

# Sistemas de gestión de las mediciones (SGM) autogestionables

Lic. Alhelí Ponce Rodríguez<sup>1</sup>, Ing. Alejandro Crisanto Arriaga<sup>2</sup> y  
Mtro. Diego Nelson Moncada Benavides<sup>3</sup>

**Resumen**—En este artículo se presentan los resultados de las pruebas piloto realizadas a la APP “SGM”, desarrollada por CIATEQ A.C para el control y seguimiento de Sistemas de Gestión de las Mediciones (SGM), que al estar alojada en un host permite autogestionarse aportando múltiples beneficios en ámbitos financieros, administrativos, así como el fortalecimiento de la cultura organizacional en términos de calidad, permitiendo el incremento de la competitividad de la empresa al potencializar los recursos con los que se cuenta para asegurar el cumplimiento de los requisitos del cliente, legales y normativos de una manera práctica y sencilla.

**Palabras clave**—SGM, Autogestionable, Calidad, Hosting, APP

## Introducción

Actualmente las empresas se enfrentan a retos como la globalización, la resiliencia y el trabajar bajo sistemas de gestión de calidad internacionales, lo que implica designar una gran cantidad de recursos humanos y financieros. Lograr un equilibrio entre las actividades productivas y administrativas puede ser una tarea exhaustiva y complicada donde la parte más compleja de esto es captar la gran cantidad de información que se genera para tomar decisiones, tanto en momentos de crisis en el proceso, como para planeaciones futuras; es aquí donde un sistema de gestión diseñado a medida de la organización permite aprovechar y desarrollar el potencial y capacidades de las empresas u organizaciones para incrementar su competitividad (Crissien, 2006).

Un sistema de gestión está conformado por un conjunto de elementos de análisis, que se suelen ordenar en distintas etapas, es un proceso de flujo continuo y conduce a mejorar la estrategia y la estructura en las organizaciones. De acuerdo con la Norma ISO 9001 (ISO, 2015), las normativas de sistemas de gestión por lo general se basan en los siguientes criterios:

- Orientación al cliente,
- Liderazgo,
- Enfoque basado en procesos y riesgos,
- Mejora continua,
- Toma de decisiones,
- Seguridad y salud operacional,
- Competencia y formación del personal, y
- Seguimiento a proveedores, entre otros.

Un sistema de gestión ayuda a las empresas a competir a nivel mundial por regir sus actividades bajo estándares internacionales, mejorando la competitividad, confiabilidad e imagen, tanto interna como externamente. Entre las ventajas de implementar un sistema de gestión que menciona la Norma ISO 9001 (2015) podemos encontrar:

- Mejora la organización de la compañía, ya que al sistematizar operaciones suelen producirse innovaciones que nos ayudan a hacer más eficientes los procesos de la empresa.
- Permite controlar el desempeño y rendimiento de los procesos dentro de la organización.
- Cumplir de manera adecuada la normativa relacionada a productos y servicios.
- Mejora la capacitación y competencia de los trabajadores de la empresa, al tener que conocer a fondo la información de los procesos, pudiendo abordar su ejecución de manera más ágil.
- Los sistemas de gestión tienen muy en cuenta los requisitos y expectativas del cliente, es por ello que se logran cumplir las expectativas de forma eficiente.

Como se describió anteriormente, dependiendo de los criterios de interés existen normas que sirven como base para diseñar e implementar un Sistema de Gestión en una empresa u organización, en este artículo el Sistema

<sup>1</sup> La Lic. Alhelí Ponce Rodríguez es Técnico Especializado CIATEQ A.C. | Hidalgo. [alheliponce@ciateq.mx](mailto:alheliponce@ciateq.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Ing. Alejandro Crisanto Arriaga es Gerente Medición Multifásica CIATEQ A.C. | Bernardo Quintana, Querétaro, México [crisanto@ciateq.mx](mailto:crisanto@ciateq.mx)

<sup>3</sup> El Mtro. Diego Nelson Moncada Benavides es Director de Sistemas de Medición CIATEQ A.C., México. [nmoncada@ciateq.mx](mailto:nmoncada@ciateq.mx)

de Gestión que se desarrolló y programó para que fuera autogestionable, es un Sistema de Gestión de las Mediciones (SGM). La diferencia que existe entre un Sistema de Gestión de Calidad con base en la Norma ISO 9001 y un Sistema de Gestión de las Mediciones con base en la Norma ISO 10012 es que este último administra los riesgos de que equipos y procesos de medición pudieran generar resultados incorrectos afectando la calidad de los productos de una organización (ISO, 2003). En el sector de hidrocarburos contar con un SGM es un requisito regulatorio especificado en los Lineamientos Técnicos en Materia de Medición de Hidrocarburos regulados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos y/o las Disposiciones Administrativas de Carácter General en Materia de Medición aplicables a las actividades de transporte y almacenamiento de petróleo, petrolíferos y petroquímicos regulados por la Comisión Reguladora de Energía. Es decir, contar con un SGM es uno de los requisitos para que operadores petroleros y/o permisionarios puedan operar actualmente en México.

Sin importar el tamaño de la empresa para implementar un sistema de gestión se requiere contar con personal especializado en el desarrollo y mantenimiento de sistemas de gestión de calidad. Lo que conlleva una inversión mensual por persona de manera permanente que va desde \$12,275.00 hasta \$28,000.00 de acuerdo con encuestas reportadas por Indeed (Indeed, s.f.). Teniendo una permanencia promedio de estos empleados de 1 a 3 años, lo que significa pérdida de seguimiento temporal con impacto en el manejo de la información y reportes de resultados.

El tiempo invertido para el desarrollo, implementación y seguimiento también significa una desventaja cuando se habla de iniciar un negocio con una empresa que tiene como requerimiento que la organización tenga implementado un Sistema de Gestión de las Mediciones. Según las implementaciones que se han realizado de manera tradicional por parte de CIATEQ, los tiempos de implementación pueden ir desde 6 meses a 2 años según el tamaño y madurez de la organización.

Actualmente existen herramientas tecnológicas que permiten ser repositorios documentales de sistemas de calidad, sin embargo, lo innovador de este proyecto es que, se aloja en Hosting y no en servidores internos de la organización lo que facilita la conectividad en cualquier lugar con acceso a internet, cuenta con módulos integradores lo que permite que se adapte a las necesidades de la organización, por si ya cuenta con algún otro sistema implantado para otros fines. Además, no es solo un repositorio documental, sino que valida datos, agenda automáticamente actividades, notifica a los interesados flujos de actividad para aprobación, genera gráficos de control, realiza confirmaciones metrológicas electrónicas de manera automática entre otras bondades, lo que permite autogestionarse en un gran número de actividades eliminando errores humanos y de interpretación.

### **Descripción del Método**

#### *Metodología implementada en el desarrollo de la APP*

Durante la etapa de definición del proyecto se establecieron los objetivos, el alcance y los requisitos funcionales y no funcionales del proyecto, determinando la infraestructura y los recursos humanos necesarios para llevarlo a cabo. Para desarrollar esta herramienta tecnológica se estableció un plazo de 1 año y se integró un equipo de trabajo constituido por desarrolladores de software con experiencia en Diseño Web Adaptativo, HTML y CSS, así como PHP que es un lenguaje "Open Source" interpretado de alto nivel, especialmente pensado para desarrollos web y el cual puede ser incrustado en páginas HTML.

También se integró un equipo conformado por expertos en sistemas de gestión de calidad con competencias en ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025, ISO 10012 y SASISOPA, ya que estas son las normativas que maneja el sector de hidrocarburos y hacia quien inicialmente estuvo pensado el desarrollo para asegurar su cumplimiento normativo como se mencionó anteriormente y con lo que se garantizó que el desarrollo fuera compatible con cada una de estas normativas dando mayor robustez al desarrollo.

Durante esta etapa se identificaron los requisitos para la APP, tanto funcionales como no funcionales, a continuación, se mencionan los principales:

#### Funcionales

- Acceso desde celular y Tablet con tecnología Android, así como laptop o computadora de escritorio.
- La aplicación debía notificar el flujo de las actividades de manera permanente.
- Información almacenada en hosting, que permitiera acceso a información actualizada en todo momento.
- Eliminar el uso de etiquetas de identificación de equipos, ya que en los ambientes donde se encuentran los equipos el clima es extremo, por lo que se plantea el uso Códigos QR grabados en placas.
- Diseño web adaptativo que permitiera tener la misma experiencia desde cualquier tipo de dispositivo.
- Autogestionable para disminuir el número de recurso humano y fácil de manipular.
- Diseño por módulos dentro de un menú de acceso.

- Creación de usuarios con diferentes niveles de accesos para asegurar la seguridad de información.

No funcionales

- Interfaz sencilla, intuitiva y amigable.
- Plataforma de control de documentos y registros.
- Proporcionar mensajes de error para notificar al usuario cuando exista algún problema de hardware o de llenado de información.
- Área de soporte para atender dudas técnicas y funcionales.
- Personalizable para cada empresa con cambio de colores, logos, usuarios y roles.
- Interfaz Gráfica atractiva para el usuario.
- Desarrollo de la mínima cantidad para controlar el sistema de gestión y que favorezcan la toma de decisiones y la mejora continua de la organización.

Las etapas de ejecución definidas para el proyecto fueron las siguientes:

1. Diseño: Diseño modular del SGM y formularios de captura.
2. Desarrollo: Programación de la APP.
3. Evaluación: Validar su seguridad, funcionamiento y soporte.
4. Prueba Piloto: Implementación del SGM autogestionable en paralelo a una implementación tradicional en una empresa.

#### *Etapas de Diseño de la APP*

Esta etapa se desarrolló de manera paralela entre el equipo de expertos de calidad y programadores para optimizar las actividades considerando las siguientes actividades:

- Desarrollo del ambiente de la APP: Contempló la generación de usuarios y accesos, el panel del administrador, la manera de almacenar, las bases de datos, página de inicio e imagen de la APP, así como los permisos de trabajo del Hosting para asegurar la integridad de la información dentro de la APP.
- Diseño modular de la aplicación: Cada módulo se diseñó integrando diferentes plantillas en atención a los diferentes criterios normativos aplicables, lo que permitió demostrar el compromiso de la dirección, la gestión de recursos humanos, de información y materiales, el control de equipos de medición y el proceso de medición, control de documentos y registros, así como la mejora continua.
- Desarrollo de estructura documental: Se generaron en papel los diagramas de flujo con las interacciones entre cada módulo, flujos de aprobación, usuarios y actividades. Lo cual sirvió de base para establecer los diagramas de red de interacción de los registros y las bases de datos generados.

#### *Desarrollo de la aplicación*

Se programó cada módulo con los formularios que lo integraban, cabe mencionar que el diseño de estos formularios fue de vital importancia, ya que durante el funcionamiento de la APP estos sirvieron para la generación de registros, es decir su diseño y programación fue crucial para la calidad de información que se generó una vez que la APP estuvo en funcionamiento. Por lo que la comunicación entre el experto en sistemas de calidad y el desarrollador fue muy importante, ya que en esta etapa también se definió el aspecto de la APP, desde los colores, textos, botones, banners, notificaciones, flujos de aprobación, asignación de accesos y la autenticación de los registros, entre otros.

#### *Pruebas de funcionalidad*

Un equipo de trabajo fungió como usuarios de la aplicación con la finalidad de determinar fallos operativos y de seguridad realizando:

- Pruebas unitarias: Para comprobar el correcto funcionamiento de un módulo de código por separado.
- Pruebas de integración: Para validar la funcionalidad de módulos integrados
- Pruebas de validación: Que se concentraron en las acciones visibles para el usuario.
- Pruebas de sistema: Se hicieron pruebas de resistencia, lo que permitió saber cómo respondería el sistema a situaciones anormales de recursos, así como pruebas de recuperación y rendimiento.

#### *Prueba piloto*

Finalmente, después de 10 meses de trabajo se inició la prueba piloto que duró 1 mes, y que consistió en correr a la par la implementación del sistema de gestión de manera autogestionable, comparándola contra una metodología tradicional, para lo cual se generó un repositorio documental en una red interna de la empresa mediante una serie de carpetas en la que se alojaron los archivos de los registros que se generaron durante la implementación,

para de esta manera validar el grado de impacto en la mejora continua del SGM dentro de un repositorio documental contra uno programado en un Hosting.

Para medir el desempeño de cada metodología, se llevó a cabo un protocolo que consideró las características del Cuadro 1.

Característica	SGM Autogestionable	SGM Tradicional
Responsables del SGM	1	2 (1 técnico y 1 administrativo)
Ubicación	Hosting	Físico y Repositorio documental
Generadores de Registros	5	5
Tiempo de capacitación	2 días	2 días
Tiempo de prueba	30 días	30 días
Módulos evaluados	6	6
Dispositivos de prueba	Equipo de cómputo portátil y de escritorio, así como teléfono celular y tablet con tecnología Android	Equipo de cómputo de escritorio y portátil dentro de la red interna y VPN.

**Cuadro 1 Características del SGM a evaluar (generación propia)**

Los criterios para evaluar ambas metodologías fueron:

- Omisiones y errores en el llenado de formatos.
- Tiempo de respuesta en búsqueda de registros.
- Disponibilidad de acceso a la información.
- Tiempo de montaje en hosting asignado.
- Tiempo de generación de reportes.
- Medidas de seguridad para evitar sobre escritura de los registros generados.
- Seguridad de flujos de aprobación de documentos.
- Accesibilidad a información.
- Control de versiones.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

En el Cuadro 2 se presentan un resumen de los resultados de cada criterio de evaluación realizado durante la prueba piloto de la APP:

Criterio	SGM Autogestionable	SGM Tradicional
Omisiones y errores en el llenado de formatos	0, La APP se programó con un control de caracteres alfanuméricos en cada celda de los formularios, que mostró por default las unidades de medida en las que se debe llenar el formato y permitió realizar la conversión de unidades automáticamente de ser necesario. Al detectar valores erróneos lanzó alertas en la pantalla y no permitió avanzar en el flujo de aprobación hasta no corregirlo. Lo que minimizó la posibilidad de fallos.	35 las principales fallas detectadas fueron espacios en blanco, tachaduras y falta de firmas de aprobación.
Tiempo de respuesta en búsqueda de registros	Inmediata, por contar con un buscador interno que arrojó los registros relacionados a un código específico.	Se registraron 2 minutos como el mejor de los tiempos, esto a causa de la velocidad de la red y pericia del usuario en la localización de registros en carpetas.
Disponibilidad de acceso a la información	Se pudo acceder y seguir el flujo de actividades desde celulares y tablets Android, así como equipo de cómputo portátil y de escritorio, sin detectar afectaciones en apariencia y velocidad. Además, no se requirió VPN para acceder a la APP.	Solo se pudo tener acceso desde computadoras en la red interna de la empresa o con el uso de una VPN, comprometiendo la velocidad de respuesta y el acceso.
Tiempo de carga	6 horas para almacenar en el Hosting la plataforma inicial, posteriormente la APP almacena en	3 horas para la generación de carpetas de almacenamiento. Posteriormente

Criterio	SGM Autogestionable	SGM Tradicional
	automático la información en bases de datos precargadas oprimiendo solo la opción guardar en los formularios por cada usuario autorizado.	cada registro o documento debe ser cargado manualmente por el responsable del SGM.
Tiempo de generación de reportes	Automático, la plataforma obtiene de la base de datos los valores históricos necesarios para generar los reportes. Solo es necesario indicar los parámetros a reportar, lo que no lleva más de 1 minuto.	Dependiendo de la experiencia del usuario en paquetería común los tiempos variaron entre 15 a 30 minutos, una vez que se cuenta con la información del reporte.
Medidas de seguridad en cuanto a sobre escritura de los registros generados	Los registros no pueden ser modificados una vez guardados y generan un consecutivo automático. Lo que da trazabilidad a la información contenida en el Hosting.	Por procedimiento, los registros se podían generar de manera manual o electrónica y para asegurar su control, eran guardados en formato .pdf en el repositorio documental por el responsable del SGM para evitar manipulaciones.
Seguridad de flujos de aprobación de documentos	Cada plantilla tenía precargada los aprobadores asignados de acuerdo con su rol en el SGM, y los notificaba automáticamente cuando debía llevar actividades de aprobación para los registros generados. Resguardando los registros autorizados por sistema en las bases de datos automáticamente.	Los registros eran enviados por correo electrónico en formato .pdf o entregados en físico al aprobador para que los firmara para posteriormente ser resguardados por el responsable del SGM en el repositorio documental.
Accesibilidad a información	Cada usuario contó con un rol que indicaba las responsabilidades dentro del SGM, lo que permitió controlar los accesos de solo lectura, lectura y escritura o solo escritura en cada módulo. Esto garantiza que solo se tiene acceso al nivel de información que así compete.	Fue necesario configurar cada carpeta con contraseñas para asegurar la confidencialidad de la información. Así como proteger las celdas de los formatos en electrónico para evitar su manipulación.
Control de versiones	Solo es visible la versión vigente de los documentos y formatos, versiones obsoletas son resguardadas en una carpeta especial con acceso exclusivo para el responsable del SGM.	Las versiones obsoletas con selladas con la leyenda "OBSOLETO" y resguardadas por el responsable del SGM.

**Cuadro 2 Resultados obtenidos de los SGM evaluados**

Como pruebas adicionales se evaluó el tiempo para personalizar la aplicación en aspecto y roles, lo cual tuvo una duración de 10 días. Así como la codificación mediante códigos QR grabados para eliminar el uso de etiquetas que fue otro caso de éxito, ya que la aplicación permitió generar en automático estos códigos para posteriormente ser grabado en una aleación resistente a las condiciones de operación de las estaciones de medición.

### Conclusiones

Los resultados demuestran que la APP desarrollada permitió simplificar el proceso de inserción a los SGM para organizaciones sin experiencia previa, así como el manejo de información, control y seguimiento de documentos y registros del SGM con la mínima asignación de recursos humanos. Utilizando HTML y principalmente CSS, se pudo dar al usuario una versión de la web en función del ancho de pantalla utilizado, sin importar el dispositivo que se estuviera usando, además, se mejoró el acceso a formularios y botones. PHP nos permitió procesar las peticiones desde la aplicación web (lado cliente) al servidor web y recibir los resultados (Mora, s.f.). Lo cual brindó la posibilidad de optimizar los procesos diseñados y autogestionarse. La APP dio acceso a la información desde dispositivos móviles con tecnología Android (Teléfono Celular o Tablet), así como equipos de cómputo portátil o fijo por estar alojado en un Hosting. Finalmente presentó siguientes ventajas ante la implementación del SGM tradicional:

- Permitió el trabajo a distancia sin necesidad de VPN.
- Permitió el control y seguimiento 24 horas los 7 días de la semana.
- Eliminó el uso de papel.
- Eliminó la posibilidad de generar registros con errores por omisión o interpretación.

- Permitió el acceso a información actualizada en tiempo real por almacenar la información en el Hosting.
- Eliminó el uso de etiquetas de papel que fueron sustituidas por códigos QR grabados como identificadores de equipos de medición.

### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en realizar una versión compatible con dispositivos IOS, dado que algunas organizaciones utilizan esta tecnología en su gestión.

### Referencias

Crissien Castillo, John. “Espíritu empresarial como estrategia de competitividad y desarrollo económico”. Revista Escuela de Administración de Negocios. 2006; (57):103-117. Consultada el 29 de septiembre de 2020. ISSN: 0120-8160. Dirección de internet: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=206/20605706>

Indeed. Buscador de salarios en México. (s.f.). Consultada el 25 septiembre de 2020. Dirección de Internet: <https://www.indeed.com.mx/salaries/coordinador-de-sistemas>

Mora, S. L. “Programación en Internet: Clientes Web”. Editorial Club Universitario. (s.f.).

Organización Internacional de Normalización. 2003. Sistemas de Administración de las Mediciones – Requerimientos para Procesos y Equipos de Medición.

Organización Internacional de Normalización. 2015. Sistema de Gestión de Calidad (ISO 9001:2015).

Organización Internacional de Normalización. 2015. Sistemas de Gestión de la Calidad -Fundamentos y vocabulario (ISO 9000:2015). Dirección de internet: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

Real Academia Española: Diccionario Panhispánico del Español Jurídico. 2020. Dirección de Internet: <https://dpej.rae.es>

### Notas Biográficas

La **Lic. Alhelí Ponce Rodríguez** es Técnico Especializado en CIATEQ A.C. | Hidalgo. Está cursando un postgrado en Dirección de Proyectos en la Universidad Tecnológica de México. Ha publicado artículos en la Revista Mexicana de Física y Revista de la Sociedad Química de México.

El **Ing. Alejandro Crisanto Arriaga** es Gerente de Medición Multifásica de CIATEQ A.C. | Querétaro. Cuenta con una Especialidad en Métodos Estadísticos en el Centro de Investigación en Matemáticas CIMAT y es Catedrático en el posgrado de CIATEQ A.C., impartiendo la materia de probabilidad y estadística.

El **Mtro. Diego Nelson Moncada Benavides** es Director de Sistemas de Medición CIATEQ A.C. Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia con especialización en Automatización de Procesos Industriales de la Universidad de los Andes, Maestría en Comercialización de Ciencia y Tecnología del CIMAV - University of Texas y Maestría en Ingeniería con especialidad en Diseño Mecánico del PICYT. Ha publicado en la revista de Ingenieros Químicos de México, Jornadas de Medición del Instituto Argentino del Gas y del Petróleo, International Symposium on Fluid Flow Measurement, International North Sea Flow Measurement Workshop, Americas Flow Measurement Conference, Jornadas de Metrología del CENAM, Seminario Avanzado de medición de Flujo de Fluidos, Congreso y Exposición Internacional de Medición de Flujo y Calidad de los Hidrocarburos.

### Apéndice

#### Glosario

**APP:** Es una abreviatura de la palabra en inglés application. Aplicación: Programa o conjunto de programas cuyo objeto es la resolución de problemas mediante la informática. (RAE, 2020)

**Confirmación Metrológica:** Conjunto de operaciones requeridas para asegurar que un equipo de medición es conforme los requisitos correspondientes a su uso previsto. (ISO, 2003)

**Diseño adaptativo:** Conjunto de técnicas que permiten a las páginas web adaptarse al medio a través del cual un usuario está accediendo. (Mora, s.f)

**Hosting:** Servicio de la sociedad de la información que tiene como objeto facilitar de manera permanente a los usuarios, generalmente mediante páginas web información y recursos de todo tipo cuyo contenido es accesible y descargable en el ordenador por el usuario. (RAE, 2020)

**ISO:** Abreviación de Organización Internacional para la Estandarización.

**Sistema de Gestión:** Conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos. (ISO, 2015)

**Sistema de Gestión de las Mediciones:** Conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan necesarios para lograr confirmaciones metrológicas y control continuo de procesos de medición. (ISO, 2003)