

Metodología BIM en grandes puentes: del proyecto tradicional a la automatización de procesos. Coordinación entre ingeniero y modelador.

*BIM methodology in large bridges: from traditional project to process automation.
Coordination between design engineer and BIM team.*

Roberto Alía Cuadrado^a, Antonio Carnerero Ruiz^b, Belén Ortiz de la Torre Collantes^c, Kilian Karius^d, Juan Carlos Alcobendas Gutiérrez^e

^a Arquitecto. Leonhardt, Andrä und Partner. BIM Manager. roberto.alia@lap-consult.com

^b PhD ICCP. Leonhardt, Andrä und Partner. Director Sucursal Madrid. antonio.carnerero@lap-consult.com

^c Msc ICCP. Leonhardt, Andrä und Partner. Ingeniero de proyectos. belen.ortiz@lap-consult.com

^d Dipl. Ing. Leonhardt, Andrä und Partner. Ingeniero de proyectos. kilian.karius@lap-consult.com

^e Delineante. Leonhardt, Andrä und Partner. BIM Modeller. juancarlos.alcobendas@lap-consult.com

RESUMEN

La metodología BIM, con los requerimientos actuales dista mucho del concepto de BIM como representación 3D de un modelo. Lejos de suponer un mero cambio de representación de los proyectos, el BIM engloba un nuevo enfoque que obliga al ingeniero proyectista a reorganizar también su metodología de trabajo. El modelador BIM aparece como una figura activa en la definición del proyecto, alejándose de la idea tradicional del delineante. El proceso de respuesta a los nuevos usos y requerimientos BIM será explicado a través de tres ejemplos de la obra reciente de Leonhardt, Andrä und Partner.

ABSTRACT

BIM methodology is, with all new requirements, significantly distant from the simple idea of BIM as 3D modelling. Far from being just a change in project's graphic representation, BIM encompasses a whole new approach that forces design engineers to reorganize their own working methodology. BIM modeller appears as a new and active role in project's definition, moving forward from the traditional conception of a draftsman. This process of meeting new BIM uses and requirements will be explained through three specific examples from the recent work at Leonhardt, Andrä und Partner.

PALABRAS CLAVE: BIM, Puentes, Entregables, Usos, Modelado, Daugava, Horb, Mainflingen

KEYWORDS: BIM, Bridges, Deliverables, Uses, Modelling, Daugava, Horb, Mainflingen

1. De delineante a modelador

Tradicionalmente, la representación gráfica del proyecto de estructuras ha estado ligada a la figura del delineante: un profesional especializado en el uso de herramientas de representación 2D con las que dar soporte gráfico a la definición global del proyecto. La metodología BIM ha supuesto un giro

copernicano al colocar un nuevo elemento —el modelo— en el centro del proceso de representación, y así la documentación 2D pasa a transformarse tan sólo uno de los múltiples usos a los que puede destinarse.

1.1 Nuevos roles para nuevas funciones

En este cambio de metodología, en el que se hace necesario el abordaje de nuevas funciones y tareas, es necesaria una renovación

en los roles implicados en la producción de los entregables BIM. Si antes el delineante se encargaba de representar el proyecto, ahora el modelador se encarga de construirlo digitalmente, y de dotar al modelo de información semántica (esto es, información no geométrica). Es necesaria, por tanto, la incorporación al proceso de diseño de perfiles profesionales que además de tener amplio conocimiento sobre las herramientas de modelado, tengan también nociones técnicas y sean capaces de gestionar la base de datos que es el modelo BIM.

Lejos de quedar circunscrito al ámbito de la representación, el BIM añade también una nueva dimensión en la relación proyecto-proyectista: los nuevos requerimientos BIM varían la complejidad y exigencia de los proyectos, y potencian la generación de nuevos flujos de trabajo con los que dar respuesta a los mismos.

1.2 Usos del modelo

El modelo BIM, por tanto, se convierte en el contenedor de tantos usos como establezcan los requisitos del proyecto. Al ser todos ellos usos asociables a un modelo tridimensional (3D), existe cierto consenso internacional para nombrar como dimensiones adicionales algunos de los usos BIM más comunes y extendidos, tales como la planificación temporal (4D) o la extracción de mediciones (5D) [1].

Estas aplicaciones, junto con la extracción de planos 2D y la coordinación 3D para detección de conflictos son actualmente los usos más extendidos [2]. Por este motivo, se explicará el proceso de generación de modelos para estos fines a través de tres ejemplos concretos de grandes puentes desarrollados recientemente por Leonhardt, Andrä und Partner (LAP), abordando las estrategias básicas para la obtención de modelos BIM que sirvan a los citados usos y haciendo hincapié en la

evolución de los flujos de trabajo con respecto a la representación gráfica tradicional.

2. Representación vs. modelado: Del trazo al dato.

El salto metodológico del CAD al BIM supone desplazar las herramientas habituales para la representación, y valerse de otras nuevas que sean capaces de dar respuesta a los nuevos requerimientos. El cambio más evidente es, probablemente, el paso de un entorno bidimensional a uno tridimensional en el que ya no es suficiente con aportar los criterios rectores que definen la geometría de los elementos del proyecto. Además, se hace necesario trasladarlos a una realidad construida digitalmente, de forma que esa traslación suponga una doble verificación.

Este salto de la representación a la construcción digital, del 2D al 3D, abre un nuevo flujo de comunicación bidireccional entre el proyectista y el modelador. El modelo ya no sólo recibe y acumula información, sino que también es capaz de brindarla, ayudando a resolver con mayor eficiencia conflictos de naturaleza geométrica.

2.1 Variables para la definición geométrica de elementos

Un primer aspecto destacable en este nuevo flujo de comunicación proyectista-modelador es la forma de transmitir la información geométrica del proyecto. Si bien el CAD sigue siendo una herramienta no sólo válida sino también útil para trasladar cierta información, se torna incompleta para el modelado. Al ser necesario aportar información más precisa y pormenorizada, el paso natural se ha producido hacia la definición de variables matemáticas como fuente de datos.

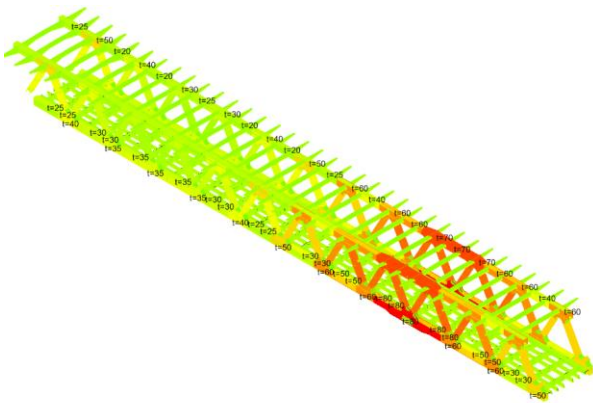


Figura 1. Puente sobre el río Daugava. Dimensionado de elementos a través de variables.

Para definir dimensiones geométricas y espesores en todos y cada uno de los elementos del puente sobre el río Daugava, por ejemplo, se definieron más de 30 variables que controlaban los valores dimensionales de cada elemento en cada posición del puente (figura 1). Esto permitió no sólo una precisión absoluta en el modelado, sino que también facilitaba el control sobre posibles actualizaciones que el modelo sufriera durante la fase de proyecto.

No obstante, las variables pueden tener un uso más amplio que la simple definición dimensional de los objetos: en el mismo proyecto, se usaron variables booleanas y de números enteros para la asignación paramétrica de elementos a lo largo de la estructura, con resultados igualmente satisfactorios.

Cabe destacar que esta aproximación es, a día de hoy, perfectamente aproximable con herramientas comerciales de modelado, plugins y herramientas de programación aplicada a éstos.

2.2 Verificación geométrica a través del modelo

En el transcurso de proyectos como el puente sobre el valle del Neckar, en Horb, el modelo sirve también como método de control geométrico. La verificación no sólo se produce como control de calidad por parte del equipo modelador, sino que también es una herramienta para el ingeniero de proyecto. No obstante, esta

forma de trabajo exige una definición temprana de variables geométricas así como la resolución de algunos detalles específicos que, en caso de proyectos desarrollados en 2D, podían resolverse en etapas más avanzadas del proyecto. Construir digitalmente implica, en casos específicos, alcanzar un mayor grado de definición en ciertos elementos desde el comienzo del proyecto.

Esta verificación, que bien puede producirse tridimensionalmente (figura 2), también puede comprobarse de forma estadística a través de secciones 2D. Cabe incluso la posibilidad de aprovechar el potencial de las herramientas de programación aplicada al modelado, y extraer información de forma sistemática para evaluar gran cantidad de datos simultáneamente. Estos datos, según las exigencias de cada proyecto, podrán ser también incorporados a los elementos del modelo, como parte de la información contenida en ellos.

2.3 Extracción de planos 2D

En paralelo a la generación del modelo, la producción de planos 2D sigue formando parte esencial de los entregables necesarios para la completa definición del proyecto. Tanto es así, que el ejercicio de extracción de planos debe suponer una guía para la re-lectura del proyecto modelado, restituyendo su representación a los criterios rectores que lo han generado.

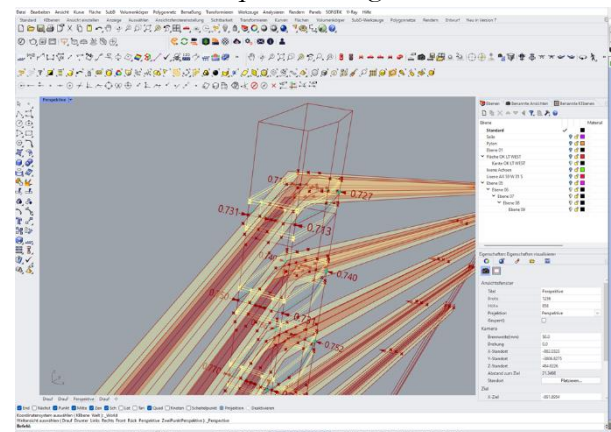


Figura 2. Puente sobre el valle del Neckar, Horb. Verificación geométrica a través del modelo.

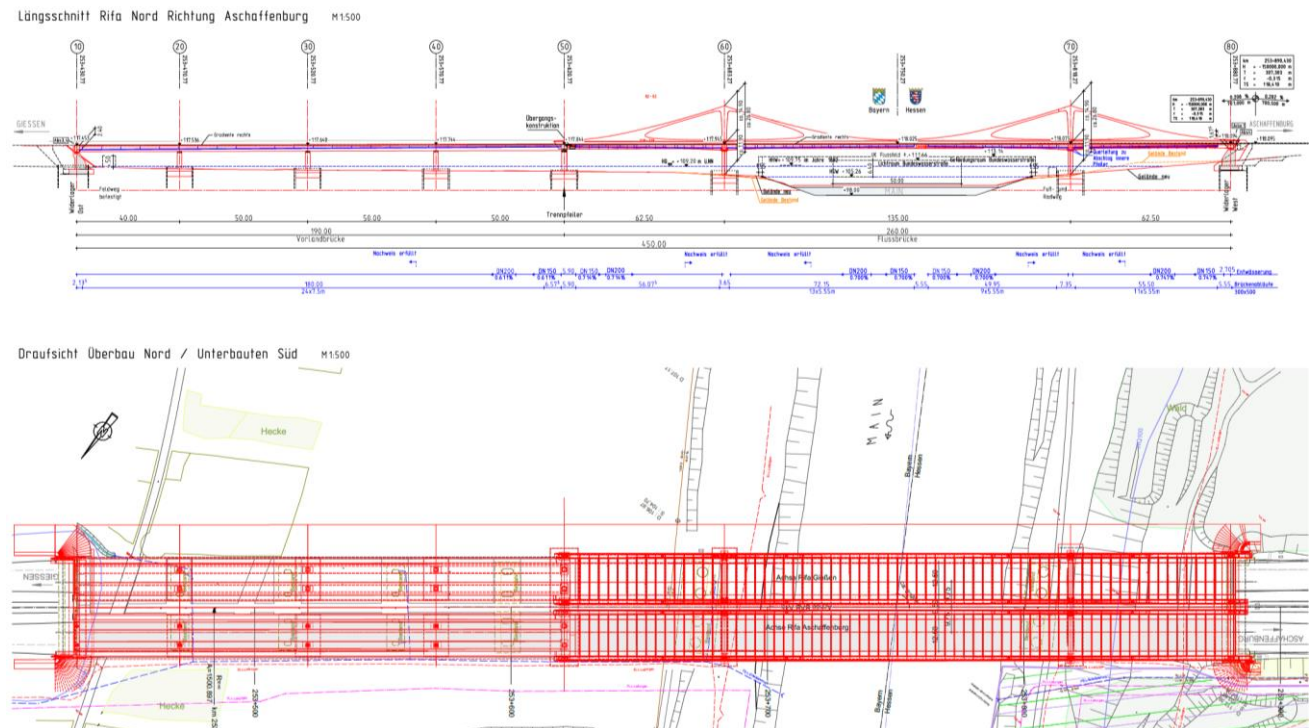


Figura 3. Puente de Mainflingen. Rojo: elementos extraídos del modelo. Resto: elementos 2D.

Aquí, modeladores e ingenieros asumen un nuevo enfoque para la tarea de producción de planos, suponiendo ésta un ejercicio de síntesis del proyecto modelado, y a la vez una guía para la interpretación del mismo. Es importante entender que, al no ser la representación 2D el único uso ni, en muchas ocasiones, el más determinante durante el modelado de un gran puente, puede haber diferencia de criterio o simplificaciones del modelo que precisen ajustes posteriores para la representación 2D.

Es una práctica habitual, si las condiciones establecidas en el Plan de Ejecución BIM (BEP, por sus siglas en inglés) lo permiten, el combinar elementos 3D con la superposición de elementos 2D para la completa definición de planos. Esto, lejos de entenderse como una desventaja, es una más de las potencialidades de la metodología BIM, que permite ajustar el nivel de definición geométrica (Level of Geometrical definition, o LoG) de cada elemento en función de la fase de proyecto, o de la complejidad del mismo. En el ejemplo de puente de Mainflingen (figura 3), se puede apreciar dibujado en rojo

todo elemento extraído directamente del modelo, mientras que todas las adiciones 2D aparecen representadas en otro color.

2.4 Flujo de trabajo iterativo

El nuevo enfoque que supone el modelado implica, como puede extraerse de lo anteriormente expuesto, un cambio en la concepción tradicional del proyecto. El modelado paramétrico abre la posibilidad a una mayor eficiencia y control en los cambios que puedan producirse durante la fase de diseño. No obstante, obliga también a trazar de forma precisa y previsible la estructura jerárquica entre modelos, elementos y subelementos, planificar las posibles variaciones que éstos vayan a sufrir y anticiparse a ellas desde el diseño de objetos BIM.

En base a la experiencia de LAP durante años trabajando en proyectos de diferentes escalas y niveles de definición, esta planificación del modelo BIM implica alterar, en muchos casos, el orden tradicional de definición de

elementos y obliga a estudiar en etapas iniciales del proyecto ciertos detalles que podían carecer de importancia en un proyecto 2D. Es en este tipo de procesos en los que los nuevos perfiles profesionales, con conocimientos no sólo de la metodología BIM sino también técnicos, actúan como facilitadores en la toma de decisiones estratégicas y operativas para acometer de forma exitosa proyectos BIM.

3. Detección de interferencias

Otro de los principales usos que suele darse a los modelos BIM es la coordinación 3D entre los propios elementos del modelo, y de éstos con otros modelos complementarios. Esto puede facilitar la inspección visual de elementos cuya interferencia pueda suponer un problema futuro en fase de construcción del activo.

No obstante, para un control exhaustivo de las interferencias producidas entre elementos de uno o varios modelos, lo habitual es establecer una jerarquía de prioridades y tolerancias, de forma que cada interferencia pueda ser identificada, categorizada y resuelta de forma óptima. Las aproximaciones a este uso, de

nuevo, vienen condicionadas por las exigencias del BEP, y a menudo tienen implicaciones en el LoG, o en el nivel de información necesario (Level of Information, o LoI).

3.1 Clasificación de elementos y matrices de interferencias

El primer paso para establecer un proceso de control de interferencias riguroso es clasificar todos los elementos del modelo siguiendo un cierto criterio. Éste puede estar ligado a la función del elemento, a la posición que ocupa en el modelo, o a cualquier otro criterio establecido por los requerimientos BIM del proyecto.

Sirva el ejemplo de la matriz de interferencias usada para el puente sobre el río Daugava (figura 4). Al margen de la pormenorización específica del proyecto, basta con entender que para cada par de categorías A y B definidas en la tabla cuyo cruce aparece marcado en rojo, debe producirse un análisis de interferencias entre los elementos de la fila A y los de la columna B, con la tolerancia fijada para ese cruce, definida en milímetros (para el caso de este proyecto, entre 10 mm y 50 mm).

Per Building Object Tolerance (m)	Discipline	Bridges																
Discipline	Set Description (according to Component_type)	Abutment_beam	Abutment_elevation	Abutment_Transition_Block	Abutment_earthwork_fill	Anchorage_plate	Back_wingwall	Ballast	Ballast_stopper	Barrier	Bearings_abutment	Bearings_pier	Bituminous_layer	Cable_duct	Cable_duct_cover	Cantilever_deck	Catenary_foundation_deck	Concrete_lay_bed
Bridges	Abutment_beam		0.01				0.01				0.01							
	Abutment_elevation	0.01					0.01				0.01		0.01					
	Abutment_Transition_Block				0.02		0.01											0.01
	Abutment_earthwork_fill			0.02			0.01											
	Anchorage_plate																	
	Back_wingwall	0.01	0.01	0.01	0.01								0.01	0.01				0.01
	Ballast								0.01									
	Ballast_stopper							0.01									0.01	
	Barrier																	
	Bearings_abutment	0.01	0.01															
	Bearings_pier																	
	Bituminous_layer		0.01				0.01											
	Cable_duct						0.01										0.01	
	Cable_duct_cover																0.01	
	Cantilever_deck																	0.01
	Catenary_foundation_deck							0.01						0.01	0.01			
	Concrete_lay_bed			0.01			0.01									0.01		

Figura 4. Puente sobre el río Daugava. Extracto de la matriz de interferencias.

Todos aquellos elementos del modelo agrupados en estas dos categorías que se superpongan espacialmente por encima de la tolerancia fijada se listarán como una interferencia que deberá ser resuelta o justificada para considerar que el modelo satisface las exigencias mínimas descritas en el BEP. La precisión del modelado, por tanto, se verá condicionada por la tolerancia que se fije en la matriz de interferencias y cada objeto deberá contener un atributo específico donde se almacene la información correspondiente a la categoría a la que pertenece desde el punto de vista del control de interferencias.

3.2 Control visual en la resolución de interferencias

Una vez pormenorizados los casos de interferencias posibles, tendrá que analizarse cada caso mediante una inspección visual. Esta revisión, de nuevo, debe ser realizada por un perfil técnico que sea capaz de analizar la naturaleza de la interferencia, categorizar su importancia, y en su caso, proponer acciones para su resolución.

Debe entenderse cuál es el verdadero propósito de un control de interferencias en el día a día de un proyecto BIM, que en ningún caso es obtener modelos con interferencias nulas, sino más bien detectar todos aquellos

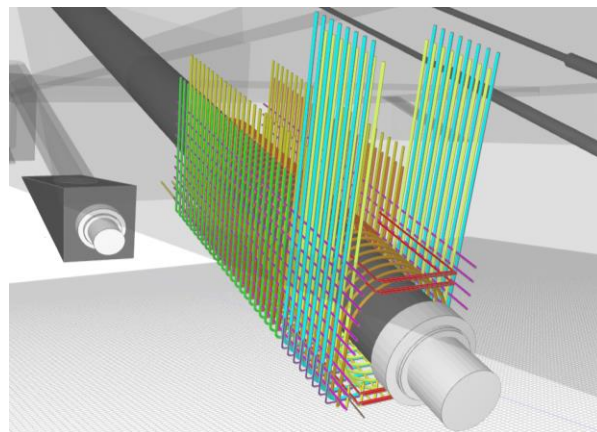


Figura 6. Puente sobre el valle del Neckar. Horb. Clasificación de armaduras por posición.

posibles conflictos virtuales que de manera positiva puedan generar conflictos reales en fase de construcción.

De hecho, es habitual encontrar interferencias esperables y controladas entre elementos del modelo, si éstas surgen como decisión del proceso de modelado por simplificación de la realidad (al fin y al cabo, un modelo siempre lo es). En el puente sobre el río Daugava se simplificó, por ejemplo, el modelado del relleno de hormigón del cordón inferior, apareciendo de esta forma durante el proceso de control una interferencia que, pese a superar los criterios de tolerancia definidos, resultaba perfectamente justificable, y no presentaba un conflicto de cara a la ejecución de los elementos implicados (figura 5).

3.3 Coordinación 3D como mejora en el control geométrico del proyecto

Tal como se ha expuesto, el control exhaustivo de las interferencias en un proyecto cambia el enfoque desde el que el proyectista diseña, trasladando en numerosas ocasiones a la fase de diseño la resolución de problemas que se planteaban sólo en obra. Esto supone, como es evidente, un trasvase de tiempo y esfuerzo dedicados en fase de proyecto, para ahorrarlos en fase de ejecución. Pero también, sin duda, abre la puerta a un mayor control en la toma de

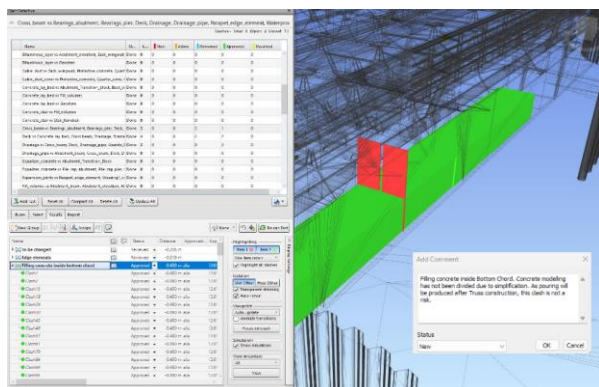


Figura 5. Puente sobre el río Daugava. Interferencia justificada entre elementos.

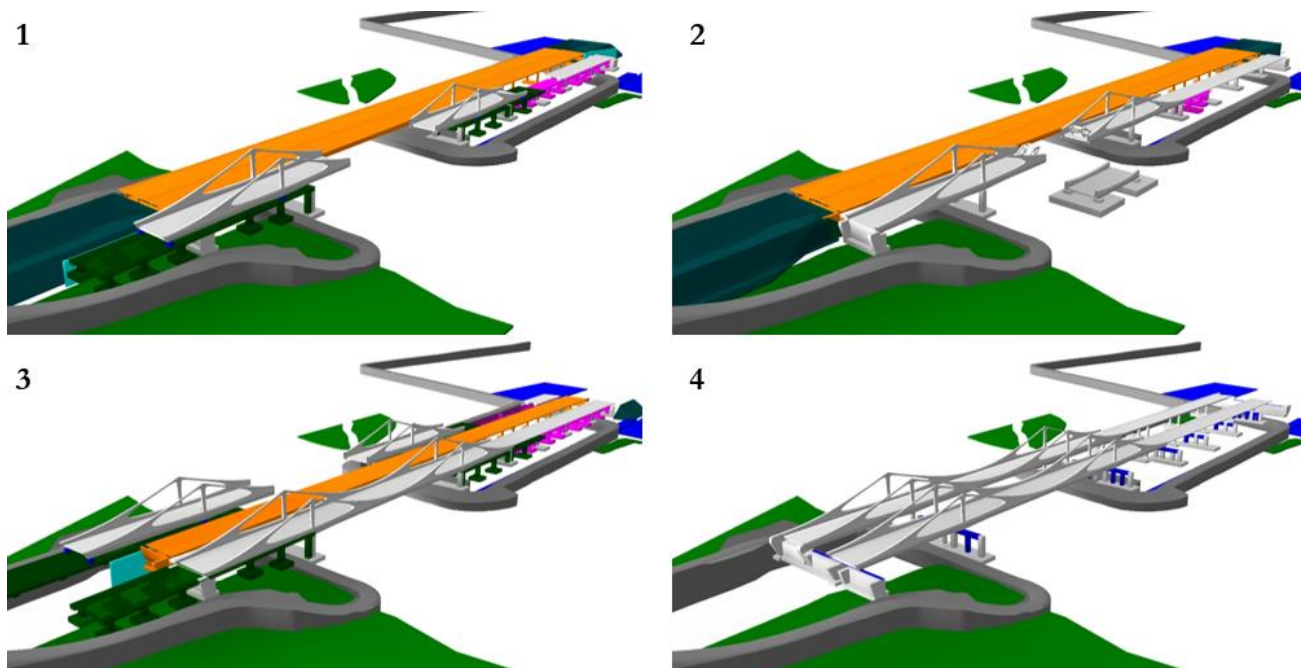


Figura 7. Puente de Mainflingen. Representación de la planificación temporal.

decisiones por parte del proyectista, siendo capaz de profundizar en el análisis geométrico y la definición de soluciones gracias al uso de herramientas BIM. Es el caso, por ejemplo, de la definición de armadura en elementos especialmente congestionados (figura 6), donde el control de interferencias puede ya no solo servir al cumplimiento del BEP, sino también como herramienta interna de trabajo.

4. Planificación temporal en BIM

Al igual que el control de interferencias, la implementación de la planificación temporal a través de modelos BIM implica una planificación previa para dar cumplimiento a los requerimientos del BEP a este respecto.

Análogamente, existirán implicaciones en el LoG y en el LoI de cada elemento, así como al nivel de granularidad de los elementos del modelo: si se pretende, por ejemplo, ejecutar un elemento en varias fases, el modelado deberá reflejar ésta situación para poder representarla correctamente a través del modelo. En el modelo BIM del Puente de Mainflingen, esto condicionó el modelado del tablero, que fue necesario dividir

en tantos elementos como fases de ejecución previstas para el mismo (figura 7).

Al tratarse de una tarea desarrollada con anterioridad al uso de modelos BIM, es importante considerar los criterios y prácticas habituales en materia de planificación temporal (codificaciones, divisiones temporales, etc.) a la hora de trazar su estrategia de implantación en los proyectos BIM. Asimismo, ha de atenderse a las herramientas utilizadas a tal fin, para detectar sus condicionantes propios y las posibles limitaciones.

En el caso del puente sobre el río Daugava, los flujos de trabajo internos combinados con el uso de aplicaciones para el control de interferencias supuso definir una asignación de tareas en tres niveles de jerarquía: Tarea, Subtarea, y Fase. Cada posible combinación de estos tres valores contenidos en cada elemento o grupo de elementos del modelo era después asignada a una barra de tareas concreta. De esta forma pudo darse respuesta a los requerimientos establecidos por el cliente encauzando también el modelado de información 4D dentro de los flujos de trabajo ya existentes, lo cual supuso una optimización en la implementación de este uso BIM.

5. El presupuesto es el modelo: control de costes del proyecto en manos del modelo

La idea de que modelar para medir es un método más rápido que el tradicional uso del CAD [3] es una idea tan extendida como matizable en base a la experiencia. Sí es cierto que la consistencia de los datos obtenidos de los modelos BIM constituye una gran ventaja competitiva frente a otros métodos. No obstante, y redundando en una idea extensible a todos los posibles usos asociables a un modelo BIM, la implementación de este uso implicará una necesaria planificación de la información relacionada con la clasificación de elementos para su cuantificación.

Existen diversas aproximaciones a la clasificación de elementos, desde el uso de sistemas de clasificación de elementos ya existentes e implantados como Uniclass o el reciente RCEclass[4], hasta la creación de sistemas de clasificación propios, pasando por modelos híbridos que combinan sistemas de clasificación con codificaciones específicas. El concepto detrás de todas ellas, sin embargo, es el mismo: la asignación de elementos en función de sus atributos a unidades concretas de ejecución, para su agrupación, cuantificación y eventual valoración.

5.1 Modelar para medir

En cualquiera de las aproximaciones, es importante garantizar que los elementos del modelo contienen la información necesaria para ser medidos conforme a los criterios de medición establecidos en cada caso.

En general, el dato contenido de forma unívoca y propia en todos los objetos BIM es su Volumen, por lo que todas las unidades cuya unidad de medida coincida con éste supondrán un menor reto a la hora cuantificarlos. Del mismo modo, elementos que se midan por unidades podrán ser fácilmente obtenidos. Otros

atributos como superficies o longitudes habrán de preverse en el diseño de los objetos BIM a fin de parametrizar y almacenar correctamente sus valores.

5.2 Clasificación de elementos para obtención de mediciones

El caso del puente sobre el río Daugava es un ejemplo de asignación de elementos a unidades a través de un modelo híbrido de clasificación, en el que se combina el sistema Uniclass 2015 con una codificación propia de 6 dígitos para pormenorizar las diferentes unidades de obra que surgieran durante el proceso de redacción del proyecto. En éste caso, el reto de coordinación residía en la actualización de la base de datos única de unidades de obra, que debía ser compartida para todos los diseñadores implicados en las distintas estructuras de un tramo concreto del trazado. La experiencia en proyectos de ésta índole verifica la vital importancia de un entorno común de datos (Common Data Environment, o CDE) ya no sólo para los modelos sino también para fuentes de datos compartidas entre los actores que integran cualquier proyecto BIM. En la traslación del sistema de clasificación al modelo, a cada elemento se le dotaba de atributos en los que se almacenaban los dos códigos ya descritos, de forma que pudieran ser posteriormente agrupados en función de éstos.

La operación de agrupación de elementos y cuantías fue realizado directamente

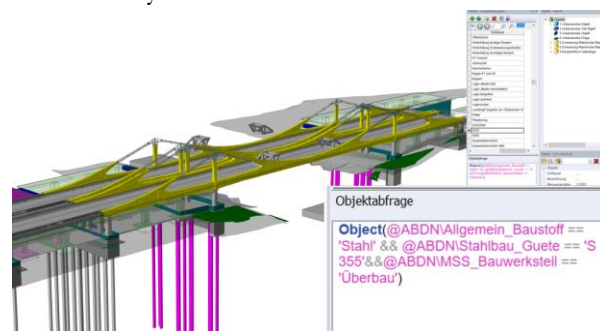


Figura 8. Puente de Mainflingen. Extracción de mediciones basada en reglas.

a través de la herramienta de nativa de modelado (en este caso Autodesk Revit), si bien la selección de los valores correspondientes a la unidad de medida de cada partida fue realizada en post-producción.

5.3 Parametrización de la obtención de mediciones

Aunque el método descrito en el punto anterior es perfectamente funcional y válido, la constante evolución de aplicaciones especializadas en usos BIM concretos hace que aparezcan también nuevas formas de dar respuesta a la extracción de mediciones a partir de modelos.

LAP ha explorado también esta forma de aproximación, extrayendo información directamente de modelos IFC con herramientas basadas en reglas.

En lugar de codificar elementos para su posterior clasificación a través de atributos dedicados exclusivamente a éste fin, es posible establecer reglas basadas en atributos ya existentes en los modelos. De esta forma, los objetos serán asignados a aquellas unidades para las que cumplan todas las condiciones establecidas. Es el método que se usó para la extracción de mediciones en el puente de Mainflingen (figura

8). Como ventaja con respecto al método de clasificación, este otro permite, extraer mediciones de un solo objeto para distintas unidades: un pilote, por ejemplo, puede ser el objeto usado para medir el volumen de hormigón necesario para su ejecución, pero también el volumen correspondiente a la perforación correspondiente. Esto puede ayudar a simplificar los modelos, evitando duplicidades de elementos, y reduciendo el tamaño de los entregables.

6. Buscando horizontes BIM: otros usos para los modelos

La metodología BIM está en constante cambio y evolución. Fruto de este proceso, nuevos usos BIM surgen para aportar valor añadido a la generación de modelos. Estos usos pueden ser de aplicación en todas las fases del ciclo de vida del activo. Recientemente, LAP ha tenido la oportunidad de implementar el uso del modelo a través de realidad aumentada durante la fase de ejecución del puente sobre el valle del Neckar, en Horb. La experiencia ha demostrado ser enriquecedora a diferentes niveles.

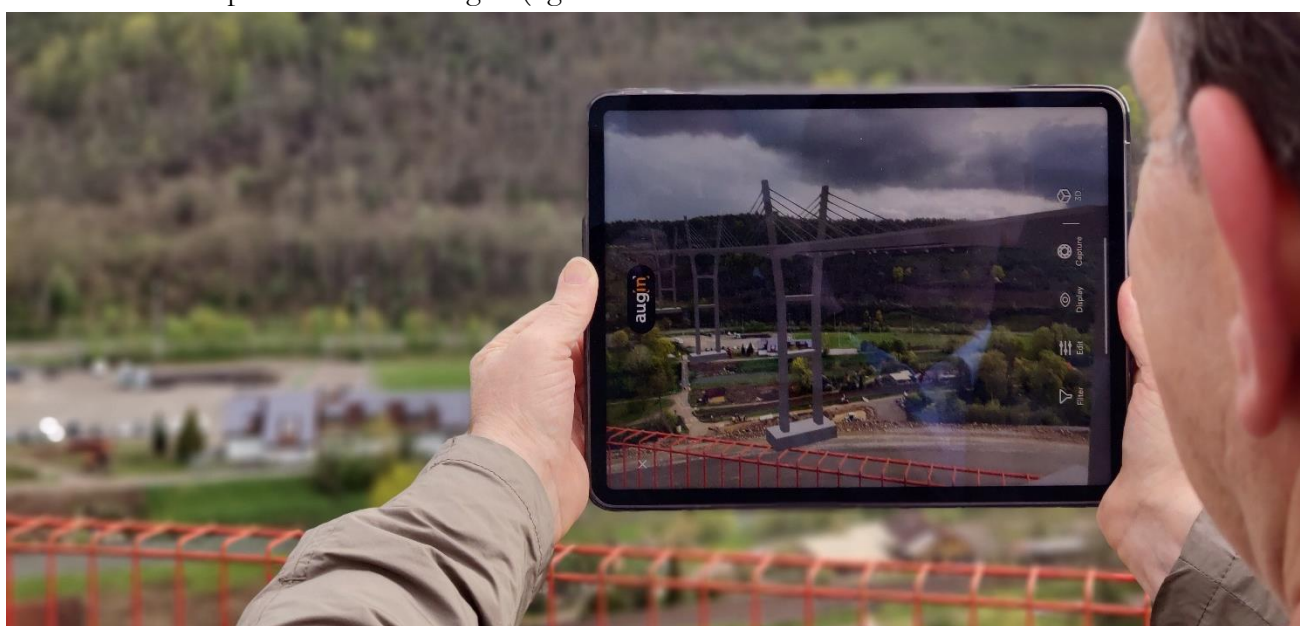


Figura 9. Puente sobre el valle del Neckar. Horb. Uso de realidad aumentada a partir de modelos BIM.

Desde un punto de vista técnico, el modelo puede usarse como un elemento de control y chequeo de la ejecución, extendiendo así el uso del modelo más allá de la fase de diseño. No obstante, el camino aquí aún es largo, y requiere de la colaboración de todos los agentes implicados en el proceso de construcción de un puente, así como de avances en el acercamiento de la tecnología BIM al uso en obra.

Por otro lado, desde un plano divulgativo, autoridades y visitantes son capaces de aproximarse al proyecto terminado mucho antes de finalizarse, ayudando así a entender cómo se integrará el puente en el emblemático paisaje de la Selva Negra. Y de esta forma, el BIM puede ser también un motor de acercamiento entre ingeniería y sociedad.

7. Conclusiones

La implantación de la metodología BIM, especialmente en los proyectos de grandes puentes, requiere de la incorporación de nuevos perfiles especializados que den respuesta a las nuevas exigencias técnicas que requiere el modelado geométrico y semántico de estructuras.

El manejo de la base de datos que conforma el modelo y su relación con todas las dimensiones del proyecto es, sin duda, el gran salto metodológico que apela no sólo a profesionales BIM especializados, sino también al ingeniero proyectista.

Agradecimientos

El trabajo sobre el que se fundamenta este artículo es fruto del esfuerzo y dedicación del enorme equipo de personas que forma Leonhardt, Andrä und Partner. Sirva este pequeño agradecimiento como reconocimiento a su labor diaria.

Referencias

- [1] Charef, R. & Alaka, H. & Emmit, S. (2018) Beyond the third dimension of BIM: Asystematic review of literature and assessment of professional views, *Journal of Building Engineering*. 19: 242–257.
- [2] Condado Castaño, G. (2024) El Observatorio de licitaciones públicas BIM, *Tramos*. 749: 20–30.
- [3] Wahab, A. & Wang, J. (2022) Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation, *Engineering, Construction and Architectural Management*. 29(2) 702–715.
- [4] Dirección General de Carreteras (2024) *Orden Circular OC 5/2024: Sobre el sistema de clasificación RCEclass*. MITMA.