



Received: 19-02-2017
Accepted: 03-03-2017

BIM, realidad aumentada y técnicas holográficas aplicadas a la construcción. BIM, increased reality and holographic techniques applied to construction.

Jaime Santamarta Martínez, Javier Mas Domínguez

Acciona Ingeniería S.A. (jaime.santamarta.martinez@acciona.com)

Resumen— La metodología BIM (Building Information Modelling), ampliamente implantada en el sector de la edificación y de la arquitectura, ha transformado la manera de desarrollar tanto los proyectos como las obras de construcción. Si bien la esencia de esta metodología se basa en la generación de un modelo tridimensional, la visualización de éste a través de dispositivos bidimensionales hace que la experiencia e interacción con el modelo no sea plena. Es por ello que la aparición en el mercado de nuevas tecnologías como la realidad virtual y la realidad aumentada, abren un amplio abanico de posibilidades ligadas al sector de la construcción. En este sentido, en Acciona Ingeniería se ha desarrollado un proyecto piloto en colaboración con Trimble y Microsoft donde a partir de un modelo BIM se ha creado una realidad aumentada basada en hologramas, que permitan recrear una simulación aplicada a la construcción.

Palabras clave— BIM, Holograma, Realidad Aumentada.

Abstract- The BIM (Building Information Modeling) methodology, widely implemented in the building and architecture sector, has transformed the way to develop both projects and construction works. Although the essence of this methodology is based on the generation of a three-dimensional model, the visualization of it through two-dimensional devices means that the experience and interaction with the model is not complete. That is why the appearance in the market of new technologies such as virtual reality and augmented reality, open a wide range of possibilities linked to the construction sector. In this sense, Acciona Engineering has developed a pilot project in collaboration with Trimble and Microsoft where, based on a BIM model, an augmented reality based on holograms has been created, allowing to recreate a simulation applied to construction.

Index Terms— BIM, hologram, augmented reality.

I. INTRODUCCIÓN

Al hablar de BIM, hablamos de un proceso enfocado al desarrollo, uso y transferencia de información digital del proyecto basado en la generación de un modelo informado y

permanentemente alimentado. En este entorno informatizado, la interoperabilidad entre los softwares empleados debe permitir aunar sobre un único modelo todo el trabajo colaborativo del proyecto.

J. Santamarta es director de la sección de BIM en la empresa Acciona Ingeniería S.A.

J. Mas es gerente del proyecto de BIM en la empresa Acciona Ingeniería S.A.

Si bien la esencia de esta metodología se basa en la generación de un modelo tridimensional, la visualización de éste a través de dispositivos bidimensionales hace que la experiencia e interacción con el modelo no sea plena.

La aplicación de la tecnología de realidad aumentada empleando los dispositivos HoloLens, significa una mejora cualitativa de los procesos de construcción por cuanto supone un ahorro en la fabricación de prototipos, así como una merma en la necesidad de que personal cualificado tenga que acceder al interior del arco. Esto consecuentemente reduce los riesgos inherentes de accidentes de los trabajadores, y una menor dedicación de horas hombre en la gestión de la documentación de prevención necesaria para poder ejecutar la obra.

El empleo de HoloLens supone crear un holograma de la pieza metálica auxiliar a partir del modelo BIM, de modo que cuando el operario acceda al punto de montaje de la misma, pueda efectuar un replanteo georreferenciado empleando únicamente el holograma. Este objetivo se consigue gracias a que el dispositivo HoloLens es capaz de escanear con unos sensores infrarrojos, georreferenciar la superficie física existente (el anillo de rigidización) y emplazar el holograma en las coordenadas absolutas sobre las que se creó el modelo BIM de la pieza metálica auxiliar.

Asimismo, HoloLens facilita el trabajo colaborativo ya que posee funcionalidades que permiten la comunicación remota mediante la creación de “salas de trabajo”. Esto lo que permite es que el operario que acceda al interior del arco pueda mostrar

en tiempo real al equipo técnico localizado en la oficina de obra, tanto la realidad física como el holograma que esté visualizando.

Desde un punto de vista comercial, la resolución gráfica, la interactividad con el modelo y en definitiva, su acercamiento a la realidad, conlleva a un objetivo básico del BIM. Se trata de la creación de un entorno verdaderamente colaborativo, ya que agentes no especializados en las fases de diseño, podrán interactuar aportando valor al proyecto sin que ello implique tener grandes conocimientos de las herramientas informáticas de modelado y diseño.

A. *Building Information Modelling (BIM)*

La metodología BIM, ampliamente implantada en el sector de la edificación y de la arquitectura, ha transformado la manera de desarrollar tanto los proyectos como las obras de construcción.

Al hablar de BIM, hablamos de un conjunto de procesos enfocados al desarrollo, uso y transferencia de información digital en un proyecto, basado en la generación de un modelo informado, permanentemente alimentado desde el diseño hasta el final de la vida útil de la infraestructura (Eastman, 2011).

En este entorno informatizado, la interoperabilidad entre los softwares empleados debe permitir junto con el trabajo colaborativo aunar sobre un único modelo todo el proyecto.

El desarrollo de la metodología BIM, implica incorporar en los procesos el concepto de multidimensionalidad: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D,



Fig. 1. Multidimensionalidad del BIM.

6D y 7D (figura 1), que posibilitarán alcanzar los objetivos establecidos en cada fase del ciclo de vida:

- 3D: Es un modelo gráfico donde los elementos que lo componen estarán dotados de toda la información del proyecto de forma integrada.
- 4D: Al modelo se le agrega la dimensión del tiempo. Permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción y diseñar el plan de ejecución.
- 5D: Abarca el control de costes y estimación de gastos de un proyecto. Está directamente relacionado con la mejora de la rentabilidad del proyecto. Se definen cantidad de materiales y costes, organización de gastos y estimación de costes operativos para la fase de uso y mantenimiento.
- 6D: La sexta dimensión de BIM (llamada Green BIM) brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que comience la construcción. Permite crear variaciones e iteraciones en los materiales utilizados, teniendo en cuenta incluso su situación, su posición y su orientación, en aras de llevar a cabo un diseño sostenible.
- 7D: Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados. Esta dimensión aporta el control logístico y operacional de la infraestructura durante su vida útil, logrando la gestión del activo a través de la optimización de procesos tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos o consumos.

De este modo, teniendo en cuenta el conjunto de todas las

dimensiones antes descritas, el objetivo general de esta metodología es mejorar, por tanto, los procesos de diseño, construcción y operación, reduciendo hasta un 30% los tiempos de ejecución, equipo y costes de producción.

B. Realidad aumentada

Si bien la esencia de esta metodología se basa en la generación de un modelo tridimensional, la visualización de éste a través de dispositivos bidimensionales hace que la experiencia e interacción con el modelo no sea plena.

Es por ello que la aparición en el mercado de nuevas tecnologías como la realidad virtual (Otero & Flores, 2011) y la realidad aumentada, abren un amplio abanico de posibilidades ligadas al sector de la construcción.

Mientras que la realidad virtual consiste en la inmersión en un entorno de modelo plenamente digital, la realidad aumentada reproduce elementos digitales aislados, sobre el entorno físico real (Serrano et al., 2012). Para ello, se hace uso de dispositivos bien tipo HMD (Head Mounted Display) bien soporte tipo Tablet o móvil.

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

En Acciona Ingeniería, se ha desarrollado un proyecto piloto en colaboración con la Dirección de Innovación de Acciona, Trimble y Microsoft, donde a partir de un modelo BIM se ha creado una realidad aumentada basada en hologramas, que permita recrear una simulación aplicada a la construcción (figura 2).

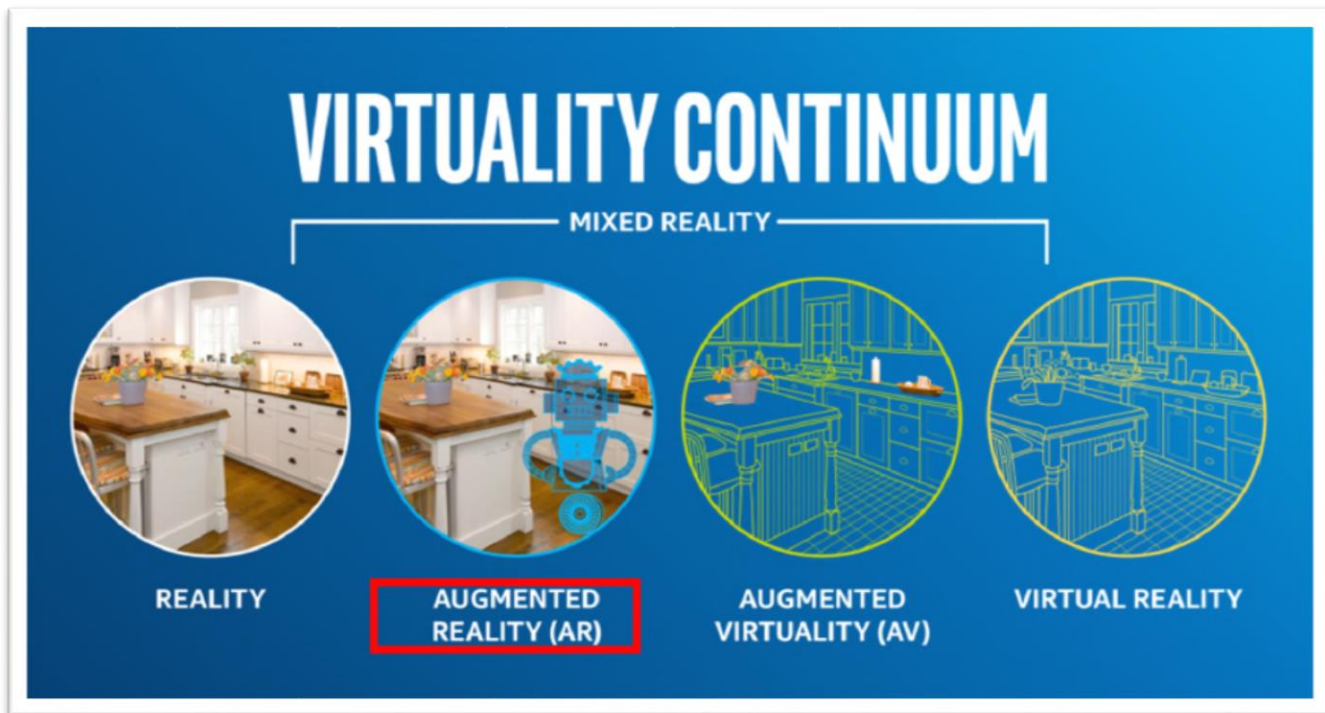


Fig. 2. Secuencia de la realidad física a la realidad virtual.



Fig. 3. Cubierta del parque de carbones de la central térmica de As Pontes.

Se ha tomado como dispositivo experimental la cubierta del parque de homogeneización de carbones (figura 3) de la central térmica de As Pontes (La Coruña) y se ha empleado HoloLens como equipo tecnológico de simulación.

A. Central térmica de As Pontes

En esta central, titularidad de Endesa, Acciona Ingeniería viene realizando labores de mantenimiento estructural predictivo, preventivo y correctivo. Entre las acciones correctivas programadas, se encuentra la sustitución de dos tirantes de la cubierta (la péndola 16 del arco 2 y la péndola 3 del arco 10) debido a su avanzado estado de degradación. La pérdida parcial de sección de acero de dichos tirantes hace que la estabilidad estructural de dichos arcos esté comprometida (figura 3).

El proceso de sustitución de dichas péndolas implica la instalación de una pieza metálica auxiliar sobre el anillo de rigidización dentro de cada uno de los mencionados arcos que sustentan la cubierta, con el objetivo de que ésta funcione como anclaje pasivo del tirante provisional necesario para el proceso de sustitución.

B. HoloLens

El dispositivo de Microsoft HoloLens, son unas gafas inteligentes (figura 4) que a la vez son un ordenador inalámbrico autónomo Windows 10. Utiliza sensores infrarrojos avanzados, una pantalla óptica montada en la cabeza 3D estereoscópica de alta definición y sonido espacial, para permitir aplicaciones de realidad aumentada, con la que el

usuario interactúa a través de la mirada, la voz y gestos con las manos.

Dicho dispositivo permite crear hologramas virtuales que pueden posicionarse sobre superficies físicas reales (figura 5). El dispositivo permite interactuar con dichos hologramas permitiendo mover los mismos, escalarlos, tomar medidas o rotarlos.



Fig. 4. Dispositivo HoloLens.

III. METODOLOGÍA

La recomendación de sustitución de la péndola 16 del arco 2 y de la péndola 3 del arco 10 queda recogida en los siguientes informes realizados para Endesa por Acciona Ingeniería:

- Informe de ejecución de los trabajos de reparación de vainas de las péndolas de la cubierta (Mayo 2013).
- Informe de comprobación de las péndolas de la cubierta (Septiembre 2015).

Para llevar a cabo la sustitución de dichas péndolas, Acciona

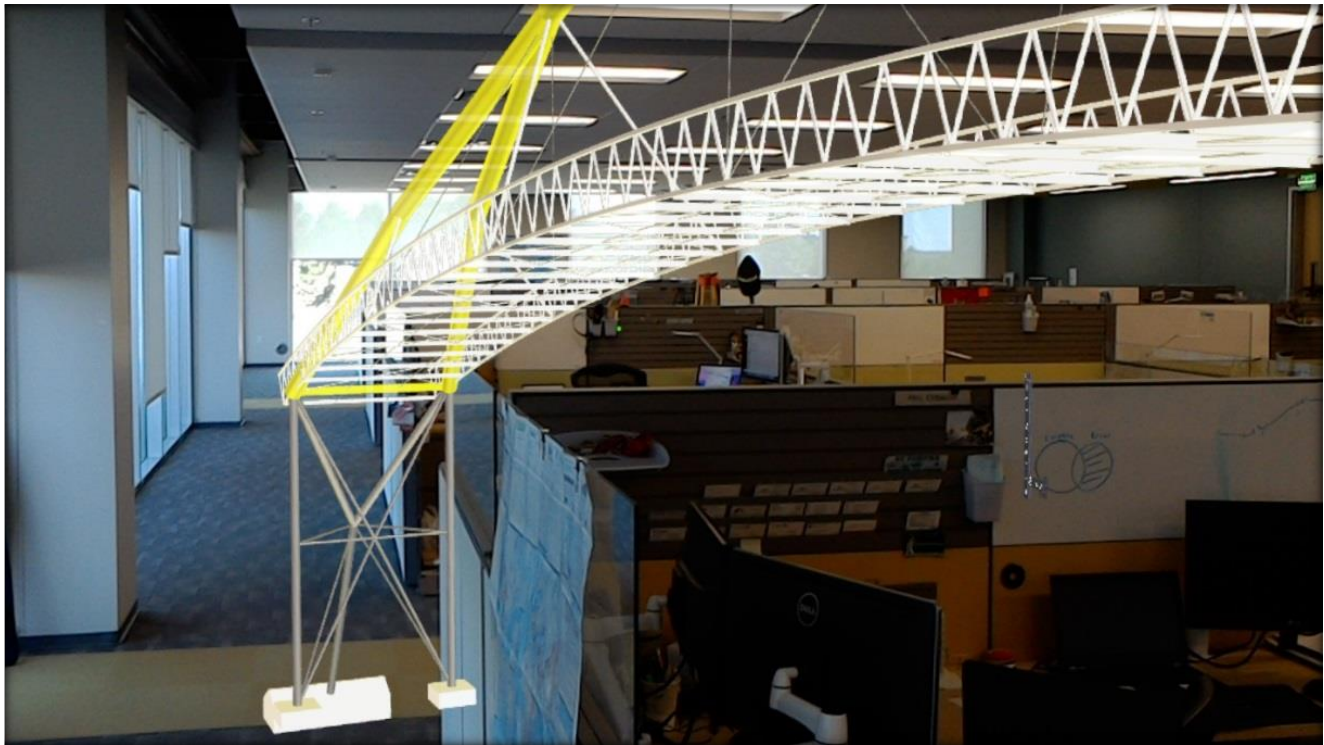


Fig. 5. Holograma de uno de los arcos de la cubierta de As Pontes.

Ingeniería llevó a cabo el siguiente proyecto:

- Proyecto de sustitución de la péndola 16 del arco 2 y de la péndola 3 del arco 10 (Diciembre 2015).

Se muestran a continuación una serie de planos extraídos del mencionado proyecto para ilustrar el alcance de los trabajos a realizar en la cubierta del parque de homogeneización de carbones de la central térmica de As Pontes. Se incluye un plano general de planta de la cubierta señalando los tirantes a sustituir

y, tomando como ejemplo la sustitución de la péndola 16 del arco 2 (figura 6), se incluye un alzado del arco (figura 7) y una vista frontal del anillo de rigidización (figura 8).

Uno de los puntos críticos del procedimiento de ejecución de la sustitución de los tirantes es la instalación de una pieza metálica auxiliar sobre el anillo de rigidización. Esta pieza se deberá soldar dentro de cada uno de los mencionados arcos que sustentan la cubierta, con el objetivo de que ésta funcione como

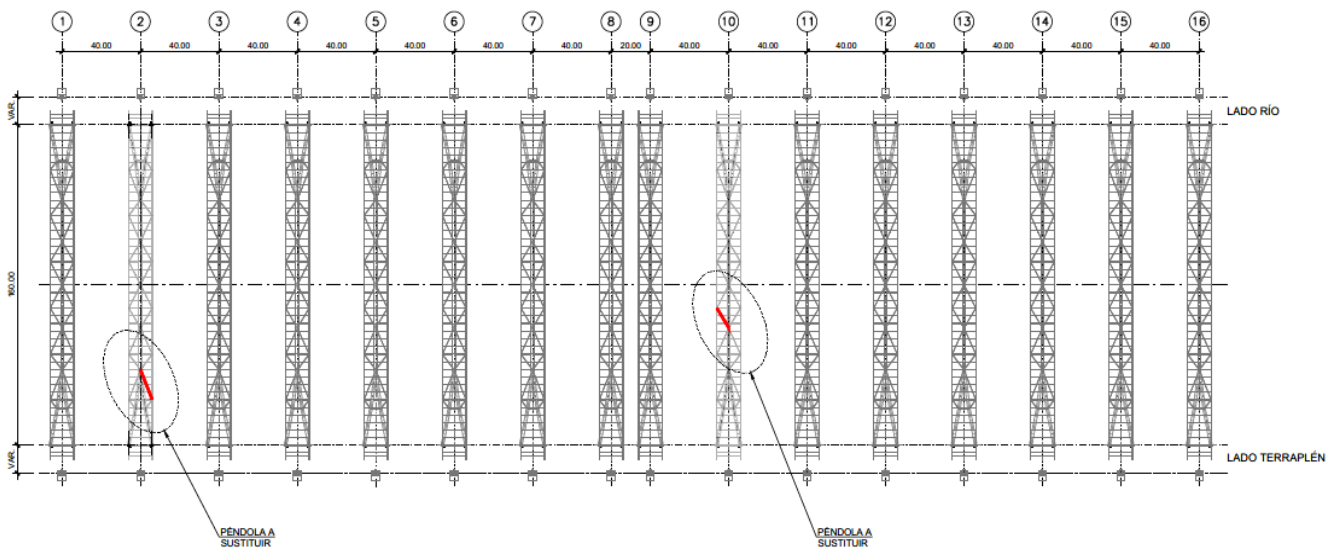


Fig. 6. Planta general de situación de los tirantes a sustituir.

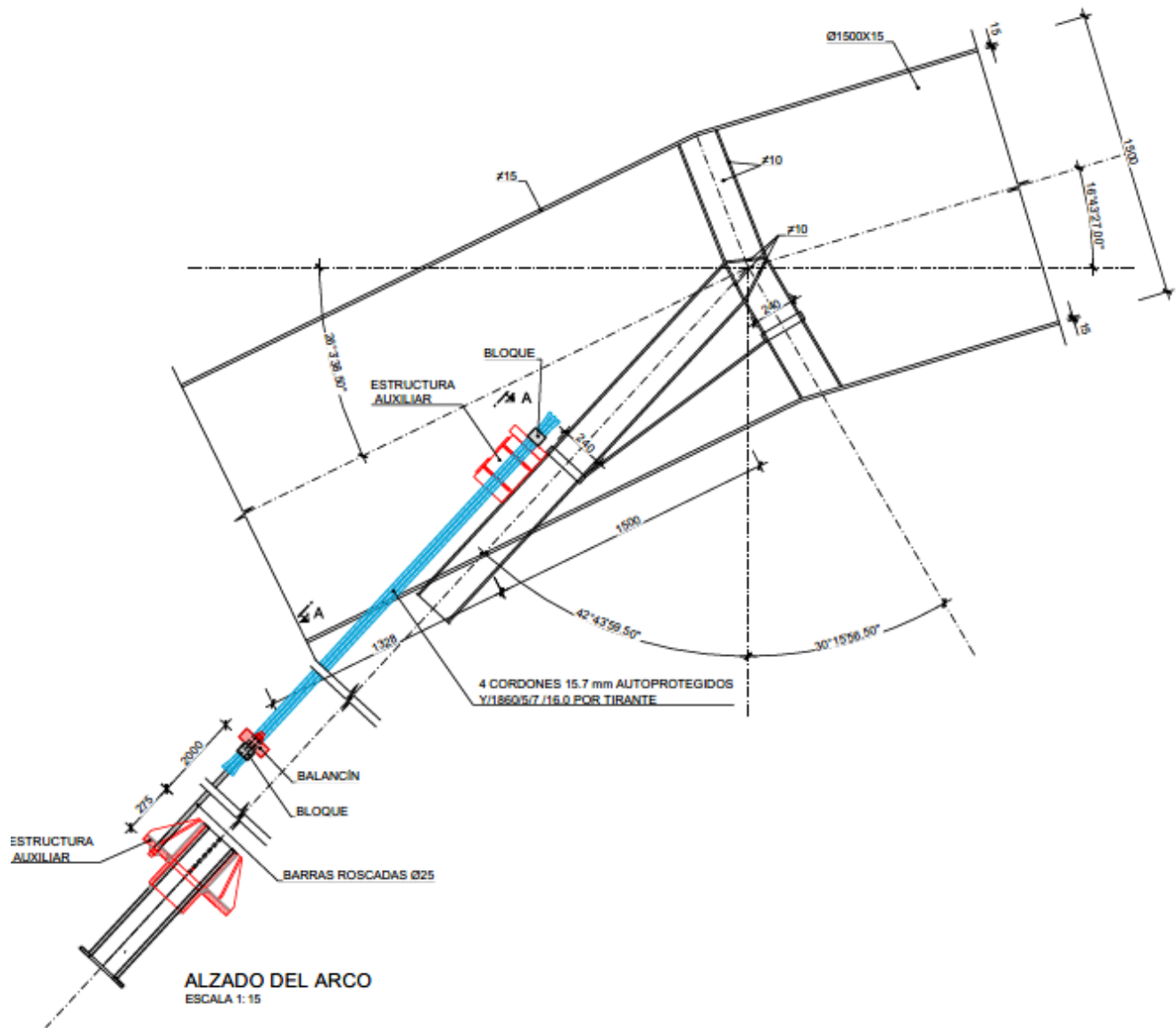


Fig. 7. Alzado del arco (sustitución péndola 16 del arco 2).

anclaje pasivo del tirante provisional necesario para el proceso de sustitución (Leonhardt, 1977).

Es en este punto en el que la aplicación de la tecnología de realidad aumentada, empleando los dispositivos HoloLens, significa una mejora cualitativa de los procesos de construcción.

El empleo de HoloLens supone crear un holograma de la pieza metálica auxiliar a partir de un modelo BIM, de modo que cuando el operario acceda al punto de montaje de la misma, pueda efectuar un replanteo georreferenciado empleando únicamente el holograma. Este objetivo se consigue gracias a que el dispositivo HoloLens es capaz de escanear con unos sensores infrarrojos, georreferenciar la superficie física existente (el anillo de rigidización) y emplazar el holograma en

las coordenadas absolutas sobre las que se creó el modelo BIM de la pieza metálica auxiliar.

A. Modelo BIM de la pieza metálica auxiliar

Como hemos comentado anteriormente, la primera fase del desarrollo del proyecto piloto consiste en la realización de un modelo BIM de la pieza metálica auxiliar. En este sentido, la interoperabilidad entre softwares BIM y Trimble Connect (repositorio en la nube que transforma los archivos generados en archivos leíbles por el dispositivo HoloLens) era un hito importante a resolver para el desarrollo del proyecto piloto.

Para asegurar dicha interoperabilidad con el dispositivo HoloLens, se decidió realizar dos modelos BIM de la pieza

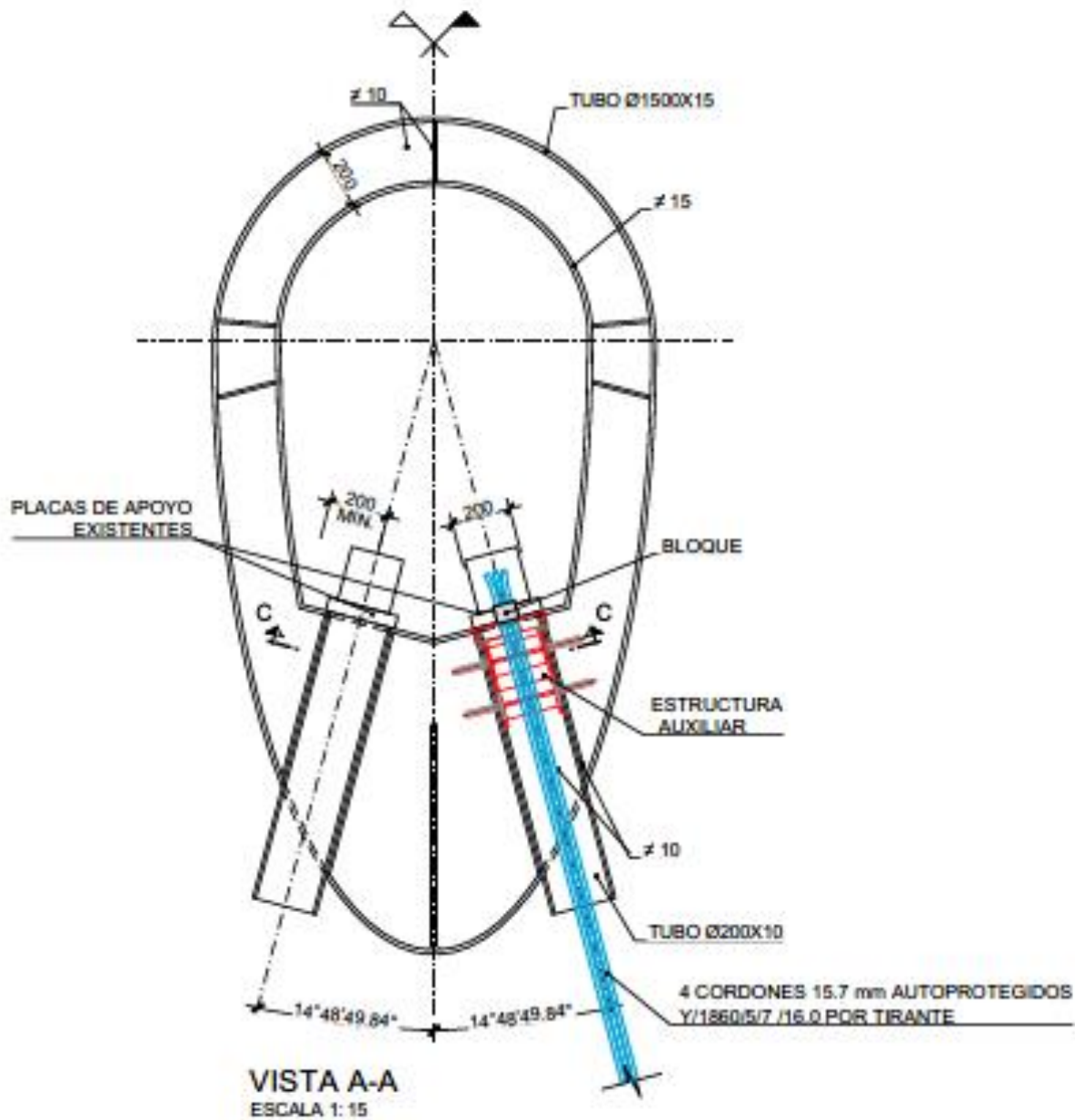


Fig. 8. Vista frontal del anillo de rigidización (sustitución péndola 16 del arco 2).

metálica auxiliar utilizando dos softwares diferentes: Tekla (figura 9) y Revit (figura 10).

El primer software utilizado, Tekla Structures, es un programa de Modelado de Información de Construcción (BIM, Building Information Modelling) para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la construcción.

Con el modelo generado se creó un archivo de salida .ifc (formato internacional de intercambio de datos), compatible con Trimble Connect, que permitió, mediante el dispositivo HoloLens, generar un holograma de la pieza metálica auxiliar a escala real.

El segundo software utilizado, Autodesk Revit, es también un programa de Modelado de Información de Construcción (BIM, Building Information Modelling), desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelado y dibujo paramétrico. De este modo, Revit provee una asociación completa de orden bidireccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas.

Con el modelo generado se creó un archivo de salida .rvt, compatible con Trimble Connect, que permitió de nuevo,

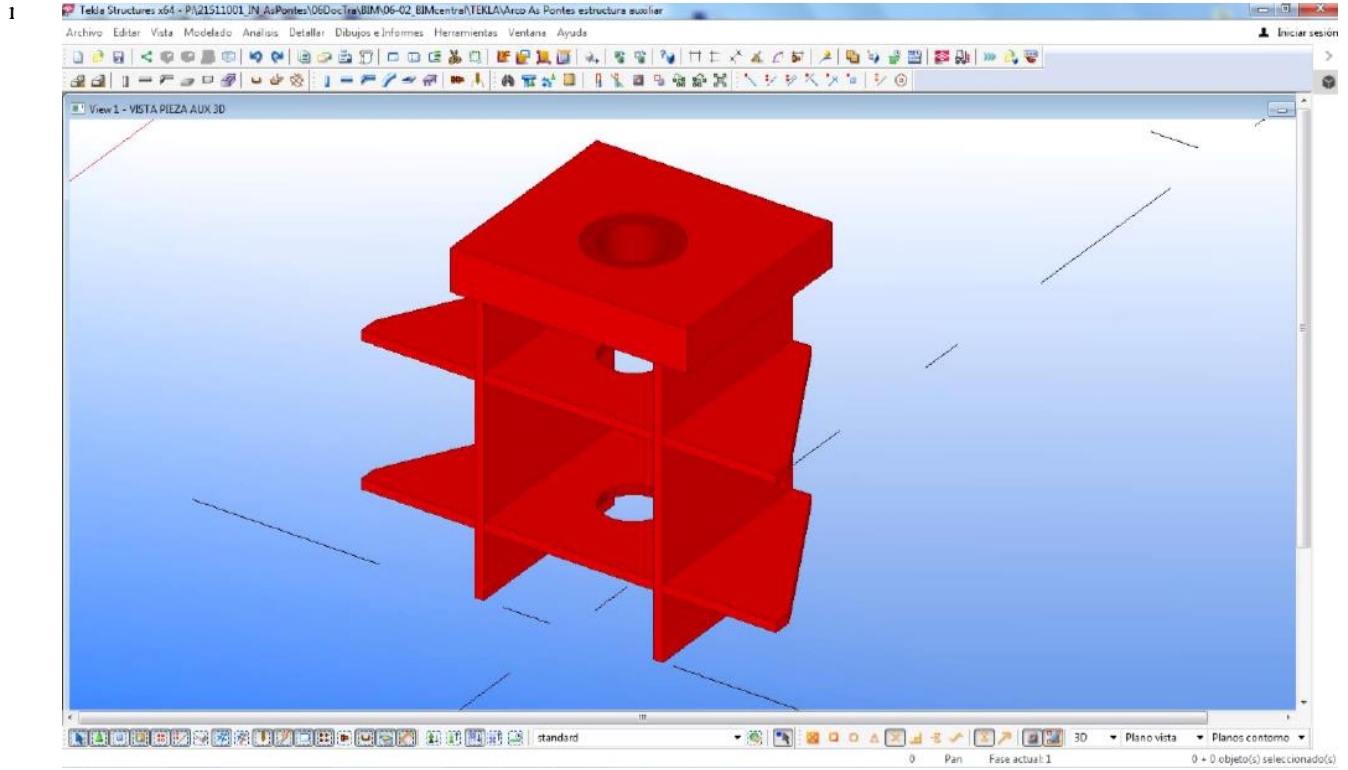


Fig. 9. Modelo BIM, con Tekla, de la pieza metálica auxiliar para sustitución de las péndolas.

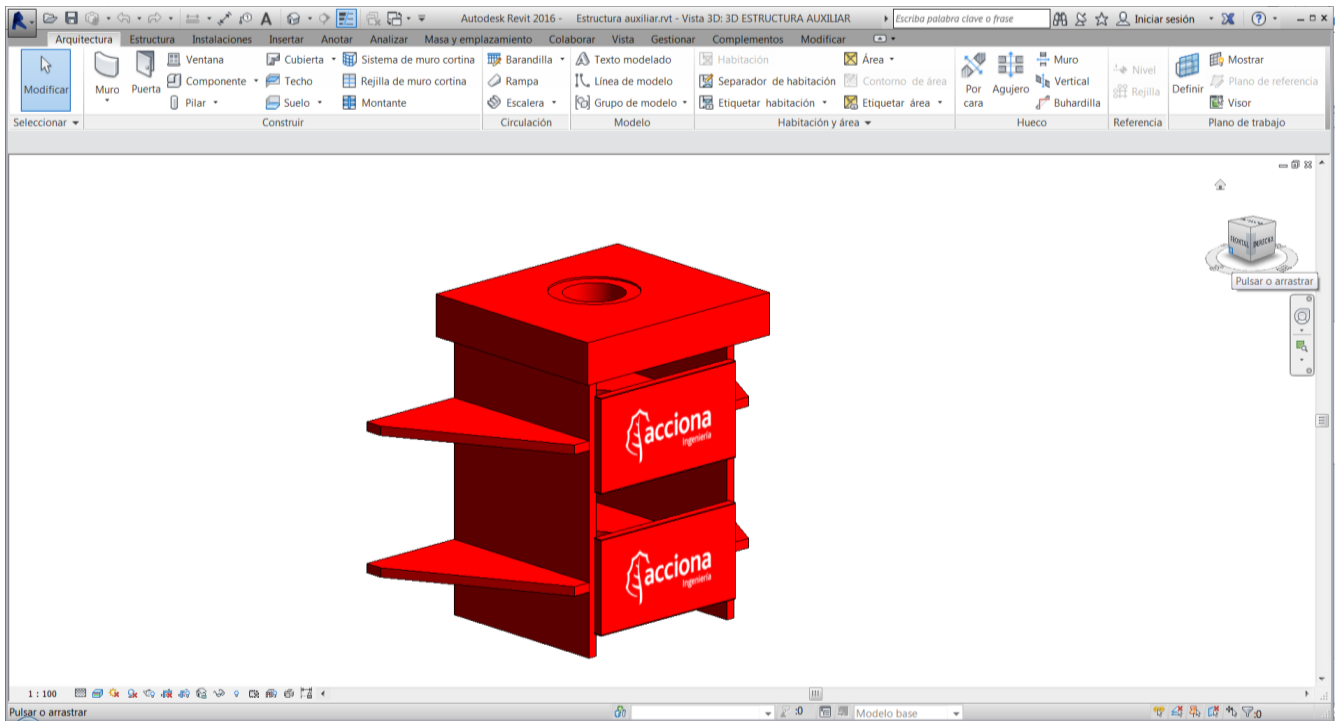


Fig. 10. Modelo BIM, con Revit, de la pieza metálica auxiliar para sustitución de las péndolas.

pieza metálica auxiliar a escala real.

B. Holograma de la pieza metálica auxiliar

Como ya hemos comentado, con el dispositivo HoloLens, a través de Trimble Connect, se fue capaz de generar un holograma de la pieza metálica auxiliar tomando los datos de salida de los modelos realizados con Tekla y con Revit (figura 11).

La interoperabilidad de los dos softwares utilizados con el dispositivo HoloLens se comprobó por cuatro vías diferentes:

- Generación de un archivo de salida .ifc del modelo BIM realizado con el software Tekla Structures que fue importado desde Trimble Connect para generar el holograma de la pieza con el dispositivo HoloLens.
- Utilización de un plugin en Tekla Structures, compatible con Trimble Connect, para que el dispositivo HoloLens fuera capaz de generar el holograma de la pieza sin necesidad de generar un archivo de salida .ifc.
- Generación de un archivo de salida .rvt del modelo BIM realizado con el software Autodesk Revit que fue importado desde Trimble Connect para generar el holograma de la pieza con el dispositivo HoloLens.

Utilización de un plugin en Autodesk Revit, compatible con Trimble Connect, para que el dispositivo HoloLens fuera capaz de generar el holograma de la pieza sin necesidad de generar un archivo de salida .rvt.



Fig. 11. Holograma de la pieza metálica auxiliar para sustitución de las péndolas.

Por todas estas vías comentadas, con el dispositivo HoloLens se pudo generar un holograma de la pieza metálica auxiliar permitiendo la interacción con el mismo a través de las

funcionalidades de movimiento, escalado, giro y posicionamiento del holograma.

C. Posicionamiento in situ de la estructura metálica auxiliar

Una vez creado el holograma de la pieza metálica auxiliar mediante el dispositivo HoloLens, el siguiente hito del proyecto piloto es lograr el posicionamiento del holograma, a escala real, en su posición definitiva apoyándose en el anillo de rigidización del arco.

Para ello, un operario accederá al punto de montaje de la pieza metálica auxiliar, y efectuará un replanteo georreferenciado empleando únicamente el holograma. Este objetivo se prevé conseguir gracias a que el dispositivo HoloLens es capaz de escanear con unos sensores infrarrojos, georreferenciar la superficie física existente (el anillo de rigidización) y emplazar el holograma en las coordenadas absolutas sobre las que se creó el modelo BIM de la pieza metálica auxiliar (figura 11).

Para validar el posicionamiento in situ de la estructura metálica auxiliar utilizando el holograma, se ha realizado además a modo de prototipo una impresión 3D de la pieza a escala 1:1, con material plástico ligero, que permita su transporte manual hasta su posición de instalación (figura 12).

De esta forma se asegurará que el posicionamiento realizado con el holograma coincida con el posicionamiento físico de dicho prototipo.

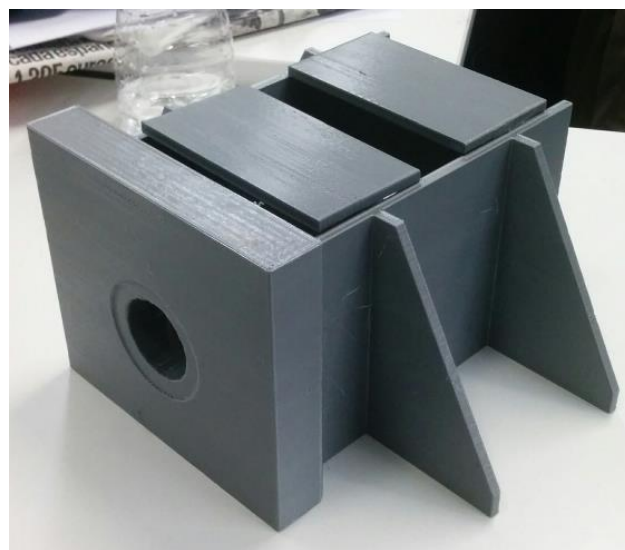


Fig. 12. Impresión 3D, con material plástico ligero, de la pieza auxiliar.

IV. RESULTADOS

A tenor de los resultados obtenidos en el proyecto piloto desarrollado por Acciona Ingeniería, se confirma la validez de la metodología llevada a cabo. El flujograma del proceso se inicia en la creación de un modelo BIM cuyo diseño se efectúa

bien mediante software Tekla o Revit, y su postproceso se continúa en la plataforma en la nube Trimble Connect, gracias a la interoperabilidad existente entre softwares.

Una vez verificada también la correcta generación del holograma a escala 1:1 y concluyendo que puede posicionarse mediante desplazamiento y giro del mismo, el resultado esperable para la fase de ejecución del proyecto es que la georreferenciación permita un replanteo exacto en el lugar de instalación de la pieza metálica auxiliar. Este posicionamiento se verificará utilizando como soporte el prototipo impreso en 3D.

De este modo, la aplicación de la tecnología de realidad aumentada, empleando los dispositivos HoloLens, significa una mejora cualitativa de los procesos de construcción por cuanto supone un ahorro en la fabricación de prototipos, así como una merma en la necesidad de que personal cualificado tenga que acceder al interior del arco. Esto, consecuentemente, reduce los riesgos inherentes de accidentes de los trabajadores, y una menor dedicación de horas hombre en la gestión de la documentación de prevención necesaria para poder ejecutar la obra.

V. CONCLUSIONES

Desde un punto de vista comercial, la resolución gráfica, la interactividad con el modelo y en definitiva, su acercamiento a la realidad, permite que agentes no especializados en las fases de diseño, puedan interactuar aportando valor al proyecto sin que ello implique tener grandes conocimientos de las herramientas informáticas de modelado y diseño.

Asimismo, HoloLens facilita el trabajo colaborativo ya que posee funcionalidades que facilitan la comunicación remota mediante la creación de “salas de trabajo”. Esto lo que conlleva es que el operario que acceda al interior del arco pueda mostrar en tiempo real al equipo técnico localizado en la oficina de obra, lo que físicamente y holográficamente esté visualizando; es decir, tanto la realidad física como el propio holograma.

La posibilidad de aplicación de esta tecnología, radica en todos aquellos proyectos en los que haya una incorporación de nuevos diseños en infraestructuras ya existentes. Tal es el caso de la cubierta de As Pontes. Otros casos de aplicación pueden ser proyectos de rehabilitación estructural, remodelación arquitectónica, implementación de nuevas instalaciones en edificios existentes y ampliaciones de infraestructuras portuarias o de plantas industriales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al equipo de la Dirección de Innovación de Acciona S.A.

REFERENCIAS

- Eastman, C. (Ed. 2). (2011). BIM: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and constructors. Hoboken. NJ, Wiley.
- Leonhardt, Fritz. (1977). Hormigón Pretensado: Proyecto y Construcción (Leonhardt). Primera Edición. Instituto Eduardo Torroja.
- Otero, Antonio; Flores, Julián (2011). Realidad virtual. Un medio de comunicación de contenidos. Icono14, año 9 Vol. 2, pp. 185-211.
- Serrano, Berenice; Botella, Cristina; Baños, Rosa María (2012). Realidad virtual y virtualidad aumentada. Usos y aplicaciones para incluir emociones. Editorial Académica Española.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.