

## **ÍNDICE**

<b>1. Introducción.....</b>	<b>4</b>
1.1. Objeto del proyecto.....	4
1.2. Ubicación.....	5
<b>2. Herramientas de Trabajo.....</b>	<b>7</b>
2.1- Escáner Láser.....	7
2.1.1. Fundamentos teóricos.....	7
2.1.2. Características.....	12
2.1.3. Elementos.....	13
2.1.4. Especificaciones Técnicas.....	14
2.1.5. Campos de Actuación.....	20
2.1.5.1. En Topografía.....	20
2.1.5.2. En geología y minería.....	20
2.1.5.3. En documentación patrimonial.....	21
2.1.5.4. En medio ambiente.....	21
2.1.5.5. En plantas industriales.....	22
2.1.5.6. En terremotos.....	22
2.1.5.7. En entretenimiento.....	23
2.1.5.8. En automoción e ingeniería espacial.....	23
2.1.5.9. En estudios forenses y de accidentes.....	23
2.2. Ordenador.....	24
2.3. Tecnología BIM.....	25
2.3.1. Significado de “BIM”.....	25
2.3.2. Beneficios.....	27
2.3.3. Dimensiones BIM.....	29
2.3.3.1. 2D BIM, Planos y especificaciones.....	30
2.3.3.2. 3D BIM Datos paramétricos.....	31
2.3.3.3. 4D BIM Integración de Calendarios y Tiempos.....	32
2.3.3.4. 5D BIM Estimación de costos y control de gastos.....	32
2.3.3.5. 6D BIM comportamiento energético y sustentabilidad.....	33
2.3.3.6. 7D BIM Aplicaciones operacionales del ciclo de vida.....	34

2.3.3.7.	<i>Big Data</i> .....	35
2.3.4.	Usos de “BIM” .....	36
2.3.4.1.	<i>BIM en Europa</i> .....	36
2.3.4.2.	<i>BIM en el Mundo</i> .....	37
2.3.4.3.	<i>BIM en España</i> .....	37
2.3.5.	BIM en la Obra Civil.....	39
2.3.6.	Aplicaciones BIM.....	41
2.3.6.1.	<i>Autodesk (AutoCAD Architecture)</i> .....	41
2.3.6.2.	<i>Graphisoft (ArchiCAD)</i> .....	41
2.3.6.3.	<i>Nemetschek (Allplan)</i> .....	42
2.3.6.4.	<i>Autodesk Revit</i> .....	42
<b>3.</b>	<b>Software .....</b>	<b>44</b>
3.1.	Cyclone 6.0.....	44
3.2-	ReCap 2016.....	45
3.3-	AutoCAD 2016.....	49
3.4-	Revit 2015 .....	51
3.5-	Naviswork 2015 .....	53
<b>4.</b>	<b>Flujo de Trabajo .....</b>	<b>55</b>
4.1.	Toma de datos .....	55
4.2.	Registro de la Nube de Puntos.....	58
4.3.	Transformación de archivos (ReCAP).....	65
4.4.	Modelización (AutoCAD) .....	67
4.5.	Modelización (Revit 2015).....	70
4.6.	Parametrización (Naviswork 2015) .....	75
4.6.1.	BIM 4D .....	76
4.6.2.	BIM 5D .....	78
<b>5.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>82</b>
5.1.	Nube de Puntos .....	82
5.2.	Medidas en la Nube de Puntos .....	82
5.3.	Generación del modelo.....	83

5.4. Planificación y Medición de la Obra.....	85
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>88</b>
<b>7. Presupuesto.....</b>	<b>92</b>
7.1. Presupuesto "Ejecución por Contrata" .....	92
7.2. Presupuesto "Basado en la experiencia profesional" .....	98
<b>8. Planos .....</b>	<b>101</b>
<b>9. Índice de Figuras.....</b>	<b>106</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>109</b>
10.1. Láser Escáner.....	109
10.2. Autodesk.....	109
10.3. BIM.....	109
10.4. Revit.....	110

## **1. Introducción.**

---

### *1.1. Objeto del proyecto.*

El presente proyecto tiene como objetivo inmediato la obtención del título de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía, que en mi caso concreto supone la retitulación en la mencionada carrera del título conseguido en el año 1989 de Ingeniero Técnico en Topografía.

De otra parte también se pretende hacer una incursión en las posibilidades que la complementariedad de tecnologías actuales como son la medición mediante láser escáner y su implementación en un sistema de gestión BIM pueden ofrecer a la hora de simular un prototipo rápido, como así también permiten obtener representaciones realistas de diseños digitales o de la propia realidad y al mismo tiempo mejorar la gestión e intercomunicación entre especialistas, permitiendo elaborar correctamente una planificación y control entre todas las áreas involucradas en el proceso. Este sistema es capaz de reconstruir y elaborar una simulación virtual de algún proyecto constructivo, donde se une el modelo virtual con los elementos paramétricos, y se controlan los procesos de diseño, construcción y operación de un cierto proyecto durante sus distintas etapas de desarrollo.

A lo largo del texto se detallarán los procedimientos empleados, así como la toma de datos, el trabajo de gabinete, los cálculos realizados, los resultados obtenidos, los productos derivados y las conclusiones.



## 1.2. Ubicación.

El elemento a levantar con láser escáner está situado en la planta baja del edificio de la E.T.S.I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica, y corresponde al aula número 5, además del pasillo de acceso a dicha aula.

A continuación se encuentran los mapas de emplazamiento, realizados con imágenes obtenidas del Google Maps y de la propia UP de Valencia.

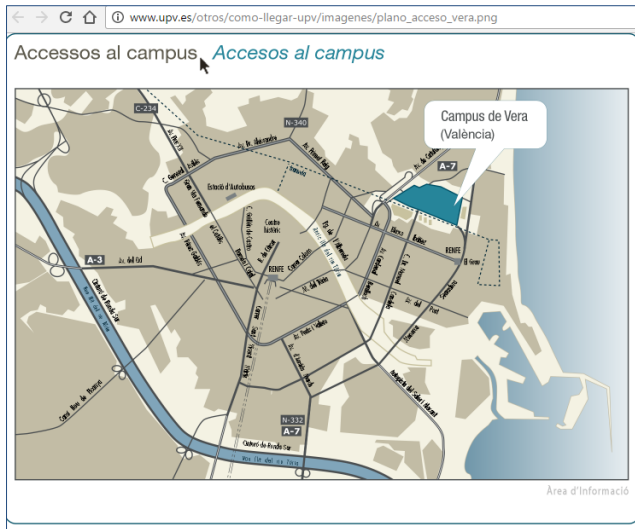


Figura 1: Ubicación Campus Universitario



Figura 2: Campus Universitario. Edificio 71

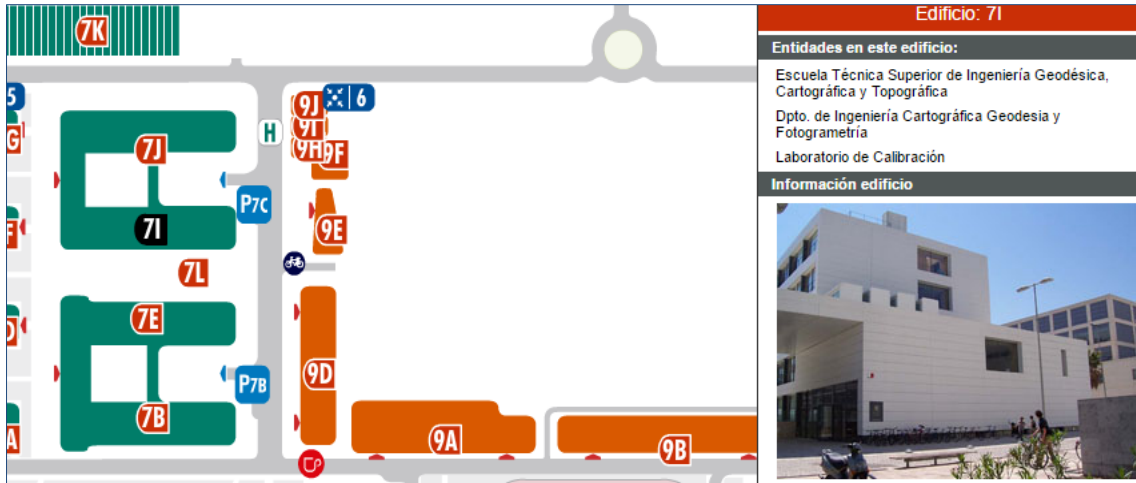


Figura 3: Ubicación e imagen de ETSI Geodésica, Cartográfica y Topografía



Figura 4: ETSI Geodésica, Cartográfica y Topográfica



Figura 5: Aula 05 "Padre Tosca"

## 2. Herramientas de Trabajo

---

### 2.1- Escáner Láser

El gran potencial de las técnicas láser se relacionan con su gran capacidad de adquisición de datos espaciales en un corto período de tiempo y a la precisión con que son tomados esos datos. Estos sistemas aparte de capturar información espacial, pueden adquirir la información radiométrica de los puntos medidos. Los láser escáner producen una nube densa compuesta de miles o millones de puntos, que es capaz de generar modelos de superficie de gran detalle y fiabilidad.

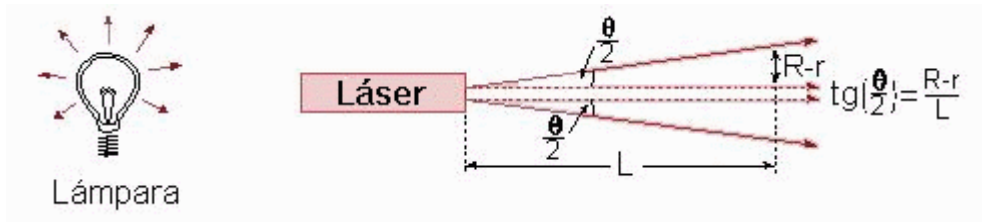
El escaneado láser describe un método mediante el cual una superficie es escaneada usando tecnología láser. Se analiza un entorno u objeto real para tomar datos sobre su forma y, posiblemente, su apariencia (por ejemplo el color) como consecuencia de la información radiométrica a la que anteriormente se hacía referencia. Los datos capturados pueden ser usados más tarde para realizar reconstrucciones digitales, planos bidimensionales o modelos tridimensionales útiles en una gran variedad de aplicaciones.

El modo de funcionamiento del láser escáner 3D consiste en disparar un pulso de luz con un láser a la superficie que se escanea y luego registra la cantidad de tiempo que el reflejo tarda en volver al escáner. El escáner crea un punto representativo de donde el pulso golpeó la superficie que está siendo escaneada. Los puntos de los registros del escáner en el ordenador forman lo que se llama una nube de puntos y pueden ser tratados para generar planos y para realizar mediciones sobre ellos.

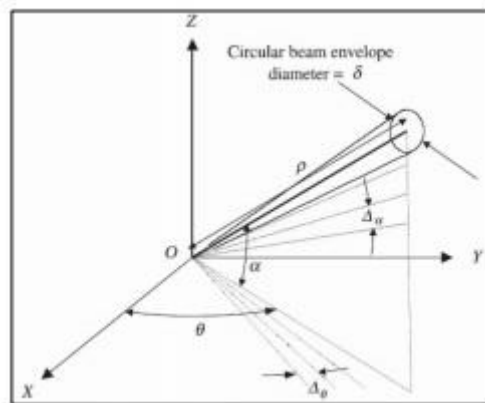
#### 2.1.1. Fundamentos teóricos

Todo el fundamento del láser radica en las propiedades de la radiación electromagnética como energía que se desplaza por el espacio a la velocidad de la luz con unas características determinadas en función del lugar que ocupe dentro del espectro electromagnético. Y al instrumento que sea capaz de generar ondas de luz usando una estrecha banda del espectro se le llama láser.

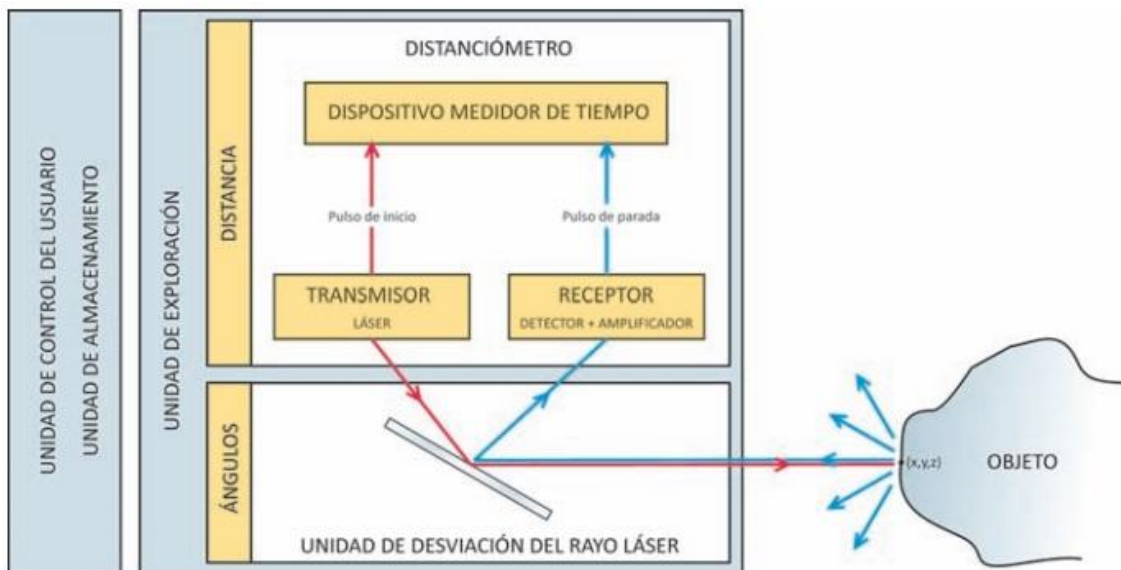
La radiación láser posee todas las propiedades de la luz; sin embargo, se caracteriza por ser: monocromática (todas sus partículas tienen igual longitud de onda), coherente (todas las ondas se acoplan entre sí) y direccional (el haz de radiación presenta escasa divergencia (poca abertura) y no se dispersan). La principal utilidad práctica de la radiación láser reside en que concentra un gran número de fotones por unidad de superficie, es decir que es muy intensa.



Se utilizan medidas taquimétricas, que consisten en la combinación de la medida de distancias y ángulos. El escáner barre todo su campo visual (Field of View; FoV) mediante la utilización de un sistema de espejos rotativos que pueden girar rápidamente y con mucha precisión.



Luego se tendrá una fuente que produzca el rayo láser (pulso de inicio) y que al pasar por un espejo permite el barrido de la zona u objeto a escanear y ese rayo al volver se recibe en un receptor con dispositivo para la medición del tiempo.



Los láseres escáner se pueden clasificar o bien atendiendo a la ubicación o bien en función de la medición basada en tiempos.

Atendiendo a la ubicación están:

Estáticos:

Cuando el escáner se mantiene en una posición fija durante la toma de datos, y cuyas ventajas son la alta precisión y la relativa alta densidad de puntos, constituyendo el método más extendido en la realización de escaneos terrestres.

Dinámicos:

El escáner se suele montar en una plataforma móvil. Estos sistemas requieren otros sistemas de posicionamiento adicionales tales como INS o GPS, lo que hace que el sistema completo sea más complejo y caro. Ejemplos de láser escáner dinámico los encontramos en aeroplanos (láser escáner aerotransportado), escáneres sobre vehículos o plataformas aéreas no tripuladas.

Y respecto a los de medición basados en tiempos son escáneres activos, es decir, que emiten radiación e interpretan su reflejo, que en este caso sería la medición de un intervalo de tiempo entre dos sucesos. En general, hay dos principios de medición por tiempo: escáneres basados en pulsos (tiempo de vuelo) y basados en fase.

Escáneres basados en pulsos (Tiempo de vuelo)

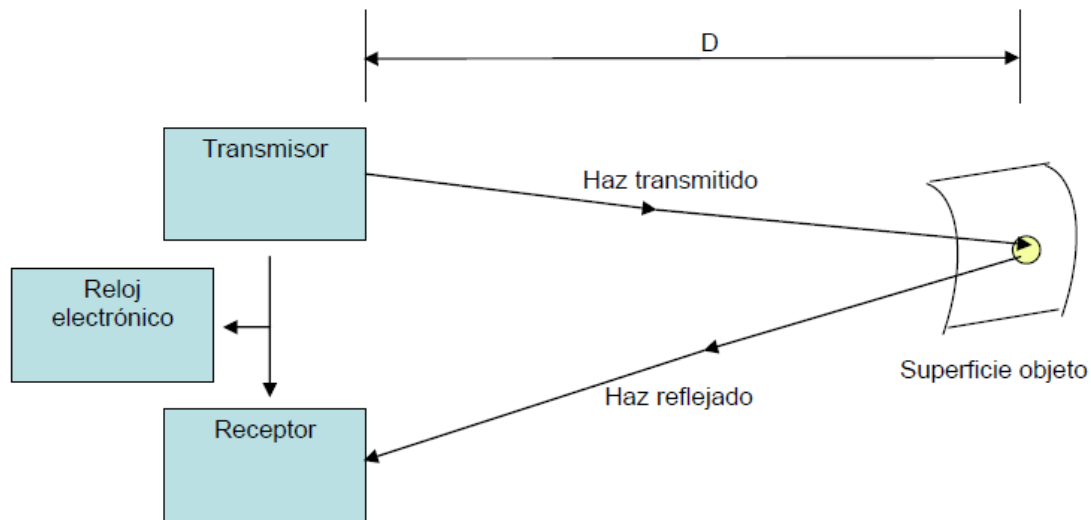
Su fundamento se basa en el hecho de que las ondas de luz viajan con una velocidad finita y constante a través de un medio. Por consiguiente, cuando puede medirse la demora durante el cual la luz viaja de una fuente a un objeto reflectante y regresa a la fuente, la distancia a dicha superficie puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$D = \frac{(c.t)}{2}$$

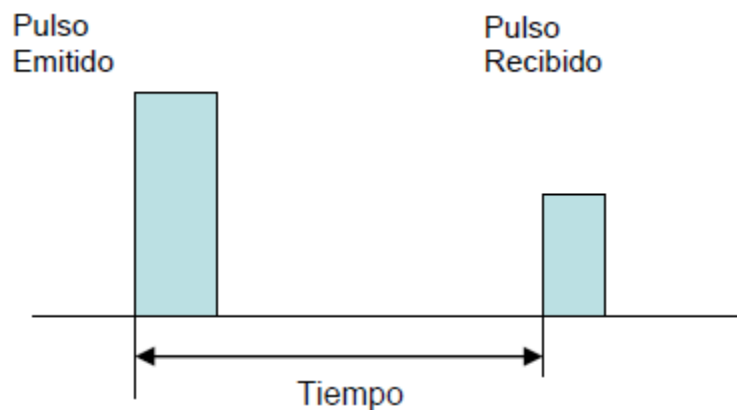
Donde:

$c$  = velocidad de la luz en el aire

$t$  = tiempo que tarda la señal en ir y volver



Los escáneres por tiempo de vuelo no suelen usar haces continuos, sino pulsos de láser. Escanean todo su campo de visión punto a punto cambiando la dirección del haz mediante una unidad de desviación. Un láser escáner 3D típico basado en el tiempo de vuelo puede medir de 2.000 a 50.000 puntos por segundo.



En un sistema de tiempo de vuelo, la máxima frecuencia de pulso está determinada por el hecho de que el emisor no puede enviar un pulso hasta que no haya recibido el anterior, con tal de evitar la confusión en la llegada de los pulsos, lo que recibe el nombre de máximo rango de certeza.

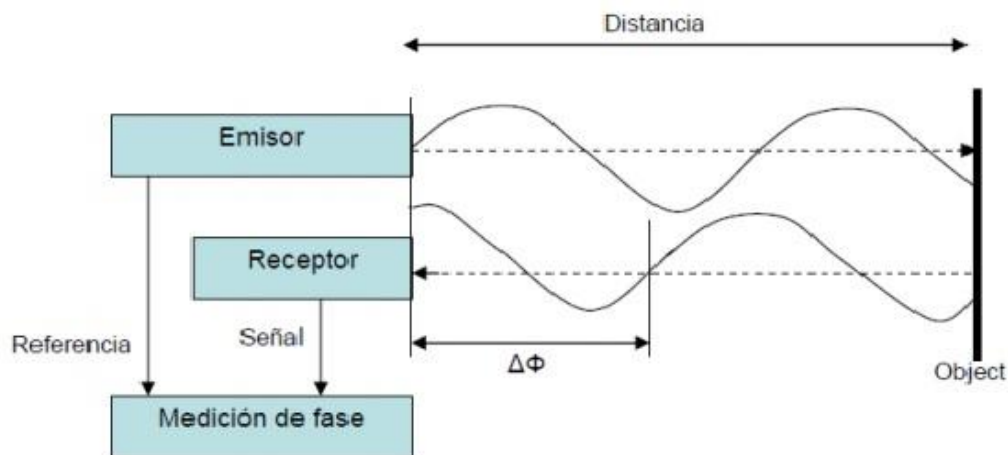
La precisión de este tipo de escáner dependerá de la capacidad que tenga el dispositivo para medir el tiempo, de manera que cuanto más precisos sean en medir el tiempo más precisos serán en medir la distancia. La mayor parte de este tipo de escáneres utilizan espejos rotatorios para dirigir el láser. La ventaja de los escáneres basados en el tiempo de vuelo, es que pueden operar a distancias muy grandes (del orden de kilómetros), por tanto, son muy apropiados para escanear grandes estructuras como edificios o accidentes geográficos. Las desventajas son su precisión, que suelen

ser del orden de los milímetros y el problema de detectar la llegada exacta de los retornos dispersos del pulso.

El escáner con el que he realizado el proyecto está basado en el tiempo de vuelo.

### Escáneres basados en la fase

Este tipo de medición también se apoya en el tiempo, pero evita la utilización de relojes de alta precisión, se basan en el cálculo de la diferencia de fase entre el laser emitido y el recibido. Utiliza un haz laser continuo al que se le va modulando la potencia y el valor de la distancia se determina comparando las versiones de los patrones de onda sinusoidal transmitida y recibida, y midiendo la diferencia de fase entre ellas.



Las ventajas de este tipo de escáner es que son muy precisos, en algunos casos submilimétricos y que permiten un muestreo muy rápido, de hasta 1.200.000 puntos por segundo. Y la desventaja es que por lo general están limitados a distancias medias y al ser de onda continua con modulación de la misma pues es muy sensible a la estabilidad de estas ondas, es decir, a la precisión de las mismas y a las turbulencias que puedan alterarlas como la estabilidad del oscilador, el aire, la refracción de éste, etc. ocasionando mucho más ruido en las lecturas por lo que la intervención del operador, a la hora de depurar estos ruidos, se hace más necesaria que en el caso de un escáner de tiempo de vuelo.

Generalmente, la precisión de un escáner basado en fase está limitada por:

Frecuencia de la señal o modulación.

Precisión en el ciclo de medición de la fase que depende de la fuerza de la señal, el ruido...

Estabilidad del oscilador de modulación.



Turbulencias en el aire por el que se realiza la medición.

Variaciones en el índice de refracción del aire.

### 2.1.2. Características

La Estación Total *ScanStation 2* salió al mercado sobre el año 2007, cuenta con una cámara integrada de alta resolución. Tiene una velocidad de escaneo de 50000 puntos por segundo. El tamaño del punto laser es de 4 mm midiendo a una distancia de hasta 50 m. y de 6 mm a más distancia, presenta una desviación estándar de 2mm en la adquisición de señal de puntería, compensador de doble eje y un sistema de autocomprobación periódica durante el funcionamiento y la activación. También, tiene un campo de visión completo, compensación de inclinación, precisión de levantamiento para cada medición y un excelente alcance de hasta 300 metros para una reflectividad de la superficie del 90%, esto se combina con sus capacidades de escaneo ultra finas para dar respuesta a cualquier necesidad y, además, ha impuesto una facilidad de uso en *High-Definition Surveying™ (HDS™)*. Utiliza un láser 3R (IEC-60825-1), verde visible.



Figura 6: Láser Escáner ScanStation2

La Estación Total *ScanStation 2* es un instrumento muy avanzado y eficaz, pero mermada por el peso del conjunto (20+6 Kg) y de una velocidad de escaneo que si bien, no es mala, actualmente se encuentra superada por otros equipos más eficientes, entre los que cabría destacar el FARO Focus<sup>3D</sup> que cuenta con una Precisión de distancias de hasta  $\pm 2$  mm, similar a la de *ScanStation 2*. Un alcance inferior, el rango se encuentra entre los 0,6 m y los 120 m. pero en los demás aspectos es más potente que la *ScanStation 2*; tiene una velocidad de medición de hasta 976.000 puntos por segundo, es más pequeño y compacto (el escáner láser 3D más pequeño jamás fabricado, con un



peso de tan sólo 5 kg), y está equipada con una cámara a color integrada que realiza escaneos 3D en color con realismo fotográfico con una resolución de hasta 70 megapíxeles y superposición de color sin paralaje. Que en trabajos de gran número de estaciones sería un factor muy a tener en cuenta.

### 2.1.3. Elementos

El láser escáner que hemos utilizado para la realización del modelado 3D contiene los siguientes elementos:

Láser pulsado con capacidad para topografía por punto único.

Cámara integrada.

Controles de *scripting* (secuencia de comandos) avanzados, el *firmware* (programación en firme) *SmartScan*<sup>TM</sup>(escáner inteligente) permite la secuenciación automatizada de escaneados y operaciones desatendidas.

Compensador de nivel integrado de doble eje.

Nivel de burbuja de aire externo ubicado en la parte posterior del cabezal de escaneo giratorio.

Electrónica de temporización avanzada integrada con un láser de microchip patentado para proporcionar mediciones de distancia precisas y con bajo ruido.

Compatibilidad con función X interoperable con *Leica System 1200*.

Marcas HI.

Montura de base nivelante.

Asa de transporte.

Botón QuickScan.



Figura 7: Partes del láser escáner ScanStation2

#### 2.1.4. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas, en general, que dispone el láser escáner *ScanStation2*, son:

Es un láser pulsado de alta velocidad con compensación de doble eje, con precisión, alcance y campo de visión a nivel topográfico.

El interfaz de usuario puede ser portátil o en PC de sobremesa.

El controlador de escáner es *Servo Motor*.

Tiene una cámara digital de alta resolución integrada.

#### El rendimiento del sistema es:

Precisión de medida aislada es:

En posición: 6 mm

En distancia: 4 mm

En ángulo (tanto horizontal como vertical): 60  $\mu$ rad, un sigma.

Superficie modelada:

Precisión: 2 mm

Ruido: un sigma

Adquisición de señal de puntería de 2 mm con desviación estimada.

Compensador de doble eje con seleccionador on/off, resolución de 1'' y alcance dinámico de  $\pm 5'$ .

Control de integración de datos con autocomprobación periódica durante el funcionamiento y la activación.

**El sistema de escaneado láser es:**

Es de tipo pulsado con microchip de propiedad.

Es de color verde.

El láser es de clase 3R (IEC 60825-1).

Un alcance de 300 metros para un 90% y de 134 metros para un 18% de albedo.

Una velocidad instantánea máxima de escaneo de hasta 50000 puntos por segundo. Depende de la densidad de escaneo específica y del campo de visión.

Tiene una resolución de escaneo para:

Tamaño de punto de 0-50 metros: 4 mm (basado en FWHH) y 6 mm (basado en Gaussian).

Seleccionabilidad independiente, espaciado de medición punto a punto vertical y horizontal totalmente seleccionable.

Espaciado de puntos horizontal y vertical seleccionable con espaciado mínimo de  $<1\text{mm}$  en todo el rango y capacidad de intervalo de punto único.

Densidad de muestra máxima  $<1\text{mm}$ .

Campo de visión por escaneo de:

360° máximo el horizontal.

270° máximo el vertical.

Puntería con visor óptico que emplea un botón *QuickScan*.

Óptica de escaneado con espejo simple, diseño de ventana panorámica, frontal y superior, y protegida ambientalmente por carcasa y dos pantallas de cristal.

Motores de escaneo con accionamiento directo y sin escobillas.

Transferencia de datos y potencia hasta o desde la torreta giratoria sin contacto, con enlace de datos óptico y transferencia de energía inductiva.

Para la comunicación tiene una dirección estática de Protocolo de Internet (IP).

Realiza una formación de imágenes digitales cuya resolución la elige el usuario; a color integrada, bajo, medio, alto, imagen simple 24° x 24°: 1024 x 1024 píxeles (1 megapixel) con ajuste “High” y cúpula completa 360° x 270°: 111 imágenes, aproximadamente 64 megapíxeles, rectificadas espacialmente automáticamente.

Contiene indicadores de estado, 3 *LEDs* (en base estacionaria) que indican:

Sistema listo

Láser “on”

Estado de comunicaciones

Indicador de nivel de burbuja externo y a través de portátil.

**El sistema eléctrico del escáner láser es:**

Energía eléctrica:

36V; CA o CC; Conectable en caliente

Dos unidades de suministro de energía proporcionados con el sistema

Consumo del sistema menor que 80W.

La batería es del tipo plomo-ácido sellada.

Dos puertos de energía de uso simultáneo y conectables en caliente.

Duración típica mayor que 6 horas, con uso continuo y a temperatura ambiente.

Cinco indicadores del estado de energía *LEDs* que indican el estado de carga y los niveles de energía.

**La temperatura respecto al láser escáner es:**

Funcionamiento ambiental de 0° C a +40° C.

Temp. de conservación, en el intervalo de -25° C a +65° C

Iluminación Funcionamiento completo desde condiciones de luz solar brillante a oscuridad completa.

Humedad No condensante.

Choque 40 G's (máx. para maletín de transporte del escáner)

Polvo/humedad IP52 (IEC 60529).

**Las características físicas son:**

Del escáner:

Dimensiones:

10,5''Profundidad x 14,5''Ancho x 20''Alto

265 mm x 370 mm x 510 mm sin asa ni estativo de mesa

Peso: 18,5 Kg, nominal

De la unidad de suministro de energía:

Dimensiones:

6,5''P x 9,25''An x 8,5''Al

165 mm x 236 mm x 215 mm sin asas

Peso: 12 Kg, nominal.

**Los accesorios estándar incluidos son:**

Maletín de transporte del escáner

Base nivelante

Trípode de levantamiento

Cable *Ethernet* (de tierra), para conexión del escáner al ordenador portátil

Dos maletines de fuente de alimentación. Cada uno incluye:

Fuente de alimentación

Cable para conexión de batería al escáner

Cargador de la fuente de alimentación

Manual del usuario.

Kit de limpieza.

Software: CycloneTM-SCAN.

**Las opciones de *hardware* son:**

PC Portátil, Tablet PC.

Señales de puntería para escaneo *HDS* y accesorios de señal de puntería.

Contrato de servicio para *Leica ScanStation 2*

Garantía extendida para *Leica ScanStation 2*

**El PC portátil para el escaneado es:**

Procesador *Pentium M* de 1,4 GHz o similar.

Memoria *RAM* de 512 Mb *SDRAM*.

Tarjeta de red *Ethernet*.

Display *SXGA+*

Sistema operativo:

*Windows XP* (SP1 o superior)

*Windows 2000* (SP2 o superior).

**Especificaciones técnicas del módulo *Scan* del software *Cyclone*.**

Densidad de escaneo vertical y horizontal independiente.

Filtros de escaneo: alcance, intensidad.

Selección del área de escaneo mediante un rectángulo de trazado o preselecciones.

Corrección atmosférica.

Líneas de cuadrículado longitud/latitud personalizables.

Replanteo pre-escaneo con señal de puntería de toma aislada.

Gestión de programa para secuencias de escaneo automático.

Vista de ubicaciones de escáner y campo de visión.

Nivel de detalle (*LOD*) para visualización rápida.

Nueva verificación automática (readquisición) de señales de puntería.

Auto-adquisición de señales de puntería *HDS*.

Identificación de señales de puntería.

Trazado.

Configuración de campo (Resección, visual de espalda y Azimut dato).

Informes de trazados y resecciones.

Replanteo e identificación de punto.

Coordenadas del punto a e intervalo preseleccionadas.  
Entrada directa de coordenada/estación.  
Compensación de doble eje on/off.  
Acopla/desacopla la torreta.  
Entrada de señal de puntería y altura del instrumento.  
Control de luz para imágenes digitales.  
Adquiere y visualiza la imagen digital.  
Ajusta la resolución de la imagen (alta, media, baja).  
Acepta imágenes digitales externas.  
Visualización 3D en tiempo real durante el escaneo.  
*Fly-around*, toma panorámica y zoom, rotación de nubes, mallas, modelos en 3D.  
Vista de nubes de puntos con mapeado de intensidad o color real.  
Crea automáticamente mosaicos de imágenes digitales panorámicas.  
Visor global de imágenes digitales.  
*QuickScan* punto y escaneo para establecer *FOV* horizontal.  
Comprueba la calidad de ajuste definida por el usuario.  
Medida y dimensión: distancia de desnivel,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ .  
Crea y administra anotaciones y capas.  
Guarda/ restaura vistas.  
Guarda imágenes de pantalla.  
Deshace/rehace el soporte.

**Los formatos de importación directa son:**

Formato de base de datos de objetos *Cyclone native IMP*, formato *Cyclone Object Exchange (COE)*  
Datos de puntos ASCII (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT)  
Función Leica's X, formato DBX, Land XML, ZFS, ZFC, 3DD

**Los formatos de exportación directa son:**

Datos de puntos ASCII (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT)  
Función Leica's X formato DBX, Land XML, PTZ

**Los formatos de exportación indirecta son:**

AutoCAD (vía AutoCAD, COE para plug in MicroStation)  
MicroStation (vía COE para plug in MicroStation)  
PDS (vía MicroStation, COE para plug in MicroStation)  
AutoPLANT (vía AutoCAD, COE para plug-in AutoCAD).

### 2.1.5. Campos de Actuación

En la actualidad, como se ha indicado anteriormente, el uso del láser-escáner se ha extendido enormemente sobre todo para la toma de datos de zonas inaccesibles y otras utilidades que se exponen a continuación.

#### 2.1.5.1. En Topografía

En el campo de la topografía por la facilidad en la toma de nubes de puntos en zonas de difícil acceso y su posterior procesado para la obtención de modelos 3D, este sistema se puede utilizar en la medición, control y seguimiento en la ejecución de obras como pueden ser topografía de avances de obra, control de calidad y mediciones en las certificaciones, cartografía y modelización de obras e infraestructuras, control de la geometría en la excavación de túneles y cubicación de los volúmenes de relleno de hormigón, control de geometría y deformaciones en obras e infraestructuras.



Figura 8: Láser escáner en topografía

#### 2.1.5.2. En geología y minería

Topografía de explotaciones a cielo abierto y en interior, como pueden ser los túneles y cámaras de minas subterráneas. Con los datos obtenidos con esta técnica se da paso a la cubicación de volúmenes de material, resolviendo un problema que se acometía con topografía tradicional pero con un coste mayor puesto que se añade el factor de la gran velocidad con que cambia la explotación y lo importante de controlar tanto la cantidad de material extraído como lo que falte de extraer o incluso la cantidad a aportar para la recuperación de los espacios.

También en el mundo de la geología caben la toma de datos de zonas inestables, deslizadas y con taludes, como pueden ser laderas de montaña, hundimientos, zonas problemáticas y - de acceso difícil.





Figura 9: Láser escáner en cantera

#### *2.1.5.3. En documentación patrimonial*

Esta tecnología es ideal para la documentación de edificaciones, monumentos y lugares históricos con detalle y gran precisión, generando nubes de puntos de 360° de las superficies escaneadas para crear modelos 3D que se emplean posteriormente en la restauración o en planes de conservación histórica o produciendo modelos tridimensionales para cualquier fin métrico y gráfico, réplicas a escala o visitas virtuales.

Características como la medición sin contacto y la nula alteración del objeto analizado hace que en determinadas ocasiones esta tecnología sea la única alternativa posible.

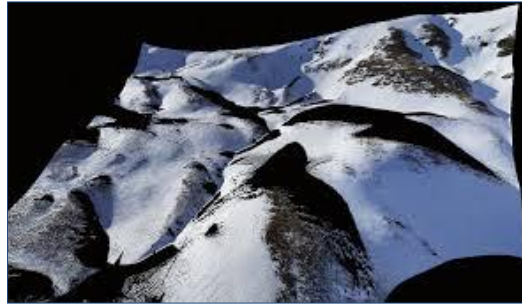


Figura 10: En documentación patrimonial

#### *2.1.5.4. En medio ambiente*

Estudios de erosión. Modelización de movimiento del agua en parcelas de riego por superficie y aspersión, incluso para la monitorización de la cubierta de nieve y los glaciares, ya que, éstos tienen una gran importancia en el clima de montaña y en el régimen de los ríos alimentados con el agua del deshielo. Lo que se tiene que tener en cuenta es que en este tipo de estudios al igual que en ciertas canteras las distancias a las que se debe trabajar son mucho mayores que las especificadas en la tabla de los aparatos comerciales teniendo un especial cuidado en los posicionamientos y zonas de sombra y

siendo conscientes que por tanto las precisiones tampoco serán las mismas que en distancias cortas.

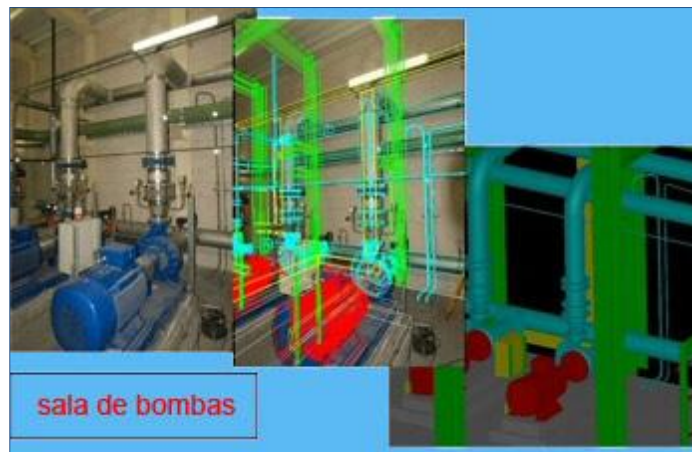


**Figura 11:** En Medio Ambiente

#### *2.1.5.5. En plantas industriales*

El escaneado láser permite obtener modelos tridimensionales muy precisos de estructuras y componentes de instalaciones industriales. Los modelos en ingeniería inversa representan el estado real de la instalación en el momento de estudio por lo que resultan muy útiles para la planificación de trabajos, la formación de personal y la simulación de maniobras, especialmente en zonas de difícil acceso o en condiciones ambientales severas.

Además por el método en sí se pueden medir distancias en tres dimensiones e identificar interferencias sin necesidad de estar físicamente en la zona de trabajo.



**Figura 12:** Láser escáner en industria

#### *2.1.5.6. En terremotos*

Con el fin de restablecer lo más rápido posible los daños provocados en las infraestructuras ferroviarias y carreteras, el escaneo láser 3D se impone como la herramienta de análisis más rápida y eficaz. Los resultados obtenidos permiten al mismo tiempo preparar las reparaciones necesarias con los programas informáticos actuales, y afinar los resultados de las simulaciones teóricas al compararlos con los resultados reales levantados en campo.



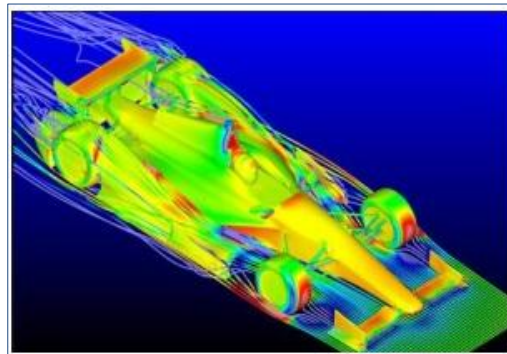
**Figura 13:** Control desplazamiento en terremotos

#### *2.1.5.7. En entretenimiento*

Los escáneres 3D son usados por la industria del entretenimiento para crear los modelos 3D digitales para películas y videojuegos. Al igual que para el patrimonio si en el mundo real existe el objeto cuyo modelo se quiere escanear, es mucho más rápido escanear el objeto físico que crear manualmente el modelo 3D por medio de software de modelado.

#### *2.1.5.8. En automoción e ingeniería espacial*

La tecnología láser escáner permite la creación de prototipos, análisis de piezas, comprobación de modelos, etc., aportando una herramienta muy eficaz en los controles de calidad de cualquier producto.



**Figura 14:** Láser escáner en las

#### *2.1.5.9. En estudios forenses y de accidentes*

Desde un accidente automovilístico, pasando por uno aéreo (Columbia 2003), hasta el levantamiento completo de una escena de crimen, el escaneo láser aporta una información exhaustiva de los hechos en un instante preciso, pudiendo generar una recreación de los sucesos en el momento en que ocurrieron.

En el caso de la escena de un crimen, donde por el paso del tiempo y personas se puede deteriorar el escenario donde ocurrieron unos hechos es una tecnología que de forma rápida y precisa permite tener toda la información de dicho escenario.

## 2.2. Ordenador

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante láser escáner, se cuenta con un ordenador portátil, a parte del ordenador utilizado para la memorización de los puntos y que trabaja unido al aparato, y cuyas características son las siguientes:

Información del sistema

Fecha y hora actuales: martes, 4 de octubre de 2016, 18:14:58  
Nombre del equipo: UNIVERSIDAD  
Sistema operativo: Windows 10 Home 64 bits (10.0, compilación 14393)  
Idioma: español (configuración regional: español)  
Fabricante del sistema: Hewlett-Packard  
Modelo del sistema: HP Pavilion Notebook  
BIOS: F.13  
Procesador: AMD A10-8700P Radeon R6, 10 Compute Cores 4C+6G (4 CPUs), ~1.8GHz  
Memoria: 12288MB RAM  
Archivo de paginación: 3939MB usados, 24074MB disponibles  
Versión de DirectX: DirectX 12

### Ver información básica acerca del equipo

#### Edición de Windows

Windows 10 Home

© 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.



#### Sistema

Procesador: AMD A10-8700P Radeon R6, 10 Compute Cores 4C+6G 1.80 GHz  
Memoria instalada (RAM): 12.0 GB (11.4 GB utilizable)  
Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64  
Lápiz y entrada táctil: La entrada táctil o manuscrita no está disponible para esta pantalla



[Información de soporte técnico](#)

## 2.3. Tecnología BIM

En este apartado se abordará el tema BIM, sus características y dimensiones y demostrar así la utilidad y la eficacia de la aplicación de esta tecnología.

### 2.3.1. Significado de "BIM"

BIM es un acrónimo de Building Information Modeling (Modelado Integrado de Información para la Construcción) o "Modelas lo que construyes".

Cada palabra que compone la sigla BIM representa no sólo el término literal, sino también un concepto y función que gestiona el modelo.

#### EDIFICIO (BUILDING)

En esta metodología la edificación se entiende como un **proyecto colaborativo compuesto por áreas en constante diálogo**. Este es un canal abierto de comunicación donde se discuten las mejores soluciones y se anticipan las decisiones críticas del diseño, previniendo futuros problemas en las etapas posteriores.

Entre sus ventajas está la **visualización en tres dimensiones**, lo que facilita la comprensión de las decisiones durante el desarrollo del proyecto. Además, la representación de las fases nos da una visión global del ciclo de vida, considerando todos los elementos en juego y adelantando las necesidades futuras, como por ejemplo el impacto ambiental de la edificación, su eficiencia energética y los costos operativos.

#### INFORMACIÓN (INFORMATION)

Utilizar la metodología de trabajo BIM y sus plataformas significa la **creación y desarrollo de una base de datos en constante actualización**. La información contenida en este sistema se encuentra abierta para todos los integrantes del equipo, quienes pueden usarla, reutilizarla y optimizarla cuando sea necesario.

#### MODELADO (MODELING)

Si bien la definición oficial indica que la M se refiere a modelado, algunos profesionales prefieren decir que significa Management (administración), lo que calza con la idea de que **la estructura es construida sobre datos organizados**, dando forma a un sistema que luego puede ser administrado y actualizado por el parte del mandante.

En los comentarios sobre BIM se puede decir que es un tipo de software o de modelo 3D virtual de los edificios. Otros dicen que BIM es un proceso o una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica. Es seguro afirmar que BIM es todo lo que se dice anteriormente y algunas cosas más.... Cuando algo se convierte en BIM empieza con un modelo digital 3D del edificio. Este modelo no es más que pura geometría y algunas texturas colocadas sobre él para su visualización. Un verdadero modelo BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de



una instalación. Posee información total del edificio, es capaz de brindar los conocimientos sobre las instalaciones y con ello forma una base fiable para las tomas de decisiones durante su ciclo de vida. Es un GIS de una obra.

El concepto BIM ha existido desde los años 70, siendo utilizado por primera vez por el arquitecto Phil Bernstein. La primera implementación fue realizada por Graphisoft a través de su software ArchiCAD el año 1987.

Si bien el objetivo último para la creación de un modelo BIM puede diferir en el enfoque o el alcance o algún otro aspecto, lo que es real es la posibilidad de intervenir de forma inmediata en cualquiera de las fases del desarrollo, mostrando una adaptación a las necesidades de los distintos agentes intervinientes.

- **Gestión de Cambios** - Cualquier modificación del diseño del edificio se transmitirá automáticamente en cada vista, tales como planos de planta, secciones y alzados.
- **Simulación del Edificio** - los modelos BIM no solo contienen datos arquitectónicos sino también toda la información interna del edificio, como las estructuras de carga, conducciones e incluso la información sobre sostenibilidad, permitiéndonos realizar simulaciones de las características del edificio por adelantado.
- **Gestión de Datos y Gastos** - BIM contiene información que no se ve representada en los planos. La información sobre el calendario, por ejemplo, clarifica los recursos humanos necesarios, la coordinación y todo lo que pueda afectar a la agenda del proyecto. El coste es también la parte del BIM que nos permite saber el presupuesto estimado del proyecto en cada fase del tiempo durante el cual se ejecuta.
- **Operativa del Edificio** - No hace falta decir que todos estos datos insertados en el modelo BIM no son útiles solamente durante las fases de diseño y construcción sino que pueden utilizarse durante todo el ciclo de vida del edificio, ayudando a reducir su coste de operación y mantenimiento.

BIM es multidisciplinario, y la coordinación que facilita permite tener un intercambio de datos en tiempo real de manera coherente, precisa y completa, es decir, que trabaja con interoperabilidad, mejorando así aspectos como son la eficiencia y efectividad, como así también permitirá la detección de errores con mayor facilidad.

La siguiente imagen demuestra, como se relacionan las distintas partes que componen un proyecto, a partir de un programa BIM.



Figura 15: Representación esquemática del trabajo multidisciplinario en BIM

### 2.3.2. Beneficios

El beneficio clave del BIM es su precisa representación geométrica de las partes de una construcción (edificio, planta industrial, planta energética, etc.) en un entorno integrado de datos, cuyos beneficios relacionados son:

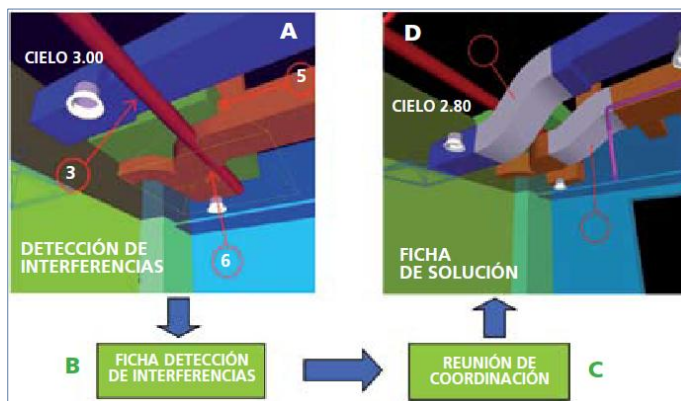


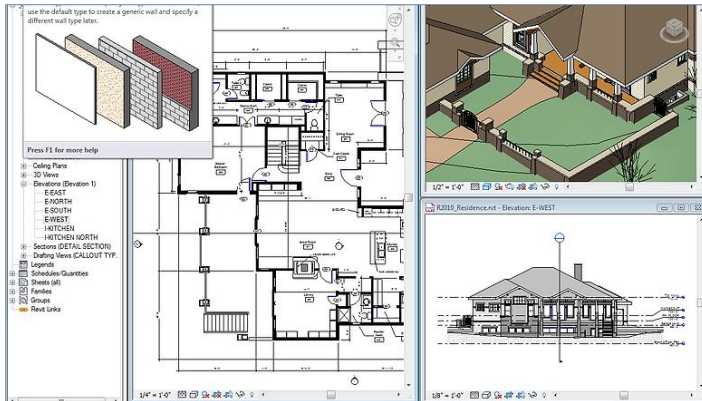
Figura 16: Detección de interferencias

- **Diseño digital inteligente:** cada parte diseñada digitalmente une y relaciona sus datos (propiedades) de producto y características para realizar cálculos automáticos, detectar interferencias de manera automatizada, y producir cambios que benefician al diseño, a la

fabricación y la ejecución al mejorar su precisión y planificación.

- **Análisis y simulación avanzados:** cada propuesta de diseño puede ser rigurosamente analizada gracias a que las simulaciones se realizan de forma rápida, y el rendimiento siempre es el punto de referencia, lo que permite seleccionar soluciones innovadoras, eficaces y eficientes.

- **Ciclo de vida incluido:** Los costes durante la vida útil, la explotación económica beneficiosa y la sostenibilidad ambiental son tres de los requisitos más demandados por administraciones públicas y clientes privados, y que gracias al BIM se pueden medir y calcular.



- **Mejora de procesos:** tener un protocolo de datos común permite a gobiernos, industria, y fabricantes a operar más eficazmente dado que es más fácil compartir información, analizarla en el tiempo, y reutilizarla.

Figura 17: Actualización de modificaciones

- **Gestión documental inteligente:** en BIM solo es necesario modelar los objetos una vez para toda la documentación del proyecto, dado que se derivan automáticamente a los planos, vistas, etc., que sean requeridos, con el beneficio añadido de que se evitan interferencias y diferencias.

- **Mejor servicio al cliente:** la representación visual en 3D y 2D precisa y realista de las distintas propuestas mejoran la explicación de los proyectos a los clientes y demás interesados.

- **Gestión de Proyectos:** Project Management PMI – ISO21500: Los datos del ciclo de vida (requisitos, el diseño, la construcción y la información operativa) se pueden utilizar en la gestión de los proyectos para su planificación, ejecución, mantenimiento y desmantelamiento.

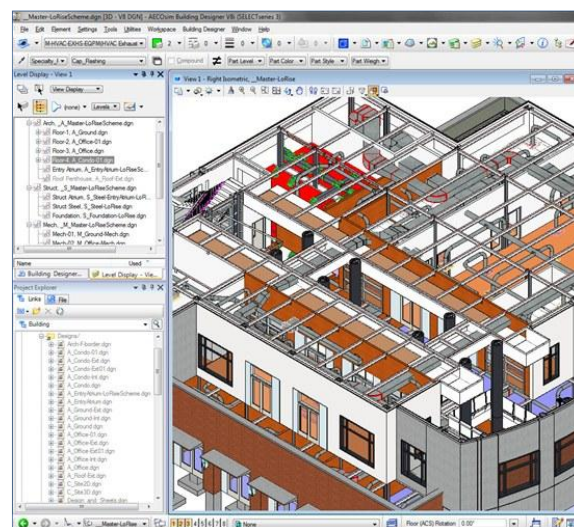


Figura 18: Funcionamiento en sección multidisciplinar



Estas ventajas descritas permiten una mayor calidad en el trabajo desarrollado, ya que, parte del tiempo que antes se podía ocupar en la elaboración de planos se puede dedicar a una mayor depuración en el diseño.

De todas formas los beneficios se verán reflejados a mediano o largo plazo, ya que existen una serie de costos asociados, que se deberán amortizar, como ser el costo de la obtención del software profesional, la capacitación para el aprendizaje de su uso, etc.

### 2.3.3. Dimensiones BIM

Con la denominación de dimensiones se está intentando transmitir la totalidad que un entorno BIM tiene en la ejecución de proyectos, desde que estos son un mero esbozo hasta comprender la vida útil que dicho proyecto va a tener.

En la siguiente imagen se puede comprender de forma gráfica las dimensiones y lo que cada una comporta.



Figura 19: Dimensiones en BIM

Aunque el primer escalón no aparece, 2D, al hablar de él BIM trata de todo acerca de los planos y especificaciones, al avanzar una dimensión, 3D, se refiere al diseño completo con la visualización de los conflictos y de todo lo concerniente a labores previas al comienzo de la ejecución real, en la dimensión 4D se tienen en cuenta los tiempos y la programación de la ejecución, en la dimensión 5D BIM incluye la definición de costos basado en modelos, con un cálculo exacto de precios basado en la información de una medición precisa. La 6D BIM se refiere a la contratación, análisis de la propiedad y la sostenibilidad del proyecto, como último mencionamos la 7D BIM, esta analiza el ciclo de vida del edificio, incluyendo su operación y mantenimiento.

### 2.3.3.1. 2D BIM, Planos y especificaciones

En esta primera fase es donde más se asemejan BIM y CAD ya que, representan dos aproximaciones al diseño arquitectónico y su documentación. Las aplicaciones de CAD (Computer Aided Design) imitan el tradicional proceso de "papel y lápiz" con dibujos electrónicos de dos dimensiones creados desde elementos gráficos 2D como líneas, tramas y textos, etc. y además generados de forma independiente por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos. Las aplicaciones BIM (Building Information Modeling) imitan el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, forjados, cubiertas, etc. Esto permite diseñar edificios de la misma forma en que son construidos. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo. Con esta aproximación integrada del modelo, BIM no sólo ofrece un significativo incremento en la productividad sino que sirve como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo.

La anticipación de las decisiones de diseño tiene ventajas significativas sobre las prácticas actuales. En efecto, el coste de las modificaciones producidas en los proyectos de construcción va aumentando a medida que se vayan haciendo sobre el final de la etapa del proceso de construcción, esto lo veremos reflejado en la siguiente imagen:

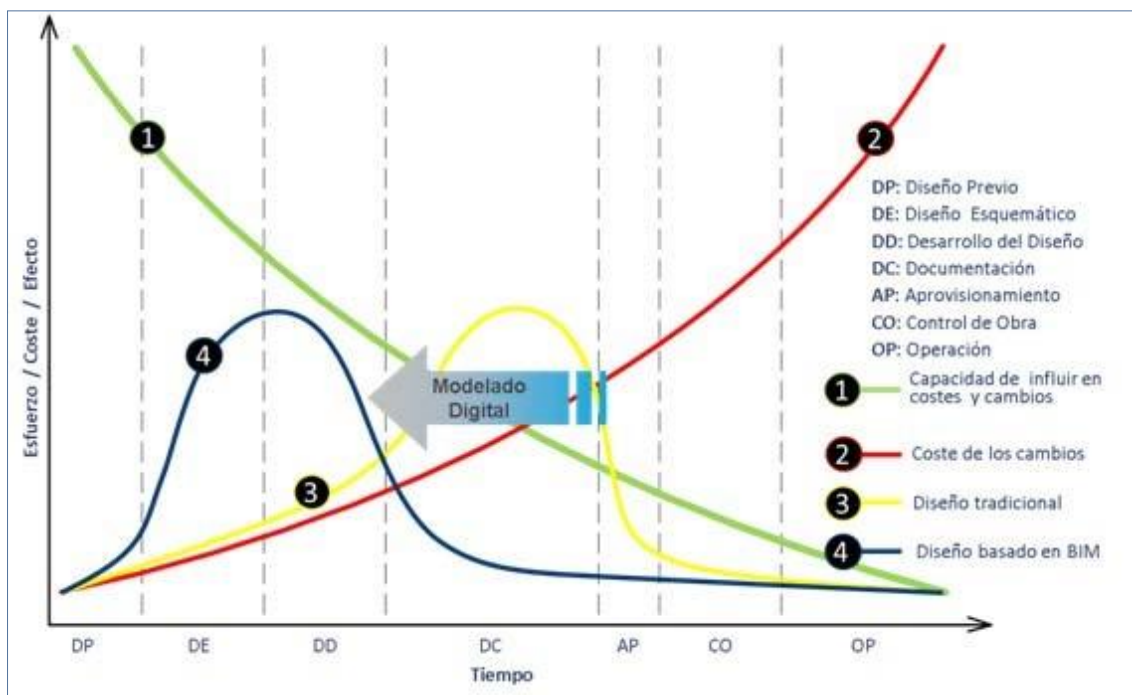


Figura 20: Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY)

Gráfica elaborada por Patrick MacLeamy, y en ella se demuestra que el mayor esfuerzo en la fase de diseño beneficia a todo el proyecto. Esto es posible ya que al brindar mayor importancia y dedicación al diseño es posible anticiparse a los acontecimientos y se pueden conocer los problemas del diseño antes de que lleguen a suceder. Pero el verdadero beneficio se dará en el coste, ya que, este esfuerzo se llega a percibir como un valor añadido al proyecto. Es por ello que remarcamos la importancia del cambio de CAD a BIM, ya que no solo es un cambio de sistema sino, que engloba una amplia gama de beneficios, los cuales se reflejarán a largo plazo.

### 2.3.3.2. 3D BIM Datos paramétricos.

Durante el proceso se crea un único modelo tridimensional – **BIM-3D** – que representa gráficamente el proyecto de construcción completo, es capaz de simular a modo de maqueta virtual el aspecto final de la obra a realizar. Toda la información del proyecto se introduce en este modelo: terreno, estructuras, muros, divisiones, carpinterías, instalaciones, mobiliario,... todo.

Además de contar con los atributos geométricos y visuales, tienen asociadas las características funcionales y físicas de cualquier material o producto real: peso, resistencia, fabricante, referencia, garantía, ... lo que abre un abanico enorme de posibilidades y supone una pieza clave en la industrialización de la construcción.

Así mismo, del modelo 3D se extrae toda la información para la construcción: planos generales, planos de construcción y de detalle, presentaciones, infografías, mediciones, cuantificaciones de cantidades y volúmenes de obra, entre otros. De este modelo además, pueden estudiarse y evaluarse a priori, antes de la fase de ejecución, una gran variedad de factores, entre ellos, la viabilidad técnica y la detección de conflictos, permitiendo así identificar y resolver los problemas iniciales en la fase de diseño, cuando las decisiones pueden tener un mayor impacto en el costo, tiempo, y la sostenibilidad.

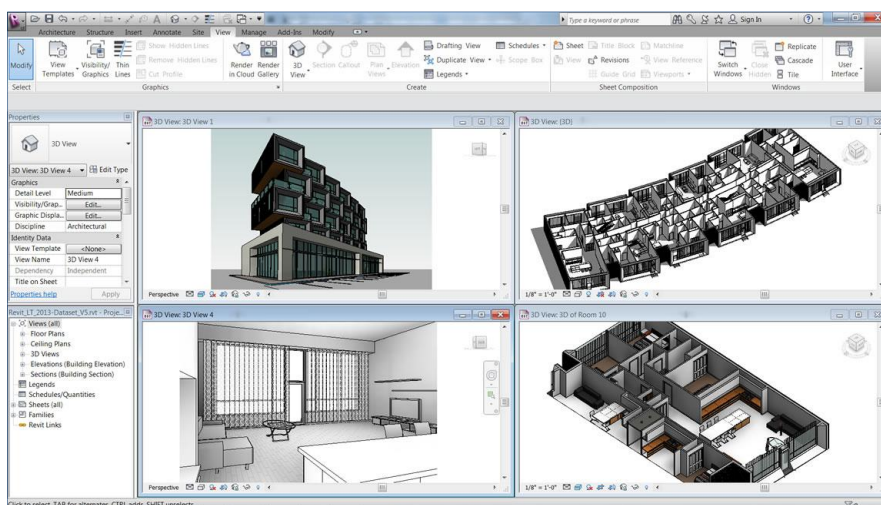


Figura 21: Vistas 3D desde cualquier ángulo

### 2.3.3.3. 4D BIM Integración de Calendarios y Tiempos.

En esta dimensión se introducen los calendarios y tiempos o lo que es lo mismo la programación en la ejecución del proyecto, esto permite controlar la eficiencia y duración de las distintas fases de la obra, simulando los tiempos de todas las fases y trabajos. Este control posibilita una planificación detallada con estimaciones y la visualización del progreso de todas las actividades.

Además, un seguimiento detallado permite una coordinación eficiente de los especialistas y sus actividades, mejorando los tiempos y el uso de recursos, corroborando las curvas de MacLeamy que en el apartado anterior se ha visto.

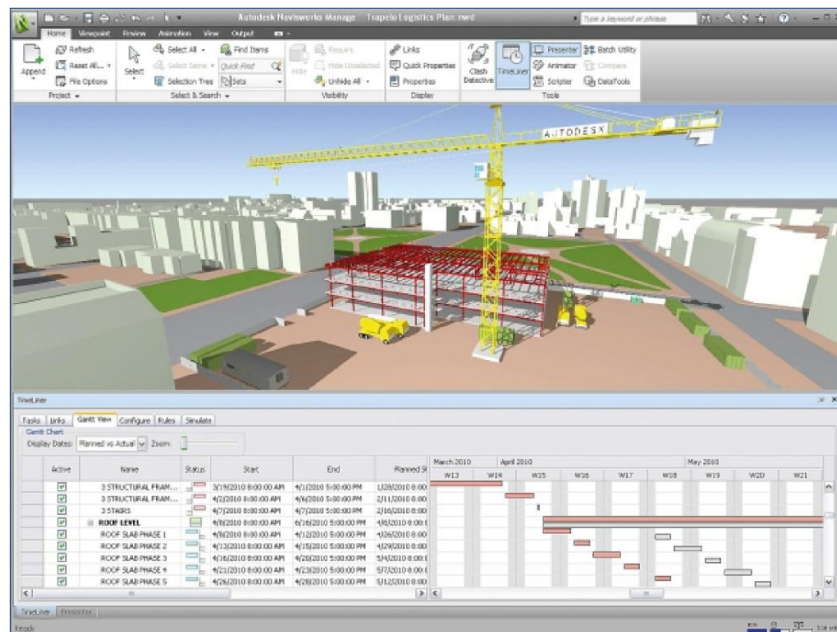


Figura 22: Dimensión 4D en proyecto

### 2.3.3.4. 5D BIM Estimación de costos y control de gastos.

Esta dimensión integra el diseño con el cálculo, previsión y cálculo de costos, incluyendo la generación de listas de cantidades, y la derivación de los índices de productividad y los costos laborales. A través de la estimación y gestión de costos, esta dimensión se orienta en la optimización de la rentabilidad del proyecto. El sistema permite definir la cantidad de materiales y estimar los gastos de operación para simular los costos de todas las fases.

En combinación con 3D y 4D, es posible calcular la relación entre los costos, los tiempos y los esfuerzos invertidos, para controlar la eficiencia de las decisiones implementadas.

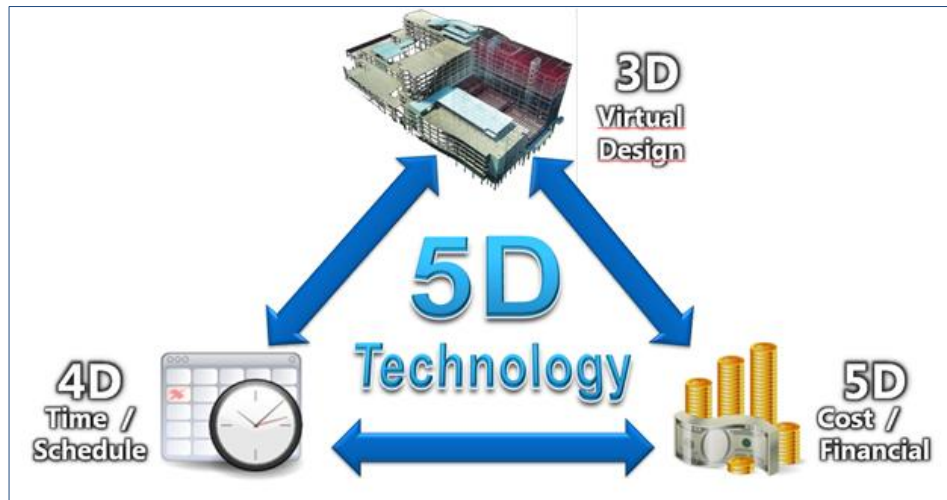


Figura 23: Dimensión 5D y relación con 3D y 4D

#### 2.3.3.5. 6D BIM comportamiento energético y sustentabilidad.

La sexta dimensión de BIM (en ocasiones llamada Green BIM o BIM verde), simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, es decir, nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción entregando información fundamental para la toma de decisiones. Gracias a esto es posible seleccionar las mejores técnicas y tecnologías para cada proyecto, optimizando el consumo de energía y reduciendo lo más posible los daños al medio ambiente.

Nos permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar el proyecto, teniendo en cuenta incluso su situación, su posición, su orientación y muchos aspectos más.

Con respecto a la sustentabilidad se deduce que el desarrollo sostenible hace referencia al desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

En la actualidad y de acuerdo a la creciente preocupación por los temas medioambientales y teniendo en cuenta que el sector de la edificación consume el 40% de la energía mundial y es el encargado de producir la mitad de CO2 emitido a la atmósfera, la creación de sistemas que puedan minimizar estos datos lleva consigo la reducción de impactos tanto económicos como sociales y permiten una mayor integración de la obra con su entorno minimizando las perturbaciones y alterando lo menos posible el funcionamiento de los ecosistemas de la zona.



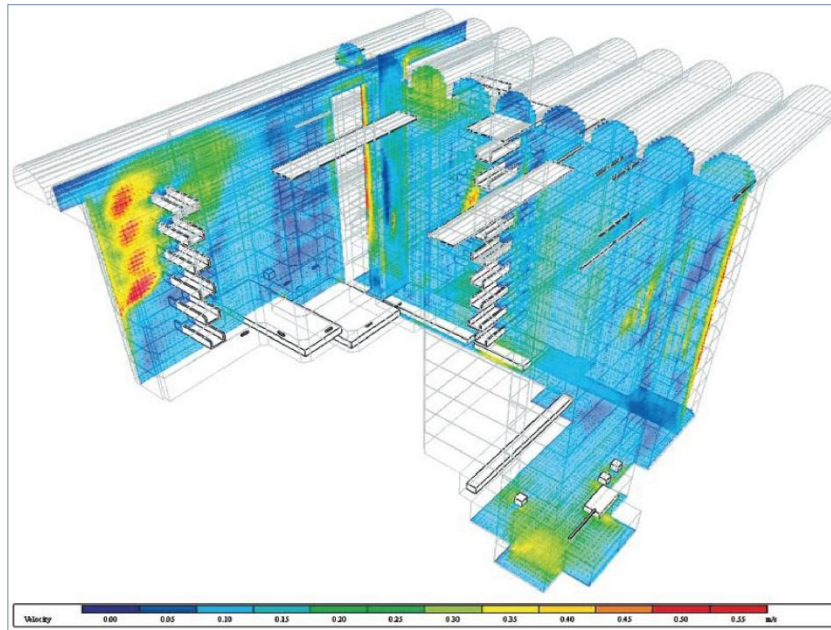


Figura 24: Dimensión 6D

#### 2.3.3.6. 7D BIM Aplicaciones operacionales del ciclo de vida.

Se entiende por ciclo de vida de un edificio el período de tiempo que abarca desde que se concibe hasta que se demuele, y por tanto un control en la gestión del mantenimiento es fundamental para optimizar dicho ciclo.

La séptima dimensión trata de ser una herramienta para facilitar al cliente la gestión de las instalaciones durante todo su ciclo de vida, facilitar datos relevantes de los activos, tales como el estado de los componentes, especificaciones, manuales de mantenimiento e incluso los datos de subcontratistas y proveedores, es decir, se entrega un control logístico y operacional para el uso y mantenimiento del edificio. En esta dimensión es posible llevar un control de inspecciones, reparaciones y tareas de mantenimiento, además de contar con información valiosa para detectar fallas de funcionamiento y áreas a mejorar.

Como resultado, es posible gestionar estas tareas de forma más eficiente, en menos tiempo y antes de que su solución requiera de una inversión mayor de recursos.

Una vez que el proyecto se ha desarrollado, y contamos con las restantes dimensiones es decir las 2D, 3D, 4D, 5D y 6D, el propietario tendrá en su poder un modelo virtual de la futura construcción, que contendrá toda la información relevante para la gestión de la propiedad, sistemas y componentes de construcción para la vida de la instalación. Podríamos decir que el modelado de información (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación.



**Figura 25:** Gestión completa BIM

#### *2.3.3.7. Big Data.*

Un paso más a la hora de compartir información en BIM se tiene en el Big Data como centro acumulador de datos.

Las aplicaciones ricas en datos, como el de los modelos BIM, pueden producir y manejar variables con el fin de utilizarlas en la generación del negocio, el control de la eficiencia energética, los costos de construcción, el mantenimiento, la operación y la gestión de las instalaciones en los edificios. Frente a estos nuevos requerimientos queda claro que la arquitectura no finaliza en el proyecto ni en la entrega de la obra.

Por lo que el concepto de “Big Data y arquitectura” tiene su contraparte económica, resultando de gran importancia para los propietarios contar con estos recursos, para conseguir disminuir los gastos dirigidos a mantenimiento, programar inversiones, entre otros. Un ejemplo de esto son las aplicación de normativas BIM que el Gobierno Británico está impulsando en relación a los edificios públicos y que tienen como objetivo final generar modelos capaces de gestionar de manera eficiente las edificaciones a lo largo de su ciclo de vida.

#### *2.3.4. Usos de "BIM"*

##### *2.3.4.1. BIM en Europa*

#### **Países Escandinavos:**

Fueron los precursores en la adopción de esta metodología, por lo que es de obligado cumplimiento y ya han podido experimentar las mejoras en primera persona.

#### **Reino Unido:**

La implantación llega al BIM Level 2 para este año en proyectos de un cierto monto económico.

#### **Francia:**

El gobierno francés tiene previsto adoptar el BIM de manera oficial en la creación de más de 500.000 hogares para el año 2017.

#### **Alemania:**

Implementación del BIM de cara al mandato del año 2020.

#### **Italia:**

Uso de BIM para obras públicas por encima de los 5 millones de euros.

#### **Los Países Bajos:**

Han establecido el BIC (Building Information Council) como parte del programa BIM del Rijkswaterstaat sobre carreteras y canales.

#### **República Checa:**

Empieza a utilizar las nuevas tecnologías, pero en la mayoría de áreas del proceso constructivo todavía se prefiere el modelo 2D

#### **Suiza:**

Existe una guía Open BIM que ayuda a los usuarios a desarrollar una metodología BIM.

#### **Portugal:**

Existen implementaciones tecnológicas dentro del sector público.



#### 2.3.4.2. BIM en el Mundo

##### **En América:**

Brasil, está adoptando el BIM con la esperanza de disminuir un 30% los costes a lo largo del ciclo de vida de un edificio.

Chile, es la principal referencia técnica y punto de encuentro del BIM.

USA, el BIM se ha expandido entre los grandes propietarios públicos, incluyendo la Administración General de Servicios y el Cuerpo de Ingenieros del ejército.

Canadá, el IBC (Instituto del BIM en Canadá) está encargado de liderar y facilitar el uso coordinado del BIM en diseño, construcción y gestión del entorno construido del país.

##### **En Asia:**

Singapur, ha creado una hoja de ruta para el BIM.

China, el Plan Nacional de cinco años del Ministry of Housing and Urban-Rural-Development's ha solicitado ya el BIM.

UAE (United Arab Emirates). En Dubai, se pretende expandir el uso del BIM en arquitectura y los requisitos MEP en edificios que superen los 20 pisos.

##### **Oceanía:**

En Australia, obligación del BIM en todos los proyectos de más de 30 millones de dólares.

Nueva Zelanda: realiza esfuerzos para desarrollar procesos de trabajo más eficientes y han creado el libro BIM Handbook.

#### 2.3.4.3. BIM en España

En reunión mantenida con el Ministerio de Fomento, el 14 de julio de 2015, de diferentes agentes tanto públicos como privados para la implantación de la tecnología BIM en el territorio nacional, se establece:

- Creación de iniciativa es.BIM para el desarrollo de la implantación BIM
- Creación de un decálogo para marcar el camino:

Animando a la incorporación a esta tecnología tanto por beneficios económicos, medioambientales y de interoperabilidad.

Alentado a la formación desde los planes de estudio.

Establecimiento de un calendario.

En una cuarta reunión que se ha producido en el mes de julio del presente año se ha vuelto a analizar la situación y a marcar un calendario:

Los horizontes temporales son:

- **Diciembre de 2018: Licitaciones de Edificación**
- **Julio de 2019: Licitaciones de infraestructuras**

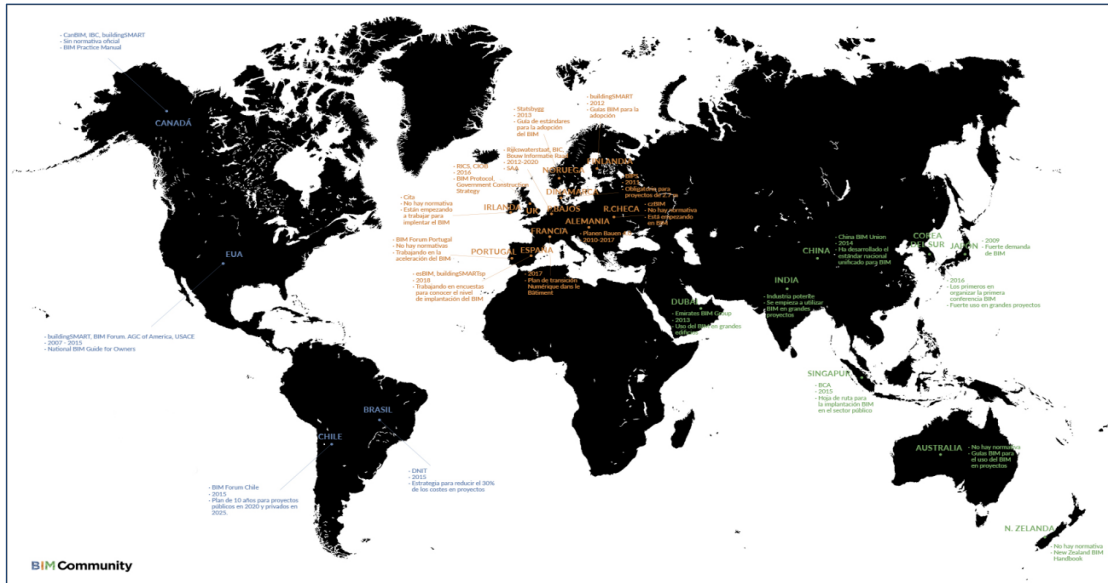
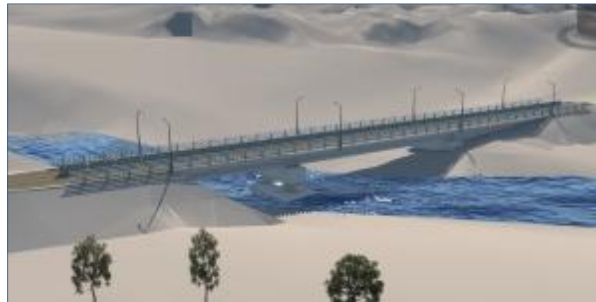


Figura 26: El BIM en el mundo

### 2.3.5. BIM en la Obra Civil.

El uso de BIM en obra civil no está tan extendido como en el caso de la edificación debido a los estándares de intercambio de datos entre distintas plataformas aunque eso está cambiando como en el caso del Reino Unido donde se ha realizado con BIM, el Crossrail (el metro que cruza Londres de punta a punta), o la futura línea de Alta velocidad HS2, que unirá Londres – Birmingham – Liverpool – Manchester, también en Finlandia, en donde ya ha salido el primer estándar IFC para el intercambio de información para obra civil.



Img.: 2.22 Viaducto en Autodesk Infraworks

A diferencia de las obras de edificación, el BIM en la obra civil tiene otro punto de vista. En las obras civiles, en muchos casos se contempla su uso del BIM para las estructuras, y para las instalaciones dependiendo del caso (ej. túnel-MEP).

El actual flujo de trabajo planteado para el BIM en obra civil tiene unas características parecidas al que se utiliza en Edificación en cuanto a concepto de BIM: transmisión de datos e integración de modelos y especialidades. La premisa más importante y el factor diferencial con respecto a la edificación es que el software de autoría del trazado (Civil 3D, Inroads, Railtrack, Istram-Ispol, Mdt, Clip – Cartomap,...) es el que empieza a generar desde un inicio la base de datos y el prototipo virtual.

Aunque empresas como Autodesk y Bentley han creado softwares **Infraworks** y **OpenRoads** respectivamente, orientados al campo de la pre-ingeniería, es decir, partiendo de unos interfaces fáciles e intuitivos, definir alineaciones tanto en planta como en alzado, secciones tipo e incluso poder incluir estructuras para salvar desniveles o crear desagües dentro de un entorno cartográfico, que se pueden adquirir de GIS, en formato shp, y luego otros formatos ifc, rvt, dgn, dwg,... y generar un modelo de la obra en el entorno, aportando información en la toma de decisiones en los estadios iniciales de un proyecto.

La información que genera este tipo de software no es válida directamente para generar proyectos ejecutivos. No obstante permite realizar importantes estimaciones para determinar los movimientos de tierras, y su encaje en el territorio.

Una vez el trazado está en su primera versión se realiza la transmisión de datos para realizar el diseño y encaje de las estructuras a otro software. En el software de trazado se generará también la red de drenaje.

Las incidencias o modificaciones se pueden gestionar de una forma más integrada al igual que ocurre en la edificación.

Elementos como paquetes de firme, tubos de drenaje, se pueden generar en un programa, y recibir en otro. De las plataformas BIM disponibles (Tekla, Revit, AECOsim, Arhcad, Allplan...) se aprovecha la capacidad que tienen para generar y orquestar la base de datos para el tema específico de estructuras e instalaciones. El terreno generado se puede importar en ellas, pero con el matiz de ser un envoltorio receptáculo.



**Figura 27:** BIM en obra civil

### *2.3.6. Aplicaciones BIM.*

Hay muchas aplicaciones o programas que posibilitan el acceso a un entorno BIM, y dentro de ellos los más utilizados pueden ser:

#### *2.3.6.1. Autodesk (AutoCAD Architecture).*

AutoCAD nació como un programa de diseño asistido por ordenador y su creador fue Michael Riddle. Para el año 1982 el programador John Walker compra el software AutoCAD y funda la actual Autodesk Inc.

En 1998 lanzan un programa, el cual deja de ser una mera representación gráfica, donde los objetos interactúan y tienen relación entre ellos. Dicho programa fue denominado AutoCAD Architectural Desktop. Se cree que dicho software puede ser el principio de la implementación BIM en Autodesk, que se completará, en 2002 con la integración de Revit e Inventor en Autodesk.

Es una aplicación bastante válida pero que sufre en exceso el obsoleto motor de AutoCAD, que limita su rendimiento general así como su fiabilidad.

Autodesk fue el encargado de crear el formato de trabajo DWG. Este es un formato de archivo binarios capaz de almacenar la información de los dibujos en dos y tres dimensiones de forma vectorial, el cual se ha convertido en un estándar de trabajo.

#### *2.3.6.2. Graphisoft (ArchiCAD)*

Graphisoft comenzó en 1982 en Budapest, Hungría. Nace originalmente para Macintosh, con el objetivo de desarrollar un software modelador 3D para ordenador. Está reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tantos dibujos en 2D así como 3D.

En 1993 sale al mercado ArchiCAD 4.16, siendo esta la primera versión del programa capaz de funcionar en Window y Macintosh. Para 1996 Graphisoft pasa a formar parte de IAI (Industrial Alliance for Interoperability), establecida por las principales compañías de CAD para el desarrollo de una normativa común para la industria de la construcción.

ArchiCAD permite a los usuarios trabajar con objetos paramétricos con datos enriquecidos siendo pionero en aplicar el término BIM (Building Information Modeling). Este programa permite a los usuarios crear "edificios virtuales" con elementos constructivos virtuales como paredes, techos, puertas, ventanas y muebles; una gran variedad de pre-diseños y objetos personalizables vienen con el programa lo cual conlleva incorporar una base de datos con información constructiva de todo tipo.

Los diseños 2D pueden ser exportados en cualquier momento, y los modelos 3D son almacenados siempre en la base de datos.

### *2.3.6.3. Nemetschek (Allplan)*

La empresa, bajo la denominación Ingenieurbüro für das Bauwesen (oficina de estudios técnicos para la construcción) fue fundada en Múnich, en el año 1963 por el ingeniero Georg Nemetschek. Esta oficina de estudio fue una de las primeras empresas del sector de la construcción en utilizar ordenadores, los cuales poseían su propio software con el cual eran capaces de diseñar y calcular obras de ingeniería. Este software capaz de realizar cálculos integrados y elaborar componentes estandarizados para la construcción, fue presentado en la feria de Hannover en 1980. El (CAE) Fue el primer software de la historia capaz de realizar trabajos de ingeniería asistida por ordenador.

En 1981 es fundada la nueva empresa Nemetschek Programmsystem GmbH, dedicada a la comercialización de su software. Hacia 1984 sale al mercado el primer software de CAD, se llamaba Allplan V1. En un principio este software permite la planificación tridimensional de edificios. Con el tiempo destacó como su producto más famoso y extendido, ya que, ha incorporado procedimientos BIM.

A finales de los años 90 realiza varias adquisiciones de empresas como Friedrich + Lochner GmbH, (dedicada al cálculo de estática), la empresa norteamericana Diehl Graphsoft (hoy: Nemetschek Vectorworks con el producto VectorWorks que consta de versión para Mac), en 2006 adquiriera la empresa húngara Graphisoft, creadora de ArchiCAD.

Su estructura de documentación es radicalmente diferente al del resto de aplicaciones BIM. Los proyectos se guardan en carpetas que contienen multitud de archivos con la información del modelo. Al poseer esta estructura se generan divisiones físicas del modelo generalmente por plantas y categorías de objetos.

Con este sistema cada usuario puede ocuparse de un archivo diferente, es decir trabajar en un área diferente del proyecto sin importar cuán grande sea.

Allplan es capaz de editar más de un archivo a la vez, aunque las nuevas entidades se crearán siempre en el archivo activo, que siempre es único. Esta manera de organizarse lo hace mucho menos ágil a la hora de navegar por el proyecto si lo comparamos con ArchiCAD y Revit.

### *2.3.6.4. Autodesk Revit*

De todas las aplicaciones BIM, es la más joven de todas y pertenece a Autodesk. La empezó a desarrollar la compañía Revit Technology Corporation como el primer software de diseño arquitectónico totalmente paramétrico. En el 2002, la empresa fue comprada por Autodesk.

El programa usa un archivo único que contiene toda la información del proyecto, incluidas las vistas, las láminas y las bibliotecas de objetos paramétricos.



De todas las aplicaciones BIM, es la que está más orientada hacia la tecnología de Modelos de información, disfrutando de una estructura interna muy coherente en la que cualquier elemento del proyecto es tratado de manera similar.

También disfruta de herramientas que le permiten establecer determinadas relaciones asociativas entre objetos, sean del tipo que sean. Todo esto es posible gracias a su motor de transmisión de los cambios en tiempo real (de hecho, Revit es el acrónimo de Revise Instantly). Es una plataforma donde, a medida que se trabaja gráficamente, el modelo virtual ira aportando información adicional que, permitirá a los profesionales de la construcción, cuantificar el alcance de los contenidos del proyecto y sus materiales.

Dicha plataforma utiliza un único archivo donde contendrá toda la información del proyecto. Al ser una plataforma basada en BIM es capaz de actualizar automáticamente las modificaciones realizadas en cualquier punto de vistas del modelo o planos, planificaciones, secciones, plantas, etc., es decir donde resulte más cómodo.

### 3. Software

En esta capítulo se describirán los diferentes softwares utilizados para llevar a cabo la realización de las diversas partes de este proyecto.

#### 3.1. Cyclone 6.0

*Leica Geosystems HDS Cyclone*, actualmente la versión a la que se ha llegado es la 9.0 pero para el presente trabajo todo el procesamiento de puntos se realiza con la versión 6.0.

Es un programa por módulos que proporciona un amplio conjunto de operaciones para procesar trabajos de láser escáner 3D en proyectos de ingeniería, estudios topográficos, construcción, etc. Permite realizar poligonales e intersecciones inversas para obtener la mayor rentabilidad en la construcción y los estudios topográficos. Este programa permite el control de la toma de puntos con el láser escáner al mismo tiempo y en función del módulo, permite manipular en mayor o menor medida dichos datos.

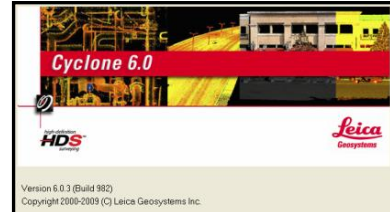


Figura 28: Imagen Cyclone

Las nubes de puntos 3D representan una de sus principales ventajas sobre otras fuentes de información geométrica y proporcionan un gran rendimiento a la hora de hacer proyectos con el láser escáner. El programa crea una arquitectura cliente/servidor que facilita la administración de datos en las bases de datos permitiendo que varios usuarios puedan trabajar al mismo tiempo en dichas bases, lo que reduce la necesidad de copiar o transmitir grandes archivos de nubes de puntos.

#### **Módulos de Cyclone para configuraciones flexibles:**

Leica Cyclone se compone de módulos de software individuales para diferentes necesidades y flexibles para la personalización del producto.

**SCAN:** Es la interfaz de software para el funcionamiento de la Leica ScanStation, permite la introducción del área a escanear y la densidad de exploración, filtrado de datos, secuencias de comandos de exploración y reconocimiento automático.

**REGISTER:** Proporciona el conjunto completo de herramientas para la alineación de las nubes de puntos capturados desde diferentes posiciones de exploración, de forma rápida y precisa, georreferenciar los datos de exploración, así como la capacidad de alinear áreas de superposición de nubes de puntos por el método de solape por correlación.

**MODEL:** Este módulo versátil, potente permite utilizar directamente las nubes de puntos, para transformarlos en objetos tanto para la exportación robusta en CAD y otras aplicaciones), como para la importación. Tiene un gran conjunto de herramientas para

el modelado 3D de las nubes de puntos como geometría CAD o como mallas de ingeniería, topografía, arquitectura, etc.

**SURVEY:** Permite extraer rápidamente las características principales y coordinar la información de las nubes de puntos a través de la función *Cyclone Virtual Surveyor™*. Las herramientas soportan modelos complejos topográfico, con mallas mermadas que minimizan el tamaño del archivo, manteniendo al mismo tiempo la geometría exacta. Cyclone-SURVEY está dentro de Cyclone-MODEL y es un módulo ideal para topografía.

**VIEWER-PRO:** Este producto permite la visualización completa y la medición de los datos del ciclón en un ordenador. Cyclone-Viewer Pro proporciona una visión completa y capacidades de medición para permitir a los usuarios rotar, hacer zoom, navegar y capacidades de medida, así como la anotación de objeto y de importación / exportación de datos a través del ciclón, incluyendo las nubes de puntos y modelos 3D.

**SERVER:** Permite que los miembros de un grupo de trabajo tengan acceso al mismo tiempo al conjunto de datos de las nubes de puntos 3D y / o modelos. Esto proporciona un potente entorno para la colaboración en el diseño de grandes y complejos proyectos, y puede reducir significativamente el tiempo de ejecución de los mismos.

**PUBLISHER:** Permite publicar nubes de puntos de datos en internet basados en el intercambio y la visualización, permitiendo el acceso desde cualquier lugar del mundo. Los usuarios pueden ver, zoom, o tener una panorámica de las nubes de puntos de forma natural e intuitiva.

### *3.2- ReCap 2016*

ReCap es una aplicación inteligente para crear modelos 3D (BIM, AEC, MCAD) desde información ya sea escaneada o capturada desde fotos. Ahora los ingenieros no necesitan comenzar desde cero, si tienes este tipo de información en nube de puntos puedes aprovecharla para hacer trazos preliminares en tu modelo y así comenzar a documentar el proceso de diseño incluyendo esta información.

Las acciones que el programa puede desarrollar son:

#### ***Importa escaneados en varios formatos***

Soporta todos los archivos de exploración láser importantes, como .las y archivos .rcs. Es compatible con todos los datos basados en texto y escaneo láser 3D.



Figura 29: Formatos soportados por ReCap

### Vistas fotorrealistas de objetos del mundo real

Createmart, 2.5D fotorrealista nubes de puntos panorámicas desde escáneres láser.

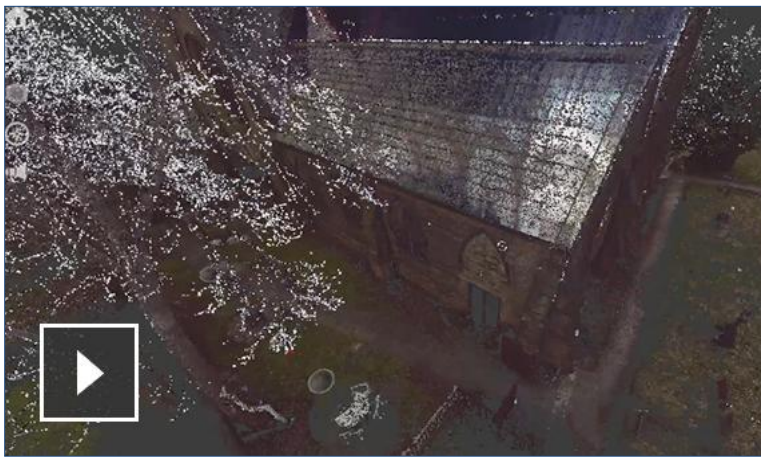


Figura 30: Imágenes realistas

### Visualización y edición de nube de puntos

Limpiar y organizar las nubes de puntos con herramientas simples.

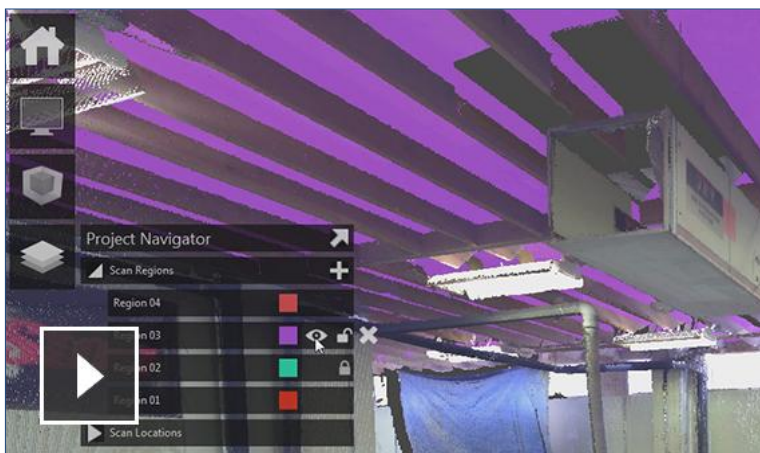
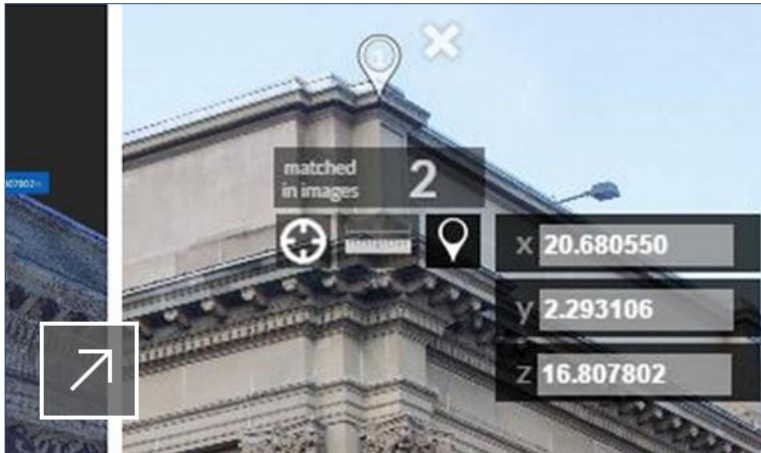


Figura 31: Visualización nube de puntos

### **Visualización de datos fotorrealista**

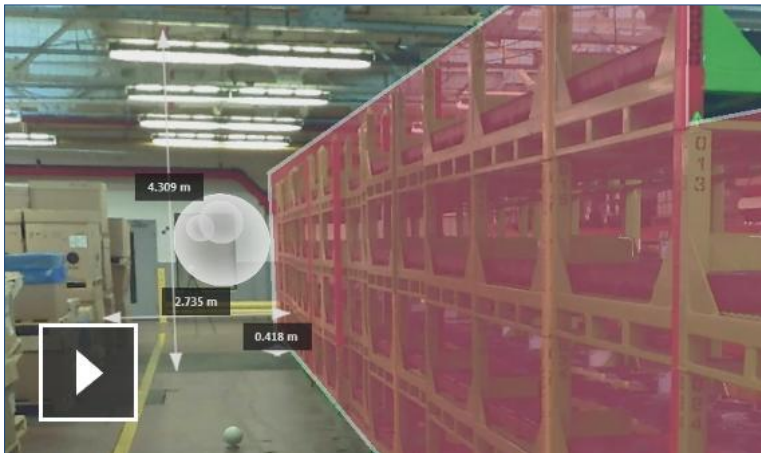
Ver objetos del mundo real a través de exploraciones 3D y panorámicas. Combinar escáneres láser y fotografías para crear modelos.



**Figura 32:** Visualización de datos

### **Herramientas de medición avanzada**

Medir objetos.



**Figura 33:** Mediciones

### **La exportación en varios formatos**

Nubes de puntos de exportación en RCP / RCS, E57, PTS, y PCG.





Figura 34: Exportación a diversos formatos

### *Puntos de control terrestre de importación*

Es compatible con todos los sistemas de coordenadas comunes.



Figura 35: Compatibilidad con diferentes sistemas de coordenadas

### *Capacidades paralelas*

Ejecutar varios proyectos al mismo tiempo.

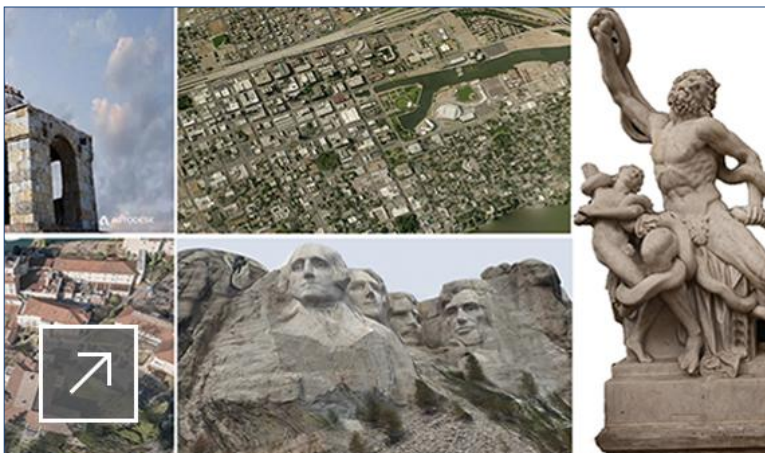


Figura 36: Ejecutar varios proyectos



### 3.3- AutoCAD 2016



**Figura 37: Logo de Autocad 2016**

**AutoCAD** es un **software del tipo CAD ( Computer Aided Design)** que en castellano significa **diseño asistido por computadora**.

El programa se destaca por tener grandes características que en cada versión nueva ya son comunes. Al igual que otros programas de diseño asistido por ordenador, **AutoCAD** gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en Inglés GUI (graphic User Interface), que automatiza el proceso.

Como todos los programas y de CAD, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. AutoCAD, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. La extensión del archivo de AutoCAD es .dwg, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el .dxf). Maneja también los formatos IGES y STEP para manejar compatibilidad con otros softwares de dibujo.

El formato.dxf permite compartir dibujos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose AutoCAD el formato.dwg para sí mismo. El formato.dxf puede editarse con un procesador de texto básico, por lo que se puede decir que es abierto. En cambio, el.dwg sólo podía ser editado con AutoCAD, si bien desde hace poco tiempo se ha liberado este formato (DWG), con lo que muchos programas CAD distintos del AutoCAD lo incorporan, y permiten abrir y guardar en esta extensión, con lo cual lo del DXF ha quedado relegado a necesidades específicas.

El formato.dwg ha sufrido cambios al evolucionar en el tiempo, lo que impide que formatos más nuevos.dwg puedan ser abiertos por versiones antiguas de AutoCAD u otros CADs que admitan ese formato (cualquiera).

## Novedades del AutoCAD 2016

### Acotación Inteligente

Ahora no será necesario elegir el tipo de cota que queremos realizar (alineada, angular, radio, etc..). Cuando tengamos elegida la orden Acotar bastará con acercar el ratón a la entidad que queramos acotar y se nos mostrará en tiempo real la cota para colocarla en el plano.

Este es el icono que nos da acceso a las herramientas de acotar. Ya no existen, inicialmente, las opciones de las diferentes acotaciones. Si queremos elegir un tipo de acotación determinado, una vez que tenemos elegida la orden acotar, haremos **click con el botón derecho** y nos aparecerá el menú contextual con las opciones de acotación.

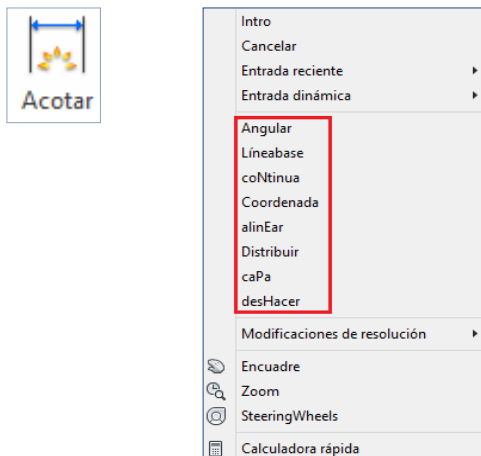


Figura 38: Menú acotación AutoCAD2016

Otro de los cambios en las cotas, es que ahora, una vez que hemos editado el texto de la acotación podemos cambiar el tamaño de delimitación del texto.

### PDF

Se han incluido nuevas opciones para imprimir planos en pdf. Una vez que se ha elegido la opción **dwt to pdf** aparecen las opciones avanzadas para la impresión del pdf.

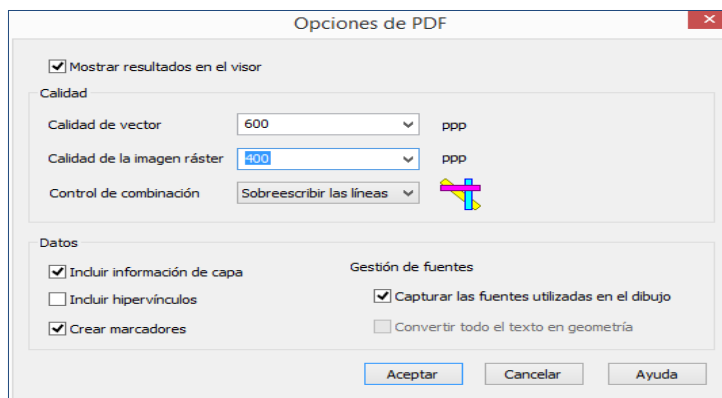


Figura 39: Cuadro PDF de AutoCAD 2016

## Nube de puntos



Figura 40: Nube de Puntos en AutoCAD 2016

### 3.4- Revit 2015



Figura 41: Logo de Revit 2015

Con Revit se construye virtualmente una obra. Hay quienes lo comparan con hacer una maqueta. De hecho, es más o menos lo que significa BIM.

#### **Revit trabaja con tecnología BIM**

BIM = Building Information Modeling, es decir, modelas lo que construyes.

Con Revit no se dibujan líneas que luego se tienen que interpretar, o decir qué representan. En CAD se puede hacer un plano sin saber qué se dibuja. Con Revit no. Cuando se empieza el proyecto en Revit se ha de tener claro, porque no lo se está dibujando, se está construyendo. No se hace una línea, se pone una viga.

Pero tener el proyecto claro no significa definirlo hasta el último detalle. Aunque se hagan modificaciones más tarde, eso no será un problema. Con Revit se construye, así que reflejarán los cambios en todos los documentos. Desde el plano de distribución, hasta la sección y las mediciones.

Con lo de los cambios es evidente que ganas tiempo. ¿Cuántas horas se pasan modificando los planos de un proyecto en CAD por que hay que cambiar la ubicación o las dimensiones de uno u otro elemento?.

Pues con Revit se tiene que hacer el cambio sólo en una vista y todo aparecerá cambiado, la vista en 3D, los alzados y todas las secciones. Y todo cuadra. Y lo mejor es que los cambios son inmediatos, no se tiene que volver a cargar el proyecto, ni regenerar.

### **Trabajar en equipo... pero de verdad**

Cuanto mayor es un proyecto, más necesidad hay de una buena colaboración entre los que intervienen.

Con Revit todo el mundo puede trabajar en el mismo proyecto. Con un sólo archivo. Incluso al mismo tiempo. Esto cambia las cosas, porque puede haber 3 miembros de la oficina trabajando en el mismo proyecto, cada uno en su competencia, sin tener que actualizar ningún archivo. Se trabaja más rápido al evitar esperas, pérdidas de datos, confundir archivos... Se gana tiempo, se gana dinero.

### **Organización espacial**

Revit al ser este una plataforma de BIM constituye un modelador tridimensional, pero donde el modelo debe ser tratado en su totalidad, es por ello que precisa de estrategias para mantener la coherencia del proyecto a partir de la correcta colocación de los elementos.

Los elementos están organizados en familias que se cargarán en función de la necesidad del proyecto y que se pueden modificar en función de especificaciones particulares y que incorporadas a las familias pueden ser de uso para futuros proyectos.

Cada elemento posee un material y el mismo puede ser modificado, solo se necesita seleccionar la cara a modificar y designarle el material correspondiente

### **Visualización**

Al trabajar con modelos tridimensionales y como los cambios se reflejan directamente sobre cualquier vista, se puede trabajar y ver al mismo tiempo aquellas vistas que se deseen y en las cuales poder intervenir, reflejándose estos cambios en tiempo real.

Revit es capaz de mostrar en tiempo real la proyección, la sombra de una vista, indicando la posición del sol respecto al edificio.

Para un mejor entendimiento de las posibilidades de visualización entender que se puede ver desde un conjunto de líneas, delimitadoras de las diferentes unidades, hasta una visión realista en la que cada componente toma el aspecto que se la ha marcado y que puede tener una gran similitud con la realidad.

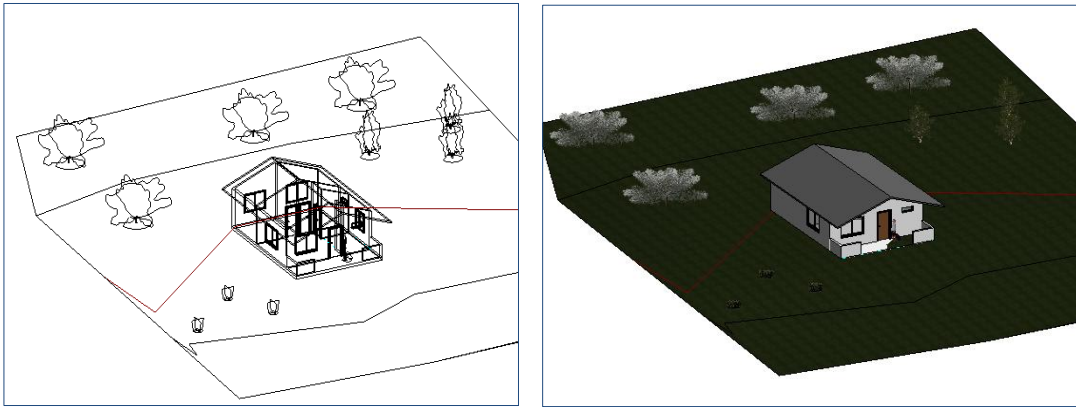


Figura 42: Vistas Wireframe y Realistic de Revit

### 3.5- Naviswork 2015



Figura 43: Logo de Naviswork 2015

Algunos productos de Navisworks incluyen herramientas avanzadas de simulación y validación.

Nace como un programa de revisión de diseño 3D (JetStream (software)) y que completaba otros como Autodesk Revit, AutoCAD y MicroStation, etc. JetStream permite a los usuarios abrir y combinar los modelos 3D, navegar por ellos en tiempo real y revisar el modelo de uso de un conjunto de herramientas que incluye comentarios, punto de vista, y mediciones. Una selección de plug-ins de mejora del paquete facilitaba la detección de interferencias, el tiempo de simulación 4D, el renderizado fotorrealista y la edición PDF.

Autodesk adquirió el 1 de junio de 2007 Navisworks, basado en JetStream y pasó a ser un programa de masas.

Inicialmente, JetStream estaba formado por un módulo básico llamado Roamer y por varios plug-in que se podían comprar por separado.

- Roamer - La parte central de JetStream permitía a los usuarios abrir modelos creados por diversos software de diseño 3D , además de formatos de escaneo láser y combinarlos en un único modelo 3D. Los usuarios pueden navegar por el modelo en tiempo real y revisar el modelo con las herramientas de marcado o consulta.
- Editorial - Este plug-in permite a los usuarios publicar el modelo 3D completo en un solo archivo nwd que se puede abrir libremente por cualquier persona que utilice la versión Freedom, el visor gratuito.

- Clash Detective - Un plug-in para permitir la detección de interferencias o conflictos de geometría en la fase de diseño. Una vez que las interferencias han sido clasificadas, se debe crear un reporte de conflictos desde la ficha de Report. Se debe indicar los campos a ser incluidos en el reporte, cuidando siempre de incluir el ID del objeto para poder después encontrarlo en Revit, que es donde se resuelven dichos conflictos.
- Presenter - Con los usuarios Presenter puede aplicar materiales e iluminación para el modelo y producir imágenes fotorrealista y animaciones. Fue creado en mayo de 2003.
- TimeLiner - Agrega simulación 4D por lo que el usuario puede vincular geometría a los tiempos y las fechas y para simular la construcción o demolición del modelo con el tiempo. También vínculos con software de programación de proyectos (como el Microsoft Project o Primavera) para importar datos del trabajo.
- RVM Lector - Añade la posibilidad de cargar rvm y asociados rvs archivos generados por el Sistema de Gestión de Diseño AVEVA Plant (PDMS)

Posteriormente, se han ido incrementando nuevas aplicaciones incluso ha aparecido el plug-in *Quantificación: nueva herramienta para el manejo de diversa información y su exportación de datos a Excel.*

Por lo tanto, Navisworks a parte de completar temas de visualización permite avanzar en el camino de las dimensiones del BIM, permitiendo simular programas de obra.

Lo que comenzó como un visor de nivel de base y visualizador de modelos CAD en 3D ha madurado hasta convertirse en una herramienta para la correcta gestión de proyectos o modelos 3D.



## 4. Flujo de Trabajo

En este capítulo se explicarán los pasos dados hasta la implementación en entorno BIM del escaneado con láser escáner del aula 0.5 de la E.T.S.I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica



Figura 44: Estacionamiento láser escáner

### 4.1. Toma de datos

Antes de empezar la toma de datos es muy importante hacer un reconocimiento del terreno, con el fin de utilizando el mínimo de escaneados posibles cubrir todo el área de trabajo, así como de la técnica de registro, ya que de ella depende en gran medida esos escaneados.

Las técnicas se pueden subdividir en tres categorías: registro mediante dianas, registro mediante estacionamiento en puntos de referencia conocidos y registro por medio de solapes, que es el elegido para el proyecto.

Se estaciona el aparato en la primera de las estación y se conecta tanto a la corriente como al ordenador, puesto que toda la toma de datos se controla a través del programa Cyclone de Leica.

La conexión del programa *Cyclone* al escáner se hace desde la ventana de *ScanControl*, que se muestra desplegando la pestaña de *Scanner*, dentro de la ventana del

navegador, y seleccionando nuestro escáner. Este programa trabaja por proyectos y dentro de ellos están los *ScanWorlds* que se corresponden con las estaciones, para el presente caso la carpeta se llama *Aula\_0\_5*, y los datos se recogen en el fichero *Aula05.imp* (que es un tipo de fichero propiedad de Leica) y a su vez están dentro de un espacio que genera el programa y que se llama "DataBase".

La conexión del escáner al ordenador, cuando la luz esté verde, se realiza desde la ventana de *Control Scanner/Connect* que mostrará un mensaje en la barra de estado *Connected and Ready*. También aparece otro mensaje referido al compensador de doble eje que significa que está trabajando, mediante un icono de color verde que se encuentra en la barra de estado de *ScanControl* pero se puede desactivar seleccionando *Scanner/Enable Dual-Axis Compensator*.

El escáner puede tener una nivelación más precisa con la burbuja electrónica, seleccionando el comando *Scanner / Bubble Level*.

Una vez en funcionamiento el escáner, y teniendo en cuenta que el 0º del aparato se encuentra en la zona opuesta a la conexión del láser, si se pretende trabajar en un área es el momento de marcarla con la orden *Field of View* . El escáner, por defecto, adquiere las imágenes en alta resolución, mediante el comando *Image / Get Image*. Al tratarse de interiores se pueden cambiar tanto la Exposición como la Resolución, en la zona "*Image*", y así se puede adaptar en cada caso al entorno en el que se trabaja.

A la derecha en el cuadro de diálogo que aparece en el apartado Quick Scan se puede acortar la ventana en función de unos valores de grados que se introducen o se marca *Target All* para tomarlo todo. Para definir el campo de vista se crea un límite rectangular, utilizando el comando *Panoramic Rectangle Fence Mode* y mediante la selección de un punto en la pantalla y su posterior estiramiento a ambos lados crea un rectángulo. Una vez constituido el rectángulo, al pasar el ratón sobre el centro, el cursor cambia. Ahora, seleccionándolo se puede desplazar el rectángulo existente alrededor del visor. En la sección desplegable del campo de vista se puede ver como se actualiza el valor del campo de vista, tanto horizontal como vertical, dependiendo del rectángulo que se haya ajustado.

A continuación, con el comando *Probe* se mide distancia a algún punto a escanear para así marcar tanto la distancia aproximada como la cantidad de puntos por unidad de superficie en el apartado de *Resolution*. En nuestro caso realizaremos el escaneado con 5mm de paso de malla. Una vez seleccionada la zona y ajustados todos los parámetros del escáner, se procede al escaneo mediante el comando *Scan*. Si se desea visualizar en el espacio modelo lo que estamos escaneando, se selecciona el botón *Open Viewer*.

Se tuvo en cuenta el escaneado de zonas comunes por el tema de solape entre zonas para realizar un registro correcto.

A continuación se muestran una serie de imágenes de las tomas obtenidas tanto en la nube de puntos como con colores realistas.

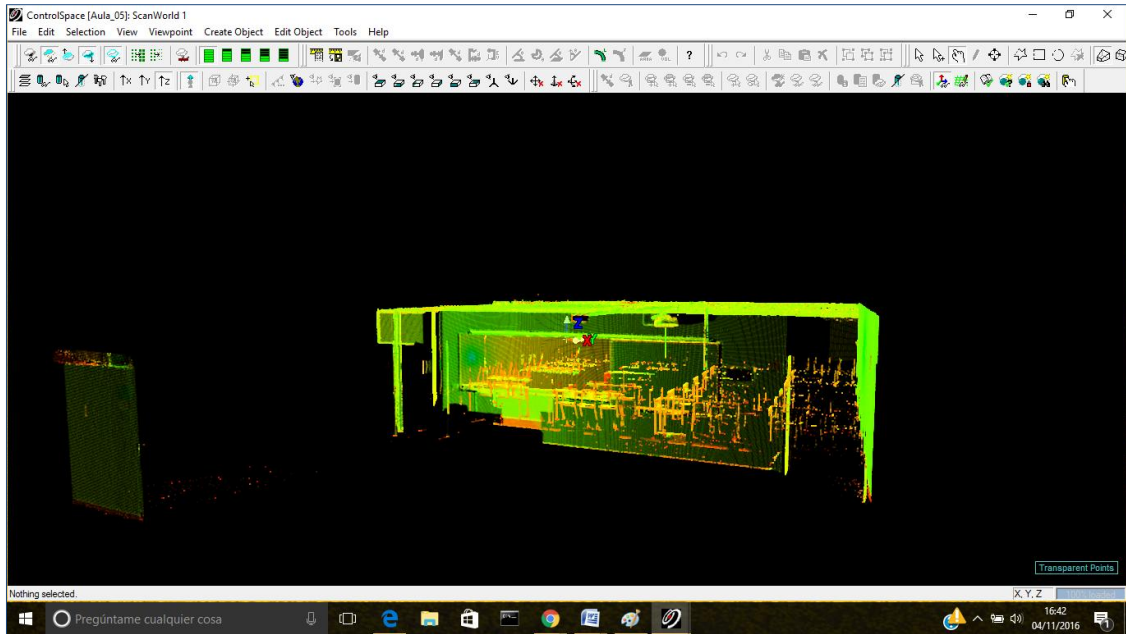


Figura 46: Nube de puntos ScanWorld1

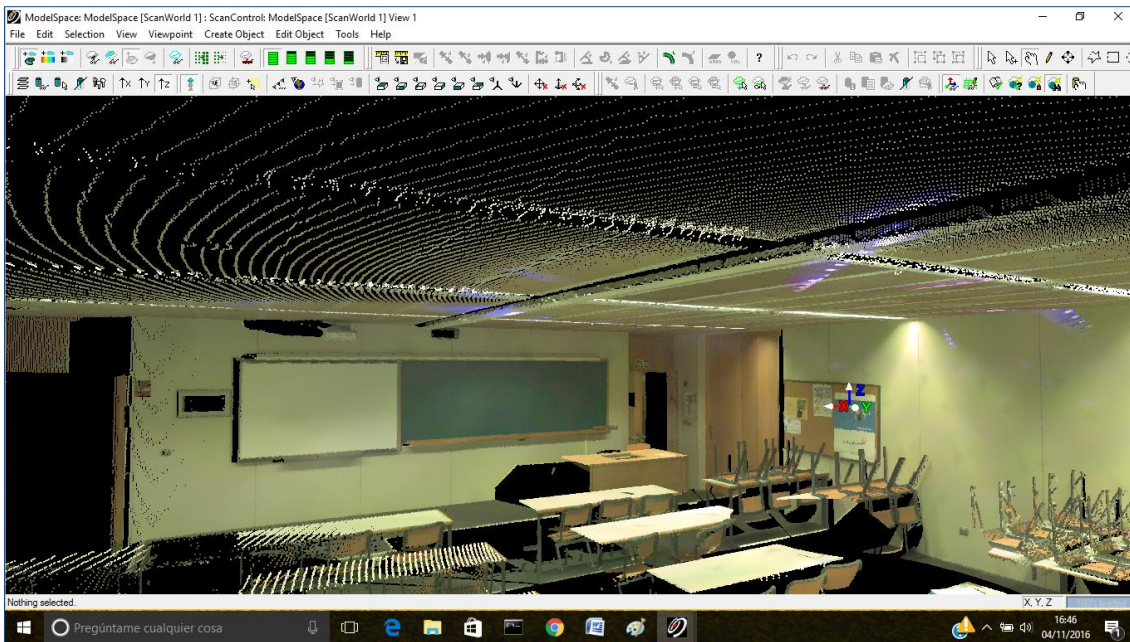


Figura 45: Nube de puntos en color real

## 4.2. Registro de la Nube de Puntos

Como definición se puede decir que registrar una nube de puntos supone dotar a todos los puntos del mismo trabajo de una referencia común, es decir, se dejan de tener las nubes de puntos separadas y en sistemas de coordenadas relativos independientes y pasamos a tenerlas unidas en un único sistema de coordenadas. En nuestro caso trabajaremos con coordenadas relativas ya que no es necesario georreferenciarlo para el tipo de trabajo que deseamos realizar.

Para llevar a cabo lo comentado en el punto anterior, se abre el programa Cyclone en la oficina y se observa que aparecen tres carpetas:

- SERVERS (Contiene los archivos de la toma de datos)
- SHORTCUTS
- SCANNERS (Donde aparecería el láser escáner conectado)

Dentro de la carpeta SERVERS aparecen los servidores y pulsando el botón derecho del ratón sobre ellos aparece la siguiente imagen:

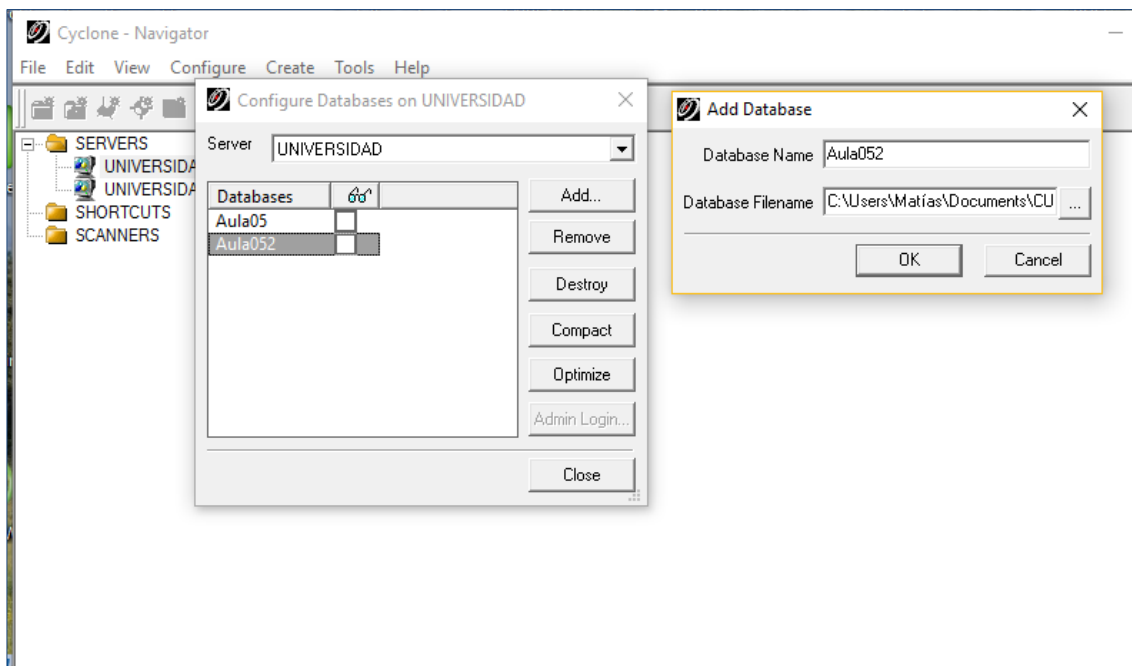


Figura 47: Registro nube de puntos

Donde hay que activar el campo (Databases), se pulsa *Add* para localizar el archivo con toda la información (Aula052.imp), que al cargarse aparece Aula052 colgando del servidor UNIVERSIDAD y a su vez colgando de él está *Project1* que es donde se guardan todos los *ScanWorlds*.

Cada *ScanWorld* tiene cuatro partes:

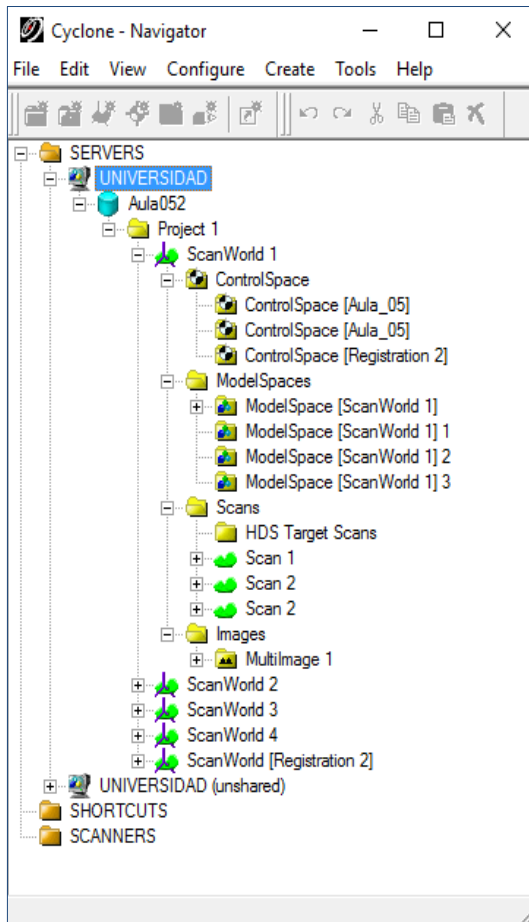



Figura 48: Árbol de carpetas de Cyclone

**ControlSpace:** 


Contiene los datos originales del *ScanWorld* correspondiente. El usuario no puede cambiar directamente el *ControlSpace*. Es una medida de seguridad para no perder la información original al hacer los cambios en el *ModelSpace*.

**ModelSpace:** 

Contiene la misma información que el *ControlSpace* y es donde se trabaja con la nube de puntos haciendo las modificaciones que se necesiten desde *ModelSpace View*. Se pueden hacer copias y tener diferentes *ModelSpace* con vistas diferentes del mismo modelo.

**Scans:** 

Aquí se encuentran todos los escaneos que realiza cada *ScanWorld*.

**Images:** 

Contiene todas las imágenes que ha tomado la cámara interna del escáner.

En el caso que nos ocupa tenemos 4 *ScanWorld* y ahora se va a proceder a la realización del Registro, esto es, el proceso mediante el cual se va a unir todo el trabajo y que se realizará como comparación de las zonas comunes tomadas en las sucesivas estaciones.

En *Cyclone*, y activado el *Project1* correspondiente, botón derecho del ratón y pulsamos: *Create / Registration*. Y al final de la lista aparece *Registration1*.

Hacer doble clic sobre el mismo y aparecerá el cuadro de dialogo del registro, pinchando en el comando superior *ScanWorld* y *Add ScanWorld*, se seleccionan todos



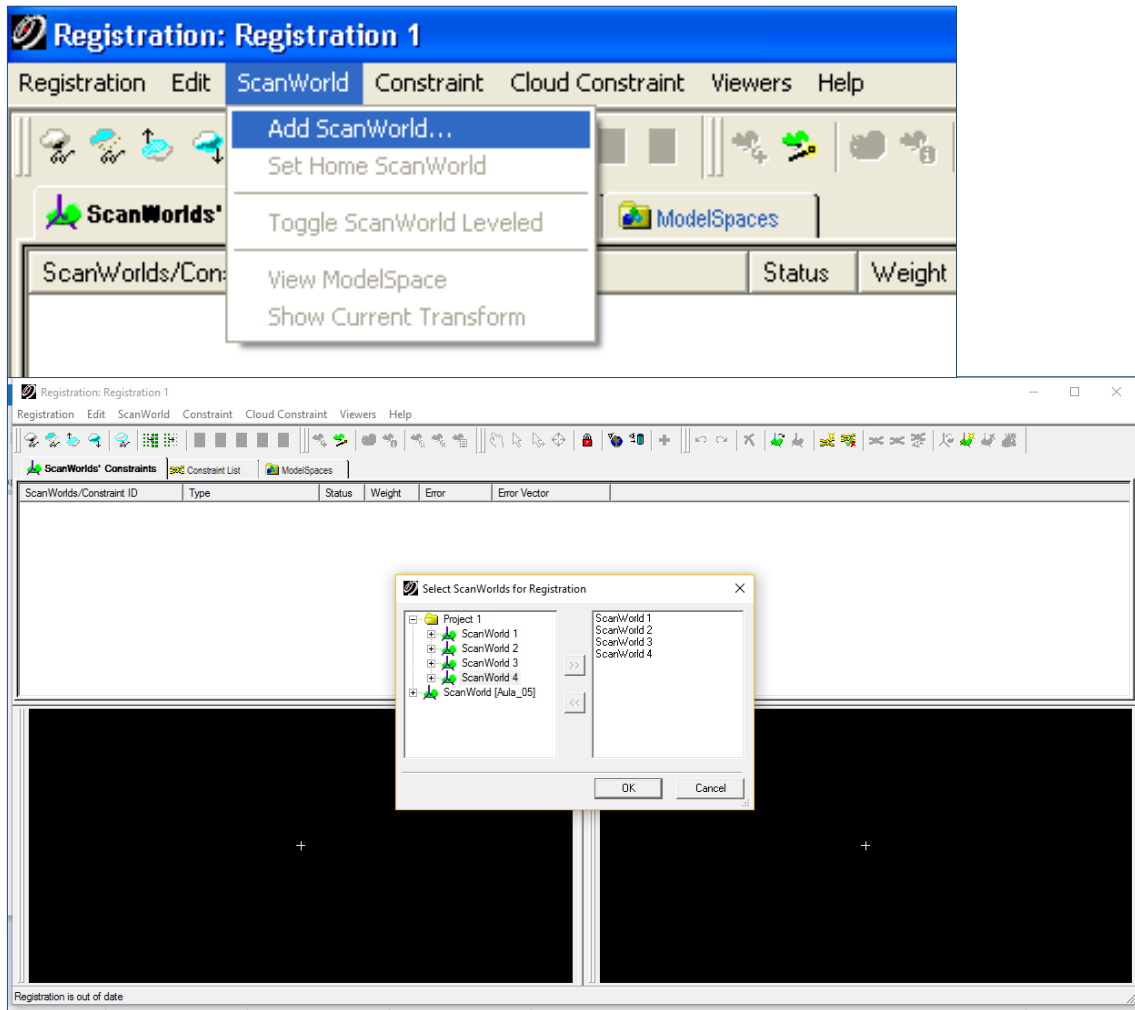


Figura 49: Registro de ScanWorlds

Toda vez se tienen todas las estaciones ahora tocaría relacionarlas dos a dos para ir registrando:

- *Cloud Constraint / Cloud Constraint Wizard*

Y en el cuadro que aparece se establecen las interrelaciones entre aquellas estaciones que guardan zonas común, en nuestro caso no se relacionarían los *ScanWorld* 2 y 4; caso de tener alguna estación más peso que las otras, por ejemplo que pudiese tener coordenadas absolutas, antes de establecer las relaciones entre ellas, en la pantalla donde aparecen, pinchar con el botón derecho sobre la principal y marcar la opción *Set Home ScanWorld*.



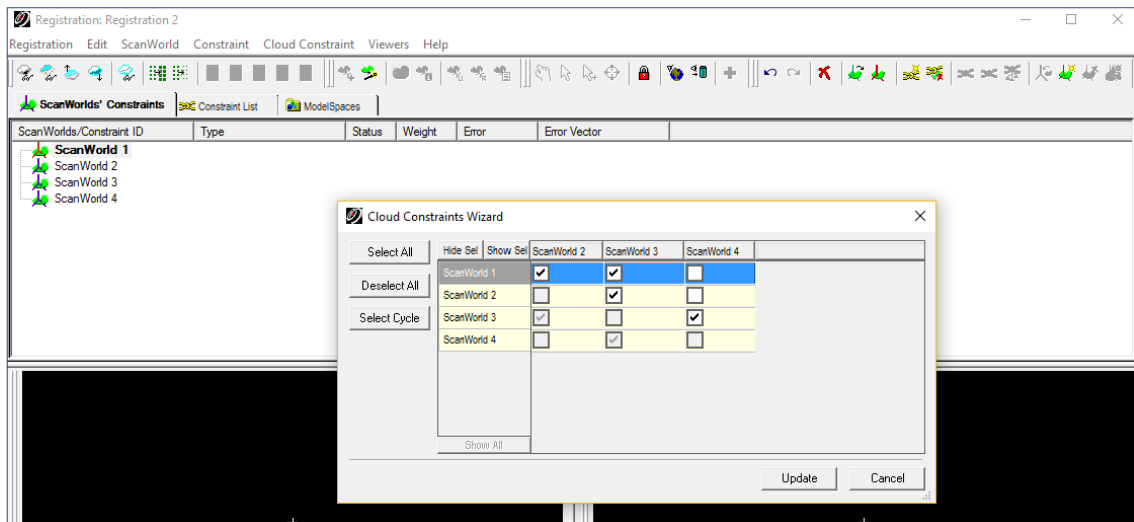


Figura 50: Constrañimientos

Cuando se pulse el botón *Update*, automáticamente aparecerán las dos zonas primeras a comparar y por lo tanto, y ayudado con los botones del ratón, hay que localizar las zonas comunes e identificar al menos tres puntos homólogos de esas zonas.

Como se aprecia en la imagen aparece un cuadro que debe estar activo mientras se hacen todos los Constrañimientos y que también permite poder ir comparando las zonas mediante la opción *Preview*.

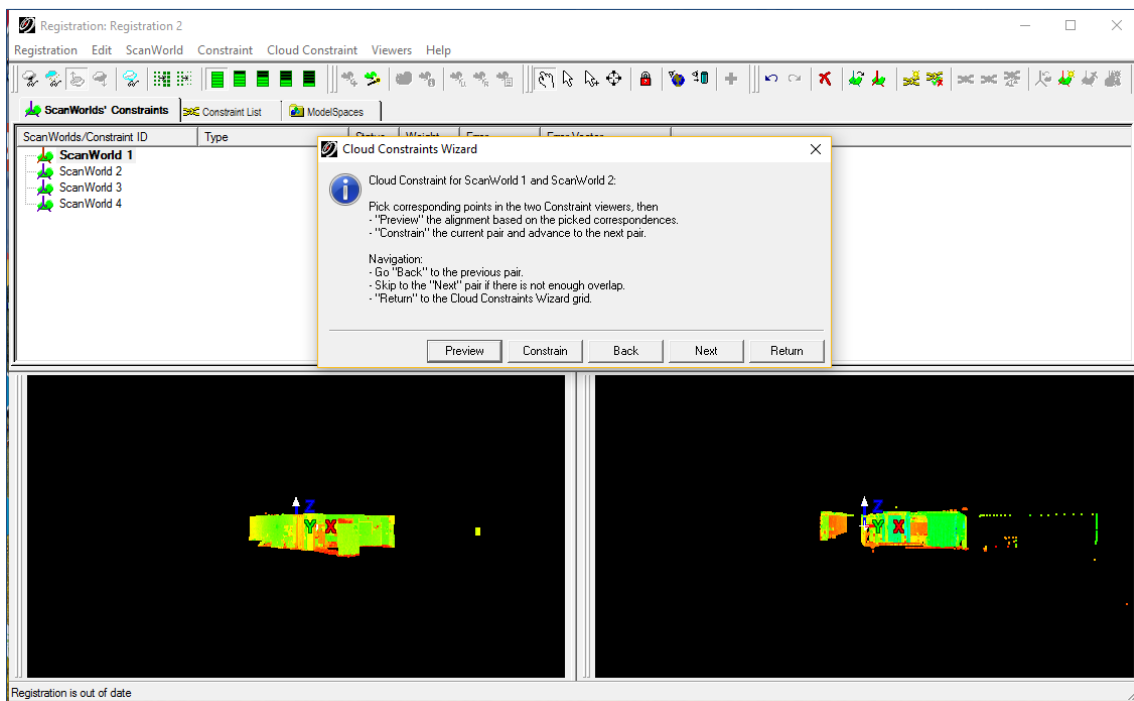


Figura 51: Identificación de Puntos 1

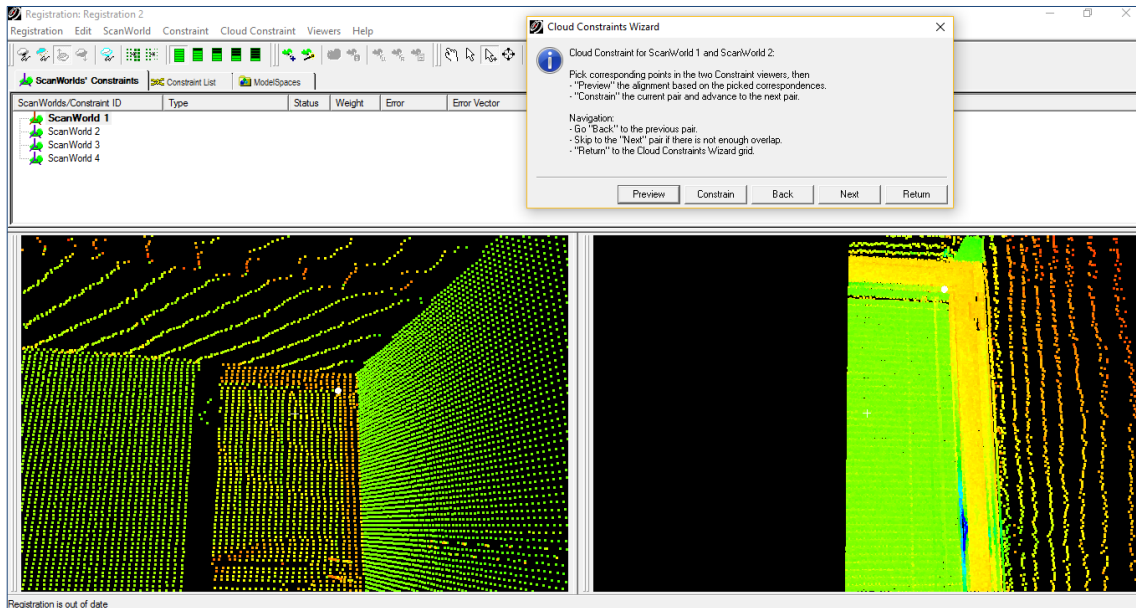


Figura 52: Identificación de Puntos 2

Una vez comprobado que el constreñimiento es bueno, se pulsa *Constraint* y se pasaría al siguiente par y así hasta completar todos los pares de *ScanWorld*.

Toda vez sean dados por buenos todos los constreñimientos se pasa al registro y para ello, en el comando superior de *Registration/ Register*.

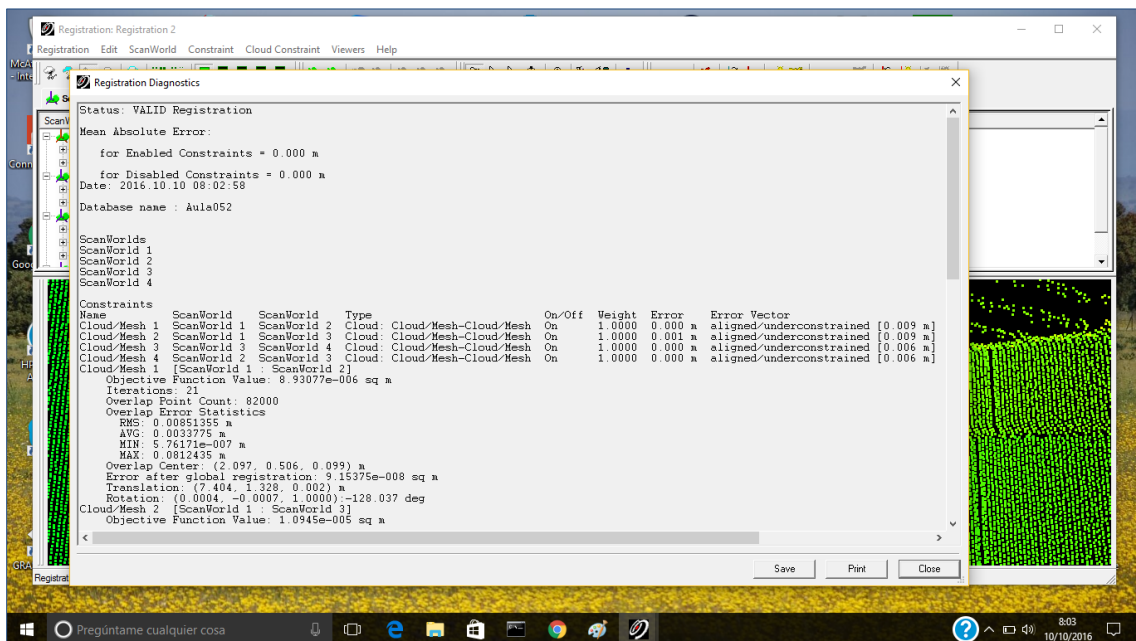


Figura 53: Valores del Registro

Cuando el registro termina, se pincha en la pestaña de Constraint List y aparece el error global de toda la nube de puntos.

Si el resultado es satisfactorio se fija mediante el comando *Registration / Create ScanWorld / Freeze Registration*.

Y ahora se pasa a crear el *Model Space* donde se verá una única nube de puntos. Para ello en *Registration / Create and Open Model Space* o bien en el árbol inicial de carpetas y colgando de Registration1 aparece una carpeta Model Space que al pinchar sobre ella con el botón derecho del ratón también aparece la misma orden *Create And Open ModelSpace View*, con lo que se genera una pantalla con todos los puntos.

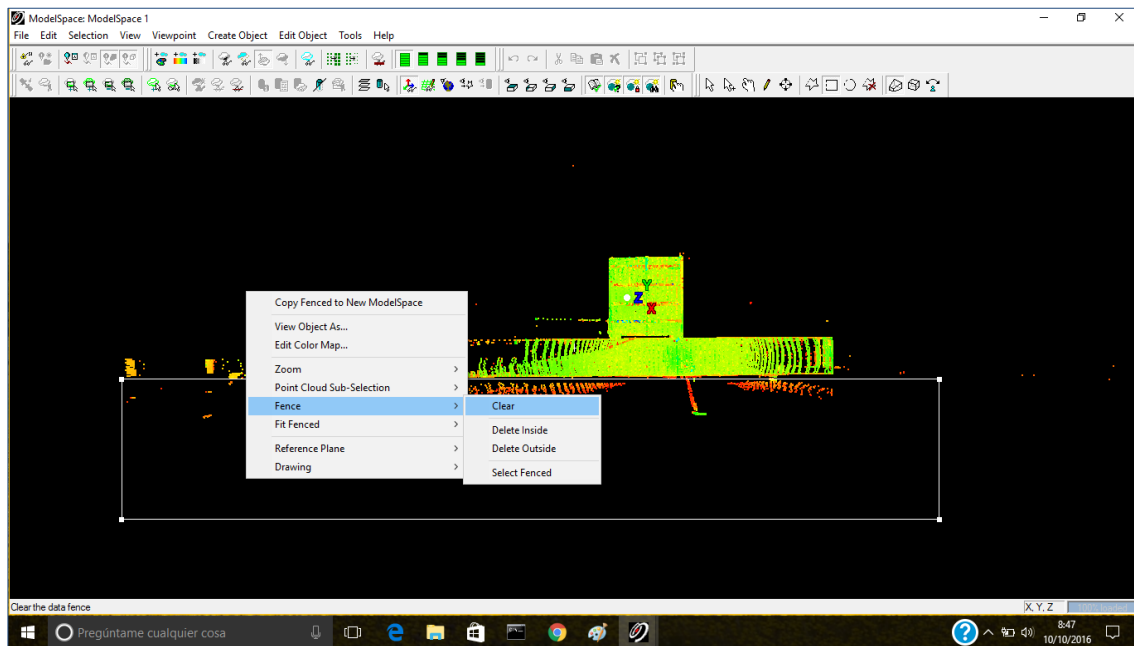


Figura 54: Model Space / Eliminación de *Outliers*

Ahora, se puede decir que ya está el modelo tridimensional completado, pero se observa la existencia de ruido en la nube de puntos, esto es, la presencia de puntos que pueden corresponder a áreas dadas a través de cristales o puntos *outliers*. Para eliminar dicho ruido, se puede utilizar la herramienta *Fence*, que sirve para seleccionar las zonas que se desean borrar de la nube de puntos.

Una vez se tiene limpio la nube, se va a trabajar con ella puesto que el objetivo último es llevar esta nube para crear el Aula 05 en un entorno BIM, por lo tanto se realizarán unas medidas, para lo cual en la línea de comandos superior se pincha en *Selection/Select All* y se aprecia que se activan todos los menús y se pueden realizar mediciones o toma de cotas, etc,

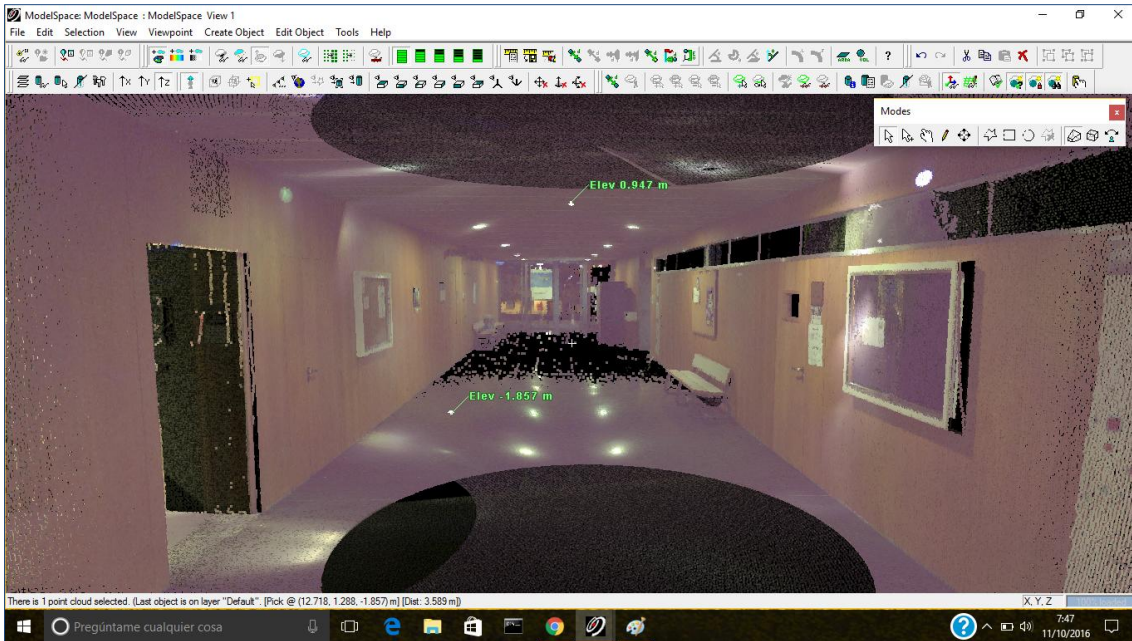


Figura 55: Toma de Cotas en nube de puntos

Además se cuenta con otra herramienta *View/Limit Box* que permite cortar la nube por diferentes secciones y poder medir en ellas.

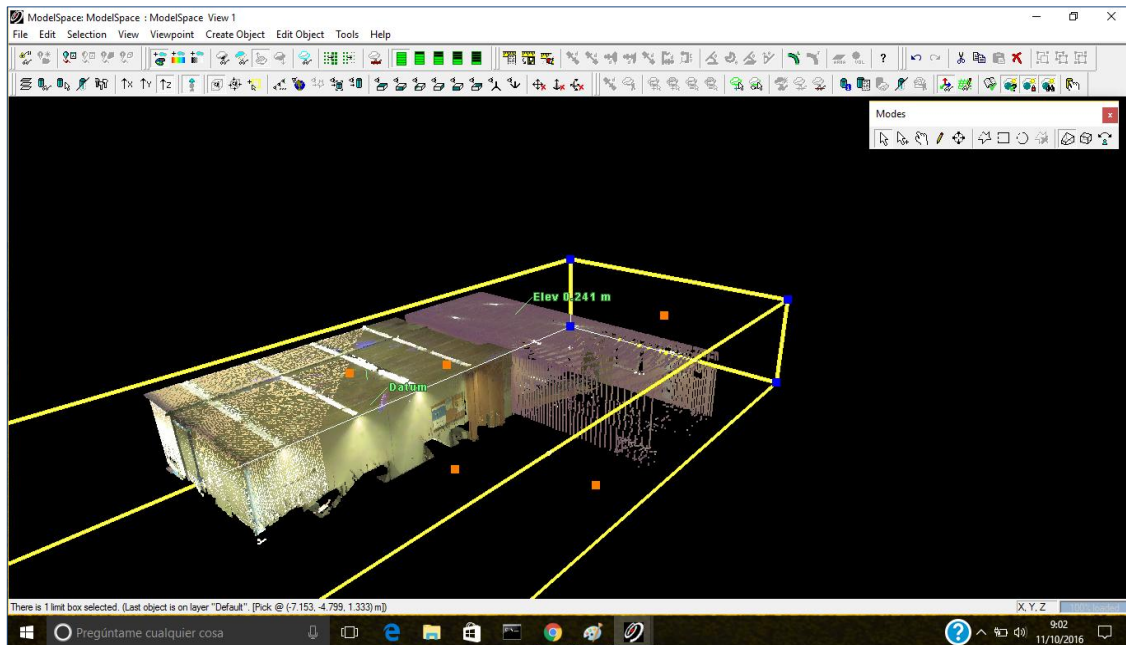


Figura 56: Limit Box

Como el objetivo final del trabajo es construir el aula en Revit y ya se ha comentado que en Revit no se dibuja sino que se construye, de ahí el empeño en ir midiendo para comprobar que el diseño se ajusta al objetivo.

A continuación se trata de exportar el archivo de la nube de puntos limpia a Revit, para lo cual tenemos que comprobar los formatos de salida y entrada de uno y otro programa y se concluye que la mejor manera de hacerlo es mediante un archivo \*.pts exportado por Cyclone y mediante ReCAP transformarlo y crear otros archivos \*.rcs y \*.rcp que son los que soporta Revit y por tanto ya se estaría en situación de "construir" el aula en el entorno BIM elegido.

### 4.3. Transformación de archivos (ReCAP)

Como se ha comentado se va a exportar el fichero de puntos en formato \*.pts y una vez creado se abre con el programa *ReCAP*.

Este programa es principalmente de visualización, aunque permite alguna acción como medir sobre la nube de puntos, y la comunicación entre otros programas debido a la gran cantidad de formatos que soporta tanto de importación como de exportación.

La aplicación, al empezar, pide un nombre para el trabajo que se va a hacer, que no necesariamente debe coincidir con el nombre asignado a la nube de puntos, puesto que para un mismo trabajo se pueden vincular varios archivos y poder hacer alguna composición, y a continuación se localiza el archivo a importar (Aula\_05.pts) y se configura con las condiciones del trabajo, esto es, no se necesita ningún sistema de coordenadas puesto que está en relativas, y las unidades son en metro.

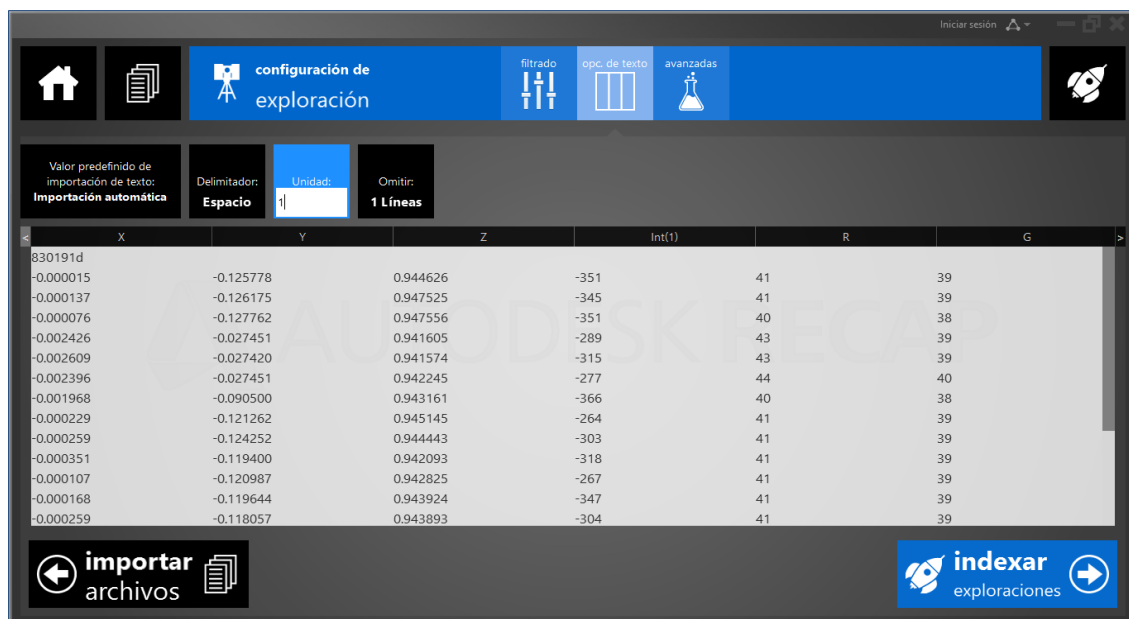
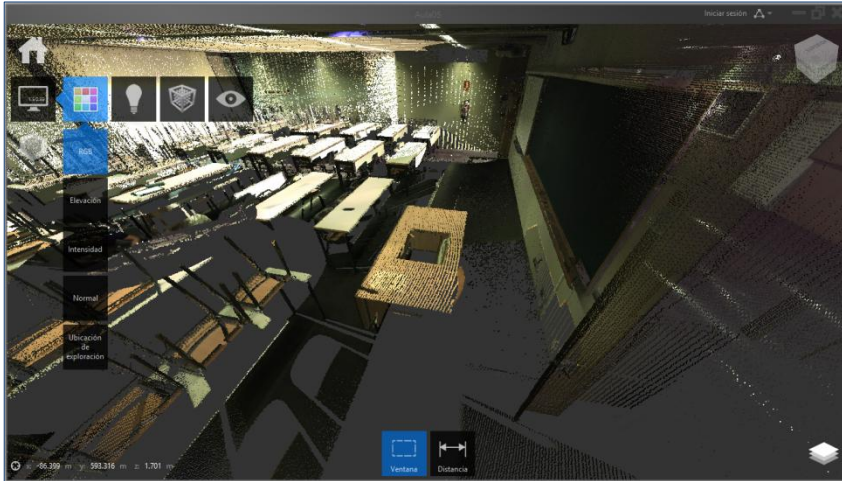


Figura 57: Importación de archivo a ReCAP



Se pulsa indexar y ya aparece la nube de puntos.

Automáticamente ha creado una carpeta con varios archivos, siendo uno de ellos el \*.rcs, que es el que de forma genérica usa para nube de puntos, y queda una visualización como la de la imagen.



Se aprecia que es un programa más enfocado a la visualización por lo que los comandos son principalmente a este respecto, aunque como ya se ha comentado se puede medir e ir comprobando las mediciones

Figura 58: Nube de puntos en ReCAP

obtenidas en

Cyclone y las realizadas en el propio aula y ya se está en disposición de exportar el archivo al formato y \*.rcp para trabajar tanto en Revit como en AutoCAD.

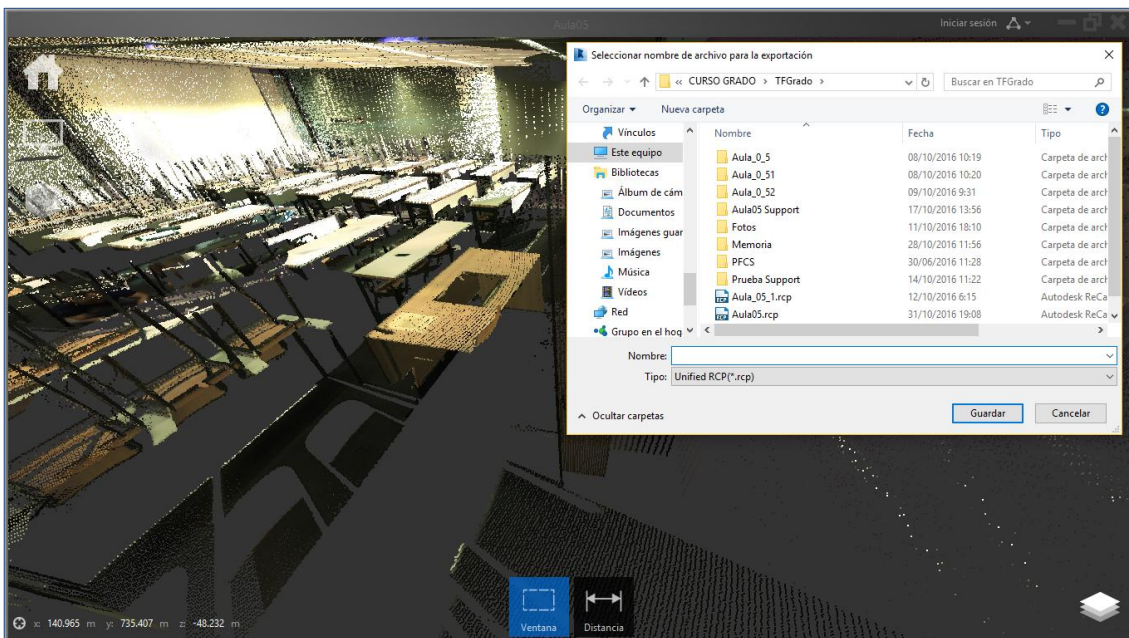


Figura 59: Exportación a formato \*.rcp



Este tipo de formato, al examinarlo se aprecia que ocupa muy poco y por lo tanto es de comunicación entre el software y el archivo \*.rcs, que es el que contiene la información.

#### 4.4. Modelización (AutoCAD)

Llegados a este punto comentar que al tener como objetivo la materialización del aula en entorno Revit, no nos hemos conformado con ir transformando cada elemento de la nube de puntos en un elemento de diseño, sino que hay que asegurarse que geoméricamente coincida con la realidad, si se une al hecho de que Revit más que un programa de dibujo es de construcción, se plantea la necesidad de utilizar una herramienta de dibujo potente que pueda trabajar con la nube de puntos y además se pueda extraer información geométrica precisa.

El programa AutoCAD 2016 incorpora la posibilidad de trabajar con la nube de puntos entendida como un bloque, es decir, puede cargar el mismo tipo de archivos que genera ReCAP sin utilizar apenas memoria del ordenador y al mismo tiempo reconoce las entidades o unidades de esa nube de puntos, y mediante la intersección de la misma con planos horizontales y verticales poder extraer la información geométrica que se necesita.

Se pasan a describir los pasos dados:

En primer lugar cargar el archivo Aula\_05.rcp y desde el principio se observa que se puede visualizar en 3D.

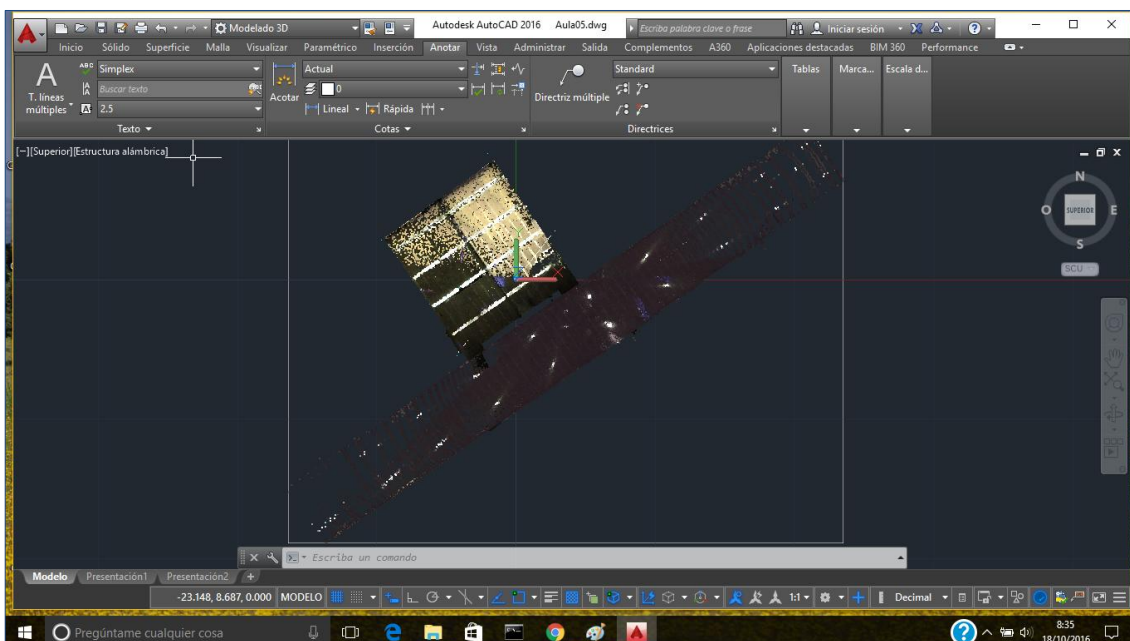


Figura 60: Nube de puntos en AutoCAD

A continuación se intersecará la nube de puntos con distintos planos y se van a crear secciones de dichos cortes, secciones que permitirán mediciones sobre ellas.

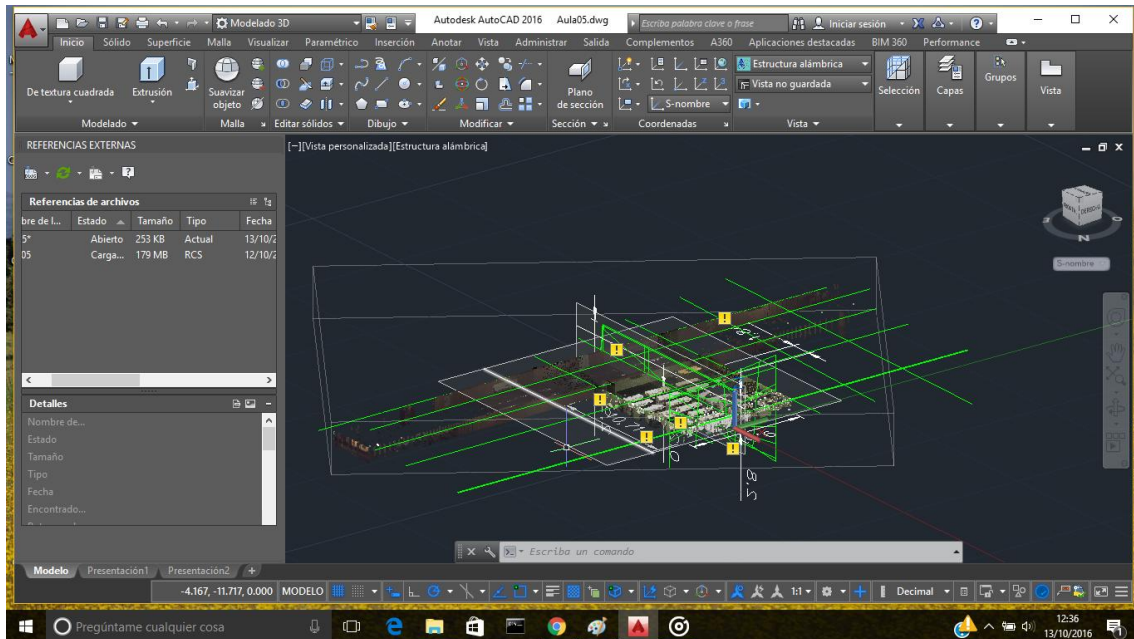


Figura 61: Intersección modelo 3D con planos horizontales y verticales

y de esas intersecciones se pueden extraer los siguientes datos:

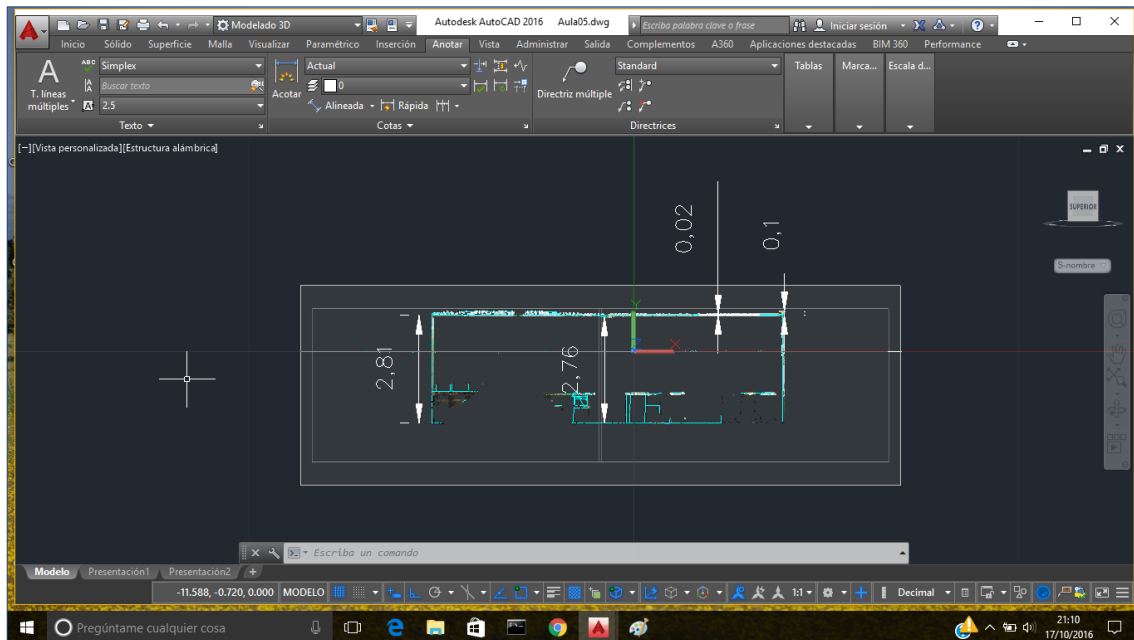


Figura 62: Sección vertical en aula

También permite hacer cortes entre dos planos y reconocer límites:

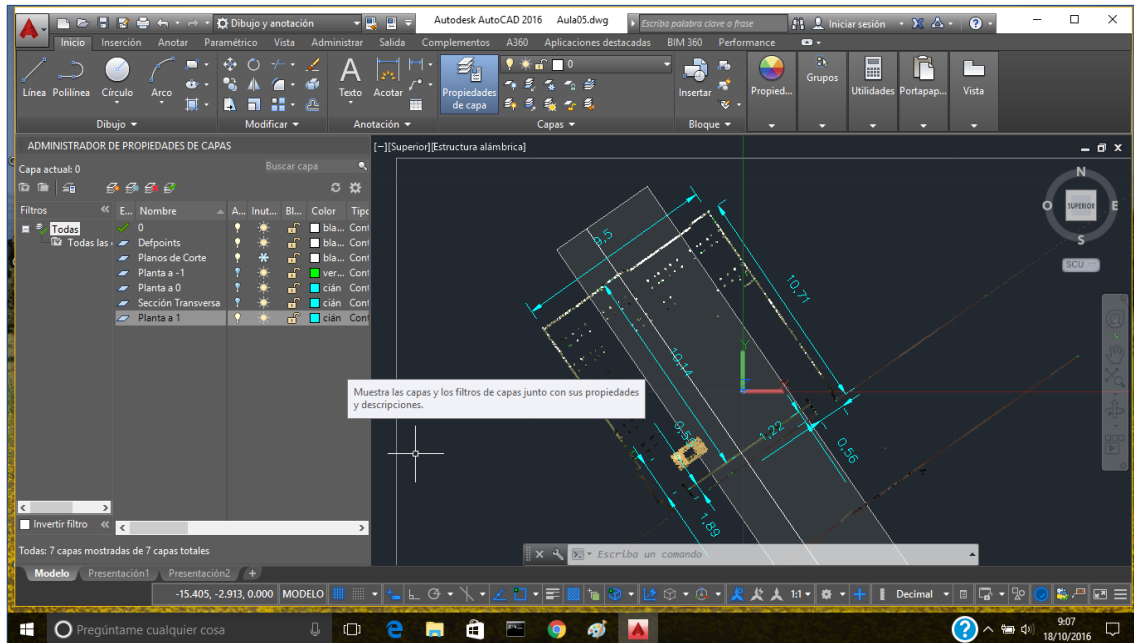


Figura 63: Acotación en planta

y sobre esos límites que en la imagen aparecen en verde poder hacer mediciones, con referencias claras.

Además como los cortes se pueden efectuar en las cotas que se desee se puede hacer un estudio de la morfología del recinto en función de la altura.

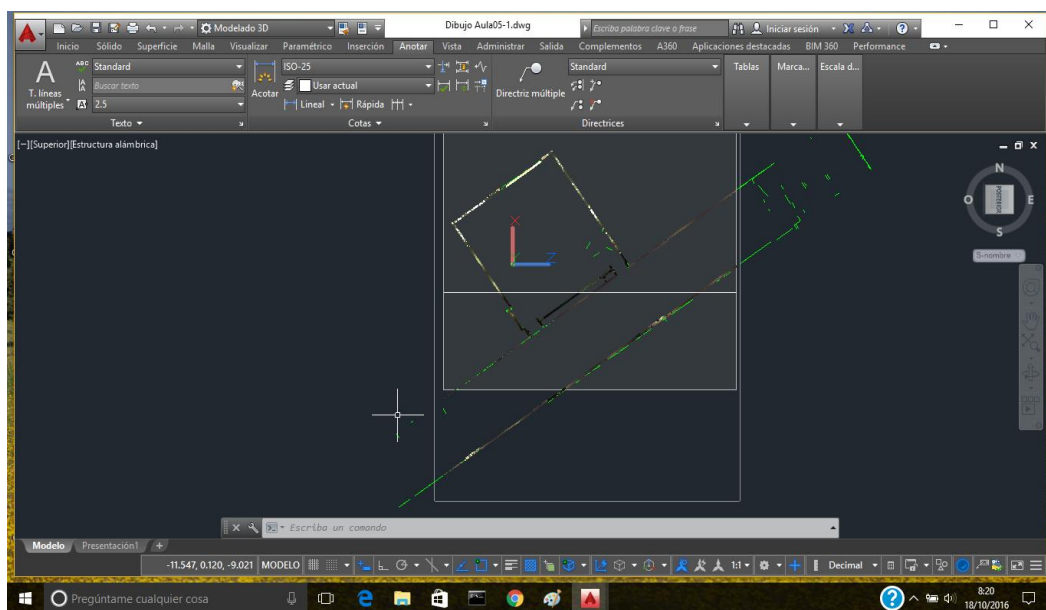


Figura 64: Corte horizontal entre dos planos

#### 4.5. Modelización (Revit 2015)

Como se comentó en el punto anterior y con los datos que se han ido obteniendo a lo largo del proceso, se está en circunstancias de acometer la ejecución de la modelización en 3D en un entorno BIM, como si de una maqueta o construcción se tratase.

Lo primero al abrir el programa es ver las funciones de que dispone:

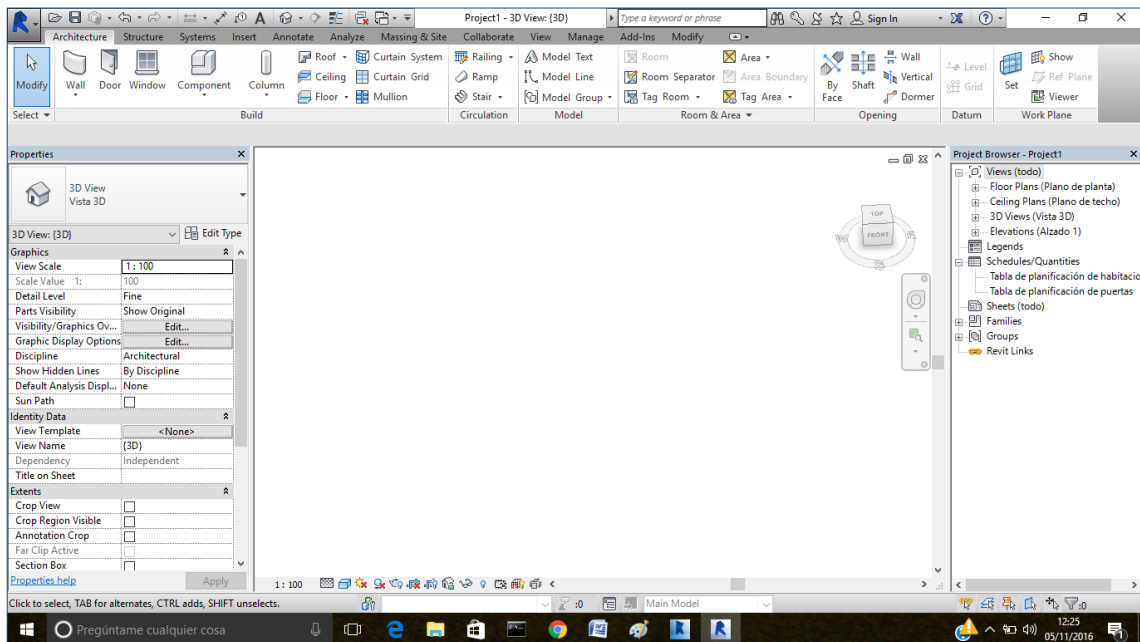


Figura 65: Presentación Revit 2015 1

En la parte superior la primera línea de comandos se corresponden con órdenes rápidas como: abrir, guardar, deshacer, medir, insertar texto, vista 3D; en la siguiente línea de comandos aparecen pestañas que abarcan un campo distinto del modelo, así el primero *Architecture* se refiere al diseño, a continuación viene *Structure* relacionado con la estructura, el siguiente *Systems*, relacionado con los sistemas a instalar en la obra, como la electricidad, fontanería, etc., le sigue la pestaña de *Insert* donde encontraremos una serie de comandos para poder insertar diferentes archivos, tanto de AutoCAD, como de imágenes, como nube de puntos, y así hasta completar con la pestaña de *Modify*, la cual se activará cada vez que se cambien las características de una entidad.

A continuación la línea de comandos se conoce con el nombre de *Ribbon* y son comandos ejecutivos, en la parte central está el área de diseño (*ViewPort*) donde se irán mostrando los elementos del modelado, en la parte derecha se observa el árbol de trabajo y en la izquierda el conjunto de propiedades de cada elemento.

De este vistazo inicial se observa que la forma de hacer es mediante: Wall, Door, Window,... es decir, elementos constructivos.

Se comienza cargando la nube de puntos, *Insert/ Point Cloud* y se busca el archivo, y para su apreciación en 3D, en la parte superior se pincha en símbolo de la casa.

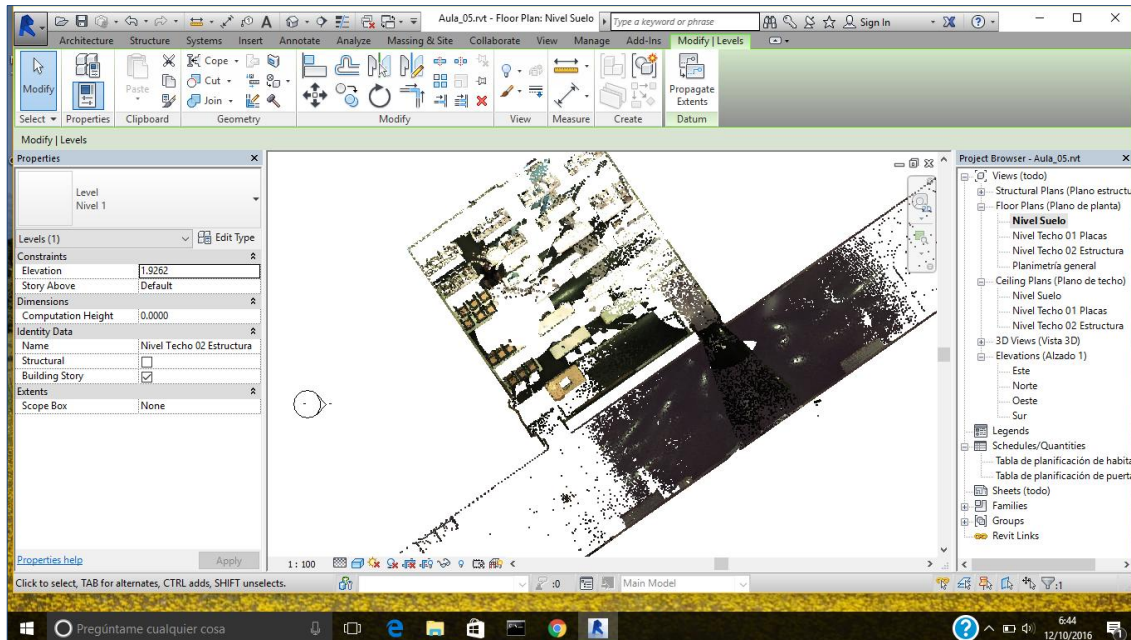


Figura 68: Inserción *Point Cloud*

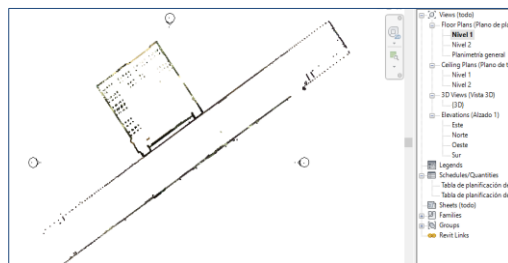


Figura 67: Nube de puntos en Nivel 1

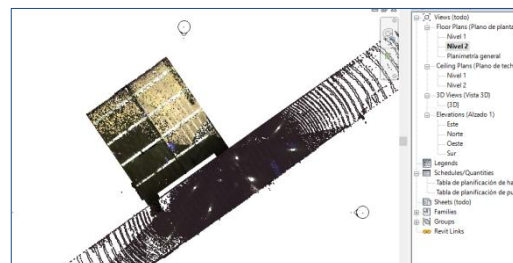


Figura 66: Nube de puntos en Nivel 2

A continuación ajustar un estudio de niveles, para la correspondencia entre planta y alzado y así dependiendo del nivel que se active, en la parte de la derecha (*Project Browser*), se tendrá una vista u otra.

Otro tema a tener en cuenta es el de la orientación, los cuatro círculos que se ven en la pantalla en el comienzo, marcan los puntos cardinales del dibujo, no de la realidad y según va avanzando el modelado, pinchando en cualquiera de ellos se pueden obtener vistas del alzado, vista norte, sur, este u oeste, pero esta orientación se puede cambiar, ya que, como en el caso que nos ocupa, la planta presenta sesgo respecto la orientación de base por lo que en la pestaña de *Manage* en el apartado de *Project Location* permite modificar la orientación, que puede ser ortogonal para facilitar labores de modelado o incluso localizar el punto geográfico y obtener sus coordenadas, aunque como este



recurso está habilitado en cualquier momento del proyecto, en principio y por las características de la edificación se hará una ubicación ortogonal.

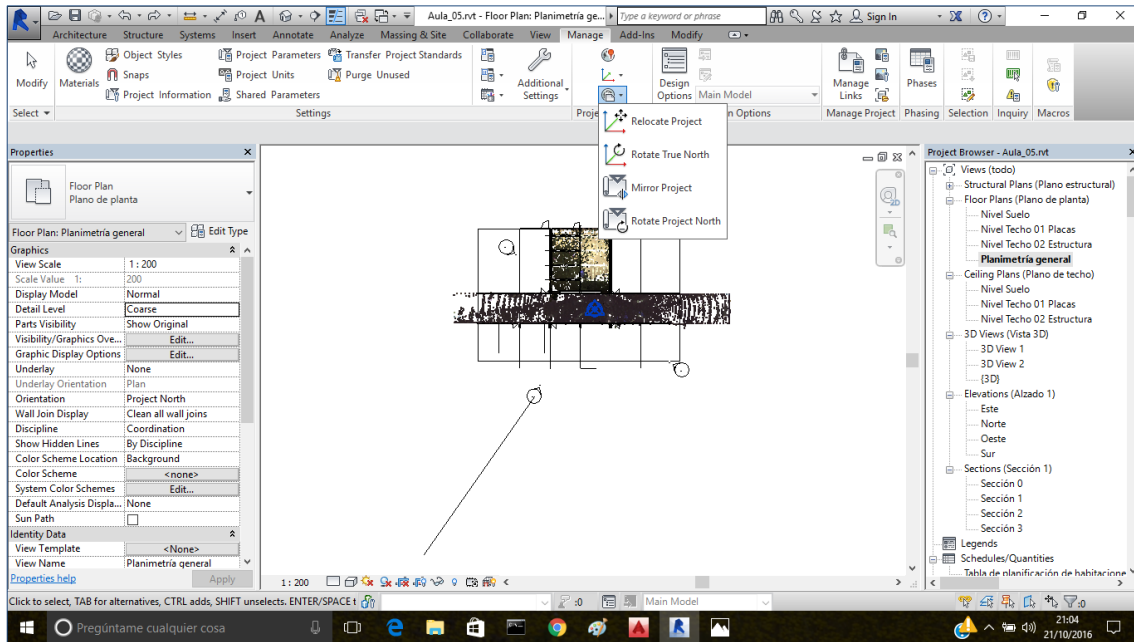


Figura 69: Cambio de orientación

Por lo tanto, se cuenta con una orientación corregida, con un fondo constituido por la nube de puntos que nos ayudará a dar forma y textura al modelado y con las medidas que se han ido obteniendo de los diferentes programas por los que se ha pasado.

Ahora se está en condición de comenzar el diseño, que empieza por los muros y al pinchar sobre *Wall* en la parte de la izquierda (*Properties*) aparece un muro por defecto y caso de no ser el que se necesita hay que extender la lista por si alguno encaja o de lo contrario hay que buscar por internet o incluso confeccionarlo, y así por cada unidad o elemento que interviene en el modelado.

Esto lo que nos indica es que el proyecto contará con un diseño y con un conjunto de elementos que tienen que ir unidos al proyecto. Luego ya no valen líneas que hay que interpretar, ahora son entidades totalmente definidas.

Una vez se empieza el modelado, los elementos con los que se puede ir confeccionando toda la maqueta son los mismos que cualquier programa de dibujo, es decir, utiliza paralelas, copiar, girar..., se aprecia porque una vez dibujada una entidad al pinchar sobre ella se activa la pestaña superior de *Modify* y aparecen las funciones mencionadas, como se aprecia en la imagen que sigue.



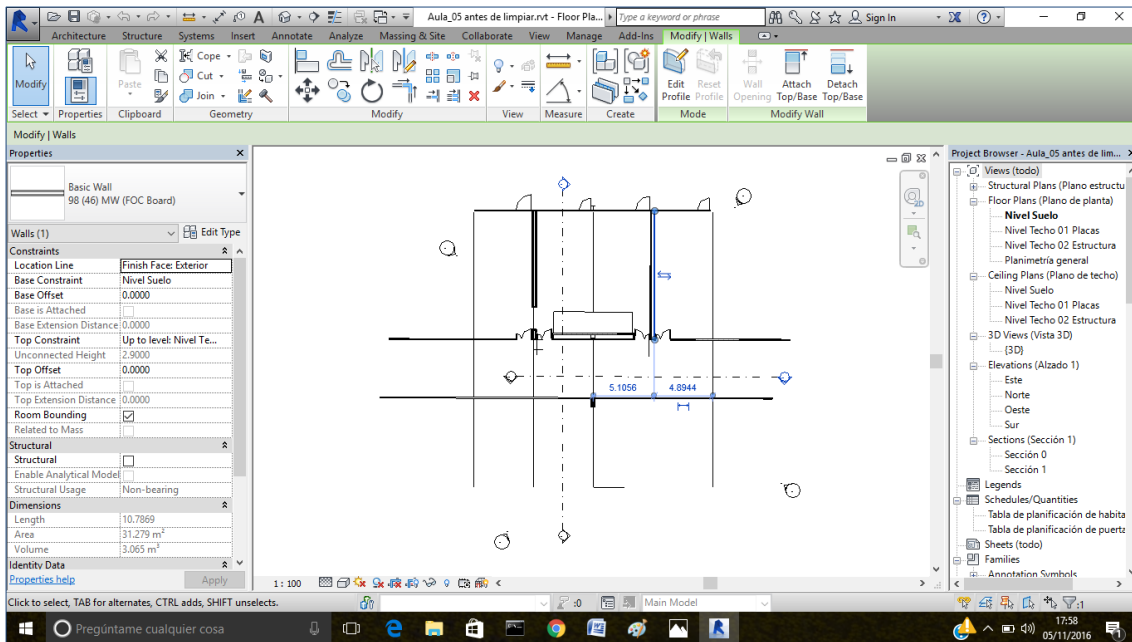


Figura 70: Comienzo del modelado

A medida que se va avanzando en el modelado se pueden ir viendo las actualizaciones tanto en planta como en los diferentes alzado o incluso en 3D con solo pinchar sobre cualquiera de los elementos que aparecen en el cuadro de la parte derecha (*Project Browser*).

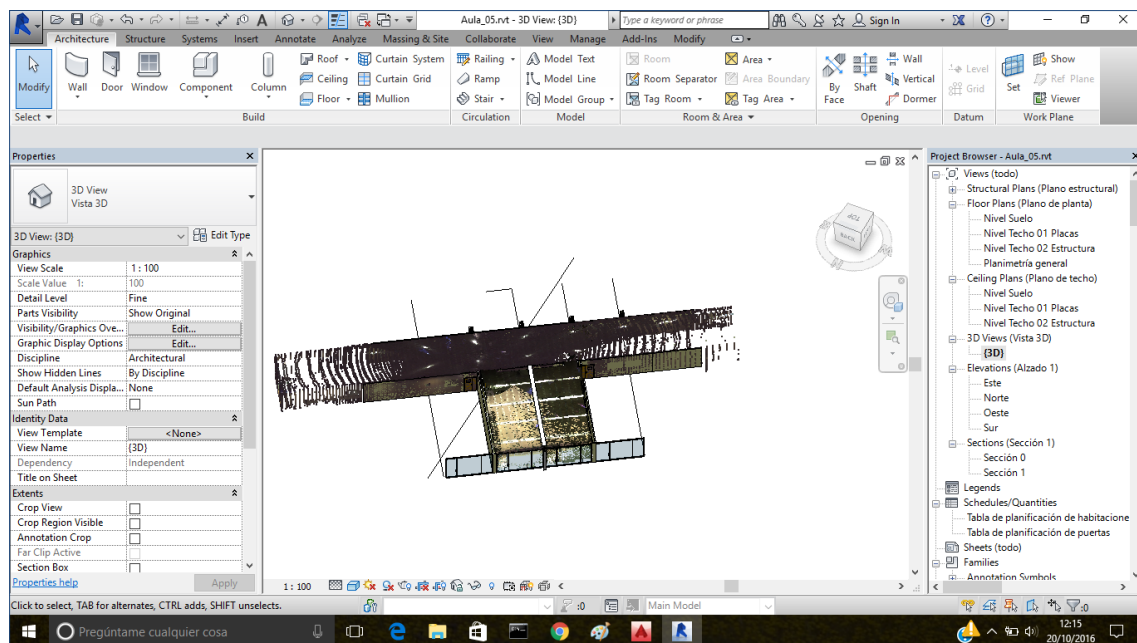


Figura 71: Vista 3D

Los elementos tanto constructivos como de mobiliario se agrupan en familias, y estas familias a su vez pueden servir para hacer otras familias que se podrán a su vez utilizar en otros modelos.

En el caso que nos ocupa sucedió en varias ocasiones, por ejemplo a la hora de confeccionar el techo con las placas que hay en la actualidad y que al no poder encontrarlas, mediante una fotografía se crea una texturización para dar un acabado similar al que tiene, o de los pupitres que partiendo de uno existente y con las medidas extraídas de la nube de puntos se pudo generar uno que se adapta al real, o los bancos del pasillo, es decir, unas familias llevan a otras y la biblioteca se va enriqueciendo, sirviendo además como base para futuros proyectos.

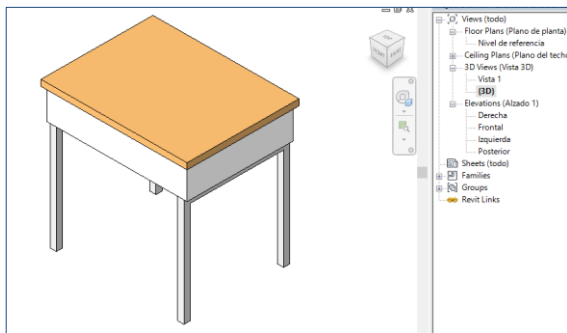


Figura 72: Familia de pupitre

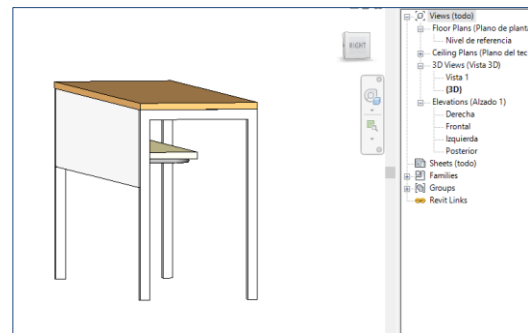


Figura 72: Nueva familia generada

Una vez se ha realizado el diseño, se pasa a Revit MEP o la parte de *Systems*, para terminar de confeccionar los elementos de Mecánica, Electricidad o Fontanería que están presentes en los proyectos. En la creación de estos sistemas hay elementos predefinidos que se colocan directamente y otros que hay que recurrir a familias, que en este caso son familias paramétricas, es decir, familias conceptuadas para la instalación en las que se tiene en cuenta la tensión de la corriente que va, o la ubicación y caudal de agua etc.

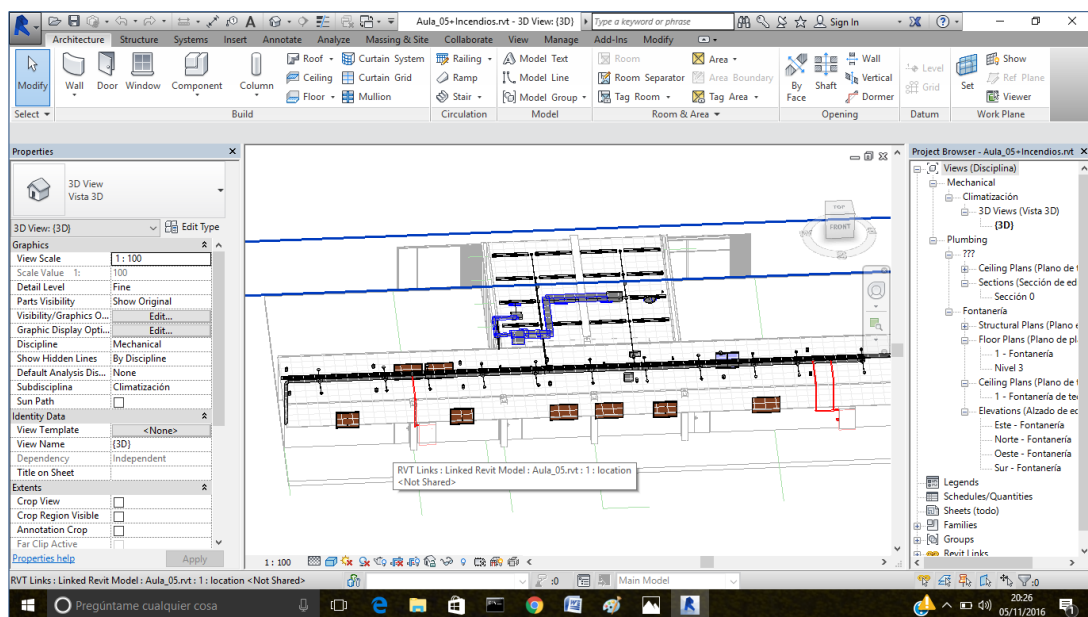


Figura 73: Instalaciones MEP

#### 4.6. Parametrización (Naviswork 2015)

Con el término de parametrización, se entiende la posibilidad de aplicar parámetros de tiempo y dinero al modelo creado.

Para este paso, que supone el desarrollo del BIM 4 y 5D, se dispone de la herramienta Naviswork, del que se ha hablado anteriormente y que permite, aparte de visualizar y hacer un recorrido en el interior del modelo 3D, permite mover el modelo con más facilidad que Revit, hay que tener en cuenta para el caso de este TGF que el archivo generado por Revit ocupa 16.5 Mb mientras que el que exporta a Naviswork ocupa 1.4 Mb y es de tan sólo 9 Kb el que crea esta aplicación (\*.nwf), hacer un estudio de interferencias (*Clash Detectives*), programar las labores en el tiempo (*Time Liner*), o importarlas de otros programas como Project de Microsoft, y cuantificar las distintas unidades de obra (*Quantification*) y poder exportarlas a formato de Excel para ayudar en algún programa de presupuesto como el Presto.

Lo primero es pasar el modelo de Revit a Naviswork para lo cual en la pestaña de *Add-Ins* hay un icono, *External Tools*, que permite exportarlo a formato \*.nwc.

Ya en Naviswork, se abre el archivo y aparece el modelo, además al ser un programa también de Autodesk, el *Ribbon* es muy parecido al de otros programas de la misma casa y por lo tanto se hace intuitivo, y el hecho de visualizaciones y de ciertas herramientas básicas como movimientos son exactamente iguales.

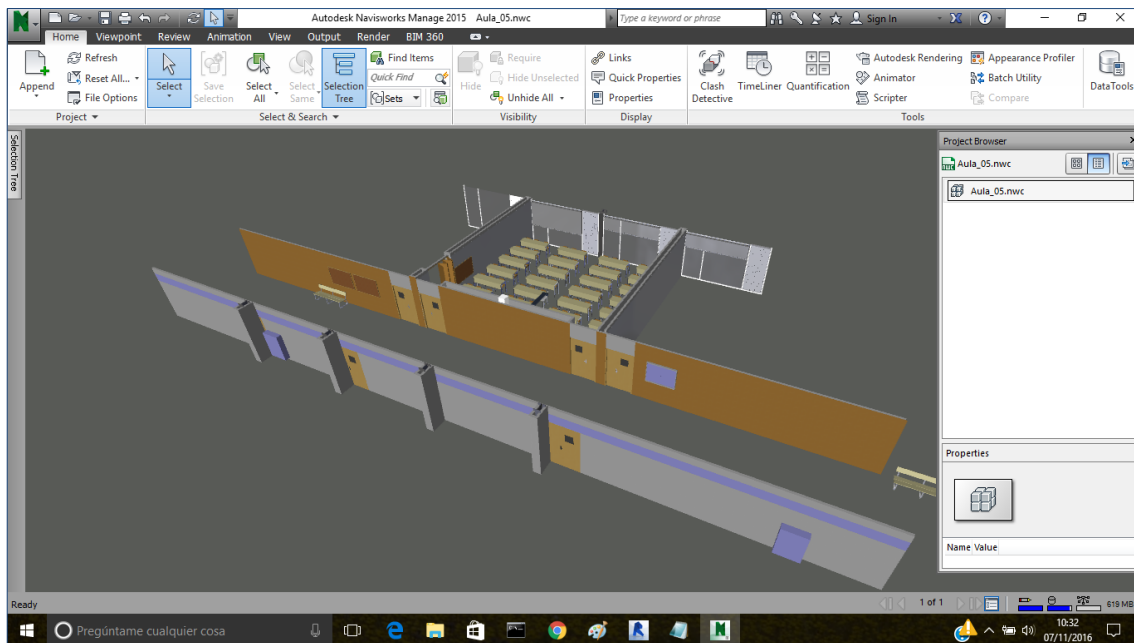


Figura 74: Modelo 3D en Naviswork

Otra herramienta que puede ser interesante a la hora de entender la globalidad e interoperabilidad de un modelo creado en entorno BIM es la de *Links* (enlaces), ya que, al activarse aparecen unos símbolos de enlace, en aquellos elementos en los que en sus

propiedades aparece dirección de la página web correspondiente, y que al pulsar sobre ellos directamente nos llevan a la casa comercial del elemento en cuestión, por lo que se tendrían las características de dichos elementos y se podría facilitar labores posteriores que se tuviesen que hacer sobre los mismos, contribuyendo y facilitando labores de

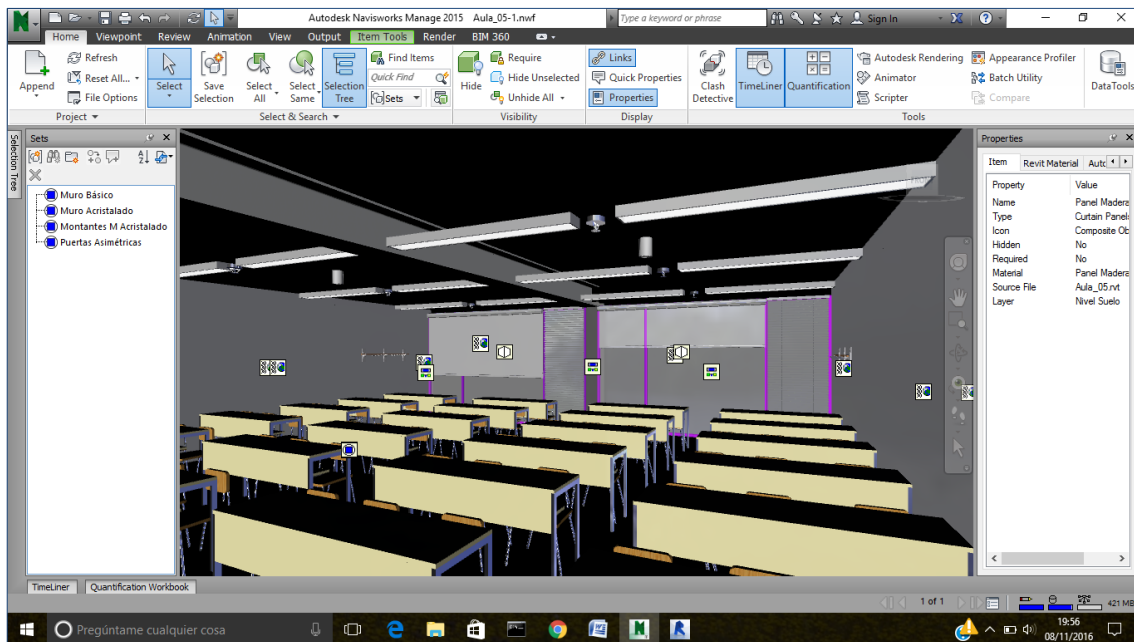


Figura 75: Links en Naviswork

mantenimiento. En la imagen que sigue se pueden apreciar dichos elementos.

#### 4.6.1. BIM 4D

En la importación del modelo desde Revit, u otro programa de modelado, puesto que Naviswork soporta gran cantidad de formatos, no sólo se importa la maqueta sino que también lo hace el *Project Browser*, es decir, el árbol de trabajo con todas las plantas o niveles y las labores realizadas en cada una de ellas, y las familias que se han ido utilizando en el proceso de modelado.

Al pulsar el icono *Time Liner* aparece en la pantalla un cuadro donde organizar los trabajos (*Task*) y columnas donde marcar los tiempos y especificar si la tarea es de construcción, temporal o de demolición y a la derecha aparece un diagrama de barras representando las fechas totales, y en la misma fila de la labor, la barra ocupará lo que en tiempos se haya marcado.

Además aparece un cuadro al final de la parte derecha que permite exportar el diagrama a formato \*.CSV o a XML.

También se hubiese podido ver el diagrama de barras, si la programación se hubiese hecho en Project o Primavera y se hubiese importando desde esta misma ventana de *Time Liner* en la pestaña de *Data Sources*.

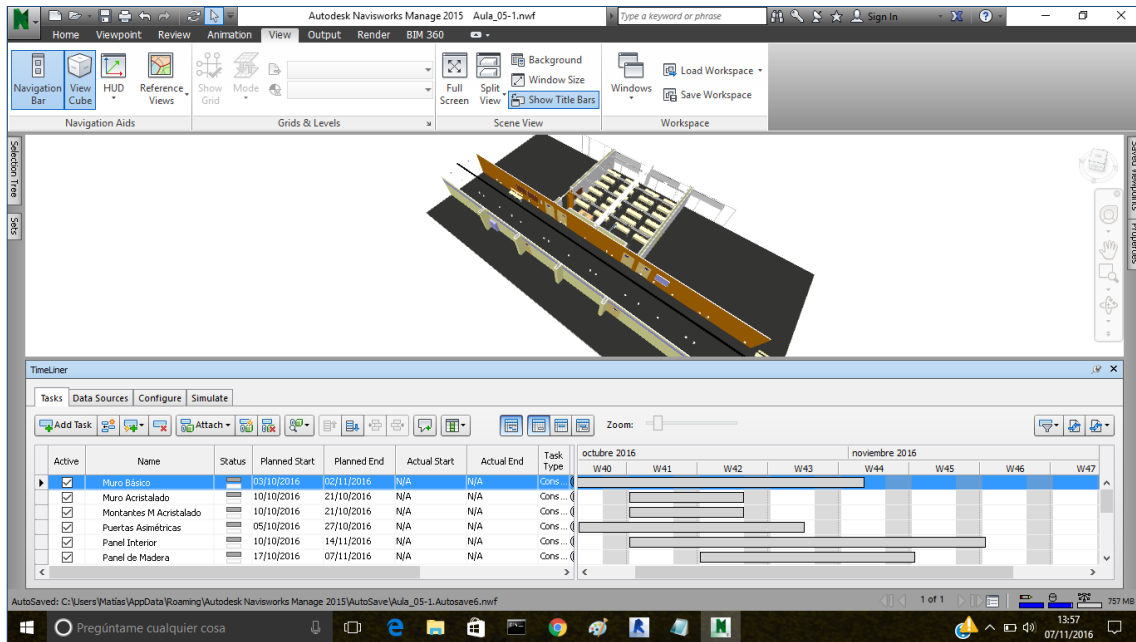


Figura 76: Time Liner

Una vez concluida la programación se puede realizar una simulación de construcción, para ello en la pestaña de *Simulate*, se especifican unos parámetros y se puede comenzar a ver la evolución de la obra.

En la parte superior izquierda de la pantalla se observa el momento de construcción, y en la derecha aparece un cuadro que permite exportar la simulación en fotogramas o en película.

En las imágenes inferiores se aprecia la evolución en dos momentos.

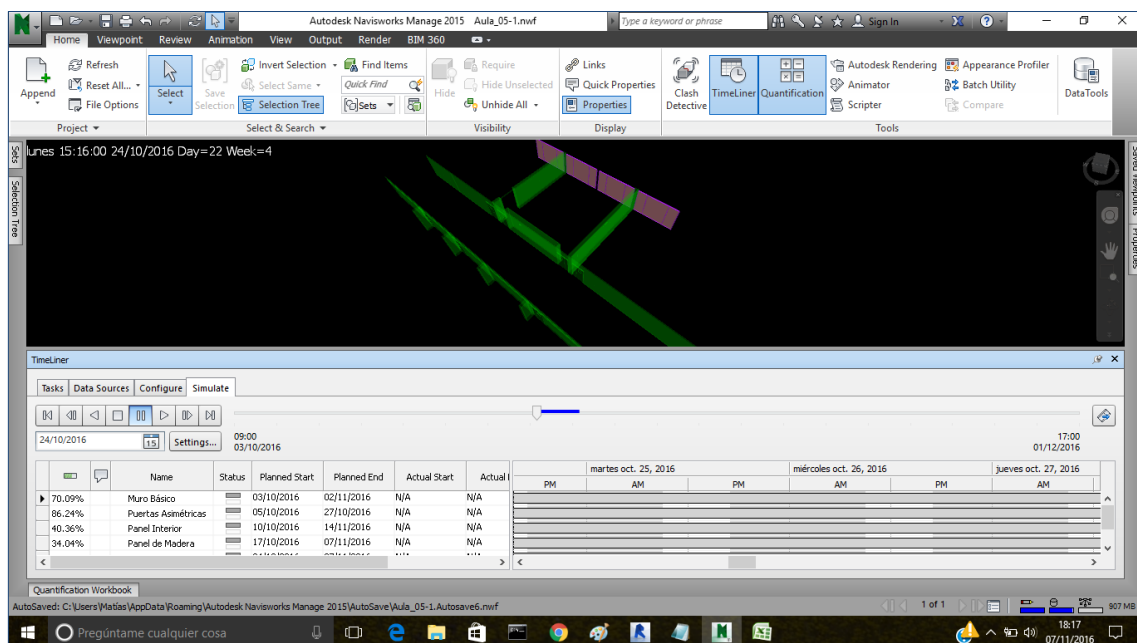


Figura 77: Simulación Time Liner 1

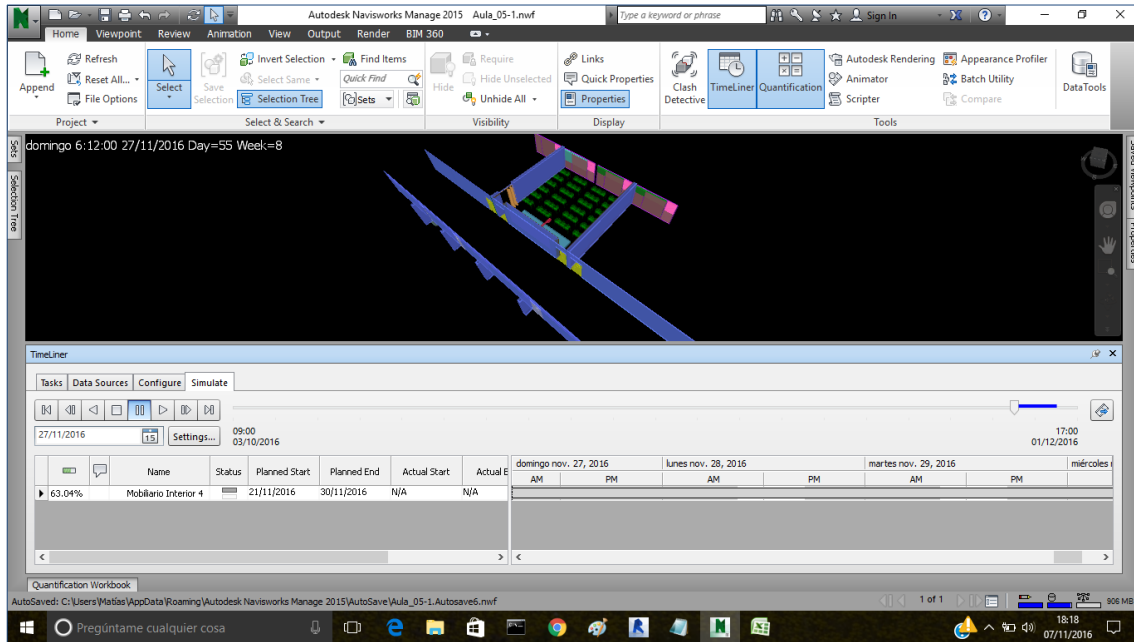


Figura 78: Simulación Time Liner 2

#### 4.6.2. BIM 5D

En este apartado se trata de obtener unas mediciones de todas la unidades de obra, para ello se pincha en el botón de Quantification y aparece una ventana donde habrá que ir situando los diferentes elementos que se quieran medir.

Aunque antes de ello, el programa pide un formato y una unidades y a continuación se está en disposición de elegir los elementos a medir.

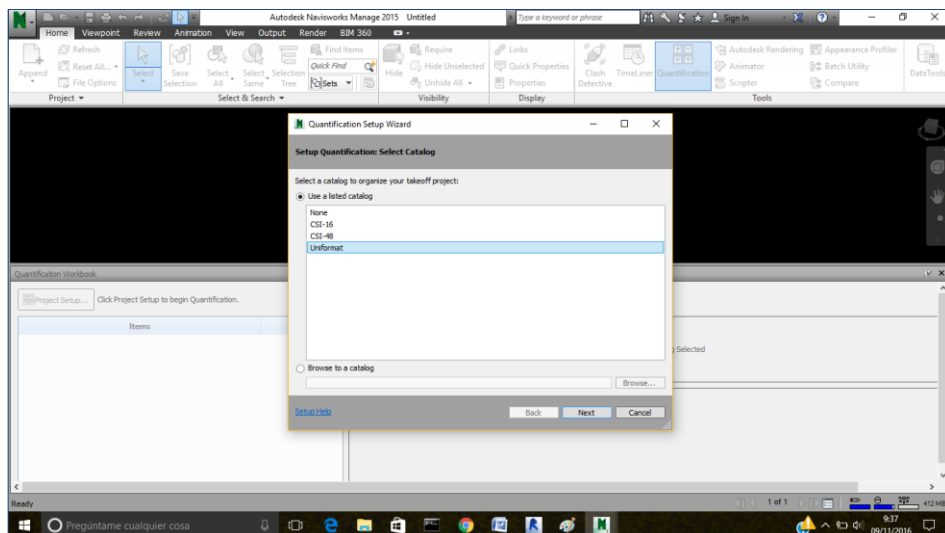


Figura 79: Cuantificación 1



Se seleccionan todos con el comando *Select All* y en la pestaña de *Take off* se pulsa *Take off to selected* y se observa:

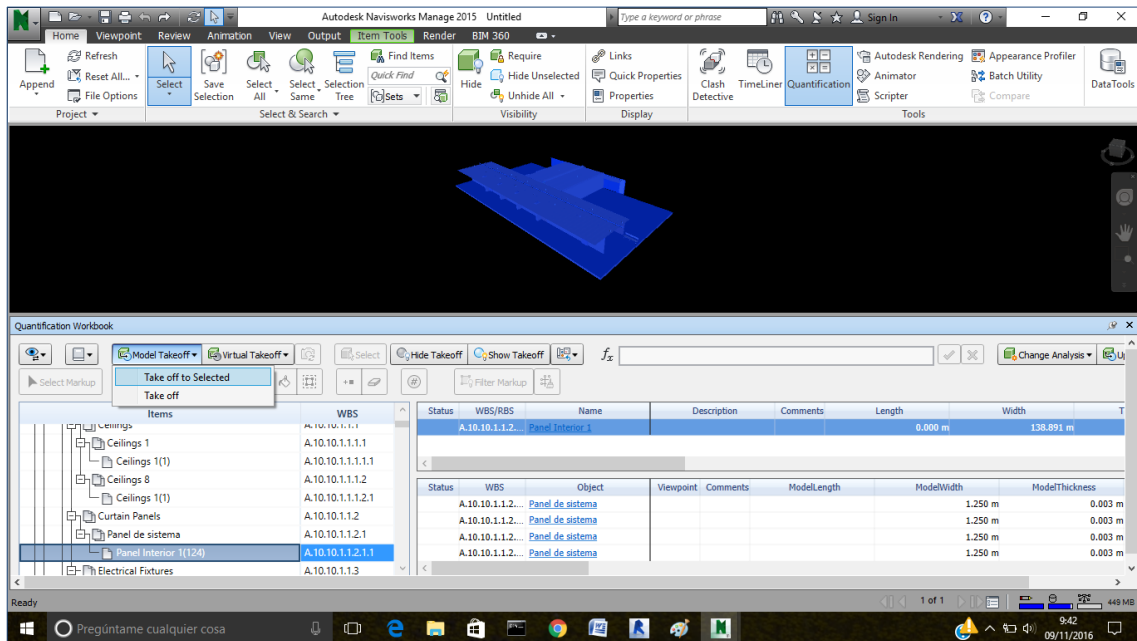


Figura 80: Cuantificación 2

Donde por una parte aparece, en la parte izquierda, un árbol de capítulos con las unidades contempladas en ese capítulo y los elementos necesarios para su ejecución, detallado en Revit, a continuación aparece WBS (Work Breakdown Structure), que es la estructura de desglose de trabajo y corresponde a los códigos que se les ha aplicado en Revit y por último en la parte derecha aparecen las mediciones.

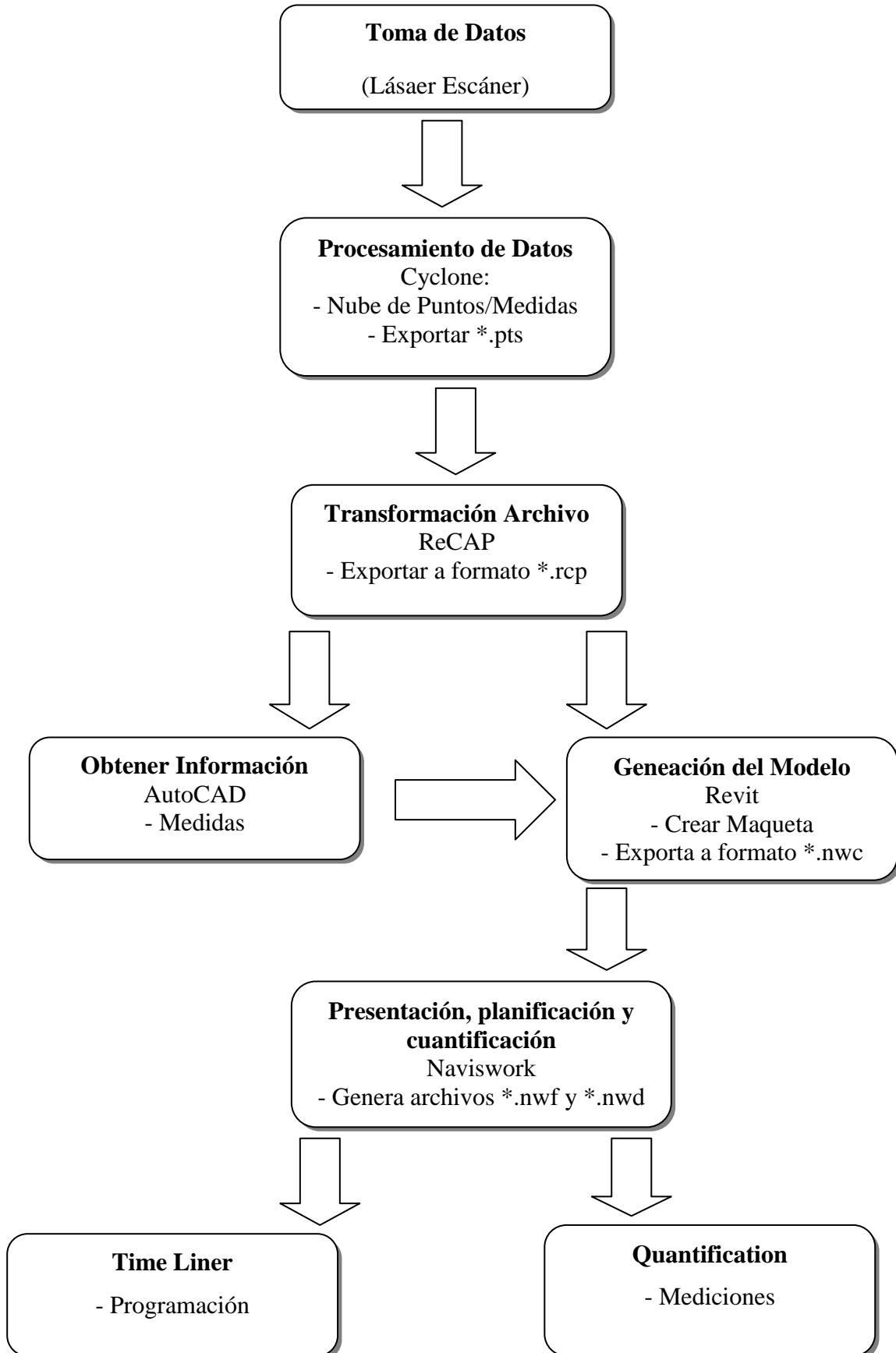
Esta tabla se puede exportar a Excel o XML y posteriormente servir de apoyo para un programa de presupuestos, como puede ser el Presto, aunque en versiones recientes de Presto, se pueden exportar las unidades directamente desde Revit toda vez se hayan codificado en la propiedades de cada elemento.

Por lo que ya se ha llegado a BIM 5D.

WBS/RBS	Group1	Group3	Group4	Item	Area	Vol	Count
A.1.1.1.1	Substructure	Curtain Panels	Panel de sistema	Panel Interior 1	205.301 m <sup>2</sup>	0.616 m <sup>3</sup>	124.000 ea
A.1.2	Substructure	Electrical Fixtures					
A.1.2.1	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_frame-Simon-82_Detail_Original				
A.1.2.1.1	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_frame-Sim 4 Elements		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.1.1.1	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_frame-Simor 4 Elements		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.2	Substructure	Electrical Fixtures	Schuko_Socket-outlet-Simon-16A-250V-75432				
A.1.2.2.1	Substructure	Electrical Fixtures	Schuko_Socket-outlet Schuko_Socket-outlet		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.2.1.1	Substructure	Electrical Fixtures	Schuko_Socket-outlet-Sii Schuko_Socket-outlet-Sii		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.3	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_Mounting-Simon-Square				
A.1.2.3.1	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_M-Square flush mounting		0.000 m <sup>2</sup>	0.001 m <sup>3</sup>	4.000 ea
A.1.2.3.1.1	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_Moi Square flush mounting bi		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.3.1.2	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_Moi Square flush mounting bi		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.3.1.3	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_Moi Square flush mounting bi		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.3.1.4	Substructure	Electrical Fixtures	Electrical_Box-Flush_Moi Square flush mounting bi		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea
A.1.2.4	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_Rocker-Simon-82_Detail				
A.1.2.4.1	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_Rocker-Si Rocker		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	2.000 ea
A.1.2.4.1.1	Substructure	Electrical Fixtures	Mechanism_Rocker-Simc Rocker		0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	1.000 ea

Figura 81: Mediciones en Excel

Como resumen y para mayor claridad en cuanto a los pasos seguidos:



## 5. Resultados

Como resultado a comentar y siguiendo con el hilo conductor llevado hasta el momento, se puede decir:

### 5.1. Nube de Puntos

Se ha obtenido una nube de puntos, fiel reflejo de la realidad, con una precisión en los datos entorno a los 5 mm y con una gran cantidad y calidad de detalle que permite la reproducción del ambiente, y además apoyado en la toma de imágenes de alta resolución, para mayor facilidad a la hora de entender texturas.

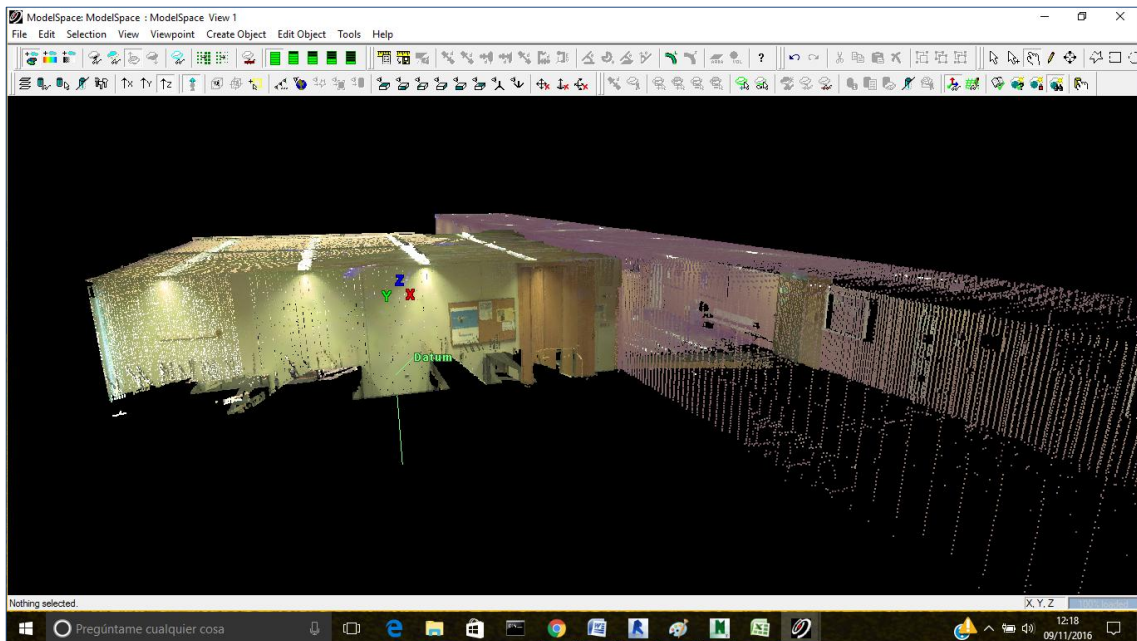


Figura 82: Nube de puntos

### 5.2. Medidas en la Nube de Puntos

Mediante la aplicación ReCAP, se ha podido exportar el archivo de puntos a formatos que pudieran ser compatibles con aplicaciones como AutoCAD y Revit.

En AutoCAD y gracias a las nuevas posibilidades de la versión 2016, se ha podido abrir la nube de puntos como un bloque, sin necesidad de cargar los puntos, y al mismo tiempo se han extraído medidas de las diferentes geometrías, al poder cortar dicha nube por planos tanto horizontales como verticales pudiendo examinar el modelo con una gran precisión, lo que redundará en una mejor definición del espacio escaneado.

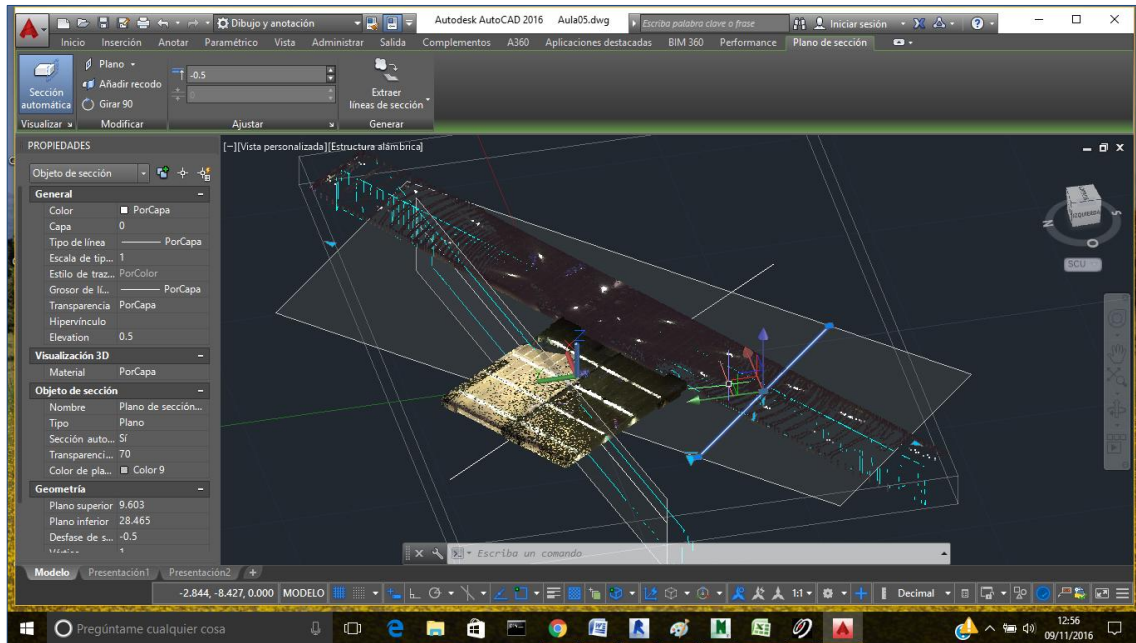


Figura 83: Corte de la Nube de Puntos por diferentes planos

### 5.3. Generación del modelo

Esta labor se ejecuta en Revit, en un entorno BIM, es decir, se recrea lo construido con las mismas características, tanto cuantitativas como cualitativas y con la información necesaria para completar el ciclo de vida que la construcción pudiera tener.

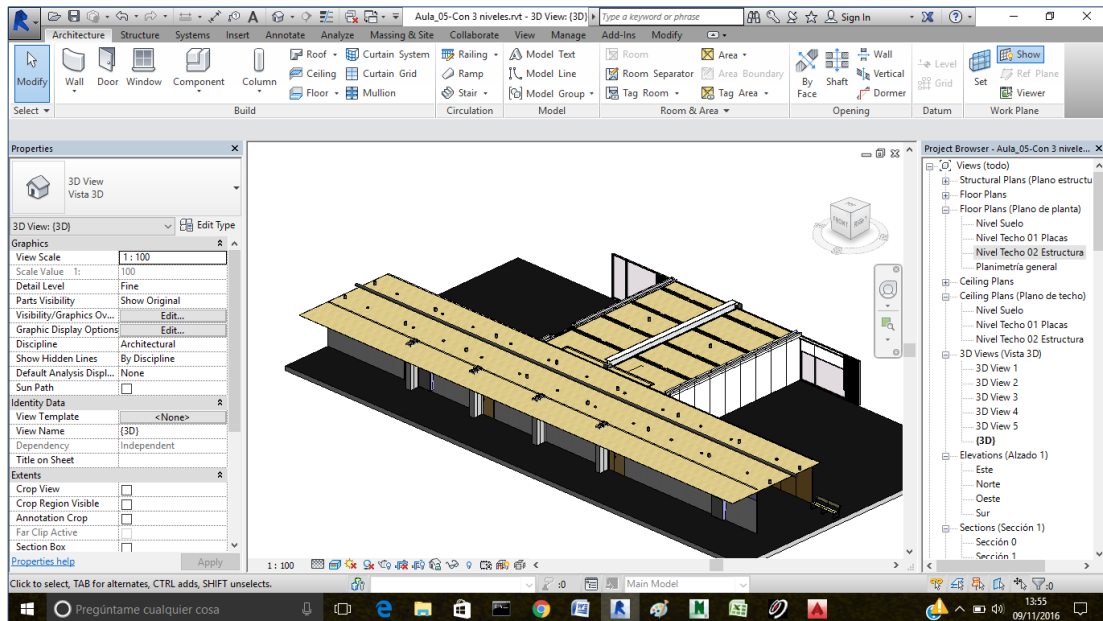


Figura 84: Modelo acabado



Además en su empeño por mostrar la capacidad de la modelización se pueden realizar diversidad de imágenes de la zona escaneada y desde diversidad de ángulos.

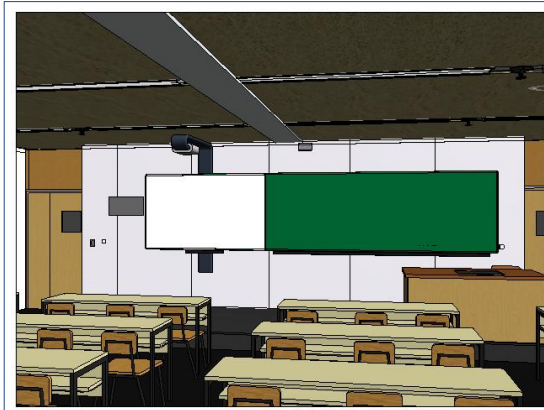


Figura 85: Vistas 3D de diferentes zonas

Incluso se puede hacer un estudio de la incidencia de la luz debido a la ubicación del proyecto y las sombras que ello conllevaría dependiendo del momento del año y de la hora del día.

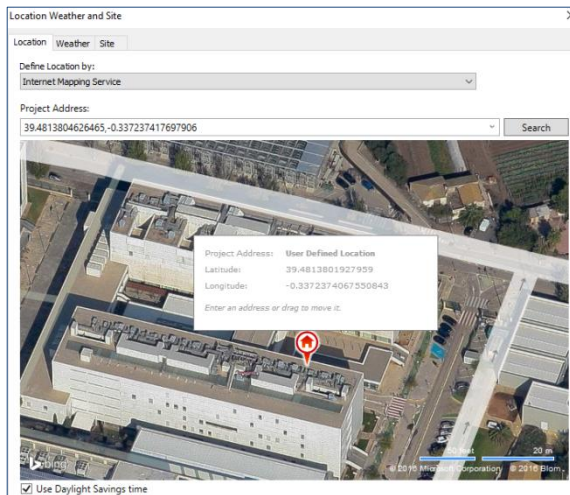


Figura 86: Ubicación del Aula

La ubicación del edificio, que el programa busca, ofrece la posibilidad de dar coordenadas geográficas y por lo tanto se puede obtener la orientación.

Y ya con la orientación y con la fecha de toma de datos, o la que interese para los fines que se quieran, se puede hacer un estudio de la incidencia del sol sobre el inmueble o la obra.



Figura 87: Inciden del Sol (amanecer y 7 horas)



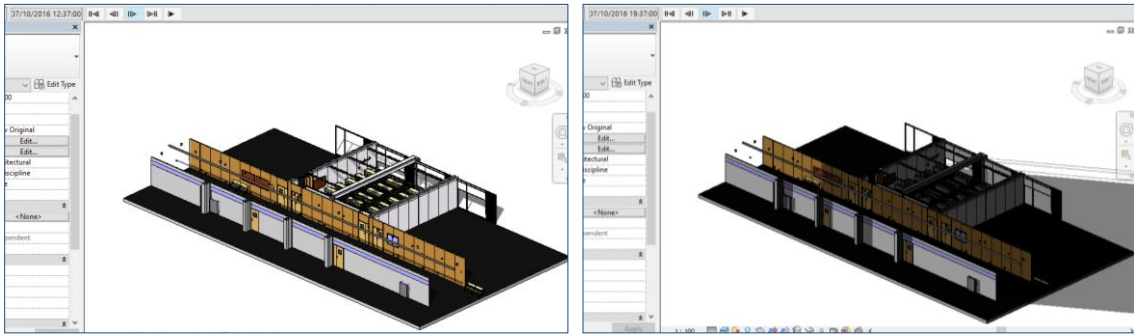


Figura 888: Incidencia del Sol (12 h y 19 h)



Figura 89: Renderización

Y para una recreación más realista se puede hacer una renderización de una vista.

#### 5.4. Planificación y Medición de la Obra

Hasta el punto anterior se llega a un objetivo que es el de modelizar un espacio existente, pero además se pretende un estudio del desarrollo que la tecnología BIM puede ofrecer en un proceso constructivo y que no finaliza en la creación del modelo sino que además hay que hacer una planificación para continuando con la realización de la obra, terminar en la gestión y mantenimiento de la misma durante su vida útil.

Por lo tanto llegados a este punto, se asume que en el espacio donde está el aula, no hay nada y que hay que hacer una clase, incluido el equipamiento y acceso a la misma, de la manera en que se ha realizado en la maqueta y que se necesita saber el tiempo y proceso de ejecución y la medición de todas las unidades que hace falta instalar.

Ayudados con la herramienta Naviswork, se va a proceder a programar los trabajos de construcción, para ello se marcan como fechas de principio y fin, el 1 de octubre y el 1 de diciembre respectivamente, y se con una consecución lógica de tareas y siguiendo el árbol de trabajo desarrollado en Revit para la modelización.

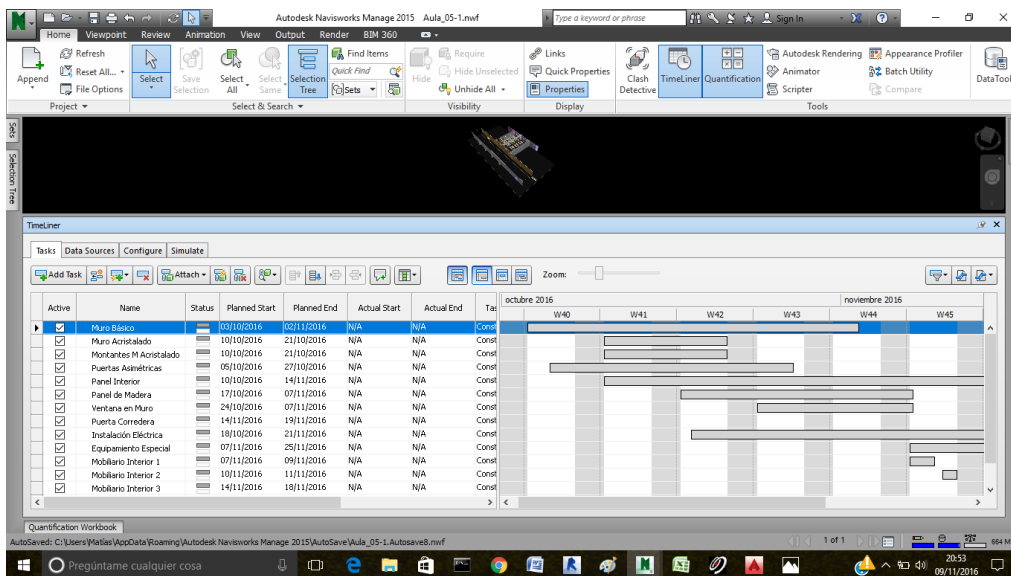


Figura 90: Diagrama de Gantt

Además el programa permite hacer una simulación del proceso y grabarlo para poder ser mostrado al cliente sin que éste disponga del programa, ya que, hay una versión libre que permite visualizar diagramas y simulaciones pero sin posibilidad de modificar el archivo original, con lo que se facilita la labor de exposición.

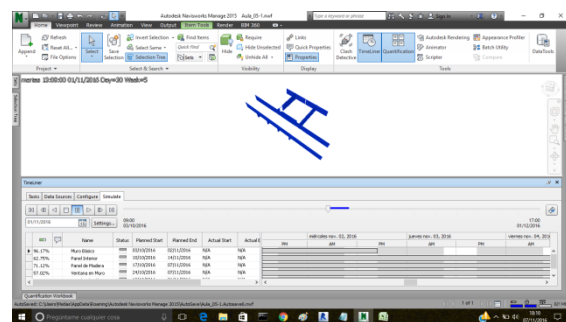
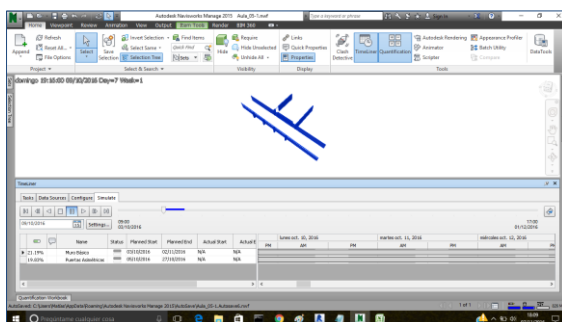


Figura 89: Simulación

Y por último en este mismo programa, se pueden hacer mediciones de las diferentes unidades de obra.

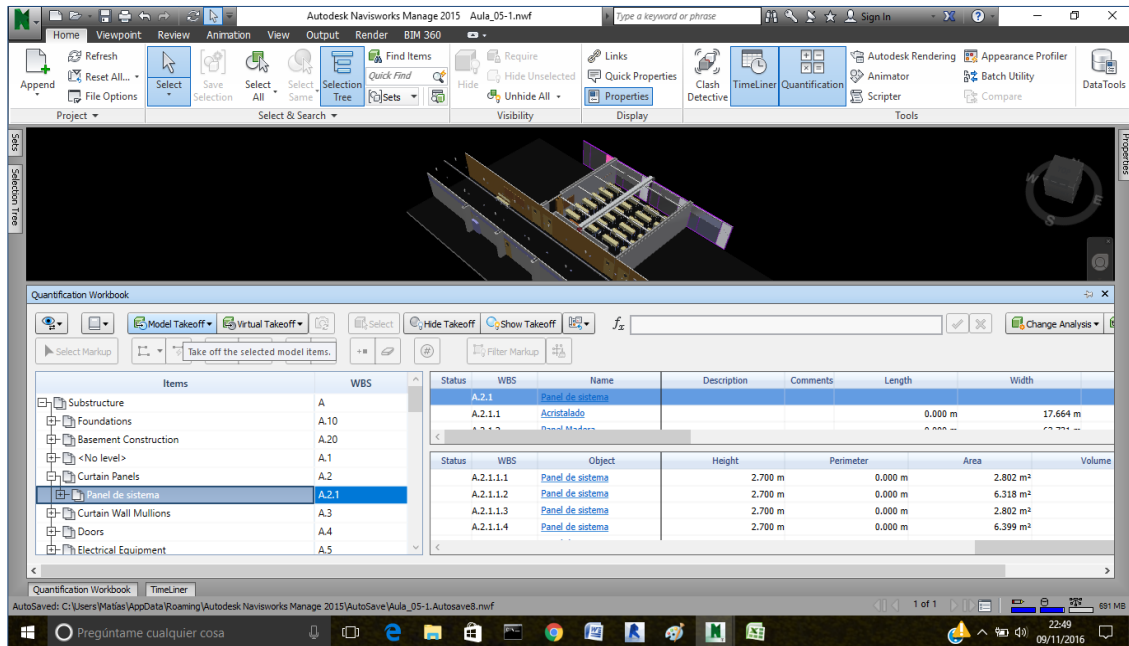


Figura 90: Mediciones

Estas mediciones pueden ser exportadas a Excel y servir de apoyo a programas de presupuestos como el Presto.

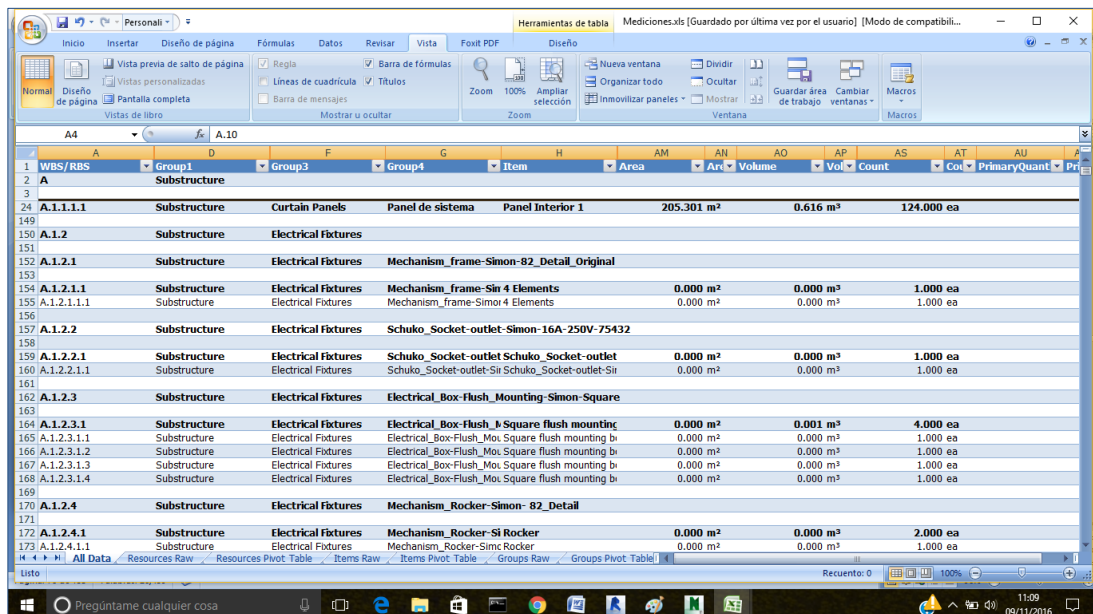


Figura 91: Exportar a Excel

## 6. Conclusiones

A lo largo de este TFG se ha podido observar que la implementación de un modelo BIM puede aplicarse a dos situaciones diferentes, o bien a un espacio ya existente, generando un modelo de la realidad, o bien crear una maqueta que sea la base de una obra nueva. En cuanto a la información asociada que conlleva todo proyecto BIM se puede incorporar al mismo tiempo que se va creando el 3D y/o una vez ya creado.

En el caso de la **modelización de un objeto existente**, se realiza en dos fases, la primera consiste en la adquisición de datos en campo mediante el láser escáner, que facilita la obtención de una nube de puntos con información radiométrica, generando modelos de superficie de una manera completa y precisa. Y en la segunda fase estos datos son tratados mediante aplicaciones informáticas, como Revit(Autodesk), que permiten generar modelos 3D con el fin de dejar constancia del estado del espacio, facilitando el mantenimiento o la remodelación del mismo.

La confluencia de estas tecnologías abre un abanico de posibilidades a la hora de trabajar con nubes de puntos en entorno BIM, como pueden ser:

- Estudio e intervención en temas patrimoniales o conservación.
- Levantamiento de edificios sin documentación gráfica.
- Reutilización de espacios tanto interiores como exteriores.
- Detección de deformaciones en edificios e instalaciones.

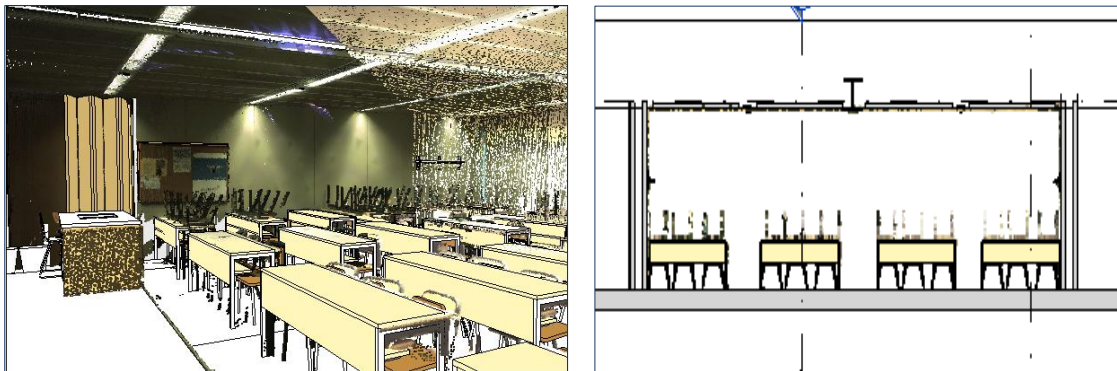


Figura 92: Imágenes modelo 3D con nube de puntos

Aunque presenta como **inconveniente** el hecho de que el tiempo a invertir en la modelización es mucho mayor que para espacios donde no hay nada y es el modelo la base para una obra futura, ya que, en muchos casos encontrar materiales con las mismas características, tanto por su composición como por su textura, a los que están, es muy complicado y precisa de un trabajo de investigación muy grande, que empezaría por la

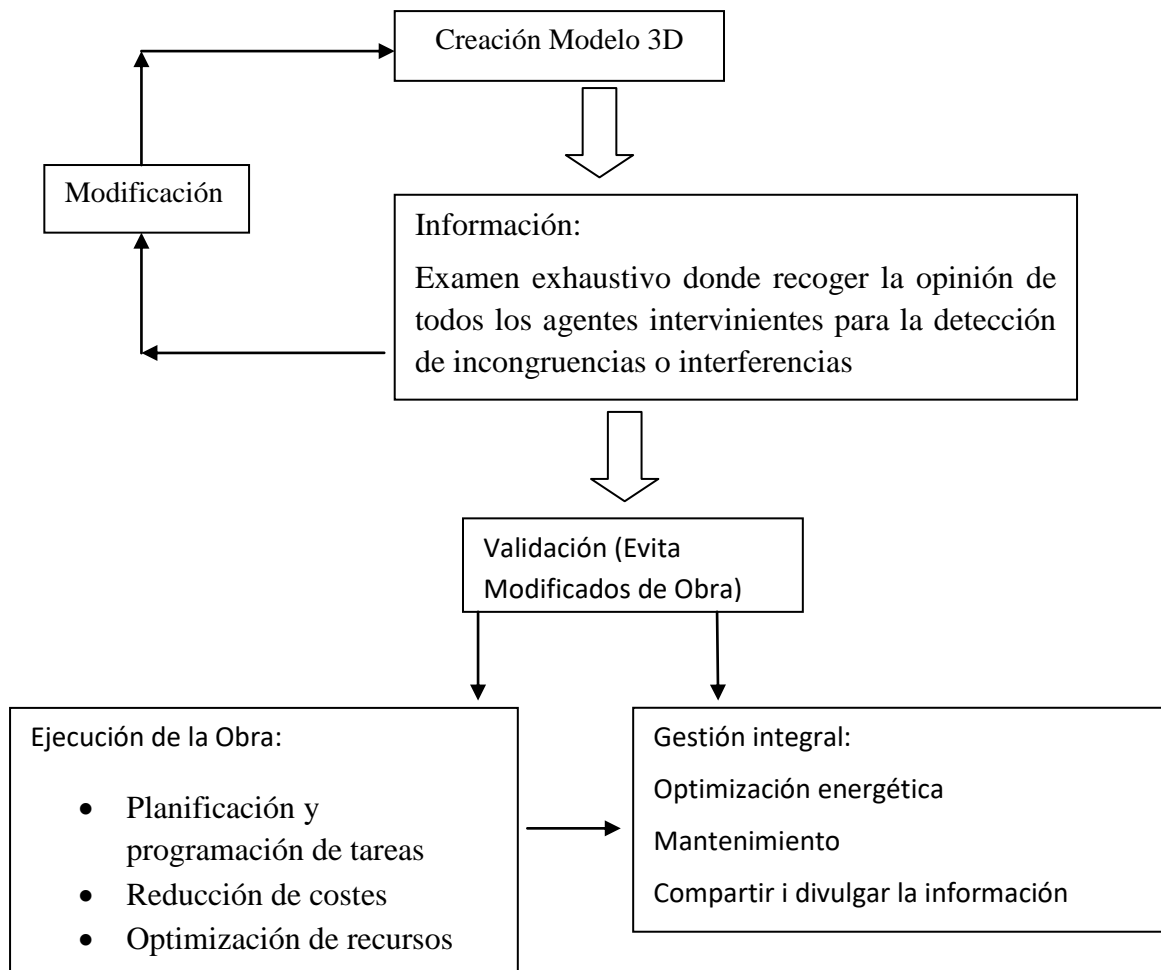
estructura de la obra y continuaría por las diferentes páginas de internet con librerías para Revit, hasta poder recrear con el mayor realismo posible la obra escaneada.

Para el caso de la **creación de un objeto no existente**, un entorno BIM (Revit) construye con materiales reales perfectamente definidos y codificados, cuya información es recogida en la base de datos del modelo Revit, y sumado al planteamiento de la tecnología como un espacio para la interoperabilidad nos lleva a:

- Acceso a la información de todos los agentes intervinientes en el desarrollo (los planos y sus modificaciones son conocidos en tiempo real por todos), ejecución y puesta en funcionamiento de las instalaciones.
- La documentación de entrega de la obra (*as-built*) es la misma con la que se ha construido.
- Reducción de las posibilidades de Modificados de Obra.
- Plan de mantenimiento de la obra durante la vida útil de la misma.

Para realizar la consulta y explotación de la información se incorpora a esta metodología un nuevo programa, Naviswork, que aunque puede parecer inconveniente la utilización de un nuevo programa, a sabiendas las posibilidades en Revit para esos fines, gracias al formato de JetStream de Naviswork, los archivos generados son mucho menores, permitiendo una consulta más rápida y sirviendo de apoyo a toda la fase de modelización.

A modo de resumen, la base de esta tecnología es la creación de un "proyecto único y real" de una obra, que puede ser visualizado por todos los agentes intervinientes, y gracias a la información compartida y poder de actuación, permite un análisis exhaustivo del mismo en las distintas fases, con el fin de detectar incongruencias o indefiniciones en tiempo real, añadiendo mejoras y evitando modificados posteriores que encarezcan el producto, y conseguir finalmente su explotación racional durante la vida útil que tenga.



Por lo que controlando estos aspectos y según la teoría de Patrick MacLeamy, facilitada en BIM Forum, en la que por euro invertido en diseño, se transforma en 20 en la construcción y llega a 60 en el mantenimiento; controlando un buen diseño se puede llegar a una reducción de partidas en los pasos siguientes y principalmente a un **control del gasto de la infraestructura**.

Como contrapartida, está el hecho de que el acceso a estas tecnologías es complejo y necesita de tiempo, tanto para la adquisición del manejo de las aplicaciones como para la modelización, pero si como indica el foro es.BIM, grupo abierto a todos los agentes implicados (administraciones, ingenierías, constructoras, universidades, profesionales...) cuya misión principal es la implantación de BIM en España, en su decálogo, en el punto 6 indica "Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio", dicha implantación se podría ir llevando a cabo.



Por todo lo anterior y bajo mi opinión, como Ingeniero Técnico en Topografía con una experiencia de 26 años en la profesión, se nos abre un amplia campo de trabajo:

- como conocedores de tecnologías de medición, que puestas al servicio del entorno BIM pueden facilitar su uso en la creación de modelos 3D de entornos reales.
- como posibles conocedores de los programas que el entorno BIM necesita, poder desarrollar proyectos tanto de edificación como, en un futuro próximo, de obra civil, y desde la fase de proyecto hasta la de ejecución, sin tener por ello que ser conocedores del comportamiento o la composición y sus relaciones, de los elementos que la forman. (Ejemplo no se necesita conocer los esfuerzos en los pilares, para colocar un pilar de hormigón de 30\*30 en un lugar especificado).

## 7. Presupuesto

---

En este capítulo se pretende hacer un presupuesto valorativo detallado.

El profesional debe conocer todas las actividades a realizar, la estimación de la duración de cada una de ellas y asignar unos recursos humanos y medios técnicos en un tiempo determinado para así conseguir **alcanzar un rendimiento óptimo basado en la productividad**.

### 7.1. Presupuesto "Ejecución por Contrata"

Partiendo de la fórmula:

$$PGC = PEM + GG + BI$$

donde:

PGC = Presupuesto General por Contrata

PEM = Presupuesto Ejecución Material

GG = Gastos Generales

BI = Beneficio Industrial.

El apartado de PEM + GG se contempla todo tipo de gastos que la realización del proyecto conlleva y que pueden ser:

- Mano de obra, con los gastos que pueda originar como dietas o kilometraje.
- Equipos técnicos empleados, donde se incluyen: instrumentación topográfica, equipos informáticos, vehículos....
- Gastos generales: limpieza, luz, agua, teléfono, alquiler ...
- Según BOE de fecha 10 de octubre de 2013 (que se adjunta), del Ministerio de Fomento, se establece que el gasto general quedará fijado en el 13 % del presupuesto de ejecución material.

## I. DISPOSICIONES GENERALES

### MINISTERIO DE FOMENTO

**10541** Orden FOM/1824/2013, de 30 de septiembre, por la que se fija el porcentaje a que se refiere el artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, a aplicar en el Ministerio de Fomento.

El artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, establece que el presupuesto base de licitación de los contratos se obtendrá incrementando el de ejecución material en los conceptos de gastos generales de estructura y el 6 por ciento en concepto de beneficio industrial del contratista, así como el impuesto sobre el valor añadido, cuyo tipo se aplicará sobre la suma del presupuesto de ejecución material y los gastos generales de estructura.

Respecto a los gastos generales, señala que cada departamento ministerial fijará, a la vista de las circunstancias concurrentes, un porcentaje del 13 al 17 por 100 en concepto de gastos generales de la empresa, gastos financieros, cargas fiscales, impuesto sobre el valor añadido excluido, tasas de la Administración legalmente establecidas, que inciden sobre el costo de las obras y demás derivados de las obligaciones del contrato. Se excluirán, asimismo, los impuestos que graven la renta de las personas físicas o jurídicas.

Las circunstancias actuales obligan a una mayor eficacia en el uso de los recursos públicos de forma que se pueda materializar el ahorro necesario sin que se resienta la correcta ejecución de la inversión pública.

En su virtud, dispongo:

Primero.

El porcentaje a incrementar el presupuesto de ejecución material en concepto de gastos generales, en los contratos competencia de este departamento, para obtener el presupuesto base de licitación, a que se refiere el artículo 131, apartado 1.a) del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, se fija con carácter general en el 13 por 100.

Segundo.

Este porcentaje se aplicará a los proyectos que se aprueben a partir de la publicación de la presente orden.

Tercero.

Los proyectos ya aprobados y no licitados se actualizarán para la aplicación de esta orden.

Cuarto.

Quedan derogadas las disposiciones de igual o inferior rango que se opongan a lo dispuesto en la presente orden y, en todo caso, las Órdenes de 23 de noviembre de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y de 3 de diciembre de 1987, del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, por las que se fijan los porcentajes de gastos generales a los que se refiere el artículo 68 del Reglamento General de Contratación del Estado, aprobado por el Real Decreto 982/1987, publicadas en los BOE de 1 y 19 de diciembre de 1987, respectivamente.

ene:BOE-A-2013-10541

Y en el BI (beneficio industrial) se incluye el margen de beneficio sobre el coste de los trabajos. El autónomo o la empresa definirá un porcentaje de beneficio empresarial, cuya cuantía dependerá de la estrategia comercial con el cliente y de si los costes son demasiado bajos como para permitirlo(para no ser calificado de baja temeraria).

Teniendo en cuenta las apreciaciones anteriores, se pasa a la valoración de las distintas unidades a incluir en el PEM.

## 1. Mano de Obra

Se va a considerar que para la ejecución del presente trabajo sólo se necesitaría la intervención de un Ingeniero Técnico en Topografía o de Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

Para calcular el coste se ha tenido en cuenta la tabla salarial del Convenio colectivo de oficinas y despachos para la provincia de Valencia para el año 2016 .

N.º 51 15-III-2016	<b>BUTLLETÍ OFICIAL</b> DE LA PROVINCIA DE VALÈNCIA	<b>BOLETIN OFICIAL</b> DE LA PROVINCIA DE VALENCIA	25
-----------------------	--	---	----

ANEXO

TABLAS CONVENIO OO.DD. PROVINCIA DE VALENCIA- AÑOS 2015 Y 2016				
GRUPO	NIVEL		DEFINITIVAS	
			2015	2016
I	I	Titulado Superior y Director	1.530,71	1.542,96
II	II	Titulado Medio o Diplomado	1.360,66	1.371,55
II	II	Traductor tit. e intérprete jurado	1.360,66	1.371,55
III	III	Jefe Superior	1.277,29	1.287,50
III	III	Jefe delineante	1.277,29	1.287,50
III	III	Jefe de Proyecto	1.277,29	1.287,50
III	III	Analista	1.277,29	1.287,50
III	IV	Jefe de Oficina	1.188,72	1.198,23
III	IV	Delineante proyectista	1.188,72	1.198,23
III	IV	Contable	1.188,72	1.198,23
III	IV	Programador de ordenador	1.188,72	1.198,23
III	IV	Traductor no titulado	1.188,72	1.198,23
IV	V	Oficial 1º Administrativo	1.028,66	1.036,89
IV	V	Delineante	1.028,66	1.036,89
IV	V	Operador	1.028,66	1.036,89
IV	V	Encargado	1.028,66	1.036,89
IV	VI	Oficial 2º Administrativo	976,26	984,07
IV	VI	Comercial	976,26	984,07
IV	VI	Azafata/o	976,26	984,07
V	VII	Conductor	922,68	930,06
V	VII	Grabador	922,68	930,06
V	VII	Auxiliar Administrativo	922,68	930,06
VI	VIII	Almacenero	862,21	869,11
VI	VIII	Conserje	862,21	869,11
VI	VIII	Ordenanza tramitador	862,21	869,11
VI	VIII	Telefonista	862,21	869,11
VI	VIII	Limpieza	862,21	869,11
VI	VIII	Peones	862,21	869,11
VI	VIII	Mozos	862,21	869,11
		<b>Plus Convenio todas las categorías</b>	<b>57,19</b>	<b>65,00</b>
		Kilómetro	0,20	0,20
		Media dieta	9,30	9,30
		Dieta completa	20,14	20,14
		Plus idiomas	10% salario base	10% salario base
		Plus domingos y festivos	42,56	43,20
		Quebranto de moneda	47,15	47,86
		Plus comida	7,46	7,57

Los salarios correspondientes al año 2015 se mantienen igual a los de 2014.

Los salarios del año 2016 son el resultado de incrementar la tabla definitiva del año 2015 en un 0,8%.

El resto de plusos y complementos son los consignados en la presente tabla definitiva para los años 2015 y 2016.

Luego si se considera el sueldo para un **titulado medio**:

	<b>Valor</b>	<b>Nº de Pagas</b>	<b>Total</b>
<b>Sueldo Base</b>	1371.55€	14	<b>19,201.70 €</b>
<b>Plus de Convenio</b>	65€	14	<b>910.00 €</b>
<b>Sueldo Bruto Anual</b>			<b>20,111.70 €</b>
<b>Seguridad Social (40%)</b>			<b>8,044.68 €</b>
<b>Coste total de empresa</b>			<b>28,156.38 €</b>

Este es el gasto que supondría un titulado medio trabajando todo el año, pero como en este caso el trabajo es puntual se va a calcular el precio por hora.

Considerando que el cómputo de horas anuales son unas 1800, aunque puede variar según convenio particular y comunidad autónoma, para calcular el precio por hora se divide el coste de empresa por el número de horas, obteniendo un valor de:

<b>Precio: 15.64 €/h</b>
--------------------------

## **2. Alquiler equipo Láser Escáner**

No encontrando precio para el láser utilizado en el trabajo, se estima 400€/día por diferencia con aparatos más modernos (Leica Station P30-40 está a razón de 700 €/día en Acre) y por consulta con otros profesionales.

## **3. Alquiler de Software.**

De las páginas de:

### **Autodesk:**

<http://www.autodesk.es/store/products/navisworks-manage?term=1year&support=basic>

### **Acre:**

<http://www.grupoacre.com/topografia-alquiler-venta-servicio-tecnico/productos/ver/leica-cyclone-913>

Se han obtenido los siguientes precios:

Cyclone: 400.00 €/mes (en la página aparece 460 €/semanal para el Cyclone 9.1.3)

ReCAP: 48.40 €/mes

Revit: 375.10 €/mes  
 Autocad: 211.75 €/mes  
 Naviswork: 338.80 €/mes

Debido al incremento que puede sufrir el proyecto por la infrutilización de los medios, se considera el alquiler por semanas.

Una vez que se tienen los precios unitarios de los elementos que van a intervenir, se van a definir las actividades a desarrollar, los tiempos y recursos humanos en la ejecución de las mismas.

Actividad	Tiempo	RRHH	Material Utilizado
<b>Campo</b> Toma de datos y comprobación de medidas	1 día	1 Ingeniero	Láser Escáner Flexómetro
<b>Oficina</b> Registro nube de puntos	1 día	1 Ingeniero	Cyclone ReCAP
<b>Oficina</b> Obtención de medidas, modelización, planificación y mediciones.	4 días	1 Ingeniero	Autocad Revit Naviswork

Una vez establecidos los precios unitarios y las actividades a desarrollar con su correspondiente carga de material se considera:

Si la hora de Ingeniero es **15.64 €/h**, un día será:  $15.64 * 8$  h lo que es:

**125.12 €/día**

Para la valoración del alquiler de software se va a considerar como tiempo mínimo de alquiler una semana, por lo que el gasto en los diferentes programas es:

Cyclone:	400.00 €/mes	100.00 €/semana
ReCAP:	48.40 €/mes	12.10 €/semana
Revit:	375.10 €/mes	93.78 €/semana
Autocad:	211.75 €/mes	52.94 €/semana
Naviswork:	338.80 €/mes	84.70 €/semana

Con todo ello se realiza la siguiente tabla:



Actividad	Tiempo	RRHH	Precio Unitario	Equipo	Precio Unitario	TOTAL
<b>Toma de Datos</b>	1	1 Ingeniero	125.12 €/día	Láser Escáner	400.00 €/día	<b>525.12 €</b>
<b>Registro Nube de Puntos</b>	1	1 Ingeniero	125.12 €/día	Cyclone	100.00 €/semana	<b>237.22 €</b>
				ReCAP	12.10 €/semana	
<b>Modelización</b>	4	1 Ingeniero	125.12 €/día	Autocad	52.94 €/semana	<b>731.90 €</b>
				Revit	93.78 €/semana	
				Naviswork	84.70 €/semana	
<b>Total Presupuesto Ejecución Material</b>						<b>1494.24 €</b>

Obteniendo un presupuesto final a falta del IVA de:

Partidas	Importe
Presupuesto Ejecución Material (PEM)	1494.24 €
Gastos Generales (13% de PEM)	194.25 €
Beneficio Industrial	300.00 €
<b>Presupuesto Total</b>	<b>1,988.49 €</b>

### 7.2. Presupuesto "Basado en la experiencia profesional"

En esta otra modalidad de presupuesto, se consideran por una parte los trabajos necesarios en la generación de la nube de puntos y por otra toda la labor correspondiente al modelado en entorno BIM.

Además los precios unitarios que se necesiten se tomarán de los obtenidos en el apartado anterior.

#### Creación de la Nube de Puntos (Láser Escáner)

##### Trabajo de campo

Láser escáner 400 €/día\*1día = 400 €

Personal 125.12€/día\*1día = 125.12 €

**Gasto total trabajo de campo: 525.12 €**

##### Trabajo de gabinete

Personal 125.12€/día\*1día = 125.12 €

Software: Cyclone = 100.00 €

ReCAP = 12.10 €

**Gasto total trabajo de gabinete: 237.22 €**

**Gasto total trabajo de Nube de Puntos: 762.37 €**

### **Modelado en entorno BIM**

Es difícil la valoración de un modelado BIM, ya que depende de varios factores, aunque sin entrar en mucho detalle, la AIA (American Institute of Architects), decidió que un sistema basado en LOD (Level of Development) sería una buena opción para valorar la calidad de un modelo BIM.

Se determinan cinco niveles, en función del uso que se va a dar a la documentación de salida aportada. Los niveles son como sigue:

- 100 Conceptual.
- 200 Geometría aproximada.
- 300 Geometría precisa.
- 400 Fabricación
- 500 Conforme a obra

Precio por superficie construida (€/m<sup>2</sup>)

Anteproyectos (Nivel LOD 300)

Desde 0 a 100m <sup>2</sup>	10 €/m <sup>2</sup>
Desde 101 a 200m <sup>2</sup>	7 €/m <sup>2</sup>
Desde 200 a 400m <sup>2</sup>	6 €/m <sup>2</sup>
Desde 400 a 1000m <sup>2</sup>	5 €/m <sup>2</sup>
Desde 1000 a 1500m <sup>2</sup>	3.5 €/m <sup>2</sup>
Desde 1500 a 2000m <sup>2</sup>	2.5 €/m <sup>2</sup>
Desde 2000a 3000m <sup>2</sup>	2.2 €/m <sup>2</sup>
Desde 3000 a 6000m <sup>2</sup>	1.9 €/m <sup>2</sup>
Desde 6000 a 10000m <sup>2</sup>	1.7 €/m <sup>2</sup>
Más de 10.000m <sup>2</sup>	1.5 €/m <sup>2</sup>

\*Nota: son valoraciones recogidas de distintos foros y presupuestos que conocemos extraídos de página web (Dataedro) para el año 2013.

Si aplicamos instalaciones (MEP), se puede multiplicar el precio por dos. Hay que tener en cuenta que el capítulo de instalaciones es normalmente el que mayores ahorros aporta.

El precio por hora de operador BIM ronda de 50-75 € /hora aunque si es para un proyecto completo no suele ser de aplicación

Precio por documentación aportada no se suele aplicar dado que las técnicas de desarrollo BIM conllevan la ventaja de poder aportar una gran cantidad de soporte documental de salida.

En este caso la superficie se puede considerar de 350 m<sup>2</sup>, aula más pasillo de acceso, por lo tanto el presupuesto del modelado en BIM es:

$$\text{Superficie } 6 \text{ €/m}^2 * 350 \text{ m}^2 = 2100\text{€}$$

Totales:

<b>Partidas</b>	<b>Importe</b>
Generación Nube de Puntos	762.37 €
Modelado BIM	2100.00 €
<b>Presupuesto Total</b>	<b>2,862.37 €</b>

Obteniendo de esta segunda forma un presupuesto sensiblemente más elevado, además en ambos casos faltaría aplicar el IVA correspondiente.

## **8. Planos**

---











## 9. Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación Campus Universitario.....	5
Figura 2: Campus Universitario. Edificio 7I.....	5
Figura 3: Ubicación e imagen de ETSI Geodésica, Cartográfica y Topografía.....	6
Figura 4: ETSI Geodésica, Cartográfica y Topográfica.....	6
Figura 5: Aula 05 "Padre Tosca".....	6
Figura 6: Láser Escáner ScanStation2.....	12
Figura 7: Partes del láser escáner ScanStation2.....	14
Figura 8: Láser escáner en topografía.....	20
Figura 9: Láser escáner en cantera.....	21
Figura 10: En documentación patrimonial.....	21
Figura 11: En Medio Ambiente.....	22
Figura 12: Láser escáner en industria.....	22
Figura 13: Control desplazamiento en terremotos.....	23
Figura 14: Láser escáner en las ingenierías.....	23
Figura 15: Representación esquemática del trabajo multidisciplinario en BIM.....	27
Figura 16: Detección de interferencias.....	27
Figura 18: Funcionamiento en sección multidisciplinar.....	28
Figura 17: Actualización de modificaciones.....	28
Figura 19: Dimensiones en BIM.....	29
Figura 20: Curva de esfuerzo del proceso constructivo (MACLEAMY).....	30
Figura 21: Vistas 3D desde cualquier ángulo.....	31
Figura 22: Dimensión 4D en proyecto.....	32
Figura 23: Dimensión 5D y relación con 3D y 4D.....	33
Figura 24: Dimensión 6D.....	34
Figura 25: Gestión completa BIM.....	35
Figura 26: El BIM en el mundo.....	38
Figura 27: BIM en obra civil.....	40
Figura 28: Imagen Cyclone.....	44
Figura 29: Formatos soportados por ReCap.....	46
Figura 30: Imágenes realistas.....	46
Figura 31: Visualización nube de puntos.....	46
Figura 32: Visualización de datos.....	47
Figura 33: Mediciones.....	47
Figura 34: Exportación a diversos formatos.....	48
Figura 35: Compatibilidad con diferentes sistemas de coordenadas.....	48
Figura 36: Ejecutar varios proyectos.....	48
Figura 37: Logo de Autocad 2016.....	49
Figura 38: Menú acotación AutoCAD2016.....	50
Figura 39: Cuadro PDF de AutoCAD 2016.....	50
Figura 40: Nube de Puntos en AutoCAD 2016.....	51
Figura 41: Logo de Revit 2015.....	51
Figura 42: Vistas Wireframe y Realistic de Revit.....	53

Figura 43: Logo de Naviswork 2015.....	53
Figura 44: Estacionamiento láser escáner .....	55
Figura 45: Nube de puntos en color real .....	57
Figura 46: Nube de puntos ScanWorld1 .....	57
Figura 47: Registro nube de puntos.....	58
Figura 48: Árbol de carpetas de Cyclone .....	59
Figura 49: Registro de ScanWorlds .....	60
Figura 50: Constrañimientos .....	61
Figura 51: Identificación de Puntos 1 .....	61
Figura 52: Identificación de Puntos 2.....	62
Figura 53: Valores del Registro .....	62
Figura 54: Model Space / Eliminación de <i>Outliers</i> .....	63
Figura 55: Toma de Cotas en nube de puntos .....	64
Figura 56: Limit Box.....	64
Figura 57: Importación de archivo a ReCAP .....	65
Figura 58: Nube de puntos en ReCAP .....	66
Figura 59: Exportación a formato *.rcp .....	66
Figura 60: Nube de puntos en AutoCAD.....	67
Figura 61: Intersección modelo 3D con planos horizontales y verticales .....	68
Figura 62: Sección vertical en aula .....	68
Figura 63: Acotación en planta .....	69
Figura 64: Corte horizontal entre dos planos .....	69
Figura 65: Presentación Revit 2015 1 .....	70
Figura 66: Nube de puntos en Nivel 2.....	71
Figura 67: Nube de puntos en Nivel 1.....	71
Figura 68: Inserción <i>Point Cloud</i> .....	71
Figura 69: Cambio de orientación.....	72
Figura 70: Comienzo del modelado .....	73
Figura 71: Vista 3D.....	73
Figura 72: Nueva familia generada .....	74
Figura 73: Instalaciones MEP .....	74
Figura 74: Modelo 3D en Naviswork.....	75
Figura 75: Links en Naviswork .....	76
Figura 76: Time Liner .....	77
Figura 77: Simulación <i>Time Liner</i> 1 .....	77
Figura 78: Simulación <i>Time Liner</i> 2 .....	78
Figura 79: Cuantificación 1.....	78
Figura 80: Cuantificación 2.....	79
Figura 81: Mediciones en Excel.....	80
Figura 82: Nube de puntos .....	82
Figura 83: Corte de la Nube de Puntos por diferentes planos .....	83
Figura 84: Modelo acabado.....	83
Figura 85: Vistas 3D de diferentes zonas.....	84
Figura 86: Ubicación del Aula .....	84
Figura 87: Inciden del Sol (amanecer y 7 horas).....	84

Figura 88: Incidencia del Sol (12 h y 19 h).....	85
Figura 89: Renderización .....	85
Figura 90: Diagrama de Gantt.....	87
Figura 91: Simulación.....	86
Figura 92: Mediciones.....	87
Figura 93: Exportar a Excel .....	87
Figura 94: Imágenes modelo 3D con nube de puntos .....	88



## 10. Bibliografía

---

### 10.1. Láser Escáner

- [http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo\\_Tutorial\\_Final\\_vers5\\_SPANISH.pdf](http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo_Tutorial_Final_vers5_SPANISH.pdf)
- [http://www.isprs.org/proceedings/2005/semana\\_geomatica05/front/.../R30.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/2005/semana_geomatica05/front/.../R30.pdf)
- <http://www.ugr.es/~jorgejp/tesis/archivos/anexo5.pdf>
- <http://www.mch.cl/reportajes/aplicaciones-y-beneficios-de-la-tecnologia-de-escaner-laser-terrestre/>
- <http://geomateriales.com/seminario/1SGLGM2015/EscanerLaser2015PauloOrostegui.pdf>
- [http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-ScanStation-C10\\_79411.htm](http://www.leica-geosystems.es/es/Leica-ScanStation-C10_79411.htm)
- <http://www.trimble.com/3d-laser-scanning>
- <http://www.faro.com/es-es/productos/topografia-3d/laser-scanner-faro-focus-3d/informaciongeneral>
- [http://www.topcon.co.jp/en/positioning/products/product/3dscanner/GLS-1500\\_E.html](http://www.topcon.co.jp/en/positioning/products/product/3dscanner/GLS-1500_E.html)

### 10.2. Autodesk

- <http://www.autodesk.com/products/recap-360/features/all>
- <http://www.miltonchanes.com/2015/03/autocad-2016-coordinacion.html>
- <http://help.autodesk.com/view/ACD/2016/ESP/?guid=GUID-C0C610D0-9784-4E87-A857-F17F1F7FEEBE>
- <http://cursorevit.com/que-es-revit/>
- <http://www.autodesk.com/products/navisworks/overview&prev=search>

### 10.3. BIM

- <http://www.esbim.es/>

<http://salineropampliega.com/2015/04/bim-y-project-management-en-el-sector-de-la-construccion.html>

<http://www.tepingeneria.com/?lightbox=dataItem-imqe0b2q>

[https://www.graphisoft.es/archicad/open\\_bim/about\\_bim/#BIMexplained](https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/#BIMexplained)

<http://bim.associates/que-es-bim/>

<http://www.hildebrandt.cl/dimensiones-bim-proyectos-de-alta-complejidad/>

[http://mrasbuilt.com/MAB\\_BIM\\_Navis.html](http://mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html)

<http://www.proinpa.com/cdpc/aplicaciones-cdpc/modelo-bim-5d.html>

<http://consulting.construction/servicios/consultoria/bim-consulting/bim-6d/>

<http://jguillen07.blogspot.com.es/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html>

<https://bimcommunity.com/news/load/269/bim-en-el-mundo>

<http://apogeavirtualbuilding.com/bim-obra-civil-posibilidades-de-uso-i/>

<http://www.universobim.com/>

#### *10.4. Revit*

<https://www.textures.com/>

<http://www.revitcity.com/index.php>

<http://delineantejavier646281004.blogspot.com.es/2014/01/familias-para-revit.html>

<https://www.trilux.com/es/servicio/descargas/software-y-herramientas/revit/>

<http://arquihoj.blogspot.com.es/2014/01/descargas.html>

<https://www.magiccloud.com/products/#/manufacturer/trox>

<https://www.polantis.com/es/>

<http://libreriamep.com/>

<http://www.soloarquitectura.com/foros/>

<http://www.bibliocad.com/>

<https://www.dsdesign.com.mx/>