



Sistema EFIMAX para la mejora de la eficiencia, calidad y flexibilidad en los procesos de laboratorio de ensayos

EFIMAX system to improve efficiency, quality and flexibility on the testing laboratory process

Francisco MARTÍNEZ¹, Daniel MARTÍN², Ignacio CARAZO³, Rafael MORALES⁴, Miguel GARZÓN⁵

¹Ingeniería, Consultoría y Asistencia en la Construcción Vorsevi México SA de CV, Guadalajara, Jalisco, México

²Ingeniería, Consultoría y Asistencia en la Construcción Vorsevi México SA de CV, México DF, México

³Vorsevi Qualitas SLU, Sevilla, España

⁴Ingeniería, Consultoría y Asistencia en la Construcción Vorsevi México SA de CV, México DF, México

⁵Vorsevi Qualitas SLU, Sevilla, España

RESUMEN: Las tecnologías y las Comunicaciones (TIC) representan un papel esencial en la sociedad como motor de innovación. La presente propuesta se enmarca en el contexto del sector de la construcción y la aplicación de las TIC para alcanzar una mayor competitividad. En concreto, el proyecto realizado se centra en los mecanismos y tecnologías para la captura de información del entorno, su análisis y la inclusión de estas tecnologías para crear nuevas técnicas de trabajo en las actividades como laboratorio de ensayos en la construcción.

ABSTRACT: Communications and Technologies (ICTs) play an essential role in society as an engine of innovation. This proposal is framed in context the construction industry and the application of ICT to achieve greater competitiveness. Specifically, the project is centered in the mechanisms and technologies to capture the environment information, its analysis and the inclusion these technologies in order to create new work techniques about activities such as construction testing laboratory.

1 INTRODUCCIÓN

El marco tecnológico que actualmente se empieza a imponer a nivel internacional y en el que se integra todo el proceso y ciclo de vida de la construcción se denomina BIM (*Building Information Modeling*). Se define como el proceso de generación y gestión de datos en un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida. Su forma de trabajo es construir modelos en plataformas tridimensionales en distintos software de modelamiento dinámico del proyecto que aumentan la productividad en el diseño y construcción.

En el ámbito de la construcción en el mercado nacional, la plataforma BIM está cobrando fuerza, frente a esto, empresas que se aventuran a innovar con dicha tecnología, se van encontrando con nuevos desafíos para su efectiva implementación. Este modelamiento de la información para la edificación consiste en realizar, mediante un proceso de generación y administración de una base de datos centralizada de elementos paramétricos, una

modelación completa de la obra que comprende: geometría de la construcción en 3D, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de cada elemento de la construcción, y una serie de información, que en definitiva, facilitan y optimizan el ciclo de vida de la obra, desde la etapa preliminar del diseño hasta cuando se explota el proyecto. Toda esta información que se maneja y administra con BIM debe ser coordinada, así también la información de diseño digital, y la documentación que se utiliza desde la concepción, construcción y operación de un proyecto.

El uso de BIM en un proyecto de construcción permite un fácil acceso a la información del proyecto, con lo cual se reduce considerablemente el número de requerimientos de información y el tiempo de resolución de estos.

VORSEVI ha entendido el nuevo escenario que se está describiendo y pretende adecuar su dinámica de trabajo al mismo. Para ello adapta su dinámica de

trabajo a un entorno BIM, en el que la información que facilita el laboratorio a los diseñadores, constructores y la Administración es Clave en la interacción entre las partes involucradas, y se posibilita el avance de las diferentes fases de la vida de un proyecto. Con ello se incrementará un escenario de interacción entre arquitectos, ingenieros, especialidades y constructores óptimo.

La actuación llevada a cabo ha permitido generar una metodología de aplicación al área de control de calidad de un laboratorio de ensayos para su integración futura en BIM. Se basa en un sistema de información adecuado e innovador para el desarrollo y la mejora de la eficiencia, calidad y flexibilidad en los procesos, las tareas de control y supervisión, así como la planificación y la toma de decisiones, ya sea a nivel estratégico u operativo, teniendo siempre la sostenibilidad del proceso como objetivo paralelo a esta modernización. VORSEVI ha aplicado y desarrollado las ideas de partida en un laboratorio que sirve como planta piloto del proyecto. Los resultados obtenidos son tenidos en cuenta, de manera que se pueda aplicar esta metodología, y las ventajas que de ella se deriven, tanto en laboratorios de nueva creación como en aquellos en funcionamiento. El común denominador de todas las necesidades a suplir con esta metodología es la mejora, lo que implica automatización y modernización mediante el manejo de la tecnología. Este conjunto de ideas y prácticas será escalable y extrapolable según las características particulares de cada laboratorio de ensayos: objetivos, volumen de trabajo, áreas de actividad, recursos disponibles, etc.

La innovación se orienta a la explotación de las oportunidades que ofrecen los cambios, siendo la principal novedad del proyecto la automatización de parte del sistema productivo de ensayos de laboratorio mediante la adecuación de equipos de ensayo para hacerlos capaces de adquirir la información de manera continua y automática, simplificando los procesos de ensayo, ahorrando costes de personal y mejorando la productividad frente a los equipos tradicionales.

2 EL PROYECTO EFIMAX

2.1 *Objetivo*

El objetivo del proyecto ha sido el diseño e implantación de un sistema de información en un laboratorio de ensayos, creando una completa base de datos centralizada, que permite que distintos centros de producción de laboratorio de ensayos accedan a ella, mejorando así las tareas de control y

supervisión y todas aquellas que exijan coordinación entre personas, departamentos u organizaciones.

Paralelamente este objetivo exige la adquisición automática del mayor número de variables de cada proceso de ensayo, para tomar información en tiempo real y de manera continua. Esta adquisición automática permite aumentar la capacidad de trabajo en ciertas áreas y mejorar la eficiencia de los procesos asociados. En nuestro caso hemos aplicado a los ensayos de mecánica del suelo.

2.2 *Descripción Técnica*

SOFTWARE PARA GESTIÓN INTEGRAL DEL LABORATORIO

Un laboratorio de control de calidad necesita una aplicación específica para gestionar de forma centralizada y eficiente tanto la parte técnica como la administrativa.

Un laboratorio puede registrar un gran número de ensayos, cada uno de los cuales puede tener ciertas características particulares, y estará relacionado con su respectiva muestra que a su vez pertenecerá a una determinada obra. Esta complejidad inherente al trabajo en el laboratorio hace más que necesaria la implantación de un programa de gestión integral para este departamento.

Con ello se consigue crear una completa base de datos en la que se pueda localizar fácilmente una muestra, conocer los ensayos solicitados para ésta, el estado de los mismos, las fechas de cada una de las fases del ensayo e incluso el personal de laboratorio implicado.

Esta base de datos es accesible desde cualquier punto, favoreciendo el conocimiento del estado de diferentes laboratorios a tiempo real, realizar el trabajo diario de forma coordinada y eficiente, mejorar la administración, el control de los recursos con los que se cuenta, etc.

Uno de los principales objetivos que se pretenden conseguir con la instalación de un programa de estas características es la unificación en el procedimiento de trabajo. Cada unidad de producción puede llevar una organización particular con directrices básicas comunes, sin embargo esta unificación en el procedimiento de trabajo obliga a todas las unidades de producción a trabajar de la misma forma, aportando información sobre los mismos conceptos. Esto permite que se puedan tomar medidas generalizadas permitiendo una gestión de distintos laboratorios a nivel de empresa, además conlleva un mayor conocimiento de la

producción en el día a día, no sólo en las entradas y salidas. Por otro lado, al generar todo tipo de documentos y actas a partir de una única aplicación con unos formatos específicos se asegura la generalización de los documentos emitidos por los distintos laboratorios.

En cuanto a la gestión de la producción se persigue una considerable mejora en los plazos de realización de ensayos y generación de resultados, por lo que el programa deberá permitir fijar plazos de manera que, conociendo el estado de todos los ensayos registrados y la carga de trabajo pendiente se pueda saber con antelación si se podrá o no cumplir con los tiempos de respuesta fijados con el cliente. Además, al tener memorizados todos los datos en una única base de datos se podrían tener informes y estadísticas disponibles que permitiesen un mayor conocimiento y mejor análisis de la capacidad y el rendimiento del laboratorio.

Otros aspectos que se pueden consultar son: el control y gestión de la lista de equipos (informando de cada cuántos meses han de ser calibrados, revisados, etc.), el control de la lista de todas las normas adquiridas por el laboratorio, la gestión de las peticiones de clientes para la colecta de muestras y realización de ensayos in situ, etc.

SOFTWARE DE GESTIÓN INTEGRAL

El laboratorio también requiere una solución de gestión empresarial que permita que toda la información de la empresa y las actividades que la rodean estén relacionadas y localizadas en una plataforma integral y colaborativa, poniendo la información relevante a disposición de empleados, dirección, etc. según les afecte y/o estipule la organización.

El mayor beneficio que conlleva esta solución de gestión integral es la globalidad que aporta al negocio. De esta forma toda la información queda integrada y consolidada en una única base de datos, permitiendo a todos los miembros de la cadena de valor, el acceso a la información en base a su papel dentro de la organización.

A diario se producen en la empresa una gran cantidad de peticiones como formación, reuniones, ofertas, consultas...cuya organización resulta muy compleja. Sin embargo, si se puede vincular cada petición a sus correspondientes recursos, las operaciones colaborativas están interrelacionadas y son mucho más fáciles de controlar.

Por otro lado, toda la información de los proyectos: agendas, transacciones, planificación de las actividades de los recursos involucrados, productos y documentos, debe estar centralizada y ser fácilmente

accesible. Con ello se pueden gestionar, planificar y optimizar todos los recursos implicados, desde empleados hasta materiales.

Otros aspectos importantes cuya gestión se puede llevar a cabo con este programa son las solicitudes de trabajos entre departamentos y el seguimiento de clientes.

Además, la solución desarrollada permitirá la asociación de diferentes tipos de documentación dentro de su base de datos. Esto facilita tener una base de datos documental compartida y organizada de tal forma que se puede acceder a toda la documentación relacionada con cualquier cliente u obra.

2.3 Aplicación

El desarrollo se enfoca inicialmente a varios ensayos del área de mecánica de suelos, en principio el ensayo triaxial, CBR, ensayo de consolidación y ensayo de corte directo.

Estos ensayos son críticos a la hora, no solo de poder integrarlos en la aplicación sino también la de automatizar su ejecución debido a la complejidad de los mismos.

En estos ensayos es crucial la intervención humana en la preparación de los especímenes para la realización de los ensayos y poner en marcha el equipo técnico de laboratorio. A partir de aquí, el automatización aplicada a cada uno de los ensayos es total:

- Aplicaciones de cargas, axiales y normales;
- Medidas de deformación, tanto vertical como horizontal;
- Aplicación de flujos de agua sobre las probetas de ensayo;
- Medición de otros parámetros, específicamente para cada uno de estos ensayos.

De esta manera, mejoramos en:

- Minimización de errores de toma de datos por parte del operador: el equipo adquiere los datos de forma automática;
- La eficacia del operador: éste, tras iniciar el ensayo, puede estar realizando otras operaciones ya que el ensayo se finaliza de forma automática;
- La calidad de los ensayos realizados.

3 FASES DE TRABAJO

3.1 Automatización de equipos

De cara a una mejor solución es necesaria una automatización de equipos. Esta automatización permite la realización de ensayos largos en el tiempo sin necesidad de un control personal continuo, supone una mayor seguridad frente al posible error humano en la toma de datos y hace posible un considerable aumento de la producción al no tener que limitarse a las horas propias de la jornada laboral para la realización de estos ensayos.

Como piloto para las pruebas realizadas, se procedió a la automatización de la toma de datos de equipos volumétricos y de mecánica de suelos. Se implementa un módulo de indicación y adquisición de datos capaz de medir diferentes parámetros físicos como: presión, fuerza, desplazamiento, velocidad, posición, etc.

Cada módulo se conecta directamente al propio equipo (edómetro, corte directo, triaxial, etc.) almacenando las variables medidas por el sensor en una memoria interna, volcándolos en un ordenador o visualizándolos en la pantalla del equipo.



Fig. 1 Equipos Triaxial y Edométrico

También se registran de manera automatizada, por ejemplo, las distintas cargas necesarias en la realización de ensayos como la presión de hinchamiento y la consolidación en edómetro. Se podría operar el equipo para realizar de forma

automática los ciclos de carga y descarga necesarios en cada caso según las necesidades del material.

3.2 Detección de necesidades del sistema

El proceso de configuración y personalización inicial es muy laborioso debido a la gran cantidad de facetas que se manejan. En esta primera fase es necesario tener en cuenta todos los puntos de la gestión del laboratorio: definir un catálogo de ensayos, una lista de precios, diseñar las actas de resultados de ensayos, configurar los ensayos más usados en el laboratorio, definir el formato de impresión de las actas, etc. Cuanto más se le exige a un programa y más integrado se quiere que resulte el conjunto, más datos iniciales son necesarios definir.

Los datos deben estructurarse de forma que se eliminen duplicaciones y se proporcione una ruta de búsqueda rápida para toda la información necesaria.

Algunos de los puntos a definir son:

- Catálogo de ensayos.
- Personal adscrito a los ensayos.
- Departamentos productivos en los que se divide el laboratorio: aceros, hormigones, mecánica de suelos, áridos, general...
- Áreas acreditadas
- Configuración de actas y otras comunicaciones con el cliente.

La aplicación debe ser capaz de "memorizar" los mecanismos internos necesarios para la realización de los distintos ensayos, de forma que se definan los cálculos oportunos para que automáticamente se puedan rellenar los datos del ensayo, generar las salidas necesarias para la creación de partes de trabajo internos, hojas de cálculo de régimen interior, e incluso las actas finales.

3.3 Recopilación de datos. Informatización

La informatización no sólo implica datos, información y tecnología. Las personas que se van a ver afectadas por la implantación de estos programas forman parte esencial del proceso. La forma de trabajar de los empleados se verá más o menos modificada según el papel de éstos en la producción de la empresa por lo que para aprovechar adecuadamente los beneficios de las referidas modificaciones los trabajadores necesitan nuevos conocimientos y aprendizaje continuo.

Uno de los aspectos de la metodología implantada es la integración, dentro de la misma, del desarrollo de cálculos de cada uno de los ensayos para tener

totalmente recogido el proceso de ejecución de los mismos.

3.4 Mejoras en los procesos

El adecuado registro de muestras y ensayos a realizar es solo la primera de ellas. Se podrán ver ensayos pendientes de realizar, desde donde el responsable de laboratorio reparte el trabajo diario.

Actas de resultados. Se generarán las actas de resultados finales de forma automática a partir de los resultados obtenidos y las plantillas de actas que se diseñen, sin necesidad de intervención humana, y con posibilidad de editarlas si lo precisa. La impresión también es automática: Imprimirá todas las copias de acta necesarias, cada una personalizada para su destinatario.

Estadísticas inmediatas. La aplicación nos dará información de tiempos de ejecución de ensayos, revisión de los mismos, productividad por operador, por técnico. Igualmente, obtener las estadísticas de los ensayos realizados por tiempos y obtener tablas de resultados de ensayos de forma rápida

3.5 Mejoras en la gestión

El acceso inmediato al estado real del laboratorio en todas sus áreas, con estadísticas actualizadas al día sobre cualquier aspecto, permitirá un control exhaustivo necesitando menos tiempo que con cualquier otro método. El programa permitirá consultar los ensayos registrados y ver un indicador del estado en el que se encuentren.

Además se pretende en un futuro poder introducir un "tiempo normal de realización" de manera que se alertara de aquellos ensayos que permanezcan demasiado tiempo sin ser realizados, en las pantallas de ensayos pendientes de realizar o revisar. También se puede indicar la fecha concreta en la que el ensayo debe estar finalizado, para el caso de que existan unos plazos estrictos que cumplir.

3.6 Informes sobre trabajo realizado y pendiente

Cada cierto tiempo (según el período fijado) es interesante analizar el volumen de trabajo que se ha tenido, el rendimiento de los laborantes, las incidencias producidas, etc. Y en base a ese estudio, tomar decisiones para posibles mejoras.

- Estadísticas de producción de los laborantes.
- Capacidad del laboratorio.

Por otro lado, examinar el trabajo que se está realizando en el momento actual y el trabajo "en cartera" (registrado sin iniciar), permite tomar medidas al prever posibles picos de trabajo en

determinadas áreas del laboratorio ya sea debido a falta de personal, capacidad limitante de equipos o acumulación de trabajo.

4 CONCLUSIONES

La automatización e informatización de un laboratorio de ensayos permitirá al laboratorio ser capaz de adaptarse a las nuevas situaciones y exigencias del entorno dando valor agregado a la información, para finalmente transformar ese conocimiento en innovación que determine ventajas competitivas que perduren en el tiempo.

La peculiaridad de los ensayos del área de mecánica de suelos, tanto por la importancia de la calidad en la realización del ensayos (preparación y manipulación de las muestras, tiempos prolongados de ensayo), como por la necesidad de minimizar errores humanos de lectura y agilizar el proceso de cálculo, como por el coste de producción de estas pruebas por lo general, permite actuar sobre un área piloto que aportará mayores ventajas a priori.

La informatización permite una mayor inmediatez entre la realización del ensayo y la disponibilidad de los resultados lo que supone un considerable ahorro de tiempo global y una mayor agilidad en la entrega de la información. En cuanto a la gestión y dirección del laboratorio se abrirían posibilidades sin límite para las tareas de logística, gestión, supervisión y control del laboratorio. El seguimiento del trabajo pendiente, documentación completa de las muestras, detección de desviaciones, etc. Todos estos temas se gestionan con total exhaustividad y facilidad, lo que proporciona mayor libertad y fiabilidad en el proceso de toma de decisiones.

Entre estas ventajas están también ventajas genéricas para la unidad de producción que se trate, como la obtención y generación de documentación de forma automática, que permitirá dar valor a información inconexa y facilitará la posterior generación de reportes relacionados usando, por ejemplo, gráficas y tablas que sinteticen los resultados. De esta forma se reduce la carga de trabajo que conlleva el tratamiento, generación y distribución de la información

En resumen, la implantación de esta aplicación supone múltiples ventajas tanto para las pruebas realizadas en el área de mecánica de suelos como para el conjunto del laboratorio de ensayos:

- Todos los datos del laboratorio están centralizados en una sola aplicación que los maneja de forma inteligente y coordinada, lo que representa una enorme simplificación en el trabajo

diario, además de permitir a cualquier laboratorio acceder a toda la información.

-La posibilidad de tener informes y estadísticas permite un mayor conocimiento de la capacidad y el rendimiento del laboratorio, así como identificar los problemas potenciales y buscar alternativas, permitirá estudiar la producción y tomar decisiones para posibles mejoras futuras así como tomar medidas a corto plazo.

-La generalización de los formatos de actas e impresos permitirá uniformar la presentación de documentos en todos los centros productivos.

Todo esto conlleva una mejora significativa en plazos, rendimiento, productividad..., y como consecuencia de todo esto, se incrementa la satisfacción del cliente.

La implantación y desarrollo de este proyecto, permite:

- Reducir la intervención humana en cada uno de los pasos de cada ensayo, aumentando la garantía de calidad de los mismos.
- Obtener un registro continuo de los datos, lo cual implica tener más información de los ensayos que antes eran y son, manuales, aumentando la información de comportamiento de los distintos suelos sometidos a distintas especificaciones de cada ensayo.
- Automatización, lo cual implica liberación de operadores, de horas de trabajo, aumentando la productividad de los mismos y de las instalaciones.

Proceedings of the V Workshop on Decision Support in Software Engineering". Málaga, España.

V Edición Roger S. Pressman, "Ingeniería de Software. Un enfoque práctico", Editorial McGraw-Hill.

5 BIBLIOGRAFIA

CompetiSoft (2009) "Mejora de Procesos para fomentar la competitividad de la pequeña y mediana industria del software de Iberoamérica", Proyecto CYTED 3789.

Carazo Carazo, I, (2007). "Análisis y mejora de procesos y proyectos". Instituto Internacional San Telmo. Sevilla

Francisco J. Pino, et al.(2007) "Proceso de Mantenimiento de Software. Modelo de proceso"

Francisco J. Pino, et al.(2009) "Modelo para la Implementación de Mejora de Procesos en Pequeñas Organizaciones de Software".

De la Villa, Manuel et al. (2004). "Modelos de evaluación y mejora de procesos: Análisis Comparativo.