

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN PARA NO TENER SORPRESAS

Capítulo 1: El problema de 450 000 M\$

El sector de la construcción en el mundo instala material por valor de entre 9 y 12 billones de dólares anuales.

Desafortunadamente, la eficiencia está estancada desde hace decenios. Se estima entre un 30 y un 40% el coste de prácticas ineficientes de todo tipo, entre las cuales los trabajos para corregir errores son entre un 5 y un 12% del coste total de un edificio, 450 000 M\$ en todo el mundo cada año.

¿Por qué tenemos este problema?

Los errores, y su posterior corrección, vienen determinados por los procesos de trabajo y por las herramientas de verificación disponibles hasta ahora. Tradicionalmente las obras se adjudican con un proyecto de concepto para establecer una oferta y negociar un precio final. Pero ese proyecto no es nunca un diseño terminado y coordinado.



Una vez obtenido el contrato, el contratista elige subcontratistas que son responsables del diseño de detalle, de acuerdo con el proyecto de concepto, de forma que sea factible, también por coste y por plazo, de la fabricación y de la instalación en campo de una parte determinada de la obra. El contratista coordina los diferentes equipos subcontratados. ¿Qué puede fallar?

Capítulo 2: El proceso de verificación actual

Distribución del trabajo

Una de las primeras tareas críticas en una obra es establecer el control dimensional, empezando por la situación de los cimientos y de la estructura. En esta operación se puede usar una estación total que da una precisión de +/- unos pocos mm.

Conforme se va colocando y terminando la estructura, el control se va haciendo en los diferentes pisos mediante marcas de tiza, a veces con estación total y otras veces con cinta

métrica para ir instalando los diferentes elementos. Aquí los errores del orden de +/- 50 mm no son raros y pueden presentar problemas.

Las tolerancias variables pueden derivar en errores de instalación

Las tolerancias no son las mismas en todos los oficios y, si no tienen las mismas dos industriales cuyas piezas hayan de ir montadas, se pueden provocar conflictos.

Una forma de abordarlos es diseñar piezas complejas de montaje de elementos a la vista, con unos valores estéticos y caros, como acristalamientos.



También para elementos que comprometen menos la estética se prevén amplias regulaciones que permitan un montaje según plano, aunque el elemento de soporte tenga una tolerancia mayor.

No obstante, no siempre funciona esto, especialmente cuando ha habido un error que no se trata solo de una medida o una tolerancia.

Fabricación en campo... Como en el siglo pasado

La otra forma, fabricar en campo, permite una flexibilidad casi total, pero no está exenta de problemas. Conlleva desperdicio de materiales y aumento de costes por corte de longitudes estándar, por ejemplo, en lugar de optimizar la obra completa. El trabajo en campo es también el de duración más indeterminada y más propenso a errores.

En la mayor parte del siglo XX ha sido la forma más empleada, ya que, a medida que los edificios se iban haciendo más complejos, era más fácil porque no se podía tener una visión completa de lo que se había de instalar y se trabajaba sobre lo hecho antes.



Primero en llegar, primero en servir

Esta mentalidad de “yo llegué primero” provoca su propia colección de problemas. Es casi imposible que diferentes industriales trabajen a la vez en una misma área sin interferir unos en la actividad de los otros.

Cuando un industrial termina su trabajo entra el siguiente. Si todos quieren aprovechar las ventajas de la prefabricación, han de asumir que los anteriores han hecho bien su parte. De otro modo, han de prefabricar solo una parte de su trabajo, dejando ajustes para hacer en campo y adaptarse a lo que encuentren. Desafortunadamente, cada vez que se hacen ajustes en campo hay desperdicio de material y de mano de obra.

La verificación parcial obtiene datos parciales

Con todas estas variaciones posibles entre lo construido y lo que se suponía que se debía hacer, podría pensarse que en el sector de la construcción dispone de mecanismos robustos para detectar, documentar y resolver estos problemas, pero no es así.

Pocos avances tecnológicos para el control de la calidad han llegado a la construcción, por lo que la verificación se lleva a cabo con las mismas herramientas que sirvieron para situar los cimientos y que no permiten verificar todo lo que se va construyendo; habitualmente se verifica entre un 5 y un 10% y, si la mayor parte es correcta, se supone que lo demás también.

Esto significa que muchos errores no se detectan hasta que llega un subcontratista con su material y ve que este no se puede instalar. Eso no solo implica coste de materiales y mano de obra para corregir el error, sino que también repercute en retrasos de realización de esa parte al menos.



La presión competitiva y la complejidad dan resultados pobres

El resultado final es que en un edificio moderno hay innumerables diferencias entre lo que se ha instalado y los planos; esta es la razón por la que en los contratos recientes se incluye un modelo *as-built* de la obra terminada.

De todas formas, por falta de herramientas adecuadas, los ingenieros y arquitectos que se encargan de los planos *as-built* emplean mucho tiempo y solo consiguen hacer un trabajo incompleto. En la operación y mantenimiento de las instalaciones se seguirá gastando dinero innecesariamente por ineficiencias y retoques años después de terminada la obra.

Nada de esto es intencionado ni debido a poca profesionalidad de los intervinientes. Los procesos de trabajo han cambiado en el último siglo respondiendo a la cada vez mayor complejidad de los edificios, a la presión sobre los precios y los beneficios en un mercado competitivo y a las tecnologías disponibles para resolver los problemas. Con todo, es sorprendente que el problema no sea mayor y que el actual entre 5 y 12% de costes de retoques es lo mejor que se podía hacer, dadas las condiciones.

Capítulo 3: Nuevas herramientas de software para un mejor control de calidad

Una realidad cambiante por la innovación tecnológica

Afortunadamente, el sector de la construcción en los últimos 15 o 20 años ha visto una explosión de tecnologías que se complementan para resolver el problema. El Building Information Modeling (BIM) permite crear modelos detallados de construcción y fabricación. Las tecnologías de captura de la realidad, como el escaneo láser y la fotogrametría, proporcionan gran cantidad de datos precisos de lo que se ha construido y, por primera vez en mucho tiempo, de nuevo es posible diseñar y coordinar un proyecto complejo y documentar completamente lo que se ha construido.

Todo no va a cambiar de la noche a la mañana, pero estudios recientes muestran que los grandes proyectos internacionales han incorporado la coordinación 3D en sus procesos y que el BIM ya se está imponiendo al 2D en la mayoría de empresas grandes y medianas. El escaneo láser se está aceptando rápidamente como una herramienta para documentar el estado y dimensión en todas las fases de ejecución de la obra.

Las nuevas herramientas de software cambiarán la ejecución de los proyectos para siempre

ClearEdge3D siempre ha estado en la vanguardia de la innovación tecnológica que fomenta la captura de la realidad y los procesos de la nube de puntos al BIM. La compañía ha aplicado estas tecnologías y su experiencia en la industria al problema de los trabajos “fuera de tolerancia” y ha creado Verity, la primera herramienta de aseguramiento de la calidad preparada para la captura de la realidad.

Verity reduce drásticamente la repercusión económica de los trabajos mal realizados, identificando muy pronto en el proceso los elementos faltantes o fuera de tolerancia. Esto se

traduce en reducción de riesgos, proyectos más rentables, *as-built* más precisos y menos retrasos respecto a la planificación.

El software compara nubes de puntos con modelos de diseño y fabricación, permitiendo verificar el 100% del trabajo en el tiempo que se tardaba en comprobar un 5%. Verity ayuda a encontrar errores de construcción antes de que se conviertan en problemas caros.

Verity en acción

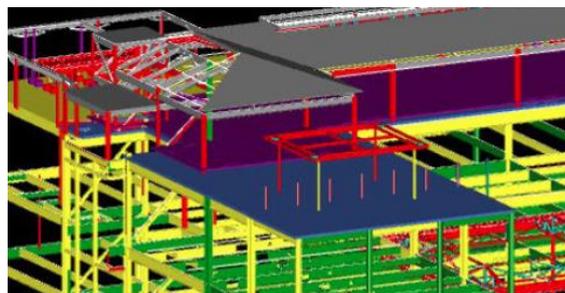
Verity actúa como aplicación asociada a Autodesk Navisworks, intercambiándose información que permite el análisis simultáneo de cada elemento por separado y dentro del conjunto del proyecto y del SOW (Statement of work).

Verity trabaja comparando los escaneos de lo que se ha construido con los modelos 3D, empleando los mismos algoritmos, ganadores de premios, del EdgeWise. Esto permite usar cientos de miles de mediciones por elemento para hacer una completa y detallada verificación de su conformidad respecto al diseño.

El programa Verity detecta si un elemento del modelo ha sido instalado y si está en su lugar correcto, según la tolerancia definida para él. Esto da una visión detallada y cuantificada de cada elemento y del conjunto, midiéndose desplazamientos y giros respecto a lo que se suponía que debía ser, que también automáticamente se hace visible con “mapas de calor” y tablas con los valores de las desviaciones

Este proceso de aseguramiento de la calidad (QA) genera además su documentación donde el usuario puede también anotar acciones mientras revisa cada elemento. Se pueden generar informes con los metadatos en CSV y en HTML que después se pueden ver en Navisworks.

Descubrir un problema es el primer paso para resolverlo. La primera pregunta es si ese error es un problema realmente. Verity permite exportar a Navisworks la posición real del elemento instalado para compararlo con el modelo y detectar interferencias y cómo pueden afectar a los trabajos futuros.



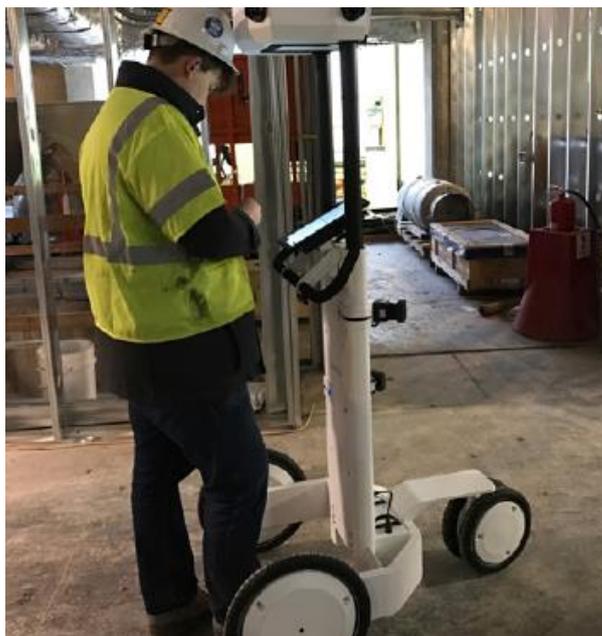
Capítulo 4: Nuevas herramientas para capturar la realidad

Mientras que grandes contratistas ya tienen escáneres láser y experiencia en su uso, todavía no es este el caso para la mayoría de empresas. Estos instrumentos han tenido históricamente un precio prohibitivo para ser rentables en muchas empresas. Sin embargo, en los últimos años han aparecido algunas soluciones nuevas que han reducido enormemente el coste del escaneo en campo.

Captura ambulante (Mobile Mapping)

Una forma de bajar los costes de escaneo es cambiar el tipo de captura y el proceso de registro y hacerlos mucho más eficientes. Las soluciones móviles permiten escanear mientras se recorre la obra, sin necesitar estacionamientos. Ello se consigue mediante software SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) que obtiene una nube de puntos texturizada y registrada.

Tiene la gran ventaja de reducir sombras y tiempo de escaneo en campo. El inconveniente es que la precisión es menor que la de un escáner láser estacionario, aunque cada día aparecen nuevas soluciones que se van acercando a la precisión de este.



Escáner láser convencional

A la vez, el precio de los escáneres láser estacionarios convencionales está bajando, pudiendo decirse que, en algunos casos, ahora es de un orden de magnitud inferior al de hace cinco años. Aunque algunos de estos aparatos no tienen la precisión tan alta como la de un instrumento de los más caros, dependiendo del uso que se les vaya a dar en cada caso, pueden tener prestaciones suficientes. Esta tendencia continuará, ya que la presión de los aparatos móviles lleva a los nuevos estacionarios a reducir el precio y a aumentar las prestaciones.

Hay nuevos aparatos que a la vez que escanean fotografían en RGB y en infrarrojos, lo que antes había que hacer con dispositivos diferentes, y eso tiene una gran repercusión en el tiempo necesario de captura de la realidad en campo.

Fotogrametría y drones (UAV)

También se van viendo cada vez más soluciones de fotogrametría en el mercado. La increíble eclosión de los drones ha aumentado enormemente el número de plataformas de captura de datos. Esto ha creado una demanda de soluciones de software para manejar, procesar y convertir los datos en algo que tenga significado para el espacio de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC space). Pix4D, Sky Catch, Drone Deploy, Alive y otras soluciones compiten para llenar este vacío. Con ellas llega financiación para crear soluciones

de fotogrametría para entornos construidos, incluyendo fotogrametría terrestre y videogrametría con herramientas como Pointivo y Pix4D.

Todo esto se añade al ritmo rápido de innovación en el campo de la captura pasiva y ya se están viendo soluciones basadas en la fotogrametría que pueden competir con la precisión de un escáner móvil a un precio mucho menor. La fotogrametría no puede nunca sustituir completamente a los sensores activos como el LiDAR, pero lleva camino de ser un complemento del escáner láser e incluso reemplazarlo en algunos casos.



Capítulo 5: Implementación de la captura de la realidad en el proceso de aseguramiento de la calidad

Para aquellas empresas que ya usan el escáner láser como una parte de su proceso de calidad, utilizar una herramienta como Verity es una posibilidad bastante sencilla, se trata solamente de insertar una herramienta más en un proceso, que ya se sirve de otras relacionadas, acelerando la revisión visual con un factor de hasta 10. De este modo, el valor de la propuesta y el retorno de la inversión (ROI) son bastante fáciles de entender. Se puede ahorrar verificando más rápidamente o verificando todo y reduciendo riesgos.



Para las empresas que ahora piensan en dar el salto y usar escáner láser, la implementación es algo más complicado; básicamente han de cambiar sus procesos de calidad para incorporar nuevas herramientas y quizá nuevas personas para los nuevos puestos.

Con el fin de ayudar, hemos resumido lo aprendido durante un año de trabajar con nuestros clientes que utilizan estas herramientas en sus procesos de calidad, en los 10 pasos siguientes como guía para incorporar la captura de la realidad en los procesos de control de calidad de un contratista de obras:

1.- Comprender exactamente lo que usted y su empresa quieren conseguir y por qué

¿Qué guía su deseo de cambiar lo que están haciendo? ¿Retrasos debidos a arreglos de lo que se ha hecho mal? ¿Costes imprevistos que acaban con el presupuesto para contingencias? ¿Es algo particular de un área con problemas o es el trabajo en general? Conocer el problema que se ha de resolver es crucial para resolverlo bien.

2.- Asegurar que se involucra toda la cadena de mando

Es el momento de ver que el nuevo proyecto de I+D es acorde con los objetivos de negocio de la compañía. Si se conoce el problema que se intenta resolver y lo que le cuesta a la empresa dejarlo sin resolver, un estudio de ROI es bastante sencillo de hacer. Una vez resuelta la cuestión del ROI, es el momento de conseguir la implicación de los líderes del negocio, lo cual dará buenos dividendos a la hora de poner en marcha el proyecto e implementarlo en toda la empresa.

3.- Esté preparado para ser el líder del nuevo proceso de calidad

Ningún cambio se produce sin un líder que empuje hacia adelante y casi siempre los líderes salen de entre los más directamente afectados por el problema. Serán los que trabajarán con más pasión para resolverlo y la pasión es un ingrediente clave para un líder. No busque más arriba para el puesto, si usted ha conseguido plasmar el proyecto en un informe de más de 10 páginas, es probablemente la persona que va a impulsarlo. Quédeselo.

4.- Elija un proyecto piloto

Muchas implementaciones no llegan a ir bien porque no se empiezan nunca. Para probar una nueva tecnología o proceso no espere al proyecto perfecto porque no existe. Por el contrario, elija un proyecto en el que los resultados de la prueba sean útiles (lo cual animará a todo el equipo) pero no críticos para el proyecto, por si la prueba no va bien. De este modo no dejará pasar la oportunidad ni correrá el riesgo de dar a la empresa una mala imagen de esa tecnología o proceso por un error propio de la curva de aprendizaje.

5.- Elija una meta precisa para la que probar un software como Verity

Los proyectos de I+D son como todos, muy a menudo fracasan por tener objetivos difusos. Elija un alcance que tenga sentido en el proyecto piloto, como estructura, revestimiento, tuberías, algo que se adapte bien al escaneo y que sea importante en el proyecto. Una vez hecha con éxito una parte, se puede aplicar a más.

6.- Pruebe antes de comprar

No tenga reparo en pedir demostraciones o pruebas. La mayor parte de empresas de software le dejarán probar con mucho gusto sus productos en un proyecto piloto y la mayoría de vendedores de hardware le enviarán a alguien sin cargo para hacer la captura de una parte del proyecto como demostración. Esto es importante para dar con la solución que mejor le vaya sin necesidad de un gran presupuesto de I+D.

7.- Elija la herramienta correcta para cada trabajo

Cuando hemos hablado de proyecto piloto, queríamos decir proyectos piloto. Elegir la herramienta adecuada para cada trabajo es un paso crucial en cualquier implementación y la mejor manera de hacerlo es probar tantas herramientas de software y de hardware como sea posible para ver cuáles van mejor para los procesos de trabajo de su empresa. De este modo, cuando la empresa haga la inversión podrá confiar en que ha elegido bien. Con demasiada frecuencia se obvia este paso y se opta por la solución más barata, pero recuerde que siempre tenemos lo que hemos pagado.

8.- Comunique los resultados a todos los interesados

A medida que avanzan los proyectos piloto y otras pruebas que se estén haciendo, asegúrese de que todos los implicados estén al día de los progresos realizados. No tenga reparo en informar de los errores junto con los éxitos. Muchas veces los errores son más importantes que los aciertos porque se aprende más de los primeros. Comunicando los progresos es como usted mantiene la implicación, que puede costar crear al principio, en el equipo.

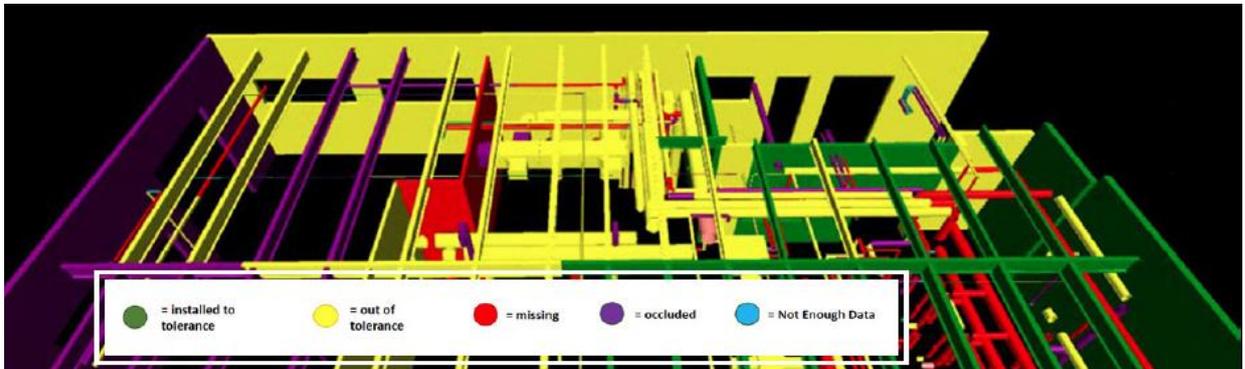
9.- Prepare el informe final para la dirección

Con los datos y la experiencia obtenidos sobre la conveniencia de hacer el cambio, prepare un informe explicando a la dirección de la empresa por qué vale la pena invertir en la nueva tecnología. Si todo fue bien, el informe confirmará sus argumentos iniciales en cuanto al ROI, pero ya con valores reales. Al final, usted está pidiendo que la compañía invierta en esa iniciativa en lugar de hacerlo en otras cosas, por lo que ha de estar bien preparado para demostrar por qué se ha de impulsar esa.

10.- Preparen juntos un plan de implementación

Llegados hasta aquí ya se ha invertido en software y hardware. Es el momento de pulir detalles y formar al resto del personal en el nuevo proceso. El primer paso, y el más importante para ello, es hacer un plan de implementación. Fallar en el plan es planificar fallar. Tómese el tiempo para hacer una buena planificación. Los planes deberían cambiar a medida que se va aprendiendo, pero este plan es como los guardarraíles que le mantienen en la carretera si usted se distrae o se duerme al volante, le dirá que hacer a partir de ahora en adelante. Así que lo dejamos aquí.

modelo coordinado y la obra real. Esto con el tiempo eliminará emergencias derivadas de errores desconocidos y mantendrá a los equipos trabajando activamente hacia la terminación del proyecto. Con esto solo, hay potencial suficiente para reducir a la mitad los trabajos de corrección de errores.



Conforme este proceso alcance la madurez, allanará el camino al desarrollo de la prefabricación y de otras técnicas avanzadas en las obras. La prefabricación y otras técnicas se basan en un alto grado de confianza en lo que se ha hecho antes y eso es algo con lo que no se puede contar hoy en día. Por ello, esas técnicas se aplican solo en parte y siempre una proporción de lo prefabricado se ha de modificar en campo o se tira para sustituirlo por lo realizado a pie de obra. Esto es así por discrepancias como las que Verity puede detectar antes de que empiece la prefabricación, con lo que se pueden modificar los modelos y prefabricar todo en lugar de una parte solo.

Estos cambios tardarán unos años en alcanzar todo su potencial, pero incluso las ganancias a corto plazo, derivadas de la aplicación del software de aseguramiento de la calidad, hacen que valga la pena utilizar ya las herramientas de captura de la realidad y de software como Verity.

Autor



Genís Campillo es Ingeniero Industrial y diplomado en Marketing de Productos Industriales y en Gestión y Dirección de Empresas.

Tiene más de 30 años de experiencia en marketing y ventas en los sectores del automóvil y de la energía. Ha colaborado en diversos proyectos de medición de agua y gas y de sistemas HVAC.

Actualmente colabora en diversos proyectos introduciendo el escaneo láser 3D como nueva herramienta de levantamientos as-built y remodelado de plantas.