12, aun no publicado y una propuesta de norma internacional para tratar el tema de "Software -Methods and means of verification".

El Programa Nacional de Normalización 2008, en su sección de los temas reprogramados del Subcomité de Metrología del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad al Usuario, Información Comercial y Prácticas de Comercio de la Secretaria de Economía, incluye el numeral 105. "Instrumentos de medición -Especificaciones de los sistemas electrónicos y de los programas informáticos que controlan el funcionamiento de los sistemas e instrumentos de medición- métodos de prueba y de verificación", cuyo objetivo es elaborar una nueva

Norma Oficial Mexicana para certificar y verificar los sistemas electrónicos y programas informáticos que controlan el funcionamiento de los instrumentos y sistemas de medición, ya que actualmente en México no existe ninguna normatividad al respecto. Este trabajo puede contribuir a la elaboración de esta norma oficial mexicana.

### **REFERENCIAS**

- [1] Lista de instrumentos de medición publicada en la tercera sección del Diario Oficial de la Federación el lunes 21 de octubre de 2002, disponible en el hipervínculo siguiente http://www.economia.gob.mx/work/normas/Metr ologia/Lta\_inst\_med\_10\_02.pdf
- [2] Norma Oficial Mexicana Publicada en la primera sección del Diario Oficial de la Federación el martes 27 de septiembre de 2005, disponible en el hipervínculo siguiente: http://www.economia.gob.mx/work/normas/nom s/2005/005scfi.pdf
- [3] Información adicional sobre el *firmware* se puede encontrar en la siguiente dirección http://en.wikipedia.org/wiki/Firmware
- [4] Definición tomada del sitio siguiente: http://en.wikipedia.org/wiki/MD5, Se puede disponer de programas en los sitios siguientes: 1.http://www.blisstonia.com/software/WinMD5
  - 2.http://www.freevbcode.com/ShowCode.Asp?ID=741
  - 3.http://www.traction-software.co.uk/devmd5/index.html
  - 4.http://www.ezgoal.com/channels/Internet/f.asp?f=370399 5.http://www.softlookup.com/display.asp?ID=7290
- [5] El formato binario incluye solo estados lógicos representados por las cifras cero y uno {0,1}. http://es.wikipedia.org/wiki/Binario. En los sistemas operativos el formato de visualización de este formato se realiza en el sistema numérico hexadecimal.
- [6] Información adicional en los sitios siguientes: http://workgroups.oiml.org/tcsc/tc5sc2/index\_html
- [7] NOM-010-SCFI-1994 Norma Oficial Mexicana publicada en la segunda sección del Diario Oficial de la Federación el miércoles 9 de junio de 1999, disponible en el hipervínculo siguiente:
  - http://www.economia.gob.mx/work/normas/noms/1999/010scfi.pdf
- [8] NOM-014-SCFI-1997 Norma Oficial Mexicana publicada en la primera sección del Diario Oficial de la Federación el 23 de octubre de 1998, disponible en el hipervínculo siguiente: http://www.economia.gob.mx/work/normas/nom s/1998/014scfi.pdf
- [9] NOM-048-SCFI-1997 Norma Oficial Mexicana Publicada en la primera sección del Diario

- Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 1998, disponible en el hipervínculo siguiente: http://www.economia.gob.mx/work/normas/nom s/1998/048scfi.pdf
- [10] NOM-007-SCFI-2003 Norma Oficial Mexicana publicada en la primera sección del Diario Oficial de la Federación el martes 8 de julio de 2003, disponible en el hipervínculo siguiente: http://www.economia.gob.mx/work/normas/nom s/2003/007scfi.pdf