

AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN OBRA E IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN UTILIZANDO METODOLOGÍA BIM

A. Otero Olmos¹, P. Ahijado Laborda², C. Esteban Herranz³

¹ ARPADA S.A., Madrid, España

² ARPADA S.A., Alcorcón, España

³ ARPADA S.A., Alcorcón, Madrid, España

RESUMEN

En el sector Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones (AECO), la adopción de la metodología BIM ha dejado de ser una práctica aislada para consolidarse progresivamente como estándar de trabajo. No obstante, su implantación continúa siendo desigual a lo largo de las distintas fases del proceso edificatorio. Mientras que los agentes vinculados al diseño presentan un grado de madurez más avanzado, los intervinientes posteriores — especialmente las empresas constructoras y, en última instancia, las entidades explotadoras — evidencian una incorporación más tardía. Esta heterogeneidad condiciona el rendimiento y el alcance efectivo de la metodología BIM según las necesidades específicas de cada agente.

En el ámbito de la construcción, uno de los usos de mayor impacto es la obtención de mediciones y el seguimiento del avance de ejecución. Tradicionalmente, estas tareas se han realizado mediante procedimientos manuales basados en medición directa en obra, con el consiguiente consumo de tiempo, riesgo de error y baja trazabilidad. La incorporación de BIM permite replantear este enfoque, haciendo innecesarias muchas de estas labores repetitivas y habilitando una gestión del control de producción basada en datos del modelo.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un procedimiento que utilice el modelo BIM como soporte principal para el control de producción en obra, así como definir un flujo operativo para la actualización sistemática de la planificación. La toma de datos del avance se plantea de forma digital a través de dos vías complementarias: (1) checklists asociados a viviendas y a actividades del secuencial de obra, orientados principalmente a trabajos interiores; y (2) marcado directo en el modelo de los elementos ejecutados, especialmente en partidas de estructura, fachada, urbanización y zonas comunes.

En el primero, los datos consignados en los checklists se transfieren al modelo mediante programación, garantizando la obtención de mediciones actualizadas. Estos checklists se vinculan al modelo BIM a través de la zonificación del proyecto y de la codificación de actividades del secuencial. Para optimizar el acceso al checklist en la obra, se emplean códigos QR ubicados en las puertas de las viviendas, facilitando una consulta rápida por parte de los equipos de obra.

En el segundo caso, el avance queda registrado de manera inmediata en el propio modelo, permitiendo extraer igualmente de forma automática la medición ejecutada.

El procedimiento reduce significativamente la carga operativa de la toma de datos, ya que el personal de obra únicamente debe verificar la ejecución de actividades concretas (p. Ej., plastón, solados, primera mano de pintura, encintado de tabiquería de cartón-yeso), mientras el sistema calcula automáticamente las mediciones por vivienda y actividad. Finalmente, el avance registrado se integra en la planificación mediante BEXEL, donde el modelo se encuentra vinculado a la programación y al presupuesto. Esto permite gestionar el control de producción y su impacto sobre plazos de manera digital, trazable y transparente.

PALABRAS CLAVE: producción, planificación, obra, BIM, automatización.

1. INTRODUCCIÓN

El control del avance de obra constituye uno de los puntos críticos en la gestión de proyectos de edificación, siendo una responsabilidad compartida entre la empresa constructora y la Dirección de Obra. A pesar de la digitalización en el sector, este proceso ha dependido históricamente de metodologías analógicas basadas en la toma de datos y volcado manual en herramientas ofimáticas desvinculadas del modelo. Esta desconexión entre la realidad física y el registro digital introduce ineficiencias operativas, una elevada carga de retrabajos administrativos y una asimetría de información que incrementa el riesgo de error humano y la falta de coordinación técnica [1].

1.1 Estado del arte

Históricamente, el seguimiento del proceso en obra ha adolecido de una baja trazabilidad de ejecución. Esta metodología conlleva una elevada carga de retrabajos generando procesos lentos, ineficiencias, pérdidas de tiempo, falta de coordinación y dependiente del error humano. Esta manera de realizar el control se apoya en métodos manuales basados en listados, en hojas de cálculo y en mediciones in situ.

Frente a este modelo tradicional, la metodología BIM 4D (planificación temporal) y 5D (gestión de costes) permite establecer un marco de referencia digital donde el presupuesto y el cronograma se vinculan al modelo; el salto cualitativo reside en el control de producción digitalizado, garantizando la trazabilidad de ejecución total y permitiendo que cada unidad de obra certificada cuente con un respaldo de datos auditable, preciso y en tiempo real. Se posiciona como eje vertebrador de una gestión automatizada, transformando la medición física en una captura de datos de manera digital, monitorizando el avance y sustituyendo las tareas repetitivas por un sistema de gestión basada en el modelo.

La implantación progresiva de la metodología BIM no solo facilita la visualización, sino que habilita el uso del modelo como soporte único de información abriendo la posibilidad de integrar el seguimiento del avance directamente en el modelo BIM del proyecto. Bajo esta premisa, el presente artículo describe un procedimiento desarrollado desde la práctica profesional, orientado a optimizar el control del avance de obra mediante flujos de trabajo digitales adaptados a las necesidades reales.

2. DESARROLLO / METODOLOGÍA

La metodología propuesta se fundamenta en una diferenciación clara y estratégica de los sistemas de control del avance adaptada a la naturaleza constructiva y flujos de producción de cada unidad de obra (Figura 1). Bajo este criterio, se establecen dos categorías de gestión diferenciadas:

- **Trabajos en unidades de exteriores y estructura**, incluye cimentación, estructura, envolvente y urbanización.
- **Trabajos en unidades de interiores**, centrado en la ejecución de viviendas y zonas comunes interiores; este bloque se gestiona mediante un secuencial de actividades estructuradas bajo una dependencia lógica y cronológica.



Figura 1. Tipos de controles de avance en obra

Para los **trabajos exteriores y estructurales**, el avance se controla mediante la selección directa de los elementos ejecutados en el modelo BIM y posterior parametrización como elemento ejecutado. Esto es debido a que son unidades de obra que se pueden trasladar de forma directa en el modelo al ser elementos completos y no tener que recurrir a secciones o filtros para aislarlos. Ver Figura 2.

Con una simple vista 3D del proyecto se puede tener un grado de control muy alto, permitiendo obtener mediciones directamente del modelo BIM, trabajar de forma colaborativa y reducir así las discrepancias de medición habituales con los industriales y subcontratistas que desarrollan los trabajos.



Figura 2. Control de avance de exteriores y estructura

En el caso de los **trabajos interiores**, el control del avance de obra se articula mediante un **secuencial de actividades** asociado a cada vivienda en formato de checklist digital. Históricamente se ha hecho de forma manual donde habitualmente en obra se rellenaba el avance en una hoja de cálculo o Excel con la secuencia de actividades y de campos correspondientes a cada una de las viviendas; lo que suponía una toma de datos doble (en obra y traspaso manual a la hoja de cálculo) y sin vinculación con las mediciones. Lo que se plantea para solucionarlo, es una evolución, un modelo de trabajo automatizado en el que la información de la obra se vincula directamente con los parámetros del modelo BIM. De este modo, el avance de las actividades se traduce automáticamente en actualización del secuencial de las actividades de los trabajos interiores en la hoja de cálculo o Excel y de las mediciones, al traspasar los datos del avance al modelo BIM, eliminando pasos intermedios manuales. En la Figura 3 se expone el esquema que explica este proceso.

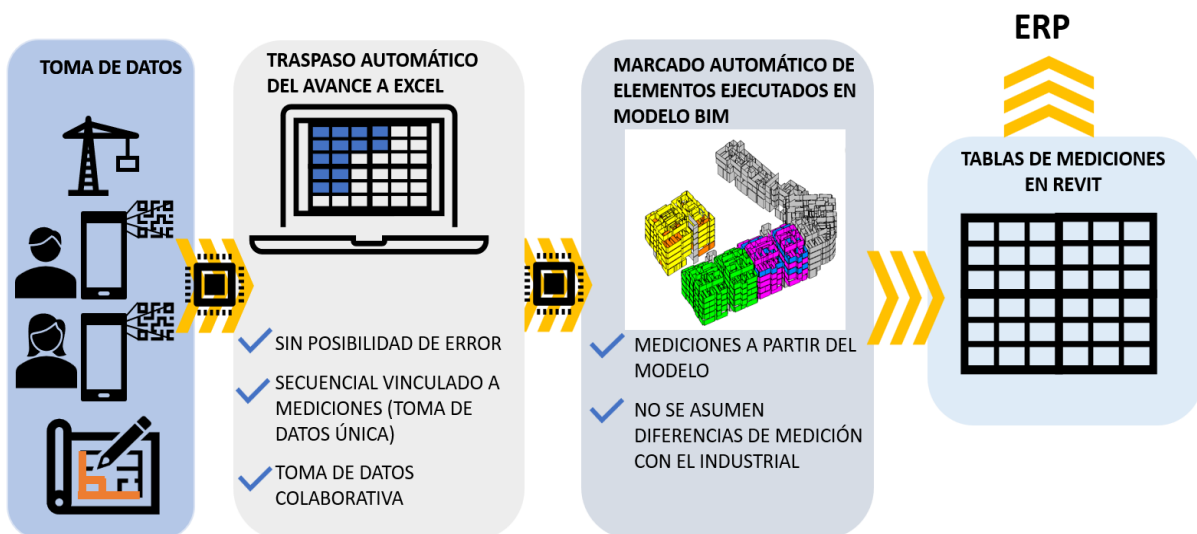


Figura 3. Control de avance de interiores: Flujo automatización secuencial en obra

Un aspecto importante es la descomposición de las unidades de obra en actividades elementales. Dado que una partida presupuestaria compleja no siempre se corresponde con una única tarea física, el procedimiento contempla la asignación de un factor de ponderación o “peso” relativo a cada subactividad sobre el total de la unidad.

Como ejemplo, en la ejecución de la tabiquería de yeso laminado (Figura 6), el avance no se registra de forma monolítica, sino mediante el cumplimiento de hitos secuenciales; a cada uno de estos hitos se le asocia además de su codificación un porcentaje de incidencia técnica y económica. Esto permite que la suma ponderada de los porcentajes de ejecución de cada actividad parcial resulte en un valor real.

ACTIVIDADES TABIQUERÍA CARTÓN YESO	%
ESTRUCTURA TABIQUERÍA	0,15
CERRADO 2ª CARAS PLADUR	0,3
REPLANTEO TABIQUES + CANALES SUPERIORES	0,15
PRIMERAS CARAS Y C. HÚMEDOS TABIQUERIA	0,25
ENCINTADO RESTO DE TABIQUES	0,1
1ª MANO JUNTA TABIQUES	0,05

Figura 6. Partidas desdobladas en actividades y su "Peso" en %

Pero hasta este momento en la hoja de cálculo con el secuencial de actividades no aparecen las mediciones de las diferentes actividades, motivado porque aún no se ha vinculado al modelo BIM. Para salvar la desconexión entre dichos datos del Excel y el entorno de modelado BIM se ha desarrollado un algoritmo de programación visual en Dynamo. Este flujo de trabajo permite la automatización del volcado de datos, parametrizando de forma masiva los elementos constructivos según su estado real de ejecución (Figura 7).

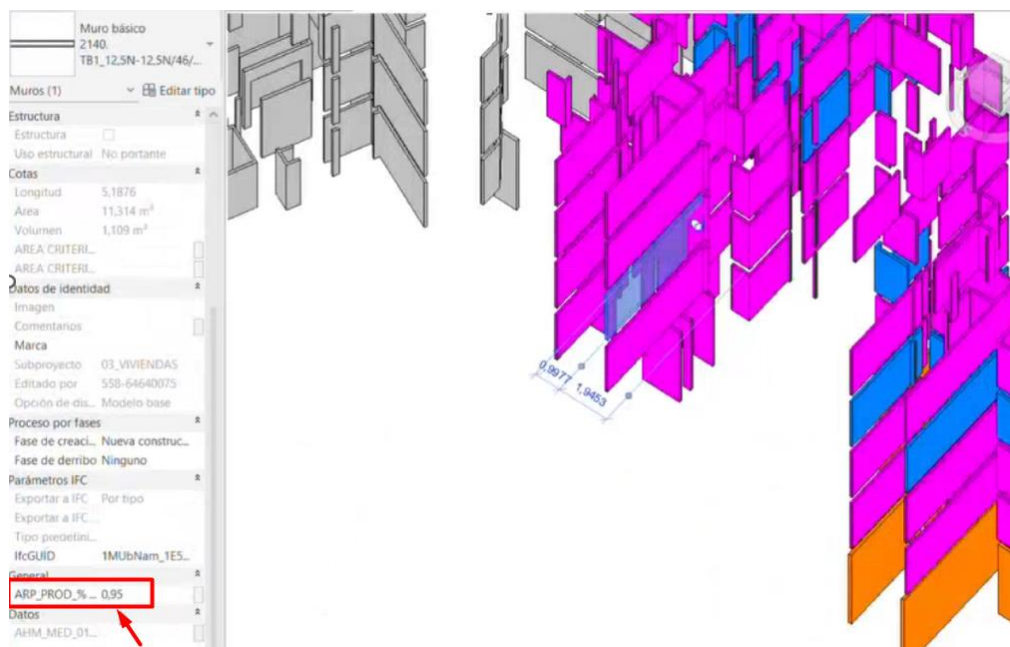


Figura 7. Parámetro % ejecutado en un tabique de cartón yeso

Para garantizar la consistencia de la información en este trasvase, es imperativo establecer un protocolo de mapeado de parámetros comunes. El modelo y el secuencial de actividades deben compartir una estructura de metadatos que actúe como clave primaria, integrando tres variables críticas:

1. Localización espacial: Identificador único de la vivienda.
2. Codificación de actividad: Vínculo unívoco con la unidad de obra del presupuesto.
3. Estado de avance: Porcentaje de ejecución.

La hoja de cálculo suma todos los porcentajes de las actividades que comparten código (porque forman parte del mismo concepto y basándose en su peso relativo sobre la partida) y asigna dicho valor al elemento correspondiente en el modelo. Como resultado de esta actualización dinámica de parámetros, se habilita una visualización analítica 3D mediante filtros de vista.

Como se observa en la Figura 8, el modelo cambia de grafismo de forma automática, transformando el entorno BIM en un tablero de control visual con el estado de la obra permitiendo detectar desviaciones de forma intuitiva y precisa.

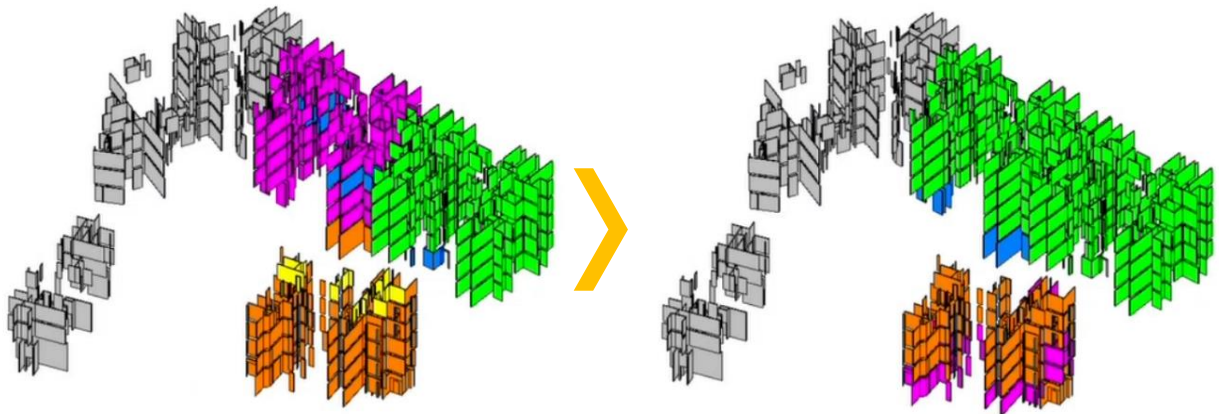


Figura 8. Traspaso de avance al modelo y visualización con filtros de color

Tras la actualización del modelo, el flujo de trabajo culmina en la explotación económica y temporal de los datos. Para ello se emplea la herramienta BEXEL que actúa como motor de integración para vincular las mediciones extraídas del modelo con la estructura del presupuesto y el cronograma de obra. Esta compatibilidad se garantiza mediante el uso de reglas de mapeado y parámetros compartidos, estableciendo un vínculo directo entre la geometría del modelo y la codificación presupuestaria.

Permite generar proformas en primera instancia y certificaciones mensuales automatizadas basadas en la realidad física capturada. Este procedimiento asegura una trazabilidad de ejecución donde cada partida tiene un respaldo físico y paramétrico.

No obstante, el sistema contempla la posibilidad de garantizar el control para aquellas unidades no modeladas (como los costes indirectos) las cuales se integran mediante carga manual de datos directamente en BEXEL [2], consolidando un balance económico integral.

Como se sintetiza en el flujo operativo de la Figura 9, este ecosistema digital permite realizar una comparativa de forma continua. Al confrontar la planificación teórica con la realidad ejecutada, se cierra el ciclo de gestión predictiva capaz de detectar y corregir desviaciones en tiempo real.

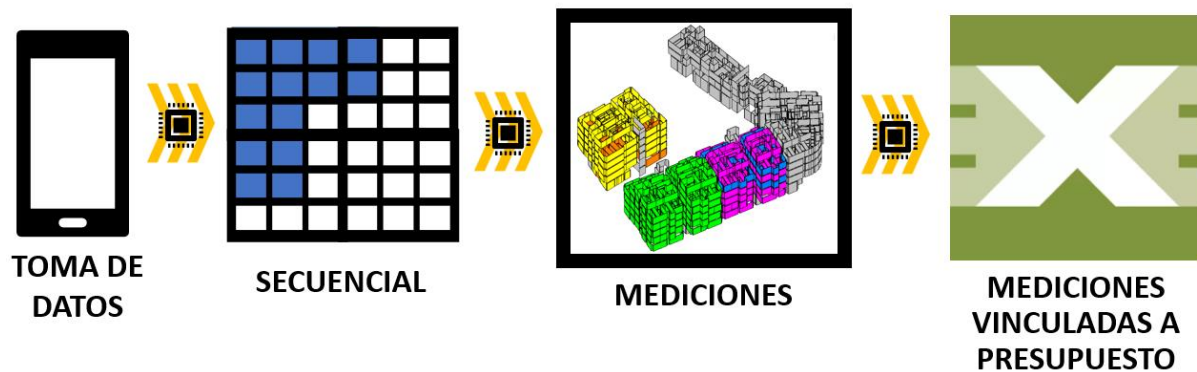


Figura 9. Flujo simplificado completo de control de avance

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del procedimiento descrito transforma el modelo BIM en una herramienta activa de control del avance de ejecución de una obra, más allá de su uso como soporte gráfico o de mediciones finales. Al centralizar en el modelo la información relativa a la ejecución se mejora la coherencia entre lo ejecutado y lo planificado.

La toma de datos digital va a permitir un control de avance 100% colaborativo.

Desde el punto de vista del arquitecto técnico, uno de los resultados más relevantes es el incremento de la capacidad de análisis y un detrimento en tareas carentes de valor, como medir a mano en obra, o controlar las mediciones en hojas de cálculos con nula automatización. Esta capacidad de análisis se potencia con el uso de visores BIM, en los cuales podemos usar parámetros, filtros y visualizaciones gráficas que permiten detectar de forma temprana incoherencias en el modelo, errores de tipología o desviaciones en el estado real de ejecución, facilitando una toma de decisiones más informada.

Este enfoque reduce la dependencia de revisiones posteriores y favorece un control más sistemático, especialmente en obras con un elevado número de unidades repetitivas.

La metodología expuesta ha sido validada mediante un proyecto piloto desarrollado en dos tipologías de edificación diferenciadas: un complejo residencial de 65 viviendas y una residencia para mayores, ambas en fase de ejecución de estructura. Si bien la captura de datos y el flujo automatizado en fases de acabados e interiores cuenta con un histórico de tres años de implantación en la compañía, estas pruebas piloto van a permitir extender el sistema a las fases de estructura y envolventes, y lograr una integración con el ERP corporativo a través de BEXEL.

Para cuantificar el impacto de esta transición digital frente a los procesos analógicos tradicionales, se han monitorizado los siguientes indicadores de rendimientos:

- Grado de digitalización: se ha alcanzado un 100 % de modelado en Revit, incluyendo una revisión exhaustiva de mediciones sobre el modelo previo al inicio de obra.

- Optimización de procesos: la implementación de secuenciales automatizados ha permitido una reducción de tiempos de gestión de 70 %, eliminando el volcado manual de datos y la consolidación de hojas de cálculo dispersas.
- Calidad y fiabilidad del dato: se observa una mejora en la aceptación de proformas y certificaciones; el 80 % de las mediciones extraídas del modelo no requiere revisiones ni es rechazado por los proveedores.

Transparencia y colaboración: la adopción del CDE ACC como soporte de información ha permitido que el 60 % de la Dirección Facultativa y de los Proveedores interactúen directamente con el modelo, reduciendo las discrepancias [3].

4. CONCLUSIONES

El procedimiento expuesto en este trabajo demuestra que la integración del control de producción en un entorno digitalizado aporta ventajas competitivas en términos de fidelidad métrica, eficiencia operativa y trazabilidad. La transición de métodos analógicos a flujos de trabajo automatizados no solo mitiga el riesgo de error humano, sino que redefine el uso del modelo BIM, transformándolo de una herramienta de representación a una infraestructura de datos viva y auditable.

Las principales conclusiones de esta implementación son:

1. Eficiencia: La automatización de tareas repetitivas y el volcado masivo de datos liberan al técnico de cargas administrativas, permitiéndole centrar sus esfuerzos en el análisis crítico, la supervisión de la calidad y la toma de decisiones.
2. Dato único: Modelo BIM como fuente única de verdad. La vinculación directa entre la toma de datos y el CDE garantiza que la información sea coherente en todas las dimensiones del proyecto (3D, 4D y 5D).
3. Evolución: Enfoque alineado con la transformación del Arquitecto Técnico e Ingeniero de Edificación hacia un entorno BIM, con una capacidad analítica superior y orientado a la gestión integral y tecnificada del proceso constructivo.

En definitiva, la metodología presentada no solo optimiza el control de avance, sino que sienta las bases para una construcción 4.0 más transparente, conectada y eficiente, adaptada a las exigencias de la edificación del siglo XXI.

5. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- BIM: Building Information Modeling.
- ERP: Enterprise Resource Planning.
- CDE: Common Data Environment.
- ACC: Autodesk Construction Cloud.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sesiones de la mesa de constructoras de la Building Smart. Utilidad del modelo BIM en obra <https://www.buildingsmart.es/2024/03/21/usabilidad-de-los-modelos-de-dise%C3%B1o-en-la-fase-de-obra/>
- [2] Funcionalidades de Bexel manager. <https://bixelmanager.com/bixel-manager/>
- [3] Análisis de la implantación del CDE en obra, usos y funcionalidades <https://www.buildingsmart.es/2023/06/23/an%C3%A1lisis-de-la-implantaci%C3%B3n-del-cde-en-obra/>