

INFLUENCIA DE HERRAMIENTAS BIM EN LA COORDINACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN FASE DE DISEÑO DE UN TALLER DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA.

PRESENTADO: Mayo 2020
PUBLICADO: Junio 2020

Ignacio María Moreno Perez
Universidad de Sevilla
Email: naciomp_95@hotmail.com

Objetivo: influencia de herramientas BIM en la coordinación de seguridad y salud en fase de diseño de un taller de mantenimiento de maquinaria pesada.

Diseño / metodología / enfoque: Realizar el modelado de un Taller de mantenimiento de maquinaria pesada de Obras públicas, y utilizar el mismo programa para ver el impacto o ayuda que ofrece el software Edificius a la Coordinación de Seguridad y Salud.

Resultados: Queda patente que el uso de herramientas BIM son aplicables para la coordinación de Seguridad y Salud utilizando Edificius. Este trabajo pretende hacer reflexionar a los coordinadores de Seguridad y Salud para que comiencen a tener en cuenta la prevención desde el modelo virtual.

Originalidad: Mediante herramientas BIM se concluye que las posibilidades que ofrecen supone la clara mejora de la elaboración de Estudios de Seguridad y Salud y con ello la coordinación. No sólo supone una ayuda y ahorro de tiempo, supone además la estandarización dentro de un marco normativo.

Palabras clave: Coordinación de Seguridad y Salud, BIM, Estudios de Seguridad y Salud

Derechos de autor: Los autores conservan los derechos de autor de sus obras. Los artículos están licenciados bajo la licencia BY-NC-ND (Creative Commons Attribution 4.0 International Public License), que otorga derechos de acceso abierto a la sociedad. Específicamente, con la licencia BY-NC-ND no se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.

INFLUENCE OF BIM TOOLS IN THE HEALTH AND SAFETY COORDINATION IN THE DESIGN PHASE OF A HEAVY MACHINERY MAINTENANCE WORKSHOP

Objective: influence of BIM tools in the coordination of safety and health in the design phase of a heavy machinery maintenance workshop.

Design / methodology / approach: Carry out the modeling of a Public Works heavy machinery maintenance workshop, and use the same program to see the impact or help offered by the Edificius software to the Health and Safety Coordination.

Results: It is clear that the use of BIM tools are applicable for the coordination of Health and Safety using Edificius. This work aims to make the Safety and Health coordinators reflect so that they begin to take prevention into account from the virtual model.

Originality: By means of BIM tools it is concluded that the possibilities they offer supposes the clear improvement of the elaboration of Health and Safety Studies and with it the coordination. Not only does it help and save time, it also means standardization within a regulatory framework.

Key words: Health and Safety Coordination, BIM, Health and Safety Studies

www.journalbim.org



Copyright: © 2018 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace un tiempo las herramientas CAD tipo vectorial cobraron una importancia vital en el diseño arquitectónico y constructivo, ya que sustituyeron al diseño rudimentario y tedioso, mediante lápiz y papel, por un diseño moderno mediante herramientas informáticas. BIM se basa en el uso de base de datos relacionales en las que está contenida la información de todos los elementos asociados al proyecto, lo que permite generar informes dinámicos. Los modelos generados pretenden ser prototipos digitales, en un entorno virtual, del edificio real.

Actualmente la tecnología BIM ha desplazado las herramientas CAD, siendo la evolución de los sistemas tradicionales de planos. La tecnología BIM permite que haya una mayor consistencia de los proyectos. Cualquier cambio que se realice en el modelo 3D se refleja automáticamente en todas los componentes del proyecto, lo que garantiza una consistencia y gestión óptima debido a considerar el proyecto como una entidad. Hay que comentar que el trabajo que se presenta es un Trabajo académico de Fín de Grado correspondiente a la titulación de Graduado en Ingeniería Mecánica, realizado en la EPS de la Universidad de Sevilla, en el Departamento de Ingeniería del Diseño, y dirigido por los profesores Francisco Villena y Carlos Vázquez.

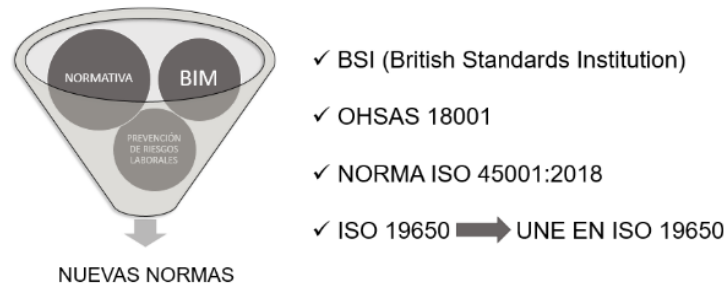
2. NORMATIVA Y OBJETIVOS

Durante la última década, la metodología BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas, las cuales han impuesto o valorado su uso en obra pública. El Parlamento Europeo ha elaborado la directiva 2014/24/UE, actualmente vigente, para impulsar la metodología BIM.

En julio de 2015, el Ministerio de Fomento Español creó la Comisión BIM, con el objetivo de potenciar la implementación de la metodología BIM en España. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) es una de las entidades convocadas por el Ministerio de Fomento para participar en dicha Comisión BIM.

Esto supone el uso obligatorio de BIM en España para toda licitación pública en dos fases: 17 de diciembre de 2018 en licitaciones públicas de edificación y 26 de julio de 2019 para licitaciones públicas de infraestructuras.

BIM + PREVENCIÓN



Si se analiza la normativa y guías de implantación de la metodología BIM en países como EE. UU, Finlandia y Singapur se comprueba que no existe un tratamiento consistente de la Seguridad y Salud laboral en estas. Ejemplos claros de lo explicado antes son: Nueva York con su guía para la entrega y aprobación de Planes de Seguridad en obras municipales (BIM Site Safety Submission. Guidelines and Standards) y Finlandia introduciendo medidas de protección en fase de construcción (Common BBIM Requirement 2012).

BSI (British Standards Institution), organismo de normalización y estandarización de Reino Unido más antiguo del mundo, se encarga del desarrollo y la innovación en todas las áreas productivas de la industria británica. Este organismo ha desarrollado los 8 pilares de BIM, y el Standard OHSAS 18001, donde el principal objetivo es que fuera una norma compatible con otras normas de Sistemas de Gestión como la ISO 9001 o ISO 14001, para facilitar su integración. La serie de publicaciones PAS: las PAS de la serie 1192 (partes 2, 3, 4, 5) concebidas como desarrollo y evolución de la BS 1192:2007+A2:2016, fueron publicadas como respuesta a la necesidad del gobierno británico de implementar la adopción de la metodología BIM en la industria nacional de la construcción.

Por otro lado, existe una serie normativa llamada ISO 19650. La serie ISO 19650 no es un estándar para BIM, sino una relación de recomendaciones para la correcta producción, manejo, compartición y gestión de toda la información durante todo el ciclo de vida de los proyectos. Únicamente han sido publicadas sus dos primeras entregas: la ISO 19650-1 y la ISO 19650-2.

La nueva norma ISO 19650-1 marca desde el pasado mes de diciembre de 2018 los estándares de la producción, manejo, compartición y gestión de la información de los proyectos y de los activos construidos en la industria AECO (Architecture, Engineering, Construction & Operations). Esta información está basada en el desarrollo y empleo durante el ciclo de vida del proyecto de "contenedores de información", básicamente, basados en la tecnología y metodología BIM.

Por tanto, se deduce que no es posible aplicar la serie 19650 en tareas de entrega de proyecto o gestión de activos sin un flujo de trabajo basado en BIM, teniendo en cuenta que la norma ISO no indica cómo se debe estructurar internamente los modelos BIM.

Presentado el marco normativo actual y resaltando el escaso tratamiento de la prevención mediante metodología BIM en obras de construcción, el objetivo del Trabajo de Fin de

Grado realizado ha consistido en analizar como la aplicación de herramientas de modelado BIM pueden ayudar en la gestión/coordinación de la Seguridad y Salud en obras de construcción.

La intención final es exponer dentro de las aplicaciones de herramientas BIM, como el software Edificius, puede colaborar en el ámbito de la Seguridad y Prevención del proyecto/construcción en fase de diseño para un taller de mantenimiento de maquinaria pesada.



Fig. 1 Vista 3D del taller de mantenimiento.

2.1. METODOLOGÍA

Para poder analizar dicha influencia en fase de diseño por parte de la metodología BIM, el punto de partida fue disponer del conjunto de planos de un taller de mantenimiento de maquinaria pesada, es decir la planimetría CAD.

A partir de los planos en formato dwg. se definió la descripción constructiva completa del taller para poder proseguir con el modelado virtual del edificio y poder ajustarlo adecuadamente dentro de la parcela elegida para la ejecución de las obras. Dicho modelado, como se ha mencionado antes, se realizó mediante la herramienta Edificius, software de diseño arquitectónico BIM ofrecido por la empresa italiana ACCA Software.

Se elaboró el modelo virtual siguiendo la descripción constructiva del taller (cimentaciones, sistemas estructurales, sistemas envolventes, etc.) y adaptando la forma y capacidad de modelización a las soluciones constructivas definidas. Un ejemplo de ello son los elementos introducidos en el modelo para la simulación constructiva del taller, estos constan de poco nivel de detalle y los objetos a introducir facilitados en la interfaz son limitados. Esto se debe a que el uso de Edificius es recomendable para edificaciones residenciales o

comerciales de pequeño tamaño, donde la rapidez de elaboración y calidad visual del modelo son requeridos.

MODELADO DE ESTRUCTURAS



MODELADO DE PAVIMENTOS

- ✓ Rampa para tráfico pesado para taller de soldadura
- ✓ Forjado de primera planta de edificio de oficinas
- ✓ Pavimento de aglomerado asfáltico
- ✓ Pavimento enlosado para zona transitable de peatones

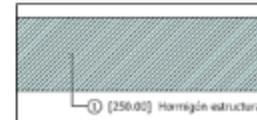
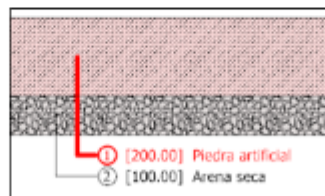
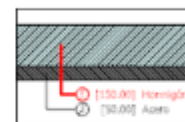
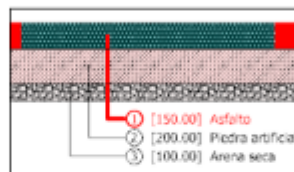


Fig. 2 Estructura y pavimentos.

MODELADO DE CERRAMIENTOS VERTICALES

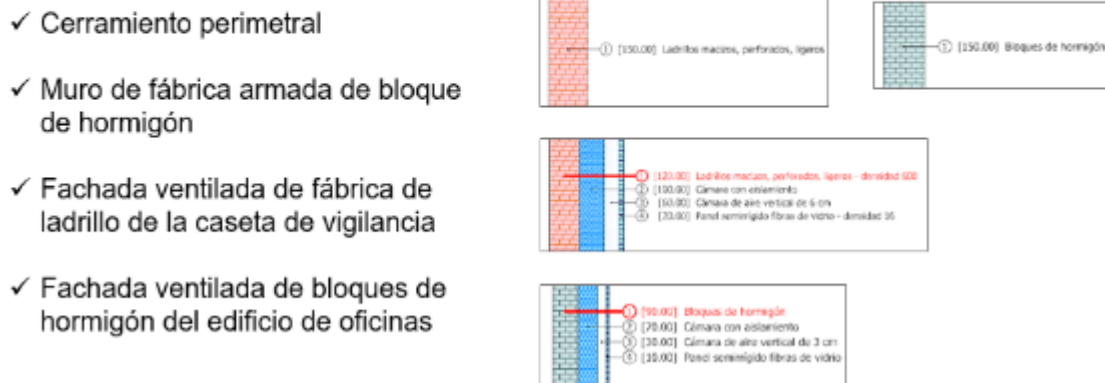


Fig. 3 Cerramientos.

Una vez obtenido el modelo BIM del taller fueron generados automáticamente, gracias a las funciones que ofrece Edificius, vistas, perspectivas, alzados, cortes axonométricos, distribuciones, imágenes y videos renderizados del taller completo.

El siguiente paso consistió en elaborar, a través de Edificius y sus herramientas, distintos apartados del Estudio de Seguridad y Salud. Según menciona el artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, se supuso el cumplimiento de uno de los apartados que detalla la norma para que fuese obligatoria su elaboración permitiendo así ilustrar la influencia de la metodología BIM en cada uno de ellos.

Por tanto, se trató de ilustrar la manera de elaborar los cuatro apartados de dicho Estudio (Memoria, Pliego de Condiciones, Mediciones y Presupuesto y Planos) siguiendo los requisitos exigidos en el RD 1627/1997 e intentando dar funcionalidad a la herramienta Edificius en cada uno de estos apartados.

El paso previo a la elaboración de los distintos apartados de la memoria del Estudio, es elaborar y proporcionar información de carácter general y mínimo para describir correctamente la obra. Edificius permite incorporar dicha información básica dentro del modelo BIM, dentro del navegador del software o como informes dentro del modelo.

En cuanto a la memoria del Estudio de Seguridad y Salud, Edificius ofrece la posibilidad de modelar digitalmente el terreno y el levantamiento topográfico en 2D o 3D obteniendo automáticamente planimetrías y altimetrías, obteniendo así información acerca del entorno donde se vaya a realizar la ejecución de la obra para poder analizar y tomar las decisiones correspondientes en materia de prevención.

Otro de los aspectos a realizar en la memoria descriptiva es la determinación del proceso constructivo y el orden de ejecución de los trabajos. Dentro de Edificius se ofrece un

entorno "4D Gantt" para la gestión temporal del proyecto el cual, aparte de ser una herramienta de gestión mejor que las convencionales, posee la ventaja de dividir el proyecto por fases con sus correspondientes períodos de tiempo y vincular los objetos introducidos en el modelo.

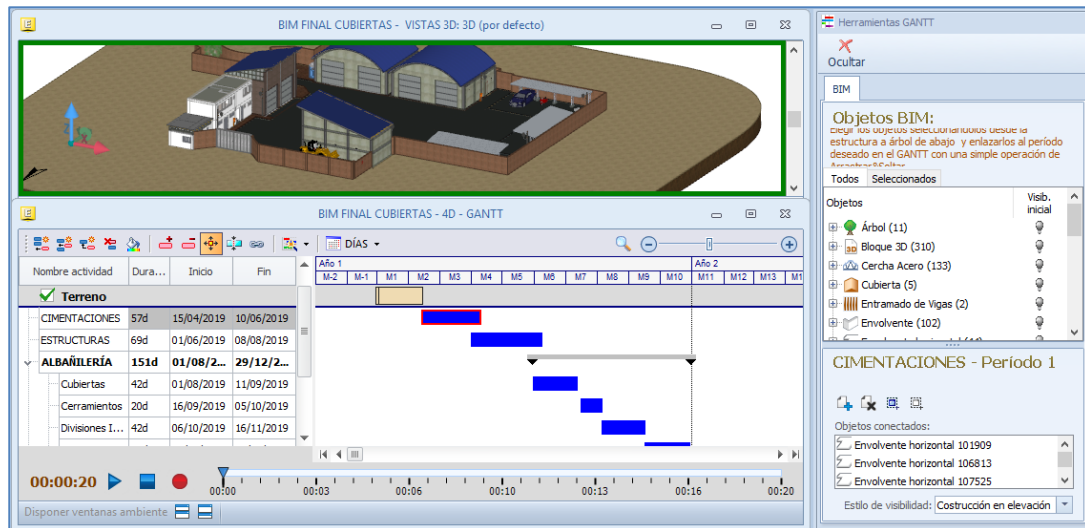


Fig. 4 Vista planificación 4D

La responsabilidad de los coordinadores de Seguridad y Salud es identificar riesgos laborales que puedan ser evitados y las medidas técnicas, así como los riesgos que no pueden eliminarse y las medidas preventivas y protecciones para controlar y reducir dichos riesgos. La utilidad de herramientas BIM como Edificius permite a los coordinadores visualizar mediante las vistas 3D del modelo fases de ejecución, recorridos o situaciones que provoquen riesgos y así identificarlos. una vez identificados los riesgos gracias a la visualización del modelo virtual, pueden ser incorporadas fichas/matrices de riesgos por los coordinadores de Seguridad y Salud dentro del proyecto.



Fig. 5 Vista 3D planificación posiciones de casetas y recorridos de accesos maquinaria.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR FASES	
FASE	CIMENTACIONES
REFERENCIA A PLANO	MEC-1
DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	MEDIDA PREVENTIVA
Caídas de personal al mismo nivel.	Mantener en todo momento el orden y la limpieza. Prestar atención a los desniveles e irregularidades del suelo.
Golpes contra objetos inmóviles.	Los desplazamientos se realizarán en orden y de manera organizada, sin correr. Una carpintera de mano de seguridad.
Proyección de fragmentos o partículas.	Una carpintera de mano de protección. Una carpintera de gatas de protección.
Resaca por o entre objetos.	El manual de instrucciones de los distintos equipos de trabajo utilizados estará a disposición de todos los trabajadores de mantenimiento para futuras consultas según oportuno resulte. Una carpintera de gatas de protección.
Subminuciones.	Mantener la superficie plana, evitar punturas, tropezos y golpes del tránsito. Una carpintera de gatas de protección.
Estiba de materiales.	Para levantar cargas, National las reglas se debe la espalda y en el eje de inclinación controlada. Una carpintera de gatas de protección.
	Definir la zona de tránsito de personal. Una carpintera de gatas de protección.
	Definir zonas de paso caso el paso de personal.

Fig. 5 Fichas de identificación de riesgos.

La forma de implementar dichas fichas consistió en integrarlas como informes dentro del navegador asociándolas a los planos que representan las fases o situaciones donde se producen dichos riesgos.

Además de todo lo anterior los coordinadores deben describir los servicios sanitarios y comunes situados en el centro de trabajo de la obra, en función del número de

trabajadores intervinientes. La solución más obvia que ofrece Edificius a los proyectistas es poder visualizar en el modelo 3D el espacio requerido por estos tipos de servicios en la ejecución de la obra.

En cuanto a la ayuda que podría ofrecer el software Edificius a los coordinadores de Seguridad y Salud para realizar el pliego, mencionar que toda norma, requisito o reglamento podría ser incorporado al modelo como informe. En general, el modelo BIM generado del taller de mantenimiento de maquinaria pesada podría formar parte de los documentos exigibles dentro del pliego de condiciones generales ya que la idea de implementar la metodología BIM y con ellos los modelos 3D es la coordinación de todos los agentes que intervienen en la ejecución de obra, vinculando a proyectista y promotor contractualmente mediante el modelo BIM.

Continuando con el contenido del Estudio de Seguridad y Salud, este deberá contener planos donde se definan y comprendan las medidas preventivas definidas en la memoria, ya sea mediante detalles, gráficos o esquemas, definiendo especificaciones técnicas.

La elaboración de los planos debe incluir la ubicación de cada medida, así como los elementos y equipos necesarios para montar e instalar en la obra. Además, se debe tener en cuenta aspectos como: determinar las zonas donde se desarrollen trabajos que impliquen riesgos especiales para los trabajadores según indica el artículo 5 del RD 1627/1997, cerramientos de la obra, accesos a la obra y zonas de acopio de materiales y equipos.

Mediante Edificius, los coordinadores son capaces de modelar cada una de las fases de ejecución, a partir del modelo virtual del proyecto, donde deben implementar las medidas preventivas definidas en la memoria. Esto permite a su vez insertar dichas medidas preventivas, como por ejemplo medidas de protección colectiva o elementos de señalización, en formas de objetos 3D. Satisfaciendo el requerimiento de definir y situar dichas medidas, equipos, zonas, accesos, cerramientos y elementos citados en el párrafo anterior. Según el artículo 5 del Real Decreto 1627/1997, el estudio de Seguridad y Salud debe incluir el presupuesto que cuantifica el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

Se debe describir y cuantificar los elementos de seguridad y salud propuestos en el estudio, incluyendo el cuadro de precios aplicado para poder generar el presupuesto de seguridad y salud e incluirlo en el presupuesto de la obra como un capítulo más. Esto es un dato fundamental para las empresas contratistas ya que determina si estas serán capaces de responsabilizarse de materializar y ejecutar las medidas de prevención del Estudio de Seguridad y Salud. Para llevar a cabo dichas mediciones y presupuesto, el software Edificius ofrece a los coordinadores de Seguridad y Salud generar a partir del modelo 3D creado el presupuesto. Dicho presupuesto se crea asociando partidas de precios (elaboradas por cuenta propia o desde archivos de cuadro de precios de otros proyectos) a los objetos BIM introducidos como medidas preventivas, pudiendo clasificar dichas partidas por categorías como si de capítulos se trataran y definiendo la medición de estas.

Así se genera el presupuesto general y, además, Edificius crea un presupuesto llamado "presupuesto selección" el cual muestra el presupuesto al seleccionar del modelo un objeto 3D introducido y asociado a una o más partidas. Además, Edificius puede ser integrado con el software externo BIM 5D PriMus.

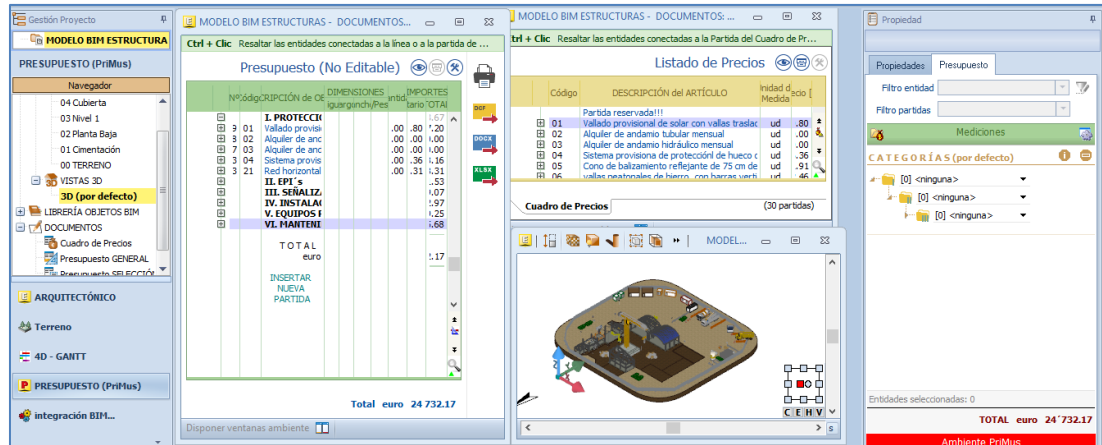


Fig. 6 Interface presupuesto

Este software permite optimizar la estimación de costes de prevención, obteniendo las mediciones y estimaciones, presupuestos y ofertas, control de dichos costes y el análisis de las necesidades de obra.

Ctrl + Clic: Resaltar las entidades conectadas a la línea o a la partida de Mediciones

Presupuesto (No Editable)

Nº	Código	DESCRIPCIÓN de OBRAS	DIMENSIONES			Cantidad	IMPORTES	
			var. igual:	largo	ancho		H/Peso	Unitario [1]
I. PROTECCIONES COLECTIVAS								
	29 01	Vallado provisional de solar con vallas tr				84.00	10.80	907.20
	28 02	Alquiler de andam tubular mensual				12.00	350.00	4 200.00
	27 03	Alquiler de andamio hidráulico mensual				12.00	500.00	6 000.00
	3 04	Sistema provisioa de protección de hu				6.00	6.36	38.16
	13 21	Red horizontal de protección				1.00	8.31	8.31
II. EPI 's								
	4 22	Casco de protección				20.00	2.31	46.20
	5 23	Sistema anticaidas				6.00	72.33	433.98
	6 24	Guantes contra trabajos eléctricos				15.00	41.56	623.40
	7 25	Guantes contra riesgos mecánicos				15.00	13.36	200.40
	8 26	Botas de seguridad				15.00	44.34	665.10
	9 27	Juego de orejeras				10.00	9.99	99.90
	10 28	Mono de protección				14.00	38.80	543.20
	11 29	ropa de protección de alta visibilidad				15.00	4.67	70.05
	12 30	Mascarilla autofiltrante				10.00	2.93	29.30
III. SEÑALIZACIÓN								
	26 05	Cono de balzamiento reflejante de 75 c				10.00	1.91	19.10
	25 06	vallas peatonales de hierro, con barras				10.00	2.46	24.60
	24 07	Cartelería general de indicación de riesq				2.00	7.12	14.24
	23 08	Señal de seguridad y salud en el trabaj				10.00	3.63	36.30
	22 09	Señal de seguridad y salud en el trabaj				10.00	3.63	36.30
	21 10	Señal de seguridad y salud en el trabaj				1.00	3.63	3.63
	15 19	Valla New Jersey				10.00	72.49	724.90
IV. INSTALACIONES HIGIENE Y BIEN								
V. EQUIPOS PROTECCIÓN CONTRA I								
VI. MANTENIMIENTO Y CONTROL DI								
TOTAL euro								24 732.17

Total euro 24 732.17

Fig. 6 Total presupuesto de seguridad y salud.

3. CONCLUSIONES

Se abre un nuevo horizonte con el BIM para los Coordinadores de Seguridad y Salud en obras de construcción. Debe recalcar que, a pesar del abanico de software BIM en el mercado, se ha elegido el software BIM Edificius para realizar este trabajo debido a su interfaz gráfica e intuitiva y a su rápido nivel de aprendizaje, facilitando así la iniciación en la metodología BIM.

Partiendo de la interfaz que ofrece el software, se puede mencionar la buena organización de la información del proyecto, así como la rapidez que ofrece para modelar. Tanto los elementos modelados como las opciones para modelar se representan de forma muy intuitiva, los ambientes 3D y 2D son fácilmente diferenciables con sus respectivas opciones. Además, en caso de ayuda, Edificius consta de buen soporte técnico, tutoriales y foros en caso de necesitar ayuda. En el gran abanico de software BIM en el mercado, Edificius destaca por su capacidad para renderizar ya que consta además de la herramienta Real Time Rendering para renderizar vistas y recorridos dentro del modelo.

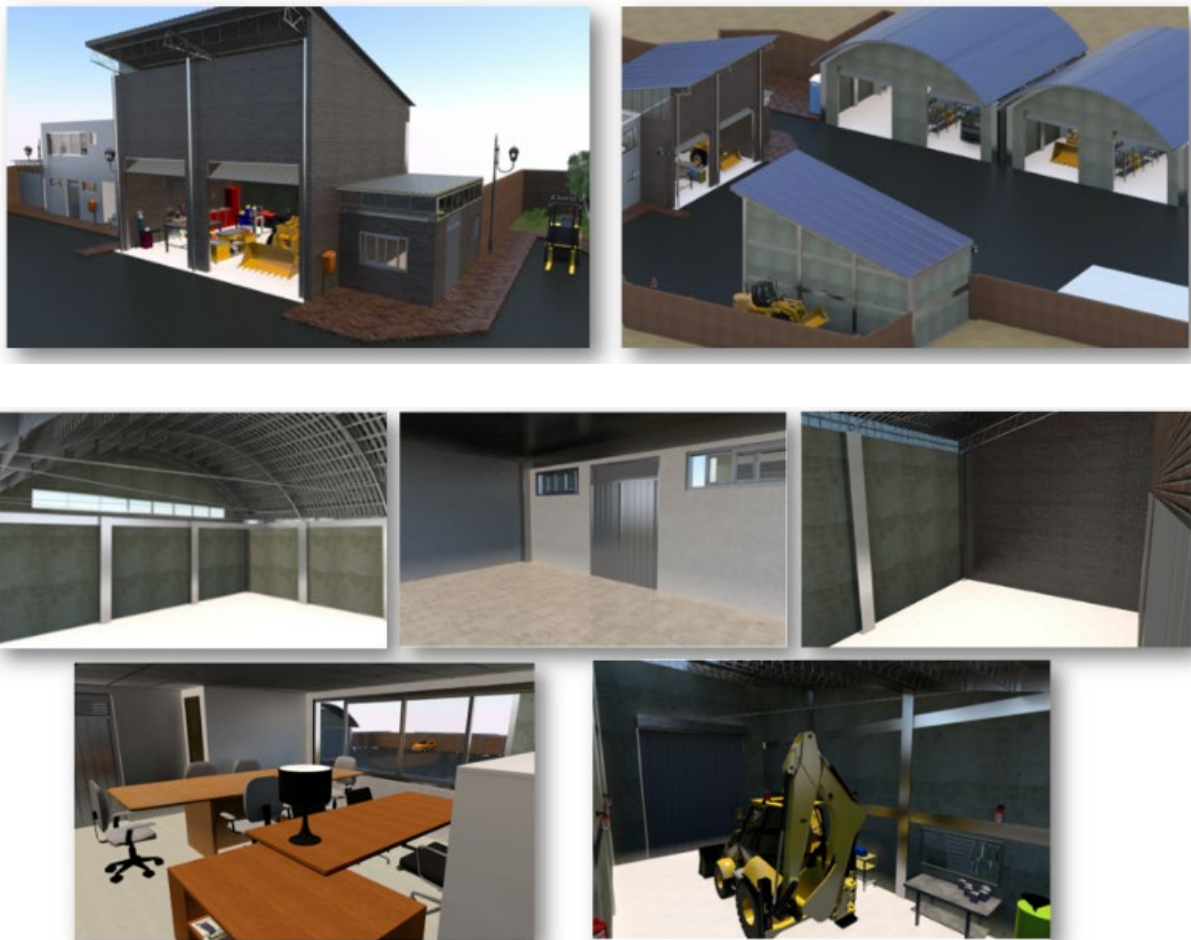


Fig. 7 Renderizados del modelo

Por otro lado, la compatibilidad con otros softwares o formatos facilita el trabajo, ya sea importando archivos con extensiones DWG, exportando archivos IFC dentro del estándar BIM o integrando elementos propios de la biblioteca del programa o bien de Sketchup o Blender.

Si se parte de la definición básica de la metodología BIM, se puede afirmar que la posibilidad de realizar, gestionar o coordinar la Seguridad y Salud de los proyectos constructivos a través de una base de datos constantemente actualizada y a disposición de todos los agentes implicados supone una ventaja clara y punto de partida en la mejora continua.

Queda patente que el uso de herramientas BIM son aplicables para la coordinación de Seguridad y Salud utilizando Edificius. Este trabajo pretende hacer reflexionar a los Coordinadores de Seguridad y Salud para que comiencen a tener en cuenta la prevención desde el modelo virtual 3D.

Tras este trabajo se concluye que las posibilidades que ofrece las herramientas BIM como mejora de la elaboración de Estudios de Seguridad y Salud es posible, y supone una ayuda y ahorro de tiempo, para la estandarización dentro de un marco normativo.

Es por ello que, en un futuro, la realización de la Coordinación de la Seguridad y Salud en los proyectos de ejecución sea exigible a través de BIM, quedando justificadas las ventajas mediante el trabajo realizado.

Cabe destacar que existen ya en el mercado herramientas específicas bajo entorno IFC aplicables en la Seguridad y Salud. Se muestra un cuadro final con resumen de ventajas y software de aplicación de Cype en entorno Open BIM.

BIM COMO HERRAMIENTA PREVENTIVA

Eliminación de riesgos en fase de diseño del proyecto

Herramientas técnicas para gestión de riesgos laborales en la fase de diseño



VENTAJAS

Minimización de improvisación

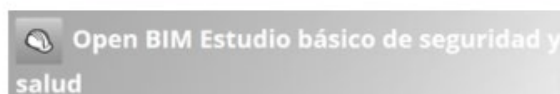
Planificación eficiente de tareas

Anticipación de situaciones de riesgo

Detección de interferencias

Mejora en gestión de documentación

Edificius
Diseño Arquitectónico BIM



www.journalbim.org



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Norma OHSAS 18001:2007. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo,

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos. (ISO 19650-2:2018).

Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 2: Framework for classification (ISO 12006-2:2015)

Framework for building information modelling (BIM) guidance (ISO/TS 12911:2012)

Information container for linked document delivery -- Exchange specification -- Part 1: Container (ISO 21597-1:2020)

Building information modelling and other digital processes used in construction -- Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected data dictionaries (ISO 23386:2020)

Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries -- Part 1: Data schema (ISO 16739-1:2018)

Building information models -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format (ISO 29481-1:2016)

Edificius version BIM ONE, ACCA Software

<http://setup.accasoft.com/rt/GetDownload?IdLicenza=59D012D2-6FAF-414F-9A2E-7D83FF4337E2>