



**Escola de Camins**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## Impacte de la metodologia BIM en l'àmbit de la construcció

Treball realitzat per:

**Jordi Damià Rosal**

Dirigit per:

**Daniel Rodríguez Aranda**

Tutor Extern:

**Jose Carlos Lino**

Grau en:

**Enginyeria civil**

Barcelona, 20/09/2017

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

**TREBALL FINAL DE GRAU**

Agraïments a l'enginyer Jose Carlos Lino de Newton Engenharia LDA., a l'equip que fa possible Newton Engenharia, a Zigurat Global Institute of Technology, i al tutor Daniel Rodríguez Aranda.

## Índex

Introducció.....	4
1.-Definició:.....	6
1.1-Què és el bim? .....	6
1.2-Objectius:.....	6
2.-Orígens: .....	7
2.1-Orígens del BIM.....	7
3.-Àmbits i singularitats de treball: funcionament .....	10
3.1-Principals comandaments de treball .....	10
3.2-Nivells de detall .....	12
3.2.1.-Estandardització del nivell de detall segons el US Building smart. ....	13
3.3-Representació gràfica .....	16
3.4-Sobre el PIM.....	16
3.5-Biblioteques BIM .....	17
3.6-Singularitat del sistema obert.....	18
3.7-Principals softwares de treball per a BIM.....	19
3.9.-Plug-ins.....	23
4.-Implantació a nivell global .....	24
4.1-Nivells de BIM.....	24
4.2.1.-Amèrica:.....	24
4.2.2.-Àsia.....	25
4.2.3.-Oceania.....	26
4.2.4.-Europa.....	26
4.3.-El BIM a Catalunya.....	29
4.3.1.-El PEB.....	30
4.3.2.-Tipologies de models BIM.....	30
4.3.4.-Estandards de modelatge .....	31
4.3.5.-Definició del contracte.....	31
4.3.6.-Els rols.....	31
4.3.7.-Entorn col·laboratiu.....	32

5.-Impacte del BIM en l'àmbit de la construcció .....	35
5.1.-Determinació de la necessitat del projecte.....	35
5.2.-Influència del BIM en la elaboració de la documentació .....	36
5.2.1.-Plec de clàusules administratives particulars.....	36
5.2.2.-Plec de prescripcions tècniques .....	37
5.2.3.-Pressupostos .....	38
5.2.-Concursos.....	39
5.3.-Explotació i manteniment .....	39
5.4.-Càlcul estructural.....	40
5.5.-BIM i rehabilitació .....	40
5.6.-BIM i el procés de demolició .....	42
5.7.-Com millora el BIM el disseny de projecte?.....	43
5.8.-Com afecten els sistemes de responsabilitats i lleis al BIM .....	46
6.-Interacció entre el BIM i els nous conceptes .....	50
6.1.-BIM i SmartCities .....	50
6.2.-BIM i GIS .....	50
6.3.-BIM i la robotització de la construcció .....	50
6.4.- BIM i LEAN .....	52
6.5.-BIM i sostenibilitat.....	54
7.-Detractors i escepticisme envers el BIM.....	55
8.-BIM en l'educació de l'enginyer civil.....	59
8.1.-Educació BIM .....	59
8.2.-Plataformes de difusió d'actualitat i coneixements sobre el BIM .....	61
8.3.-buildingSMART .....	62
8.4.-Zigurat Institute of Technology.....	63
8.5.-Newton Engenharia .....	63
9.-Conclusió .....	64
9.1.-Valoració final .....	64
9.2.-Línies de futur .....	68
9.3.-Cap a una Industrialització de la construcció? .....	69
10.-Bibliografia .....	72

## Introducció

Durant els últims 2000 anys la forma de dissenyar, projectar i construir amb prou feines ha canviat. Amb el pas de la història, els humans hem evolucionat en la forma de elaborar i fabricar, en la forma de ordenar i distribuir la informació, en la forma de desplaçar-nos i comunicar-nos. Però precisament el procés constructiu, clau en el desenvolupament de la civilització i definidor dels entorns de treball, comerç i vida, ha restat quasi inalterable en quant al seu ordre de desenvolupament. I amb el mètode, els errors i problemes a què han estat sotmesos.

El sistema convencional de planificació basat en plantes, alçats i seccions en que s'ha basat l'Arquitectura els últims 2000 anys mitjançant eines orientades estrictament a la representació, des del paper fins a l'Autocad, no són coherents amb les necessitats i capacitats de què disposem a l'actualitat. La concepció bidimensional de un element limita la nostra visió, capacitat de creació i percepció del conjunt de la obra, i la rigidesa del materials de dibuix dificulten la possibilitat d'afegir, alterar o corregir detalls, sense que això impliqui un canvi general de tota la documentació implícita i relacionada amb aquesta correcció del projecte. Les eines i materials de què disposa actualment el constructor són infinites, els mitjans de modelatge (com en el cas de impressores 3D) ofereixen una quantitat de oportunitats, formes i textura il·limitats però els sistemes tradicionals de representació són incapaços de facilitar-nos un punt de vista complet del material amb el que desitgem treballar, s'ha vist superat per les formes i estructures que permeten desenvolupar l'acer i el vidre, i només fan que dificultar-nos la esquematització gràfica. Ens fan tenir por de arriscar-nos i de provar noves formes i superfícies, de anar més enllà i provar.

Igualment, d'aquesta manera l'Enginyer es veu sotmès a comprendre 20 plànols que a la pràctica han de definir un únic element, ha de verificar l'encaix de totes i cadascuna de les peces i, fet això, estimar la situació dels pilars i murs de càrrega necessaris per a que el conjunt pugui suportar adequadament el conjunt, si és que es poden garantir, doncs en cas contrari serà necessari ordenar a l'Arquitecte que redefineixi els 20 plànols de la nostra estructura, endarrerint-se així el procés. Com en el cas anterior, també per a l'Enginyer suposarà temps i esforç el fet de plantejar i replantejar el càlcul estructural de totes i cadascuna de les bigues i pilars que configuraran el conjunt, el definir i redefinir totes i cadascuna de les juntes que han de encaixar, i per força s'haurà de modificar si és escaient d'acord amb els càlculs resultants.

I finalment, el responsable de la materialització del projecte haurà d'afrontar la interpretació de les anotacions, representacions i càlculs de l'Enginyer i l'Arquitecte, estimar l'ordre de desenvolupament i alterar i corregir els documents d'acord amb les condicions del terreny, les circumstàncies que puguin succeir durant la construcció, assegurar el pas del model a la realitat...

Tot això com podem comprendre suposa un increment considerable de temps i diners, i de fet ha estat el procés convencional de desenvolupament d'una obra fins l'actualitat. Només una capacitat d'ordre estricta, de comunicació fluida entre els individus afectats i participants de la obra amb un acurat disseny i desenvolupament permeten pal·liar tota aquesta sèrie de

problemes, i malgrat tot el procés de iteració serà poques vegades evitable.

És per això que diferents empreses nord-americanes, essent conscients de que el àmbit de la construcció no es podia permetre restar apartat de la evolució tecnològica de les dades i dels sistemes de comunicació a temps real, van comprendre que permetre's un nombre tan elevat de pèrdues no és ni necessari ni coherent. Per això conjuntament van definir el concepte BIM.

## 1.-Definició:

### 1.1-Què és el bim?

BIM és l'acrònim de Building Information modelling. No és un software concret, és un concepte que pretén englobar tot un conjunt de mètodes que es basen en la recopilació i integració de tota la informació útil disponible de un projecte per gestionar acuradament i de forma col·laborativa tot el seu cicle de vida des de la projecció fins a la demolició, mitjançant tota una sèrie de programes dissenyats per aconseguir la optimització de tots i cadascun del processos directa o indirectament involucrats. Tot aquests conjunt d'eines fan possible la simplificació i optimització del mètode constructiu tradicional, amb l'esperança d'esdevenir el convencional. La traducció més adient seria "modelat de la informació de la construcció", remarcant els tres àmbits principals amb els que opera:

-A què està orientat: *Building* doncs aquest mètode està orientat a millorar i optimitzar qualssevol procés constructiu o de l'àmbit de la construcció

-Com ho aconseguim: *Information*, doncs el mètode es basa i funciona sobretot per la recopilació, ordenament i gestió de tota la informació relacionada amb el desenvolupament del projecte.

-Quin és l'objectiu: *Modelling*, és a dir, obtenir un model únic i precís assequible a tots els integrants responsables del seu desenvolupament.

Així doncs, els programes que fan possible el mètode BIM han de poder treballar en temps real, tant pel que fa a la manipulació i descàrrega d'informació fonamental per a la obra (informació geogràfica, econòmica i de desenvolupament) i per al modelat del projecte, facilitant i garantint possibles canvis i assegurant la coherència espacial i geomètrica de cadascuna de les parts integrants de la construcció. En disposar de tota la informació en el servidor del núvol, aconseguim referenciar mútuament el model 3D amb els plànols que es deriven d'aquest i interrelacionar-los, a més, amb els documents tècnics i valors econòmics associats a cadascun d'aquests components.

### 1.2-Objectius:

No es defineix una nova metodologia de treball si no és per aconseguir una millora en el que ja avui dia existeix, per això els principals objectius que es planteja solucionar el BIM són:

-Facilitar un intercanvi de informació complet, segur, ràpid i eficient entre els diferents usuaris implicats en el projecte.

-Fer més visual i entenedor el conjunt del projecte i la normativa implícita en tots i cadascun dels elements i característiques que el conformen.

-Facilitar la avaluació de possibles alternatives i repercussions tant en aspectes puntuals com en l'àmbit general, ja siguin mediambientals, estètics o estructurals.

-Facilitar la avaluació dels costos de inversió, funcionalitat i consum del projecte.

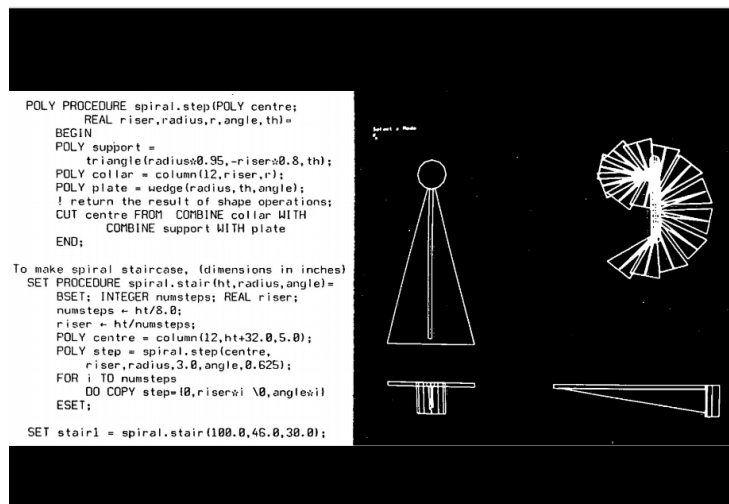
-Optimitzar totes i cadascuna de les etapes que conformen el cicle de vida de l'estructura.

## 2.-Orígens:

### 2.1-Orígens del BIM

Un dels primers registres d'un sistema de representació en computadors data de 1955, quan es va crear en el Lincoln laboratory del MIT (Massachusetts Institute of Technology) el primer sistema gràfic capaç de representar models i esquemes en un ordinador a partir de tota una sèrie de instruccions introduïdes per l'usuari.

Posteriorment en la mateixa facultat el programador informàtic Ivan Sutherland va crear per al treball final del seu doctorat titulat "Sketchpad: a Man-machine graphical Communications System" el programa Sketchpad per a la computadora TX-2. El fet de que encara avui segueixi en funcionament en les seves versions actualitzades el converteix en un dels programes de disseny i representació amb més anys en el mercat. Amb motiu d'aquest software, Sutherland va rebre el premi Turing per part de la Association for computing machinery el 1988 i el Kyoto Prize de 2012.



Exemple de escala generada paramètricament en el software GLIDE de Charles Eastman. Aquest programa, definint la altura a salvar, automàticament generava els esglaons i la connexió entre aquests d'acord les mesures estàndard de la petja i la contrapetja

En paral·lel, el 1957 el Dr. Patrick Hanratty crea Pronto, el primer software comercial CAM (computer aided manufacturing). Posteriorment i en la mateixa línia, el mateix Hanratty desenvolupà el 1961 el DAC (Design automated by computer) un dels orígens dels programes CAD, capaç de treballar e interpretar gràfics interactius, explotat aleshores per General Motors.

El 1965, basant-se en el model de funcionament d'Sketchpad, ITEK treu al mercat el primer sistema CAD (Computer-Aided Design). Amb el desenvolupament del primer plotter el 1969 comença a generalitzar-se l'ús del CAD 2D entre empreses relacionades en l'àmbit del disseny industrial, automobilístiques i aeroespacials.

Amb l'increment de recerca i investigació relacionada en aconseguir modelar els projectes constructius, apareixen ja diferents publicacions que donen a conèixer el concepte de BIM que a hores d'ara més o menys hem aconseguit assolir. El 1975 per exemple, Charles Eastman va

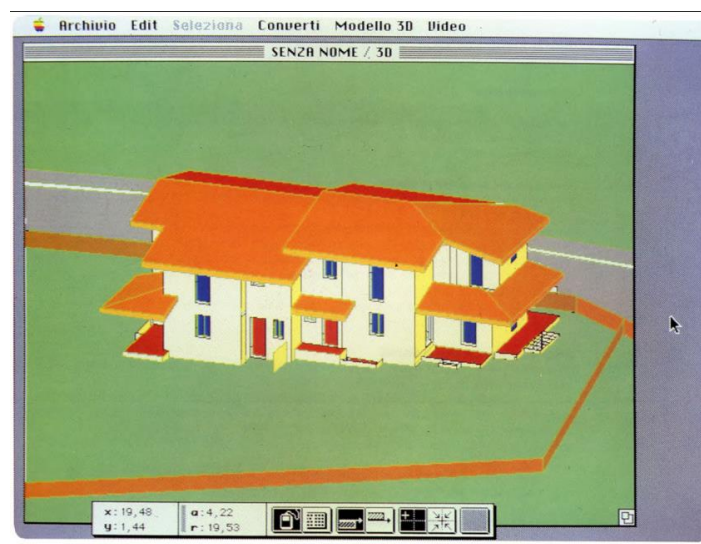


plantejar un prototip de programa paramètric, el BDS (Building Description System) que funcionaria a partir de una base de dades única per anàlisis visuals i quantitatives. Aquest mateix programa ja incorporava una de les primeres biblioteques de dades, amb les que posteriorment es basaran per definir la data base actual on projectistes i constructors poden introduir tota la informació possible sobre tots i cadascun dels elements que poden configurar el projecte. El mateix Eastman el 1977 desenvolupà també el software GLIDE (Graphical Language for interactive design).

El 1982, en la Hongria Comunista, el programador Gábor Bójar inicia el desenvolupament d'un programa clau en la implantació de BIM mitjançant ordinadors Apple importats il·legalment: Archicad, que el 1987 passà a convertir-se en un dels primers programes BIM assequibles per a l'usuari mitjà. L'èxit de la seva creació el portaria a convertir-se en el director i propietari de Graphisoft, gràcies al llenguatge de GDL (geomètric description Language) en què es basarien els seus programes d'èxit.

El 1985 els germans Keith i Barry Bentley, fundadors de Bentley Systems desenvolupen PseudoStation, amb la singularitat de que permetia als seus usuaris utilitzar terminals gràfiques a un preu assequible i que podia funcionar correctament amb els ordinadors personals (IBM AT amb processadors intel 80286). El 1986 enfront l'èxit de demanda del programa, treuen la primera versió de Microestacion amb capacitat de representar obrir, plotar i visualitzar arxius de sistemes VAX.

Com a desencadenant d'aquests avenços, el mateix 1986, amb motiu de la ampliació de la Terminal 3 de l'Aeroport de Heathrow es va fer ús per primera vegada d'un programa "BIM" per assistir als dissenyadors i projectistes, el RUCAPS (Really Universal Computer Aided Production System). Segons diferents autors és aquest el pas decisiu que marca l'inici i la generalització del mètode BIM per a obres de gran envergadura, i amb això la conscienciació per part de l'administració pública dels avantatges que suposa estendre el mètode.



Imatge de Radar CH, la versió anterior a ArchiCad, 1982

En paral·lel a aquests esdeveniments, Diehl Graphsoft desenvolupa Vectorworks que permetia ja representar models en 3D. Posteriorment CAD trauria programes amb capacitat de representació 3D, millores gràfiques i resolució, fins que com a últim avenç apareix el que entenem com a BIM.

El 1982 Gaphisoft treu un programa de representació simultània 2D i 3D que podria considerar-se com el primer intent de optimització del model més enllà de la simple representació gràfica. L'autoria de l'acrònim s'atribueix al professor Charles M. Eastman de la Georgia Institute of Technology, però la seva popularització i difusió s'atribueix a Jerry Laiserin.

El 1993 es crea el Building design advisor en el Lawrence Berkeley National Lab, amb opcions de correcció i tractament de la informació gràfica a partir de lectors de models. El 1994 es crea a Austràlia Mapsoft com a programa CAD apte per a portàtils del moment.

El 1995 es apareix el International Foundation class file, un dels primers programes en permetre treballar diferents usuaris sobre un mateix document.

El 1999 Onuma, a Japó, aconsegueix unir el sistema de treball simultani amb una base de dades comú de elements constructius basada en la introducció de dades paramètriques.

El 2001 Navisworks crea JetStream on ja es combinaven els mateixos sistemes de treball col·laboratiu de modelatge en 3D CAD amb correctors i adaptadors automàtics.

El 2003 Bentley crea una plataforma capaç de suportar superfícies no uniformes Bspline amb la plataforma generative components.

Pel que fa a Autodesk, posteriorment a la compra de la empresa Revit Technology Corporation el 2002, comença a plantejar els seus softwares apel·lant al concepte, i posteriorment, fins a l'actualitat, les companyies Nemetschek, Bentley Systems i Trimble s'han especialitzat en la elaboració de programes orientades a fer possible el BIM, fins a dia d'avui.

### 3.-Àmbits i singularitats de treball: funcionament

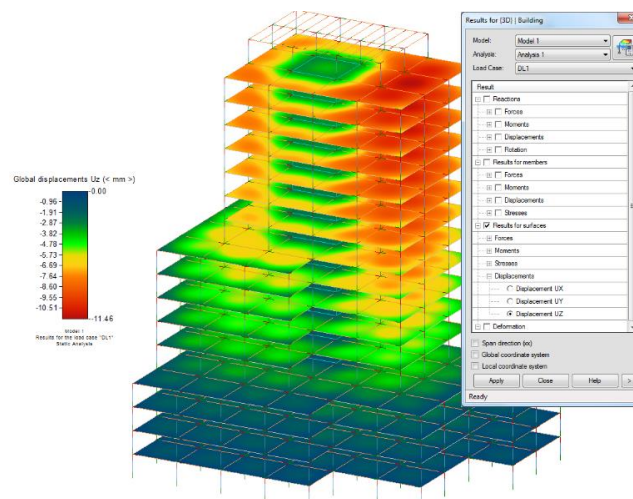
#### 3.1-Principals comandaments de treball

En el procés constructiu la qualitat de la obra resultant depèn en un 80% de la planificació prèvia, estimació de preus, intervals de temps i etapes.

Per fer possible això, en definir el projecte amb els softwares BIM treballem no en elements sinó en famílies o Smartplans; totes i cadascuna de les components de l'edifici han de poder tenir implícita, ordenada i referenciada tota la informació que caracteritza aquell element, de tal forma que el nostre programa i els ordinadors dels usuaris amb que treballem siguin capaços de reconèixer totes i cadascuna de les parts que l'integren, per aplicar les dimensions de les bigues en l'encaix de l'estructura, el número de unitats, el cost econòmic en els pressupostos i els detalls tècnics dins del plec de prescripcions tècniques, per corroborar que cada element satisfà les condicions requerides o per deixar constància de la normativa que segueix, el fabricant, etc.

Veiem en la definició del mètode BIM un procés que ha de possibilitar la optimització del mètode constructiu convencional, però com en tots els mètodes és precís definir tota una sèrie de pautes, temàtiques i etapes de treball de les que partim per configurar correctament el conjunt. La classificació elemental de la que partim per comprendre el funcionament del modelatge BIM es basa en els comandaments, les 'plantilles' que ens ofereixen unes o altres opcions de modelatge d'acord amb l'aspecte del projecte amb el que desitgem treballar. Aquests comandaments simplifiquen el model en tres aspectes que caracteritzen qualssevol projecte constructiu: La estructura, la arquitectura, i les instal·lacions.

#### Estructura:



Càlcul de desplaçaments amb Robot estructural analysis

Dissenyem l'esquelet portant de l'edifici, que mantindrà estable el conjunt. Veurem la estructura i podrem dissenyar els suports d'acord amb les capacitats portants de cadascun dels elements prefabricats o que vulguem construir in situ. Si bé és cert que ja existeixen des de fa anys múltiples softwares de càlcul estructural, els programes de càlcul d'estructures en BIM han de

tenir la capacitat de coordinar-se, actualitzar-se i interpretar correctament tota la informació introduïda, tant la referent a les característiques físiques dels elements que definiran els resultats i valors de forces i moments, com la informació de detall referida al fabricant, el preu o l'origen de cada element. A més, han de poder evolucionar amb els canvis procedents de programes externs especialitzats en altres disciplines, avisar a l'usuari dels canvis efectuats en el model únic pels participants en el disseny del conjunt i agilitzar la manipulació i prova del model en diferents circumstàncies, materials i condicions de contorn.

### **Arquitectura:**

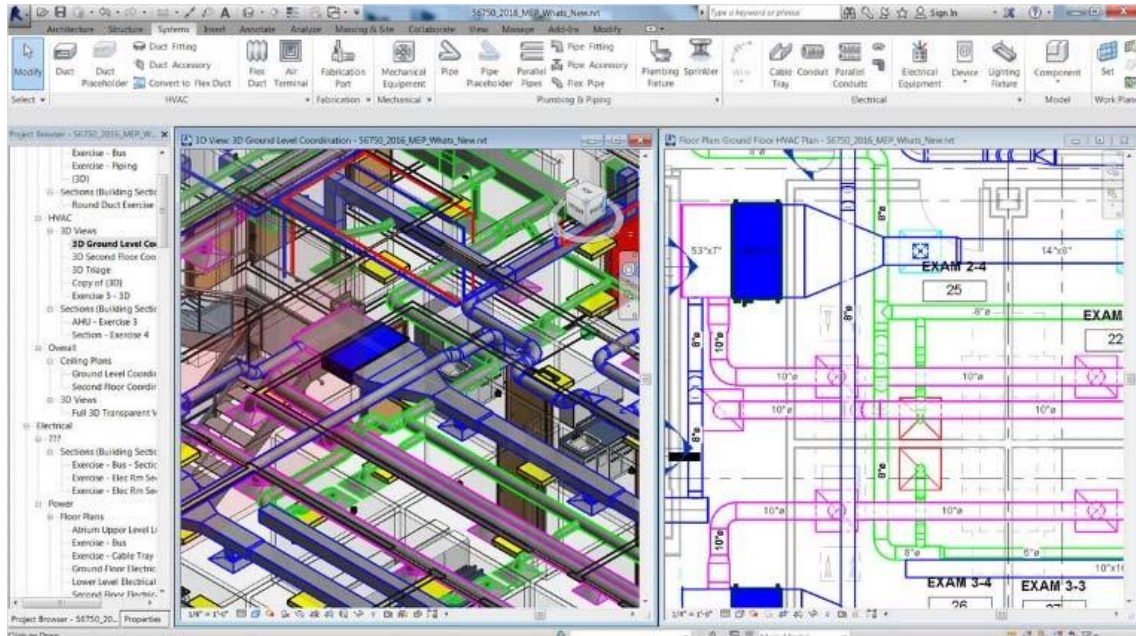
Distribuïm i organitzem els espais que resulten de la configuració i forma de la estructura, els recobriments, la estètica i l'ordenació general de l'espai. Ens permetran tenir una visió més realista del projecte, entendre com interactuarà amb l'entorn i el paisatge des de l'exterior, i com es recorrerà i viurà des de l'interior, amb la possibilitat d'afegir mobiliari, elements decoratius, fusteria, tancaments translúcids, etc.



Comparació render amb resultat final (Tuck Hinton Architects; Waverly Bermont Elementary school)

### Instal·lacions:

Afegim tot el conjunt de serveis que fan possible i viable la habitabilitat de l'indret, incloent els dispositius i sistemes que permeten conservar i mantenir les condicions de eficiència energètica, salubritat, higiene, aeració, llum, etc.



Exemple de representació de instal·lacions amb Revit

Cada canvi, afegit o alteració en tots i cadascun d'aquests tres apartats de treball redissenyen el model únic i general amb el que treballem en un moment. La separació temàtica serveix per centrar la nostra tasca en totes i cadascuna de les etapes de disseny sobre el model únic.

Per fer possible la inclusió de elements puntuals i unir-los de forma coherent treballem amb models paramètrics, és a dir, tots i cadascun dels elements que definim i afegim inclouen una càrrega d'informació que inclou les seves propietats i volumetria en el cas de les bigues i pilars, el fabricant, el material i les dimensions en el cas de portes o finestres, l'aïllament tèrmic disposarà de la espessor i per suposat el preu, de forma que en afegir o extreure cadascuna d'aquestes parts, automàticament es redefeix el pressupost resultant, els estudis i anàlisis de aprofitament energètic, entre molts altres aspectes determinants per al projecte.

Generalment els programes BIM ja disposen de sèrie una biblioteca amb elements i continguts genèrics per entendre'l i començar a treballar. Però naturalment el projectista haurà de reconfigurar-la amb elements i materials existents que inclouran dades realistes i donaran sentit i precisió al programa.

**Principals programes BIM per a càlcul i representació d'Instal·lacions:** CYPECAD MEP (Cype), DDS CAD MEP Graphisoft, Revit MEP (Autodesk).

### 3.2-Nivells de detall

Una altre sistema de classificació del nostre projecte no menys important és el nivell de detall. D'acord amb la precisió i detall del nostre model, el classificarem en diferents rangs de detall

(LOD, level of development) que mesura la quantitat i qualitat de la informació introduïda, mitjançant la qual podem ponderar el nivell de realisme que requerim durant el procés (avaluació, presentació, model final, a més de tots els estats possibles entremitjos).

Aquestes escales de nivells van ser desenvolupades per VICO Software amb l'objectiu de anar configurant progressivament a mesura que avança el projecte una estimació del pressupost. D'aquesta manera preveure el cost d'un projecte en un concurs públic o enfront una petició per part de potencials clients es simplifica considerablement. Posteriorment la AIA (American Institute of Architects) eixemplaria la utilitat d'aquest model de fases per determinar igualment aspectes relacionats amb la demanda energètica i les medicions.

Els diferents nivells de detall en què es classifica un model, generalment associats a les diferents etapes de desenvolupament del projecte a mesura que s'avança, són:

LOD 100 Disseny conceptual, inclou volums, orientació i àrees a grans trets

LOD 200 Model de magnituds aproximades i localització més o menys precisa

LOD 300 Informació geomètrica precisa, formes ben definides i amb detalls constructius

LOD 400 Detall suficient com per fer-se plausible la construcció

LOD 500 Anàlisi complet del conjunt, preparat per portar-se a terme amb seguretat.

### **3.2.1.-Estandarització del nivell de detall segons el US Building smart.**

Pel que fa a condicions i utilitat, podem prendre com a referència la guia de nivells de detall BIM desenvolupada per BIMFORUM (el fòrum principal de buildingsmart del estat dels estats units). En el enllaç de partida, a part d'especificar-se les noves incorporacions al document respecte de la versió anterior, es remarca la seva utilitat com a possible patró de treball tant per al contracte d'obra com per al BIM *execution plan*, i per detallar tant als *design managers* com als equips de treball quina és la informació mínima que han incloure els arxius de modelatge BIM. Val a dir, que aquest document en cap cas substitueix el pla d'execució BIM de cada obra però sí pot servir com a punt de partida.

En el document, s'exigeix catalogades en parts, les especificacions mínimes:

Part I: Detall de la geometria i representació gràfica del element.

Part II: Informació paramètrica i característiques de l'element. Per a comprendre millor el contingut se'ns presenta una taula completa d'elements, que conformen la majoria del document, en forma de catàleg, els detalls que han de incloure tots i cadascun dels potencials elements i parts a utilitzar durant el modelatge.

Part III: *Model element table*: La taula de elements que conformen el conjunt (el detall del contingut d'aquesta es tracta en les parts posteriors)

4.1.3 Model Element Table

Exemple de Model element table

Part IV: *Building Systems* (columna 1 de la imatge adjunta): les files inclouen el llistat d'elements de cada part d'acord amb el CSI Uniformat 2010, sistema de ordenació que ens referencia a les especificacions de cada element i a les bases de dades relacionades amb cadascun.

Part V: *Milestones/deliverables*: S'indiquen les fites com a punts de referència i indicadors dels avenços fets en el modelatge. Aquests han d'incloure 3 subapartats formats per el LOD corresponent, el MEA corresponent (*Model element autor*) i notes o incisos addicionals.

Part VI: Taula d'atributs (*attribute tables*) definida a continuació:

4.1.6 Attribute Tables

B - Ext. Glazed Openings		Part 1 - Attribute Description				Part 2 - LOD Profile					Part 3 - Project-Specific Milestones (Examples)			
Baseline	Additional	Data Type	Units	Option Examples	Commentary	100	200	300	350	400	Est. 1	Est. 2	Check	Submittal
Construction		Text		options (Dimensional, glass and frame, Brick Mull, Structural Glass)		*	*	*	*	*				
Material		Text		options (Aluminum Framed, Bronze Framed, Stainless Steel Framed, Channel Steel)				*	*	*				
Thermal Resistance		Number	R Value					*	*	*				
Condensation Resistance				options (see Note 1)										
Wind/Ultra-Direct Resistance			psf											
Wind Load Capacity			psf											
Glazing Method				options (Conventional, Two Glass, Three Glass, Four Glass, Five Glass)										
Glass - Material				options (Glass, Plastic)										
Glass - Configuration				options (Vertical, Horizontal)										
Glass - Condition				options (Multiple Panes, Near Horizontal, Tempered, Laminated Glass)										
Glass - Coatings				options (Multiple Panes, Clear, Low-E, Mirrored, Ceramic Film, Dark Coat, Digital Printed)										
Glass - Use				options (Multiple Glazing, conventional application, Glazing, non-structural glazing, application, Mirror, Decorative, Fire Resistant, Hurricane, Acoustic, Color, Suspended, Sustainable Glass, Electrochromic, Laminated, Insulated Glass, Polycarbonate, Reinforced, Security, Ballistic)										

Exemple de attribute tables

Part VII: Anatomía de la taula de atributs: La taula de atributs es divideix en tres parts.

La primera, *Attribute description*, aporta la descripció que fa possible la comprensió i descripció del element amb què treballam. Aquesta descripció està formada pel *Baseline*, informació general sobre l'element, i l'*Additional*, que inclou llistats d'alternatives possibles a aquest

element, pel que fa a preus disponibles en el mercat o característiques similars, de manera que l'equip disposi de múltiples alternatives que s'hauran de valorar.

La segona part, el *LOD profile*, correlaciona cada atribut amb el respectiu nivell de LOD que exigeix a més de si ha assolit ja aquest nivell i de qui és la responsabilitat de fer-ho possible.

La tercera, correlaciona els corresponents atributs amb les respectives fites i marges de temps de maniobra, que ens permetran coordinar les tasques de parametrització dels elements amb el calendari de entregues, o en el PIM (tractat posteriorment) associat a la definició del nostre model de treball.

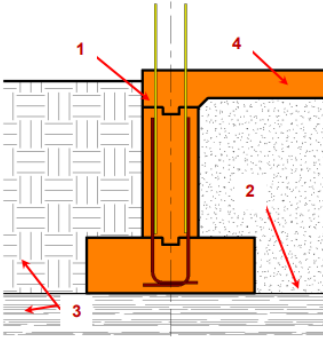
Part VIII: Taula d'atributs MEPF. Es diferencien de les taules d'atributs convencionals tant per la temàtica, orientada a sistemes i aparells implícits en el projecte però més específics (tuberes de serveis, aire condicionat i sistemes derivats, etc) com per el format de introducció de dades.

El contingut es cataloga, pel que fa al MEP, en *System component elements* (taulers elèctrics per exemple) y en *System Distribution elements* (cables que distribueixen la electricitat, canonades, etc).

En el cas de MEPF, distingim entre elements globals i comuns en els diferents continguts del catàleg (cargols, claus, etc) i elements únics i específics de cada contingut, que s'organitzen en jerarquies d'acord amb la major o menor presència en el projecte.

Part IX: Sobre l'ús que es pot fer de les taules d'atributs (revisar estat de LOD de cada element, verificar que les fites es corresponen mb el calendari, etc).

#### Uniformat Omniclass

350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Location of sleeve penetrations</li> <li>• Pour joints</li> <li>• Moisture retarder</li> <li>• Dowels</li> <li>• All exposed embeds or reinforcement such as lintels</li> <li>• Expansion joints</li> <li>• Geotechnical Bearing Strata is modeled from geotechnical report estimates.</li> <li>• Area of bearing influence</li> </ul> <p><i>Image Notes:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <i>Grade beam sizes are modeled with interfaces to other systems such as but not limited to slab turn downs, key-ways between concrete pours, construction joints and reinforcing dowels into adjacent pours.</i></li> <li>2) <i>Bearing elevation is modeled from the geotechnical report with the addition on interface elements such as void boxes where applicable.</i></li> <li>3) <i>Geotechnical regions are shown for context and not required to be modeled as part of this element at this LOD.</i></li> <li>4) <i>See slab on grade for related conditions at this LOD.</i></li> </ol>	 <p>7 A1010.10-LOD-350 Wall Foundations (Shallow Foundations)</p>
400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebar including hooks and lap splices</li> <li>• Dowels</li> <li>• Chamfer</li> <li>• Coursing for unit masonry defined</li> <li>• Waterproofing</li> </ul>	

Exemple de informació paramètrica a definir



A més, el document, com ja s'ha vist en la part II, aporta el catàleg de elements que inclouen la gran majoria de les construccions especificant el nivell de detall i com s'hi ha de introduir la informació que la caracteritza. En la imatge adjunta podem veure un exemple de caracterització BIM d'un fonament.

### **3.3-Representació gràfica**

Com ja hem esmentat prèviament una de les claus del BIM és la capacitat de facilitar la comprensió del conjunt del projecte. La majoria dels programes BIM disposen de renders que agilitzen la representació del sistema amb els seus respectius avantatges i condicions.

Un exemple seria ArchiCAD, que disposa d'un sistema de visualització CINEMA 4D que permet introduir fàcilment imatges referencials associades a cadascun dels elements del conjunt, permetent-nos recórrer els espais definits.

Malgrat tot, degut a la orientació eminentment pràctica i ordenadora de BIM, els renders d'aquests programes tenen certes limitacions, tant pel que fa a la llibreria de efectes disponibles, per la incapacitat de representar elements en moviment com portes i persones, i el temps de renderització. Per això es recomana, en cas que desitgem aconseguir un model hiperrealista i estètic, combinar el software BIM amb renders externs, com és el cas de LUMNION o Autodesk 3D MAX STUDIO, que renoven el render a temps real i que són compatibles amb els 4 principals programes BIM a més de CAD i Sketchup. A part, també tenim la possibilitat de treballar-los amb el nostre servidor o amb un servidor d'Autodesk mitjançant la aplicació A360, amb la que podem descarregar i processar la informació 32 vegades més ràpidament que amb un servidor convencional. Pel que fa a la gestió d'errors i incongruències en l'estructura, la addició de sistemes i instal·lacions i distribució dels elements que estem dissenyant, disposem també del software Solibri que a temps real i en comunicació directa amb tots els projectistes i tècnics avisa de superposicions o encreuaments erronis, absència d'algun component i comparatives entre el model plantejat i els models proposats anteriorment per a una peça, component, etc.

Per a la visualització de models des de tablets i mòbils existeix l'aplicació Revitzo, que també ens permet apreciar i afegir canvis al model a temps real.

**Principals softwares de modelat i Renderitzat:** Cinema 4D Maxon, Lumion, 3D Studio Max Autodesk, Sketchup (Trimble), Artlantis Abvent, Rhinoceros, MAYA

**Principals softwares detectors d'errors i incoherències:** Solibri Model Checker, TEKLA BIMsight (Trimble), MEP (Trimble), MEP Modeller Graphisoft

### **3.4-Sobre el PIM**

Havent vist tot això però, una vegada disposem del conjunt del model digitalitzat, com definim les pautes de construcció per al contractista? Per això existeix el PIM (Project Information Modelling). El PIM dona sentit al concepte de disseny 4D del projecte, doncs és el que, a partir de model 3D i amb la informació continguda en cadascun dels elements que el componen, defineix el cronograma, el pla de avaluació de riscos, i el administrador de recursos.

Amb aquests programes i mitjançant el Microsoft project obtenim de forma automàtica el diagrama de Gantt resultant del nostre projecte. Igual que en els demés casos, els programes

PIM reconfiguren el ordre de desenvolupament de la obra d'acord amb els canvis que fem efectius a temps real.

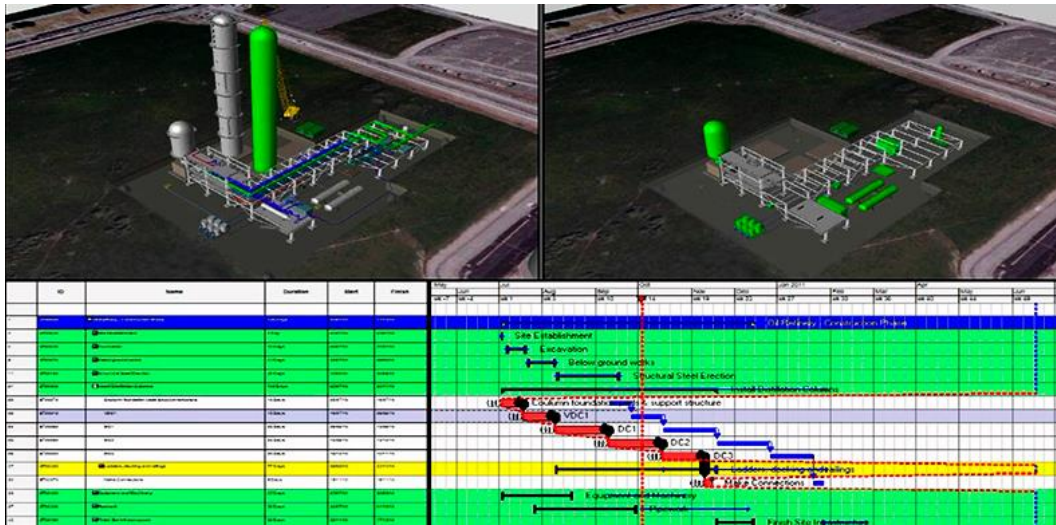


Diagrama de Gantt desenvolupat amb NAVISWORKS (Autodesk)

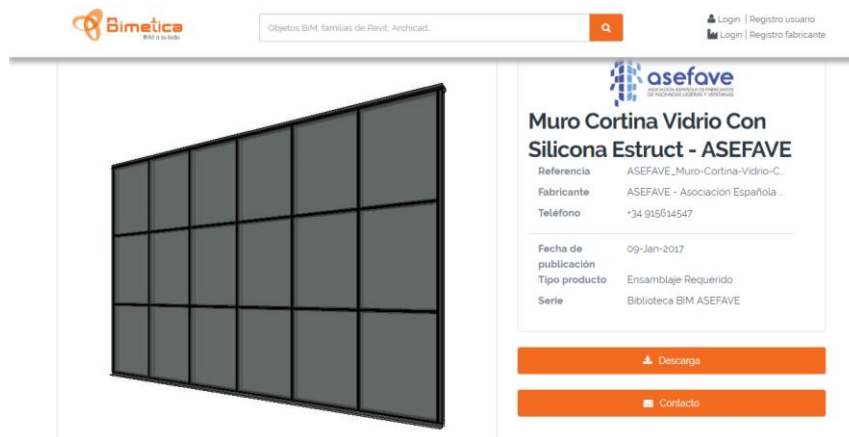
Pel que fa a la gestió del projecte, disposem de eines amb capacitat de recollir la documentació, les planificacions de tasques, els fluxos de treball, protocols i seguretat i salut, com és el cas de programa definit per Aconex.

**Principals programes BIM per a la planificació i gestió d'obra:** VICO (Trimble), Solibri, Synchro Pro, Navisworks (Autodesk), Navigator (Bentley), Glue (Autodesk)

### 3.5-Biblioteques BIM

Múltiples empreses relacionades amb l'àmbit de la construcció disposen ja de plantilles i famílies d'objectes en formats llegibles pels principals softwares de BIM. A part de la reducció de temps que això suposa per a l'usuari que ha de treballar el projecte, generalment contem amb l'avantatge addicional de disposar de estudis de mercat i plantilles catalogades en funció del nombre de clients que han optat entre un o un altre producte d'entre tots els rangs disponibles, permetent així a la empresa de manufactura conèixer millor les preferències del clients i al projectista utilitzar directament models de mobiliari, instal·lacions o decoració que captin més l'atenció dels clients o projectistes corresponents.

Exemples serien BIMObject, National Bim Library, Autodesk Seek, BIM Components.com, AllplanConnect, Modlar, bimstore.co.uk, BIMetica, ploantis, Arcat, Sweets.



Exemple de producte parametritzat per a la aplicació de softwares BIM (Bimetrica)

### 3.6-Singularitat del sistema obert

Com hem esmentat prèviament, durant els últims 2000 anys hem seguit un mateix mètode de treball. El CAD ens va ajudar a desenvolupar part de les tasques amb major precisió i facilitat, però únicament la part relacionada amb el disseny i plànols. El BIM implica un nou paradigma i ordre de desenvolupament del procés constructiu. Si fins ara el procés seguia un ordre lineal, en que fins que un usuari no acabava la seva tasca el següent no podia continuar amb el projecte, ara gràcies a arxius IFC CONie treballem en un procés de iteració contínua interrelacionada i simultània, en que tots treballen alhora i des d'on vagi millor.

Per això requerim la existència de servidors BIM accessibles mitjançant programes com l'A360 ja esmentat. Malgrat tot la entrada sobtada de canvis i informació requerirà nous operaris (els BIM Managers).

Els factors que fan possible el treball col·laboratiu són:

**Sistemes client-servidor:** doncs l'emmagatzematge de sistemes d'informació en el núvol fa més assequible i maniobrable les dades i càrregues de informació. En el cas de Graphisoft per exemple, disposem del BIMcloud preparat per suportar arxius d'aquestes característiques i càrregues de memòria, aptes per a la difusió i transmissió d'informació tant en portàtils com en mòbils.

**Reserva i selecció d'informació:** Aquests programes permeten filtrar i discriminar la informació que en un moment o altre estem interessats en compartir amb l'equip de treball, focalitzar elements i dades que requerim treballar amb major nivell de detall, i transmetre informació a altres components de l'equip en funció de la seva tasca concreta en el disseny del conjunt del projecte.

**Centre de comunicacions integrat:** Un flux considerable d'informació, alteracions i canvis en el projecte és difícil de gestionar sense una comunicació directa. Si el projecte és alterat contínuament pels diferents usuaris i projectistes i no són capaços d'apreciar la quantitat o el tipus de canvis que s'han efectuat, serà més difícil per al projectista col·laborar, integrar-se en el model o comprendre el motiu pel que un disseny en concret hagi variat de un dia per l'altre.

Per això és necessari que existeixi una base de dades i notificacions on s'informi als usuaris del programa de forma ordenada els canvis efectuats des de el seu últim accés al model i les corresponents justificacions i motius pels quals s'han efectuat, de manera que es pugui, en cas de discrepància, tractar els canvis que no es considerin adients, debatre mesures i demanar possibles solucions en cas de dubte. Revitzo Workspace és un dels programes que fa possible aquesta comunicació fluida i ordenada (tot i que en els assajos universitaris efectuats per entrenar als estudiants amb el mètode BIM, els subjectes conclouien que sistemes de comunicació convencionals com Watsap o Skype, com a entorn de debat serveixen igual o millor).

**Administrador del servidor:** Definit principalment pel BIM Manager, té com a funció principal gestionar la entrada i sortida de dades de forma controlada i d'acord amb la funció que compleix cada usuari de l'equip. La informació que desitgem transmetre i el nivell de dades i de detall que transferim variarà d'acord amb si ens estem comunicant a nivell de col·laboració interna de l'empresa que si ens comuniquem amb col·laboració externa o empreses subcontractades. És el BIM Manager qui haurà de gestionar aquest flux de informació.

Així doncs a la pràctica aquests factors fan possible:

-La informació que cadascú aportarà des dels seus servidors serà proporcionalment petita a la informació acumulada en el núvol, de manera que la transmissió de dades es farà efectiva amb rapidesa (doncs la transferència de dades no dependrà del tamany dels arxius)

-El servidor com a component dinàmic del procés filtrarà i impedirà l'accés i la integració de dades incongruents en la base de dades. Malgrat que en el moment de treball no existeixi una connexió directa amb el BIMcloud o amb el software local (poca cobertura, no hi ha wifi, etc), els integrants del projecte podran igualment desenvolupar canvis en el model, que s'implantaran tan aviat recuperin la connexió.

### 3.7-Principals softwares de treball per a BIM

Els 4 programes principals especialitzats en treball i desenvolupament mitjançant BIM són:

-Autodesk REVIT

-Graphisoft ARCHICAD

-Nemestchek ALLPLAN

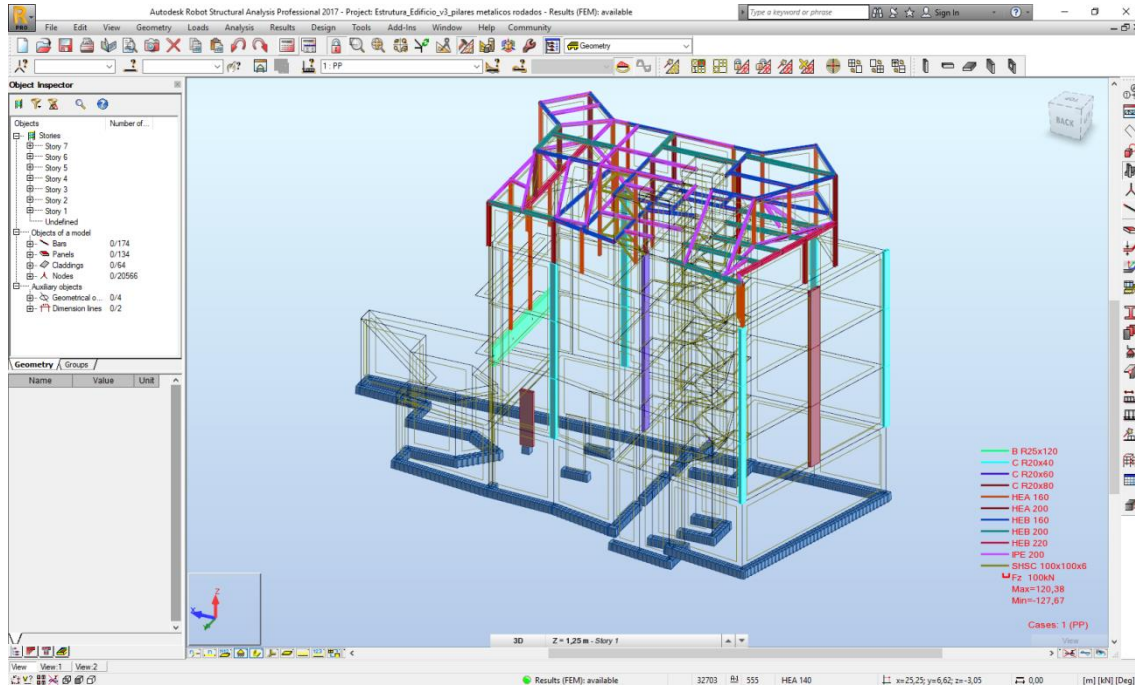
-AECosim BENTLEY

Tots ells es basen en la modelització 3D de tots i cadascun dels elements que integren la construcció, amb la possibilitat de seccionar i projectar des de qualssevol punt de vista el projecte, permetent així treballar simultàniament amb la planta, alçat i secció de forma simultània. Qualsevol alteració o canvi en un dels plànols repercutirà i modificarà els altres aportant coherència al conjunt. D'aquesta manera estalviem canvis i problemes sobtats i reduïm el PEM (Pressupost d'execució material).

Com a exemple del funcionament, operabilitat i funcions de aquests programes analitzem a continuació el cas concret dels principals programes BIM de autodesk:

## Càlcul estructural: Robot structural Analysis

Robot és el software d'Autodesk responsable de la part referent al càlcul estructural del nostre projecte. El procés de desenvolupament es basa en la obtenció de la estructura ja sigui procedent de altres programes BIM on el model està ja definit, o bé definir-lo en el mateix programa.



Representació de fonaments i pilars amb Robot Structural Analysis

Seguint els patrons BIM, cada element que s'introdueix s'ha de definir dins la família corresponent (per tipologia, situació en el conjunt o funció), especificant les característiques i les dades paramètriques que ens ajudaran a identificar-lo i modificar-lo si és escaient. El programa de per sí disposa de informació per defecte excepte en els camps específics (fabricant, preu, etc) per agilitzar proves i càlculs, però a l'hora de fer efectiu el modelatge quanta més informació introduïm més acurat serà el resultat final.

En aquest programa, en ésser el càlcul estructural la funció principal a verificar i satisfer, es treballa amb representacions esquemàtiques de nodes, connectors (línies) i superfícies (plataformes), però amb la possibilitat de obtenir una visió més o menys realista del esquelet de l'edifici, detalls de disseny de punts concrets del conjunt com unions, interseccions i soldadures, identificar i alterar elements per famílies o categories i per descomptat la visualització dels esforços i desplaçaments obtinguts.

El sistema de càlcul es basa en el replanteig de l'estructura descomposada de forma automàtica en una malla triangular d'esforços i resistències, a partir de les quals podrem lliurement consultar els resultats del conjunt, amb possibilitat de anar provant alternatives per definir i replantejar el dimensionament.

El programa a més compta amb característiques pròpies de Autodesk com el treball en 3D de forma intuïtiva, podent fàcil i ràpidament captar múltiples punts de vista mitjançant els sistema

de virtualització box view, la captació de errors en el disseny, connexions mal lligades, superposicions i incoherències, i l'enregistrament i catalogació de informació, fet que en permet cercar i filtrar informació sobre costos, volums i àrees i la possibilitat de compartir a temps real el model amb altres programes de la mateixa companyia.

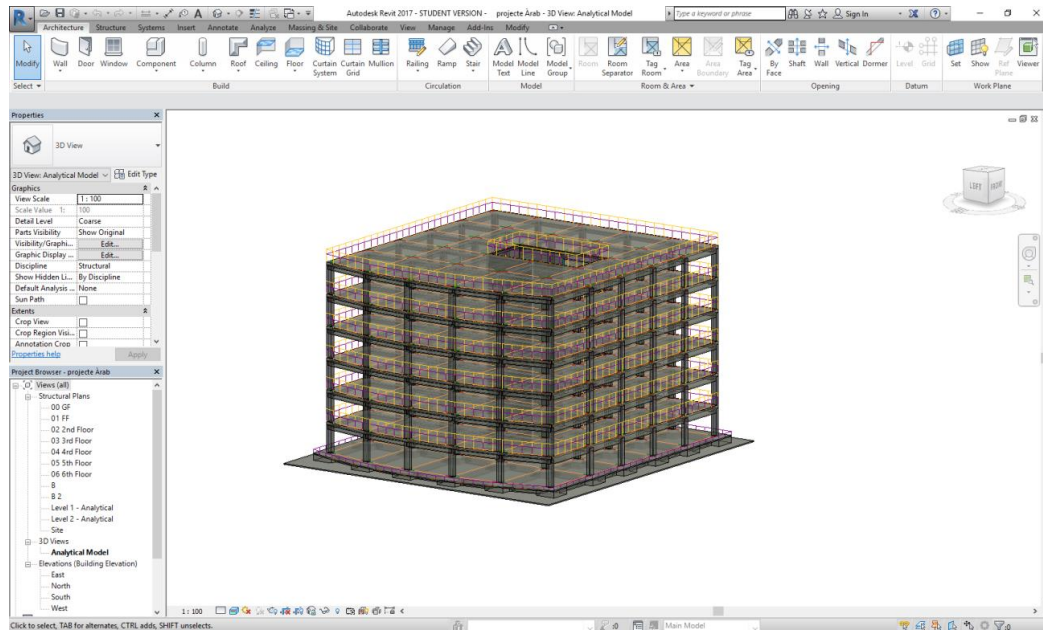
Les limitacions principals que pateix són de visualització de segons quins filtres (podem definir, per exemple, connexions entre barres de acer o la situació de l'armadura en les bigues de formigó, però no ho podem visualitzar en el conjunt del model). Les tipologies de connexions són més reduïdes que en altres programaris que veurem a continuació, i pel que fa a càlculs concrets, no del conjunt, sinó de punts d'inestabilitat o unions, si bé es poden avaluar fàcilment en les unions disponibles a partir de la norma que ja porta instal·lada (EN 1998-1-8) i que s'actualitza regularment (i d'acord amb aquesta generar-nos per defecte les unions més recomanades) aquest sistema de avaluació automàtica no funciona si volem avaluar nodes complexos amb més de tres connexions i no perpendiculars o que no es puguin contenir en un pla bidimensional.

### **General BIM: Revit**

Dins de les principals eines de treball i projecció en BIM de autodesk, Revit és la principal eina responsable de la component visual, estètica i paramètrica del modelatge.

Aquest programa permet obrir la plantilla de treball amb mode estructural, amb mode arquitectònic i amb mode instal·lacions, d'acord amb la disciplina que ens pertoqui treballar. Amb el primer ens és possible predefinir l'esquelet de la estructura portant de la nostra edificació; no permet fer càlculs estructurals però sí disposa de una important biblioteca de tamanys i tipologies de elements estàndards de edificació, a més de la possibilitat de afegir-ne els nostres o els procedents de catàlegs de fabricants. A diferència de Robot en el model que realitzem aquí sí podem apreciar les juntes, unions i soldatges entre els elements portants, i apreciar amb més claredat la disposició de l'armadura i unions entre bigues de formigó, però la importació de dades i models des de Robot s'ha de fer amb precaució de que REVIT interpreti correctament la funció estructural dels elements i la representació de juntes, que com ja s'ha esmentat és encara un punt feble de Robot.

El segon, arquitectura, s'orienta a la representació i visualització de l'espai i de l'entorn on es situa, incloent efectes de llum i ombra d'acord en la seva localització al llarg de l'any, alternatives de textures, colors i elements de tancament, accés i configuració del conjunt. El encaix dels elements, a diferència del programa ROBOT, exigeix un major grau de precisió i cura, doncs si en el cas anterior podíem permetre'ns operar de forma esquemàtica, ara treballem amb volums que han de encaixar correctament sense deixar espais buits ni superposicions, doncs d'aquest model haurem d'obtenir els entregables per a la posta en obra, i amb ells s'hauran de poder basar tant els subcontractistes com els caps d'obra per efectuar correctament les seves tasques. Disposem de llibertat per a introduir nous elements, informació i catàlegs procedents de manufactures i fabricants que hagin digitalitzat degudament el seu producte i en afegir-se al model se'ns presenten els corresponents formularis de informació paramètrica a omplir. Tenim la alternativa de fer renders, però amb limitacions (ja s'ha esmentat la existència de plataformes i plug-ins com LUMNION especialitzades en la renderització de models CAD).



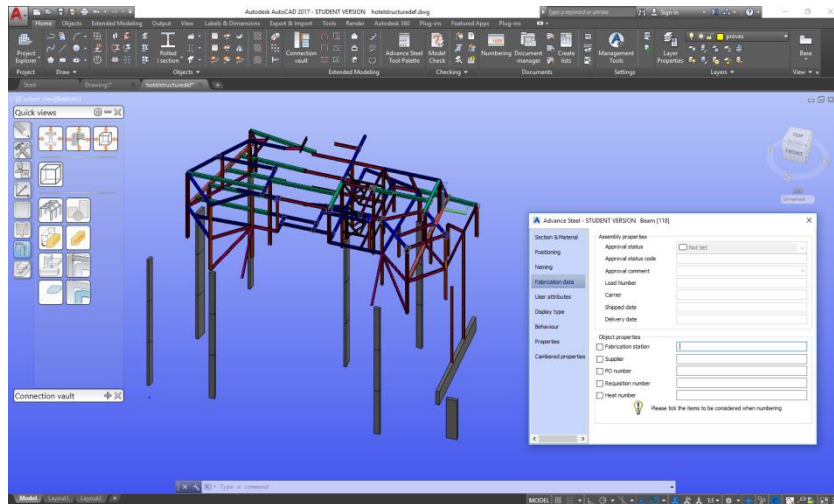
Exemple de representació de l'esquelet d'una estructura mitjançant Revit. Els esforços s'han afegit amb Robot Structural Analysis.

En últim terme disposem també de la plantilla referent a instal·lacions, on afegirem el conjunt de sistemes que facin possible la correcta avaluació de la conservació energètica del nostre edifici mitjançant simulacions i anàlisis de repartiment de temperatura, energia, etc. Aquests elements igual que en els altres dos sistemes de modelatge seran visibles en volum i ocuparan el espai corresponent a la seva descripció tècnica, de manera que en introduir-los al model general de l'edifici puguem visualitzar com interactua l'espai que es requereix per a instal·lacions amb l'espai per a l'usuari de l'edifici, la compatibilitat volumètrica, la necessitat de desplaçaments de tuberes per fer-les encaixar amb la estructura, els buits necessaris per a instal·lacions d'aigua, corrent elèctrica, evacuació de residus, entre d'altres, aconseguint així el mínim nombre de incidents, d'improvisacions i canvis en el moment de edificar.

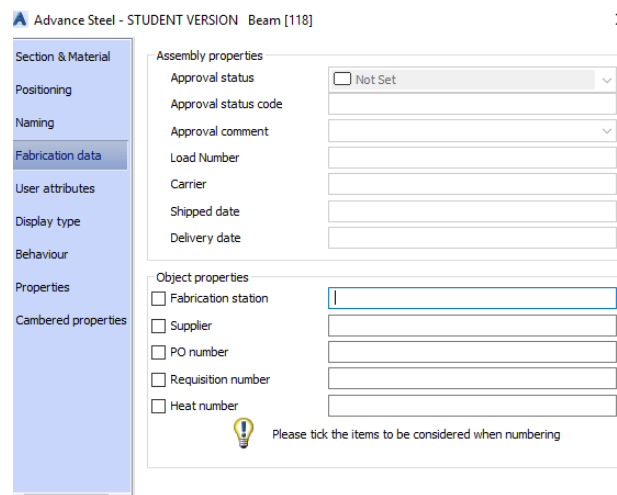
**Principals programes CAD Arquitectura:** Autocad (Autodesk), Microstation (Bentley), BIM Arquitectura, Revit Autodesk, Archicad Graphisoft, Allplan Nemetschek, AECOsim Bentley, Digital Project Gehry Technologies

#### **-Detall estructural: Advance steel**

Aquest programa està especialitzat en la representació i modelatge d'estructures metàl·liques. Igual que en els anteriors, permet obrir i treballar models procedents d'aquests i tots els elements introduïts han de contenir la màxima informació paramètrica possible. Aquest programa supleix la impossibilitat de Robot de dissenyar amb detall les juntes i connexions metàl·liques, unions, soldadures i suports de xapes de cobertes i laterals. La llibertat que tenim en el moment de plantejar unions complexes és superior però no fa possible els càlculs ni les transmissions de moments i càrregues que aquests nusos suporten.



Representació de els pilars del conjunt mitjançant Advance Steel



Informació paramètrica exigida per a cada element, Advance Steel

### 3.9.-Plug-ins

Per suplir les mancances i limitacions que encara tenen molts d'aquests softwares, disposem de múltiples aplicacions especialitzades en resoldre i simplificar els buits que presenten els grans programaris de disseny i estructures, compatibles amb la metodologia BIM. Si existeixen softwares BIM especialitzats en cada etapa i aspecte del model constructiu, encara hi ha més plug-ins orientats a corregir des de la resolució dels renders del model de treball (Lumnion) fins al càlcul, disseny i comprovació de unions metàl·liques (Idea Statica). També són significatius els programes complementaris que fan més àgil la importació i exportació de informació (A360) i els de simplificació del programari (Dynamo). Aquest últim permet al dissenyador programari de forma visual i intuïtiva el model de treball a temps real en programes de modelització d'Autodesk, com Revit o Robot, donant-los la opció de aconseguir formes i volums "orgànics" difícils de crear amb softwares convencionals de modelatge.

**Principals programes BIM per a facility Management:** Manhattan (Trimble), FM Systems, Onuma, ArchiFM Graphisoft, Archibus



## 4.-Implantació a nivell global

### 4.1-Nivells de BIM

El govern Britànic enfront la crisi de la construcció va definir un pla d'instauració de noves metodologies i Softwares per aconseguir reduir fins a un 20% les despeses derivades del cost de construcció i de la gestió de actius immobiliaris. Entre aquestes mesures hi havia la instauració i normalització del mètode BIM. Per mesurar el grau de implantació del mètode entre les empreses de construcció del país es van definir els nivells de BIM, indicadors que permeten estimar en quina mesura el BIM s'ha normalitzat en un territori.

#### Nivell 0:

Representacions en 2D, plantes, seccions i alçats desenvolupats en CAD, com a estricta representació del projecte, sense cap relació entre aquestes, els participants en la obra romanen independents i orientats estrictament a la seva funció en el projecte.

#### Nivell 1:

Encara sense una col·laboració directe entre les disciplines implicades en el projecte, treballem en 3D per a una millor comprensió del projecte (més visual) però la component tècnica roman en els plànols de 2D amb CAD. La majoria de constructores en el món operen d'aquesta manera.

#### Nivell 2:

Existeix una col·laboració entre les disciplines, en CAD o en BIM, però no necessàriament en base a un únic model. Cada software utilitzat ha de facilitar l'intercanvi de dades mitjançant un arxiu estàndard com pot ser COBie (Constructions operation Building Information Exchange) o IFC (Industry Foundation class).

#### Nivell 3:

Existeix una total col·laboració entre disciplines i en base a un únic model compartit. Parlem aquí de Open BIM. En quan s'aconsegueix modelitzar i estimar completament el cicle de vida de l'estructura parlarem aleshores de *integrated BIM*.

### 4.2-Estat global de implantació

#### 4.2.1.-Amèrica:

##### Estats Units:

Ja el 2007 el General Service Administration (GSA) i the public Building service of chief Architect es va emprendre una iniciativa de promoció de l'ús i implantació de tecnologies de moldetage 2D i 3D, optimització i simulació per als processos constructius, convertint-se així oficialment en el primer país en estandarditzar i implantar el BIM com a mètode constructiu reglamentat pel govern. Des de 2013 el GSA exigeix com a requeriment mínim per a la presentació de projectes el seu model en BIM, i periòdicament elabora manuals i guies temàtiques de implantació (es pot afirmar que ja ha assolit el Nivell 2).

### Percentage of Contractors That Are Using BIM on Specific Project Types (By Country)

Source: McGraw Hill Construction, 2013

Building Projects	<span style="color: #800000;">■</span> Over 40% <span style="color: #FFA500;">■</span> 30% to 40% <span style="color: #90EE90;">■</span> 15% to 29% <span style="color: #00CED1;">■</span> Under 15%								
	UK	France	Germany	US	Canada	Brazil	Japan	South Korea	Aus/NZ
Commercial (Offices, Retail, Hotels)	69%	68%	59%	66%	54%	53%	63%	48%	70%
Institutional (Education, Healthcare, Religious)	61%	32%	31%	77%	41%	31%	23%	35%	39%
Government/Publicly Owned (Courthouses, Embassies, Civic/Sports and Convention)	54%	10%	22%	68%	44%	12%	0%	51%	37%
Multifamily Residential	33%	35%	44%	18%	26%	19%	23%	20%	26%
Single Family Residential	17%	19%	22%	1%	10%	16%	0%	1%	4%
<b>Non-Building Projects</b>									
Infrastructure (Roads, Bridges, Tunnels, Dam, Water/Wastewater)	33%	19%	16%	14%	31%	28%	13%	24%	25%
Industrial/Manufacturing	26%	23%	19%	35%	36%	31%	47%	24%	34%
Industrial/Energy (Primary Power Generation, Oil/Gas Facilities)	20%	13%	3%	18%	28%	12%	0%	21%	16%
Mining/Natural Resources	6%	0%	0%	4%	18%	6%	0%	1%	11%

Estat de implantació de la metodologia BIM segons país i tipologia de projecte segons McGraw Hill Construction (2013)

#### Canadà:

Canadà disposa de òrgans com el IBC (Institute for BIM in Canada) i el Canada BIM council que fan possible la seva implementació, el desenvolupament de protocols i normatives de bones pràctiques a més de la resolució de qüestions relacionades amb aquests mètodes emergents.

#### 4.2.2.- Àsia

##### China:

China està encara en procés d'assimilació dels sistemes BIM, i actualment s'està treballant en el desenvolupament de les National BIM guideline series. A causa de les incipients preocupacions de la considerable contaminació emesa per la seva indústria, el govern subvenciona les empreses que posin en pràctica aquest tipus de sistemes, i el ministeri de Housing and Urban-Rural ja ha iniciat una col·laboració amb diferents empreses de construcció del país per establir els estàndards nacionals.

En el cas concret de Hong Kong, el 2014, les empreses BuildingSmart Hong Kong, HKIBIM, Construction Industry council (CIC) entre d'altres, van definir ja una de les primeres fulles de ruta per a la seva implantació al país.

##### Japó:

El 2010 el ministeri de territori infraestructura i transport (MLIT) va anunciar l'inici de un projecte pilot per edificis governamentals. El 2012 el JIA (Japan Institute for Architects) van publicar la guia BIM Japonesa, i en conseqüència el mateix any el departament d'edificació del govern Japonès va iniciar la creació de la normativa i bones pràctiques amb BIM.

##### Corea del Sud:

El 2010 The Ministry of land, transport and Maritime affairs va publicar el national architecture BIM guide, on s'hi estableixen els estàndards de aplicació i normativa relativa al BIM. A partir de 2016 serà obligatori treballar i presentar qualsevol projecte públic de més de 50 milions de dòlars en sistemes i models BIM.

#### **Singapur:**

El principal responsable de la seva implantació és la Building construction Authority of Singapore, l'òrgan governamental que va fer possible, el 2012, el Singapore BIM guide, actualitzada el 2013 amb el BIM particular conditions, i desde 2015 la seva implantació està generalitzada en totes les empreses de l'estat. Conjuntament amb els estats units i Anglaterra és considerat un dels màxims implantadors d'aquesta tecnologia ( podent-se afirmar que ja és al Nivell 2).

#### **Qatar:**

L'empemta del sector de la construcció ha permès la introducció del mètode mitjançant les constructores estrangeres, però també les incompatibilitats entre aquestes, doncs les tres nacionalitats imperants (Amèrica, Anglaterra i Alemanya) treballen en base a les seves respectives normes i pautes BIM. Per resoldre-ho, amb motiu dels Qatar World Cup 2022 es preveu la creació de un estàndard nacional de treball en BIM.

#### **4.2.3.-Oceania**

##### **Austràlia:**

Col·laboren conjuntament a la seva implantació buildingSMART Australasia i el mateix govern Australià. Des de l'1 de juliol de 2016 és obligatori presentar els models i projectes amb aquest sistema.

##### **Nova Zelanda:**

El 2012 el govern Nova Zelanda va publicar el "Building and construction productivity and Partnership" amb l'objectiu d'aconseguir incrementar en un 20% la eficiència del procés constructiu per a l'any 2020. El mateix any, a part, Masterpec va definir la "National BIM survey" per a la creació d'una biblioteca BIM nacional.

#### **4.2.4.-Europa**

##### **Alemanya:**

El 2010 es va desenvolupar un estudi governamental titulat: "BIM-Potentials and Barriers", on es va fer un anàlisi exhaustiu de les implicacions, avantatges, dificultats i estat d'implantació del BIM en el país. A partir de 2017 tots el projectes de valor superior a 100M d'euros s'hauran de presentar mitjançant aquest sistema. L'estat a més compta amb aliances publico-privades d'enginyers i empresaris que aporten periòdicament plantejaments i manuals de bones pràctiques en relació al BIM (Planen Bauen 4.0 i BIM Stufenplan Deutschland).

##### **Dinamarca:**

Entre el 2003 i 2006 es va fer una inversió de 2,5M d'euros a educació i llicències de softwares i a partir del 2007 es va establir la obligació de presentar qualssevol projecte de més de 1M d'euros

mitjançant eines de representació digital. El 2011 el BIM va esdevenir eina de representació obligatòria per a qualssevol projecte de cost superior als 2,7M d'euros i per a qualssevol projecte públic de cost superior als 677.000 euros.

**Espanya:**

El 2014 buildingSMART Spanish Chapter va publicar la primera guia BIM "uBIM" oberta en castellà apte per a qualssevol professionals interessat.

El 2015 el ministeri de foment crea la comissió per a la implantació de la metodologia BIM a Espanya, amb previsions de que la metodologia i sistema de representació esdevingui obligatòria a partir del 2018.

En el cas concret de Catalunya, durant el European BIM summer de 2015 es va definir el "BIMCAT" en que tant l'Ajuntament de Barcelona com la Generalitat van acordar establir la obligatorietat de implantació per a projectes superiors als 2M d'euros a partir de 2018. Igualment es va proposar el 2017 com a límit de implantació i presentació de catàlegs i normativa referents al sistema i el 2020 com a inici de la implantació generalitzada en totes les etapes de qualssevol projecte constructiu públic.

**Estònia:**

La implantació del BIM en aquest país ve de la mà de la Immobiliària més important d'aquest, Riigi Kinisvara, que el 2008 ja va presentar una proposta de implantació del sistema en projectes públics i el 2013 va definir el primer manual BIM de l'estat.

**Finlàndia:**

Des de 2007 es requereix a Finlàndia, per a qualssevol projecte en format IFC, el ús de BIM. El principal responsable de la implantació d'aquest sistema és The Senate Properties, impulsors de les guies COBIM.

**Islàndia:**

El 2018 es va desenvolupar el projecte BIM-Iceland per a l'avaluació de la seva implantació i mètodes, de la mà del Government construction Contracting Agency (GCCA), Rekjavik Energy, the Innovation center of Iceland i The division of Planning and construction of Rekjavik City.

**Irlanda:**

El 2010 Cita Enterprise innovation network va impulsar el projecte "CITA BIM Group" amb l'objectiu d'estandarditzar, implantar i normalitzar l'ús de BIM al país.

**Itàlia:**

El govern Italià va iniciar el projecte INNOVANCE pel desenvolupament d'un arxiu comú nacional que arregui tota la informació que faci possible una implantació generalitzada del sistema BIM al país. Està confirmat que a partir de 2019 serà obligatori presentar els models en format BIM per a obres que superin els 100 milions d'euros, i la implantació generalitzada per

2022. Així s'aconseguiria normalitzar i estendre el seu ús, que fins 2014 s'estimava en tan sols un 25% entre projectistes (Maltese, S. 2014)

**Noruega:**

Des de 2010 Statsbygg avalua i treballa amb qualsevol projecte mitjançant softwares BIM, exigeix com a condició per a qualsevol obra que s'hagi desenvolupat amb aquest sistema i després de la primera publicació de la normativa el 2011 ha anat publicant periòdicament informació sobre la seva implantació i adaptació a les empreses constructores tradicionals.

**Suècia:**

*Akademiska Hus, Fortifikationsverket, Riksdagsförvaltningen, Specialfastigheter Sverige y Statens Fastighetsverk* són les empreses responsables de la implantació al país, i malgrat que en aquest encara no és obligatori el seu ús el 2014 ja van publicar la primera guia BIM de Suècia.

**Holanda:**

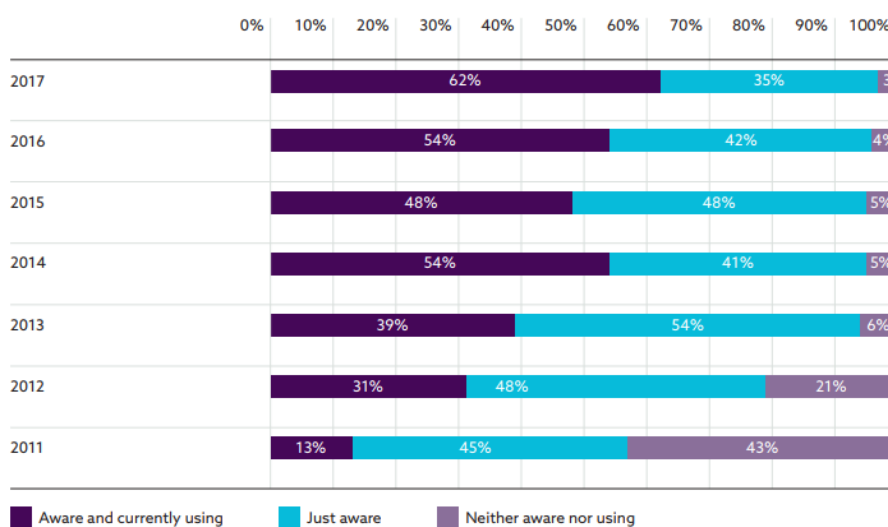
The Dutch ministry of interior and kingdom relations també exigeix ja a l'actualitat la presentació de models i projectes en BIM. Són els responsables de la publicació del BIM Standards of Netherlands.

**Portugal:**

Si bé és cert que ja existeixen múltiples plataformes de difusió de la metodologia (BuildingSmart, BIMMI), iniciatives de normalització i normativització d'aquest (Plataforma tecnològica Portuguesa da Construção) i empreses del sector amb experiència en BIM, aquestes tendeixen a explotar més els avantatges que suposa en obres de gran magnitud a l'estranger (Brasil, Àsia) que en el país en sí, on encara és necessari especificar unes condicions nítides de regularització.

**Anglaterra:**

El 2011 el govern Anglès va proposar la implantació total del modelat 3D en softwares BIM a partir de 2016. El mateix govern va publicar el AEC UK BIM Protocol i el Government Construction Strategy. Es pot afirmar que dins d'Europa és el país més actiu en la seva implantació, tant pel que fa a la creació de organismes i mesures de ensenyança del mètode com per la implantació generalitzada en l'administració.

**BIM adoption over time**

Evolució de l'ús i implantació del mètode a Anglaterra segons l'NBS

**Altres indrets:**

En els països restants, o bé s'hi està implantant el BIM de la mà de una de les associacions BIM dels països esmentats (Portugal i Espanya, per exemple, comparteixen un departament de Buildingsmart) o bé encara s'ha d'implantar i proposar solucions que facin possible la introducció i normalització del mètode BIM, fet que implica la existència de un mercat nou de possibilitats per plantejar aquest sistema en països reticents a la seva regularització o en països en vies de desenvolupament carents de recursos per fer-ho possible, en què softwares d'aquestes característiques podrien facilitar, optimitzar i reduir costos. En aquest últim cas, la implantació no només serviria per a agilitzar el procés constructiu sinó que a més podria fer possible construccions més assequibles i pal·liar problemes de residus i insalubritat que es deriven de projectes mal definits o improvisats, a més de una gestió més eficient i assequible per a tot tipus de classes socials.

**4.3.-El BIM a Catalunya**

Per comprendre millor en què es basa la guia uBIM de cada territori, a continuació analitzem la estructura, el contingut i les instruccions de la guia catalana. Aquesta guia, pel fet de haver estat confeccionada amb la guia Anglesa com a referència, ens dona una idea de la configuració convencional d'aquestes guies arreu del món.

Segons la informació aportada pel departament responsable de infraestructures a Catalunya el primer projecte sol·licitat al territori mitjançant BIM va ser la escola va ser l'institut Lluís Recasens de Molins de Rei. Des d'aleshores s'ha anat treballant per a la seva normalització fins a publicar-se aquest maig de 2017 la guia BIM per a la gestió de projectes i obres de infraestructures.cat, amb l'objectiu principal d'establir una normativa referent a la seva aplicació i presentació, i un equip de treball que serveixi de suport per a la introducció del BIM a les empreses interessades ja siguin privades de titularitat pública.

Aquest equip és el GINT (Grup d'integració de noves tecnologies), i conjuntament amb les activitats essencials mencionades també seran responsables de, principalment:

- Fixar els protocols de gestió de la informació i comunicació a aplicar en els contractes
- Revisar el sistema de classificació dels components paramètrics, verificar la informació introduïda i la ampliació o variació de dades requerides de cadascun d'aquests elements d'acord amb les necessitats del projecte.
- La actualització permanent de la guia i programari d'acord amb les innovacions i tecnologies emergents que apareguin al mercat.

Pel que fa a la implantació del mètode de treball en la obra proposat pel GINT, s'exigeix a les empreses relacionades amb aquest la creació d'un equip responsable BIM que haurà d'incloure com a mínim en la fase inicial el gestor de contracte i el responsable de la seva posterior operació i manteniment, juntament amb els quals i en el transcurs del projecte s'hi hauran d'adherir tots els agents responsables implicats en el projecte.

#### **4.3.1.-El PEB**

El PEB (Pla d'Execució BIM) és la principal eina de planificació i suport a la correcta implantació i modelització BIM del projecte. Estableix les normes i paràmetres principals per poder projectar correctament el conjunt de processos i objectius a desenvolupar en el projecte concret que estem disposats a fer realitat. És redactat pel responsable BIM del contracte i definirà els objectius, la designació de rols i responsabilitats, la definició de usos NIM i les especificacions que haurà de satisfer el entorn i eines de treball. Aquest haurà de ser validat pel responsable del contracte de infraestructures.cat, i en la seva definició serà fonamental la participació de tots els agents implicats en el projecte.

#### **4.3.2.-Tipologies de models BIM**

Durant aquesta projecció de la realitat a l'entorn de treball virtual, per aconseguir el màxim de informació fidedigna definida en un mínim de paràmetres i en un únic model per part del responsable BIM, aquest s'ha de formar mitjançant la combinació de múltiples models desenvolupats pels diferents coordinadors BIM classificats segons:

**Models de disciplina**, que representa de forma virtual un aspecte concret del projecte i conté la informació paramètrica referida a aquest. És responsabilitat del coordinador BIM de disciplina.

**Model de coordinació**, que abraça tots els conjunts de disciplines implicades en una etapa del projecte. És responsabilitat del coordinador BIM, que generarà els models parcials que faran possibles les correccions dels models pendents o existents.

**Model de projecte**, que abasta tot el conjunt de models de coordinació i de disciplina que configuren el model únic de representació i emmagatzematge paramètric. Servirà per a l'anàlisi, per a la presa de decisions i en sí acabat serà d'on obtindrem els lliurables i esdevindrà un document contractual en fase de licitació i execució d'obra.

**Model de construcció**, desenvolupat pel contractista principal a partir del model de projecte. Es crea una vegada ha estat revisat i aprovat pel responsable del contracte, incorpora un major

nivell de detall procedent de les dades dels oficis i subcontractistes implicats i especifica els elements a utilitzar, les característiques, els orígens i fabricació.

**Model d'obra executada**, desenvolupada per la direcció d'obra juntament amb el contractista, es basa en la correcció i concreció del model de construcció a partir de les dades requerides per infraestructures.cat. inclou gestió, planificació i posta en obra del projecte.

**Model per a manteniment i operacions**, és el últim document requerit per a la posta en marxa de l'equipament, la última versió del model d'obra executada, creada per la direcció d'obra. Inclou detalls d'instal·lacions i sistemes que fan possible el compliment dels requeriments energètics i ambientals de l'edifici.

#### 4.3.4.-Estandards de modelatge

La guia UBIM de infraestructures.cat inclou en els respectius annexos les dades paramètriques requerides per a la correcta catalogació i processament de la informació continguda en cada projecte. En els annexos s'hi exposa els sistemes de classificació (per a intercanvi i transferència de informació), els nivells de definició de model (mètrica de BIM que s'utilitza per identificar la informació a introduir de cada objecte o sistema en un model) i els protocols de denominació (especificades en el PEB pels agents implicats, inclouran com a mínim el codi de contracte, la fase i la disciplina).

#### 4.3.5.-Definició del contracte

Per a la correcta cooperació entre la administració i la empresa, la guia especifica els requisits mínims que haurà de satisfer el contracte, referint-se al codi d'identificació (únic per a cada projecte i que es referencii a la tipologia d'equipament i a la seva ubicació), el origen del model gràfic, nivells de referència (que determinaran els estàndards i categories, facilitant així la estimació de la coherència i qualitat dels models), les subdivisions de models (que com a màxim s'hauran de repartir entre arxius de fins a 250MB), les exigències de compartició de model (transferència en models IFC i havent eliminat els vincles amb els fitxers de treball intern de cada disciplina) i les condicions de l'entorn tecnològic.

#### 4.3.6.-Els rols

**Responsable BIM**: responsable de les activitats basades en el model BIM de la fase del contracte, interlocutor entre la empresa contractada i infraestructures.cat, a part de tenir els coneixements que possibilitin el compliment de les seves tasques correctament haurà de desenvolupar i garantir el compliment del PEB, de la guia BIM i de la recepció i enviament dels models de cada disciplina amb el format adient. Les responsabilitats que assumiran el responsable del contracte i el responsable BIM s'haurà d'especificar també en el punt corresponent del PEB.

**Coordinadors BIM de disciplina**: Responsables del correcte desenvolupament i entrega del model BIM corresponent a la disciplina, fase o subcontracte que els correspongui. És la seva obligació gestionar el contingut a presentar, corregir, atendre als possibles incisos esmentats pel responsable BIM, i presentar els lliurables relatius a la seva disciplina. La responsabilitat de la posta a terme d'aquestes condicions recau en els responsables de disciplina, i com en el cas anterior el coordinador BIM s'ha de definir en el PEB.



**Principals programes revisors BCF d'incompatibilitats entre models:** BUMx Graphisoft, VICO Trimble, Solibri Model viewer, TEKLA BIM sight Trimble, Revizto

#### 4.3.7.-Entorn col·laboratiu

En el mateix PEB s'haurà de definir les característiques i eines de què disposem en l'entorn de treball, tant en el sentit físic com en el digital:

Pel que fa a l'entorn físic per poder seguir degudament la metodologia BIM es requereix definir un entorn col·laboratiu que entre altres característiques haurà de disposar de una base de dades estructurada i formada en formats oberts, que facin possible la interoperabilitat de dades d'acord amb protocols d'accessibilitat. S'ha de disposar de la tecnologia necessària i dels mitjans audiovisuals que facilitin la comunicació entre els agents implicats en el projecte.

Pel que fa a l'entorn digital, el PEB el subdivideix en quatre "espais" o etapes:

**1.-Treball en procés:** Àrees de treball privades, responsabilitat del coordinador BIM de cada disciplina, el seu contingut roman restringit a tot aquell que no participi directament en aquesta fase del projecte mentre s'està desenvolupant. La documentació resultant d'aquesta fase serà d'ús intern i no té encara la validesa contractual.

**2.-Compartida:** Regida pel responsable de BIM de la fase en qüestió, la documentació en aquesta etapa del projecte és consultable i manipulable per els agents implicats en el contracte amb responsabilitats sobre la coordinació i validació dels models resultants de cadascuna de les etapes del model (projecte, construcció, operació i execució). La documentació aquí farà possible la presa de decisions però no serà contractual.

**3.-Publicada:** Àrea de gestió de documentació i models aprovats pel responsable del contracte i validat pel representant de infraestructures.cat, gestionada pel responsable de BIM de la fase pertinent. El documents aquí presents sí són contractuals i disponibles per a tots els agents implicats en el projecte, per que puguin consultar lliurement i corregir els seus respectius models de treball.

**4.-Arxivada:** Àrea de gestió controlada pel GINT, conté els models definitius i obtinguts en la finalització del contracte del projecte. El GINT controla l'accessibilitat a aquests documents.

Fet això, el procés de implantació es basarà en les següents pautes:

-En el document de licitació del contracte, tant infraestructures.cat com el usuari final de l'equipament definiran els objectius i les pautes a implantar per fer possible la aplicació de la metodologia i modelització BIM.

-L'agent principal adjudicatari de cada fase del contracte designarà un responsable de BIM, encarregat de redactar el pla d'execució BIM on es definiran les normes a seguir per satisfer els objectius del contracte mitjançant el mètode.

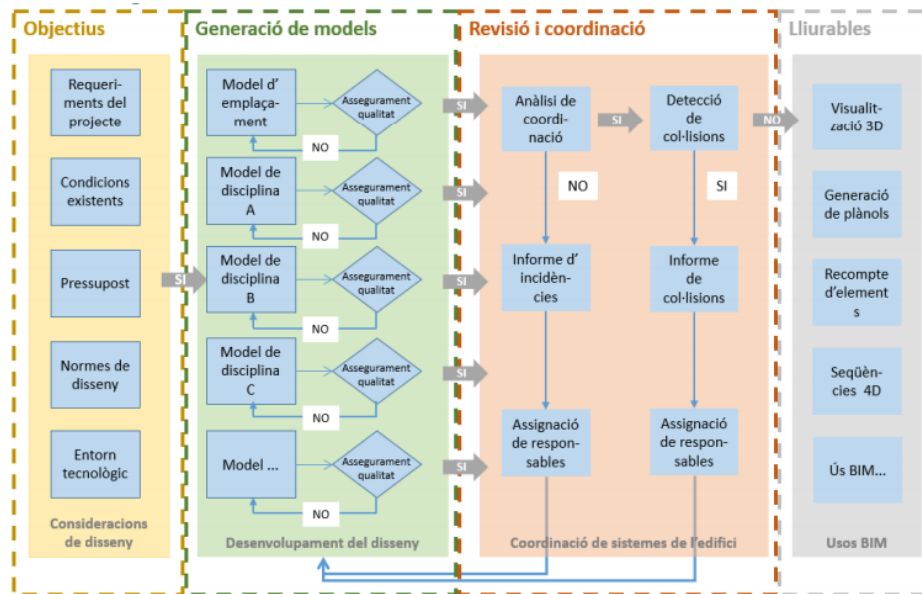


Fig. 1: procés BIM d'Infraestructures.cat

## Procés BIM d'infraestructures.cat

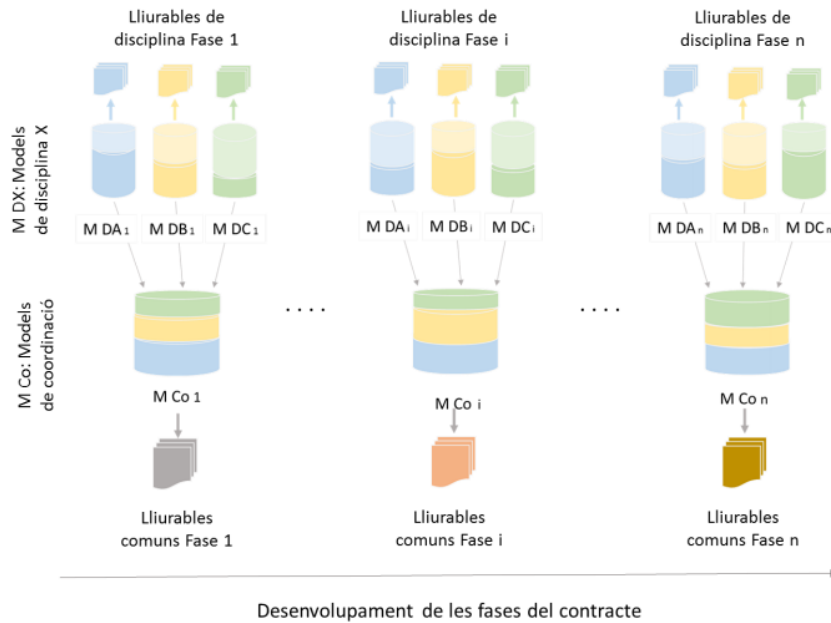
-Els diferents agents responsables de cadascuna de les fases generaran els corresponents models de disciplina, i la seva revisió i anàlisi serà responsabilitat dels respectius coordinadors BIM de disciplina. A aquests últims els pertoca el deure, una vegada han assegurat la qualitat del model (ja sigui de representació gràfica o de programari), de introduir les dades i compartir-les en el model de treball.

-El responsable BIM fixat pel contracte gestionarà la implantació dels models rebuts pels coordinadors BIM de cada disciplina. També li pertoca al responsable BIM assignar en les reunions pactades pel PEB les possibles incompatibilitats de model entre els coordinadors pertinents, i la redacció del informe final del model, incidint en cada fase de desenvolupament, els avenços, canvis i errors que hagi pogut haver.

-Amb l'aprovació, per part dels responsables del contracte, dels termes especificats prèviament, els equips BIM treballaran en el model fins a disposar dels models del Projecte d'Execució obra i manteniment definits en funció de cada fase del projecte. Aquests models s'aplicaran d'acord amb les conclusions obtingudes del PEB.

Serà el projectista principal el que coordinarà i farà possible les pautes prèvies especificades, i el responsable de presentar el model de projecte, incloent el model coordinat i els respectius models de disciplina. A partir d'aquest model de projecte s'elaboraran els lliurables requerits pels requeriments BIM del contracte, i s'inclourà en la part de la documentació contractual de referència en la part de licitació d'obra.

Durant la fase de construcció, serà el contractista el responsable de coordinar i actualitzar el model de projecte amb la informació rebuda dels agents (en aquest cas els models del subcontractistes) generant-se així el model de construcció. De la mateixa manera que en el procés anterior, serà el responsable BIM qui validarà el model, a partir del qual es crearan els lliurables establerts en el contracte de la fase constructiva.



Fases del contracte segons Infraestructures.cat

En paral·lel la direcció d'obra recopilarà la informació procedent dels models per conformar el model d'obra executada, i en últim terme, en el lliurament i recepció de l'equipament, la mateixa direcció d'obra conformarà el model per al manteniment i operacions en format BIM. Aquest últim model és el que farà possible la agilització de tràmits i càlculs en el moment que s'hagi d'alterar, rehabilitar o restaurar l'edifici, i que romandran guardades pel propietari, per la direcció d'obra i per la administració responsable de la regió.

El programari emprat durant la redacció del projecte i la seva execució haurà de ser compatible amb la versió actualitzada dels formats IFC (Industry Foundation class).

## **5.-Impacte del BIM en l'àmbit de la construcció**

Com hem pogut deduir durant l'anàlisi de la metodologia BIM, aquest sistema de treball sobretot ens facilita el disseny, els documents i la classificació dels continguts entregables per al correcte desenvolupament del projecte. Així doncs, el seu àmbit de treball focalitza la part de plantejament i projecció de la obra. Però fins a quin punt suposa una millora? Com millora la gestió de la obra "física" respecte del mètodes convencionals?

Havent tractat la definició i singularitats que caracteritzen tant el BIM com els programes que el fan possible, procedim ara a analitzar quina serà la repercussió d'aquest en el desenvolupament de la documentació de referència de qualssevol projecte constructiu, i en la seva materialització.

### **5.1.-Determinació de la necessitat del projecte**

L'objectiu final del BIM és aconseguir desenvolupar un model de projecte el màxim verosímil possible per disposar amb precisió dels recursos i costos econòmics que suposarà la nostra obra.

Així doncs a hores d'ara la principal influència del BIM en el procés de decisió es limita al fet de permetre'ns aconseguir un pressupost acurat d'un projecte qualsevol en menys temps i de major precisió, ajudant considerablement a prendre decisions tant per al empresari que es planteja construir un centre comercial com el ajuntament que s'està plantejant de construir una nova infraestructura. De fet, el sistema de modelatge té més pes a hores d'ara en el avantprojecte que en el estudi de viabilitat, lligat més a circumstàncies generals de les que ha derivat la necessitat.

El fet en sí de triar què es requereix i si és requerit un projecte, sobretot en l'àmbit de infraestructura i territori en una organització pública, avui pot ser plantejada per factors que van des de la necessitat de desenvolupar una obra indispensable per a la pervivència de un entorn, a una simple promesa electoral. Restringir el marge de maniobra i de inversió en un poble, ciutat o país a obres de caràcter imprescindible o de millora objectiva d'acord amb la realitat i condicions a què està lligada, a hores d'ara és en mans de la corresponent conselleria o ministeri (Pla director de infraestructures), però el que marcarà la diferència entre el sistema actual i el de pròxima implantació, en cas de que es facin efectives les previsions dels últims congressos d'SmartCities arreu del planeta, serà la de la existència de mètodes i programes que d'acord amb les condicions de contorn reals de l'emplaçament, aconseguits mitjançant sistemes de classificació i emmagatzematge massiu de informació (el ja existent Big Data) definiran els marges reals de maniobra i millora, acotant de forma més nítida el desenvolupament de projectes i concursos públics o com a mínim delatant amb més facilitat als responsables públics que actuïn en contradicció a la realitat del entorn que regeixen, ja sigui per ignorància o per interès personal.

Entre les eines esmentades amb què definim de forma acurada un entorn, hi trobem per el GIS (geografia, demografia, evolucions històriques de l'entorn), els corresponents programes de mobilitat i fluxos de transport (recull de dades i variacions històriques, eficiència dels sistemes

de mobilitat, accessibilitat entre diferents nodes, temps de recorregut mitjà) i per descomptat el BIM (eficiència, disseny, volum i cost de la infraestructura).

La relació directa existent entre el modelatge BIM amb el GIS i amb el concepte d'SmartCity es tractarà posteriorment.

## 5.2.-Influència del BIM en la elaboració de la documentació

### 5.2.1.-Plec de clàusules administratives particulars

Amb la creixent obligació legal de presentar el model de projecte en format BIM, en el plec de clàusules administratives particulars referents a la definició del criteri d'avaluació de projectes en concursos, s'està imposant com a punt d'anàlisi favorable el fet d'aportar el model o models amb aquest sistema.

Un exemple dels requeriments en els plecs de clàusules administratives particulars desenvolupats ja a Espanya (adjunt a la bibliografia; *Contratación de suministros de mobiliario*) detalla, en el annex VI-C, la necessitat de representar el material objecte de licitació amb dos graus de caracterització:

-En nivell de detall (informació geomètrica o NDD). Els criteris i exigències sol·licitats sovint es basen d'acord amb la *National Building Specification* d'Anglaterra, en aquest cas concret s'exigeix en LOD5. Això implica aportar la informació i representació del model a escala real, amb els detalls que el caracteritzen, i en cas que s'escaigui la seva distribució i localització en el projecte.

-En nivell d'informació (informació paramètrica o NDI). En aquest exemple l'exigit és LOD 6, i igualment, a part haurà d'incloure les especificacions i informació específica de cada element (imatge adjunta).

**JUNTA DE ANDALUCIA**

CONSEJERÍA DE JUSTICIA E INTERI  
Secretaría General Técnica

Nombre	Definición
Tipo de activo	Una indicación de si el suministro es fijo o móvil
Tipo de bien	Una indicación del tipo de bien conforme a la clasificación patrimonial de la Administración
Nombre de objeto	Nombre del objeto del suministro dado por la Administración
Nombre del producto	Nombre comercial del producto dado por el fabricante
Nº de referencia	El nº del producto, artículo o unidad asignado por el fabricante del suministro
Proveedor	Nombre del adjudicatario del suministro
Correo proveedor	Correo electrónico del adjudicatario del suministro
Fabricante	Nombre de la organización responsable de la fabricación del suministro
Correo Fabricante	Correo electrónico de la organización responsable de la fabricación del suministro

Informació paramètrica requerida per un concurs de subministrament de mobiliari

*Exemple de informació paramètrica requerida en el concurs per a la contractació de subministres*

Com es podrà veure en els exemples presentats, malgrat que la obligatorietat per llei a implantar el ús de BIM generalment s'aplica en concursos per a projectes de gran envergadura, la seva influència ja assoleix models per a disseny de mobiliari, depenent naturalment de l'interès que cada conselleria ministeri o ajuntament tingui de implantar el model.

### **Anglaterra i el NBS**

Si volem analitzar amb major detall els canvis que suposa el BIM en la documentació legal referida al projecte, convé entendre el cas de Anglaterra, on el NBS (National Building Specifications) està redefinint el format de la informació que haurà de precisar el plec de especificacions per poder ser compatible amb la metodologia BIM.

Un exemple d'aquestes iniciatives és el BIM NBS Toolkit, que enregistra les tasques, les pautes i el desenvolupament del projecte a mesura que es posa en pràctica, exigint tant el LOD (Level of detail) com el LOI (Level of information) en els elements pertinents i correlacionant-los amb les pautes definides en el plec plantejat, automatitzant-se així la elaboració dels documents exigits per llei. És remarcable el fet que el govern Britànic difongui eines com aquestes d'optimització de tasques de forma pública i gratuïta, i coherent amb l'objectiu d'assolir el nivell 2.

#### **5.2.2.-Plec de prescripcions tècniques**

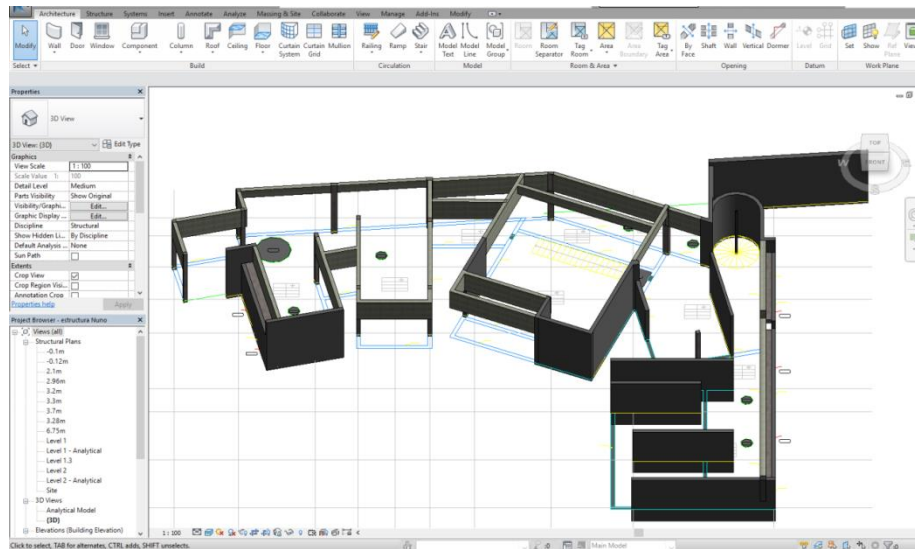
Tant en el projecte bàsic com en el constructiu, les mesures on el BIM incideix directament, d'acord amb les seves capacitats actuals, reduint el temps de desenvolupament i redacció d'aquests documents, serien:

##### **Document 1**

La memòria: el BIM facilitaria especialment els annexos referits al replantejament o materialització del projecte, per la seva capacitat de modelatge, la revisió de preus, gràcies a la introducció paramètrica de dades i costos econòmics de cada element que integra el conjunt, i en el programa de treballs (mitjançant softwares de desenvolupament de diagrames de Gantt basant-se en el ISO 12500, com el BIM 360 plan de Autodesk o els ja esmentats prèviament referents a la planificació).

##### **Document 2**

Plànols: la capacitat implícita d'aquests programes de treballar sobre un únic model al qual podem associar a la informació desitjada i seleccionar la perspectiva amb que desitgem veure-la representada, amb els canvis aplicats a temps real, agilitzen també aquesta part de la documentació. Com ja s'ha vist en la guia Ubim Catalana (basada en les guies existents en gran part del país on ja està implantada la metodologia) se'ns especifica el nivell de detall que requerim en el model per a que sigui factible la obtenció dels esquemes de detall i representació, el format i el sistema d'emmagatzematge.



Model tridimensional elaborat em Revit mitjançant l'importació dels respectius plànols d'Autocad (visibles en la base del model tridimensional)

### Document 3

PCTP: L'apartat de materials, unitats d'obra i qualitat del desenvolupament on els programes BIM incideixen de forma més directa. La informació continguda sobre cada element emprat es pot filtrar d'acord amb el llistat i categories que ens interessa reflectir en la documentació del projecte (qualssevol programa BIM convencional esmentat prèviament té aquesta capacitat de filtre, recopilació i ordenació).

#### 5.2.3.-Pressupostos

Tant les mesures, quadre de preus n1 i el quadre de preus n2 es poden obtenir a partir del model de projecte amb qualsevol programa BIM convencional. Pel que fa a l'annex de justificació de preus, a excepció dels costos Indirectes i les despeses generals (que no es defineixen en la taula de dades paramètriques de elements, cal definir-los a part en els programes de planificació) es poden obtenir amb la mateixa facilitat.

Per altre banda, ni la partida alçada d'abonament íntegre ni la partida alçada a justificar es podrien obtenir directament, si més no a hores d'ara.

Òbviament malgrat la coordinació entre usuaris i contractistes sigui més directa i fluida, el tema preus seguirà depenent de la capacitat de cerca i convenis que defineixi l'empresa constructora amb els seus respectius Operaris, empreses subcontractades i empreses de venda i transport de material. El BIM permet obtenir valors més acurats i de forma més eficient, però els paràmetres que s'han d'introduir han de ser útils i realistes perquè el procés tingui sentit.

El BIM fa possible nexes de enllaç i interrelació entre els programes de modelatge (generalment un programa de medicions des de un arxiu IFC) i de càlcul de costos, de manera que el programa responsables de definir els costos generals estan redreçats a una partida definida i precisa, que ens permet tenir en temps real els costos i les partides de materials exigits per al projecte.

Actualment múltiples companyies de manufactura de materials de construcció disposen de catàlegs actualitzats on és possible descarregar el producte amb tot el pack de informació relacionada, ordenada i programada perquè pugui ser correctament interpretada pels nostres softwares de treball. En cas de que no fos possible però, també tenim la possibilitat de definir cadascun dels paràmetres exigits pel programa de forma manual.

El principals programes de càlcul de medicions i control de costos són:

Arquimedes (CYPE ingenieros), VICO (Trimble), PRESTO, MEDIT (Autodesk), Arketc

En el primer cas s'enllaça cada element emprat amb la partida mitjançant un plug-in, amb l'avantatge adicional de que CYPE és un dels majors generadors de preus a nivell global permetent-nos així estimar millor la certesa dels nostres càlculs.

**Principals programes BIM per medicions i control de Costos:** Arquimedes (CYPE), Vico (Trimble), Presto Soft, Mideplan Arktec, ITwo, COSTX.

## 5.2.-Concursos

Naturalment l'estalvi de temps i la possibilitat de provar múltiples alternatives i dissenys iterant fins aconseguir la forma més eficient, estètica i barata és considerable, i facilita enormement la tasca tant a la empresa que ha de desenvolupar el projecte, com als responsables del concurs que contemplaran models pròxims a la realitat i ben definits, amb la possibilitat de plantejar canvis de disseny i utilitat a les propostes.

Com ja hem esmentat, aviat serà una condició obligatòria per poder participar en concursos de construcció d'envergadura, presentar la documentació i model mitjançant el sistema BIM. Igualment, com es podrà veure en els projectes d'exemple presents a l'annex, també en concursos públics de nivell local o comarcal malgrat el BIM no és obligatori sí aporta punts a favor de la empresa que es presenti mitjançant aquestes eines.

Pel que fa a la possible modificació del contracte d'obres, si bé és cert que el BIM no ho podrà impedir sí pot pal·liar els efectes resultants dels imprevistos doncs el mètode tal i com està definit haurà de facilitar la gestió i aplicació dels canvis pertinents d'acord amb les circumstàncies extraordinàries que puguin succeir durant el seu desenvolupament (no serà precís per exemple replantejar de nou tota la documentació, material, elements, etc).

## 5.3.-Explotació i manteniment

En relació a la vida útil de l'estructura, segons el CEO Patrick McLeamy per cada euro que invertim en un projecte constructiu en perdem 20 durant el procés de construcció i 60 com a conseqüència del seu manteniment. El BIM sí tindrà una influència significativa en relació a la explotació i manteniment de la infraestructura. La informació emmagatzemada en la base de dades es guarda i pot ser consultada pels propietaris, constructors de la obra, i l'òrgan públic responsable de l'urbanisme i l'edificació de l'indret per:

-Permetre i facilitar al propietari la gestió i emmagatzematge de documentació i normativa legal en una memòria que englobi tots els continguts relatius a la obra.

-Permetre a la constructora o constructores que en el futur requeriran els plànols per a possibles alteracions, reparacions, modificacions o rehabilitacions, permetent-les prescindir de el



redesenvolupament del projecte des de zero, com encara avui dia s'han de tractar aquests casos.

-Permetre a la organització pública corresponent tenir una detallada i completa base de dades del territori sobre el que treballa, obres, infraestructures i la seva ordenació, podent així facilitar el desenvolupament de nous projectes urbanístics, implantació de nous sistemes de transport subterranis o terrestres, el replantejament de xarxes de comunicació o clavegueram, coneixent el subsòl i profunditat de les construccions de la zona.

Entre la informació disponible de les instal·lacions i els elements que conformen el conjunt hi ha de figurar la vida útil esperada i, en cas de una instal·lació, els mètodes de manteniment pertinents per assegurar-ne el funcionament. En el moment que posem en pràctica la creació d'un projecte, els arxius BIM hauran de contenir el cicle de vida, el períodes de manteniment i els fabricants. Aquesta informació estarà disponible per a les entitats públiques responsables, per als propietaris de l'edificació i com a part integrant del núvol d'informació amb el que s'estan dissenyant les ciutats, amb l'objectiu de crear un Big Data de tota la informació recollida sobre la superfície que ocupi cada construcció i els elements involucrats (tractat a l'apartat BIM i SmartCities). D'aquesta manera en cas de requerir una obra de manteniment, demolició o construcció subterrània, disposarem de totes les dades on line que definiran part de les condicions de contorn del nostres futurs projectes.

#### **5.4.-Càlcul estructural**

Hem esmentat que els software BIM disposen de 3 modes de treball relatius a la estructura, la arquitectura i les instal·lacions. Pel que fa a la estructura, aquest sistema de treball ens remarca la visualització del conjunt estructural i la distribució de les bigues i pilars que fan possible la estabilitat del conjunt. Però si desitgem que aquesta alhora actui d'acord amb la capacitat estructural és a dir, si desitgem treballar amb el disseny en base no només a la volumetria de cadascun dels components, sinó també amb el criteri de la normativa i els càlculs d'estructures, requerirem del servidor IFC de CYPECAD (per exemple) que ens interrelacionarà el disseny del model en BIM amb el programa de càlcul estructural que més ens convingui o amb el que cada empresa tendeixi a treballar (prèviament hem parlat ja de Robot Structural Analysis). De nou, l'avantatge d'això és que el servidors ens permeten una connexió en temps real entre el disseny que desenvolupem en el programa de càlcul i disseny estructural, amb el model virtual de BIM. Així aconseguim transmetre la informació de l'estructura en format de mòduls de representació MEP, amb tota la informació implícita de cost i fabricant, sense únicament introduir el volum de la forma que requerim afegir. Per al mateix objectiu també existeixen els softwares TEKLA BIMsight (Trimble) i CYPE 3D.

**Principals programes BIM per a càlcul i representació estructures:** CYPECAD (Cype), CYPE 3D CYPE-Connect (Cype), Tekla structures (Trimble), Robot (Autodesk), Gritec Advanced steel concrete (Autodesk), Revit structure (Autodesk), SAP2000, Trical Arktec, Dlubal, MIDAS, Buildsoft, Cubus, Fine, Risa, AltraPlus.

#### **5.5.-BIM i rehabilitació**

Malgrat semblar conceptes antagònics el BIM com a mètode ja ha estat explotat per fer possible i facilitar els projectes de rehabilitació i restauració arquitectònica. Així com en el cas de les noves construccions ens podem permetre modelitzar el conjunt a partir de una distribució

espacial i estètica definida per l'arquitecte, en el cas de la rehabilitació podem igualment partir de la construcció ja existent per desenvolupar-ne el model que ens permetrà posteriorment treballar i modificar el edifici existent a partir del seu model i prescindint de actuacions severes de anàlisi o modificació directe sobre aquest, fins a la confirmació definitiva del projecte.

El pla de les CIM (aplicació del BIM sobre el model urbanístic de forma generalitzada, el "city conformation modelling"), un dels factors fonamentals que incidiran en la implantació d'SmartCities, planteja la ordenació i classificació de les construccions que configuren la ciutat en tres nivells diferenciats que remarquen la necessitat de rehabilitació:

Nivell 1: Es requereixen accions puntuals de caràcter estètic (pintura, detalls, etc)

Nivell 2: Es requereixen accions per recuperar les característiques estètiques i per garantir les condicions ambientals òptimes (assegurar recobriments, millor aprofitament energètic de l'interior, etc)

Nivell 3: Es requereixen accions urgents per a suplir els dos factors anteriors a més de la integritat estructural, reformes de caràcter urgent.

La caracterització de la obra arquitectònica mitjançant BIM ha de permetre que en el futur els pròxims constructors puguin aconseguir de una base de dades tot el que els cal saber per mantenir la edificació en condicions, les mesures, els elements integrants, els cicles de vida de cadascun d'aquests a més de poder, els responsables de la rehabilitació, deixar constància en aquests mateixos documents dels canvis i reparacions desenvolupats per als següents usuaris que ho puguin requerir.



Assajos amb Láser Scanning en les obres d'un supermercat a Portugal que sigui coherent amb les característiques del model i la funció que aporta al conjunt. Per això s'està treballant ja amb algoritmes de reconeixement que ens permetin obtenir i identificar elements de forma automàtica a partir de la superfície que defineix els núvols de punts que el recobreixen o el color. Existeixen ja assajos com l'adjunt a la bibliografia referent a la estació de trens de Taipei, però encara s'ha de seguir treballant en

A grans trets, si bé els avantatges de modelitzar el edifici amb BIM són els mateixos que hem anat tractant durant l'informe, les dificultats addicionals serien el nivell de detall de representació de l'estructura, les instal·lacions i els elements que el configuren. El primer punt referent a la representació de l'estructura, es pot resoldre o bé mitjançant la modelització convencional (a partir dels plànols imatges i plecs existents modelitzem el conjunt) o bé mitjançant Laser Scanning. Aquest sistema permet l'enregistrament de superfícies i sòlids de l'entorn agilitzant considerablement la representació del conjunt, captant relleus i irregularitats mitjançant un núvol de punts. Aquest registre és possible de treballar i manipular amb els corresponents programes de disseny permetent al dissenyador estalviar-se el procés de planejament. Amb això la tasca del projectista es limitaria a simplificar la informació

rebuda i catalogar cada element captat pel làser de manera que sigui coherent amb les característiques del model i la funció que aporta al conjunt. Per això s'està treballant ja amb algoritmes de reconeixement que ens permetin obtenir i identificar elements de forma automàtica a partir de la superfície que defineix els núvols de punts que el recobreixen o el color. Existeixen ja assajos com l'adjunt a la bibliografia referent a la estació de trens de Taipei, però encara s'ha de seguir treballant en

corregir la presa de dades, les alteracions degudes a la vibració i moviments dels aparells d'enregistrament, entre d'altres. El segon inconvenient d'aquest sistema és que la obtenció d'elements que conformen la estructura ja requereix més paciència, doncs si en una obra nova podem triar entre totes les fusteries, mobiliari, elements decoratius, i materials de recobriment interior o exterior disponible en el catàleg, en aquest cas requerirem de coneixements de modelatge d'elements puntuals per poder caracteritzar l'estructura amb precisió (difícilment trobarem una porta Gòtica o romànica en el catàleg de portes disponible en el núvol). En referència a l'últim inconvenient remarcable, referent a la representació i situació de les instal·lacions en l'estructura, haurem de recórrer a plànols disponibles de l'interior de l'edifici per comprendre com funciona la xarxa de gas i electricitat en construccions relativament noves, o a l'arqueologia per a vestigis històrics. En la modelització del subsòl de Londres, és important el coneixement i registre de estructures històriques, ja estiguin degudament conservades o amagades en el subsòl de la ciutat, per poder advertir al contractista corresponent de la necessitat de preveure un major marge de temps per a la preparació dels fonaments i el subsòl. En cas contrari els marges establerts en la planificació de la obra es veurien alterats i es perdria el nivell de precisió exigible per al PEM (pressupostos d'execució material).



Núvol de punts de la estació de tren Jing-Tong, Taipei (Taiwan)

### 5.6.-BIM i el procés de demolició

El procés de demolició d'una estructura també es pot agilitzar mitjançant el mètode BIM. Els primers passos per fer-se efectiu del desmantellament, basats en el registre gràfic i estructural de la construcció que desitgem desmuntar, són similars als ja esmentats en el cas de rehabilitació: Disposem de una estructura, que podem digitalitzar mitjançant Làser Scanning per passar el seu model als softwares de treball. Ara bé, fet això, amb les mateixes eines de càlcul, podem provar en el programa quins efectes té sobre la estructura la absència de cadascuna de les parts que la conformen, fins extreure l'ordre adient per descomposar en conjunt. Aquests programes de simulació de forces i moments, amb el suport 3D faciliten les estimacions de àrees d'influència de l'estructura, permetent-nos delimitar amb major precisió els espais

transitables pels operaris en cada etapa del desmuntatge, i el registre de elements i materials facilitarà la classificació dels diferents materials que precisem per reutilitzar o transportar a l'abocador. Exemples podrien ser la demolició de la estació de bus Wolverhampton Bus Depot o la Birmingham New Street Station per part de The Coleman Group adjunts a la bibliografia. Destaca l'ús de Làser scanning en el registre de les estructures a demolir i de robots de demolició a control remot.

### **5.7.-Com millora el BIM el disseny de projecte?**

Ja s'ha vist fins a quin punt els programes especialitzats en el sistema BIM ens aporten en major o menor mesura la documentació informació i càlculs necessaris per satisfer les condicions legals de entrega establerts el plec de clàusules administratives de cada projecte o concurs, i la forma en que està previst que aquests plecs es redefineixin perquè ens sigui més fàcil compatibilitzar-ho amb els programes informàtics actuals. Però com afecta realment la metodologia BIM respecte dels mètodes convencionals en quant a benefici econòmic, estalvis, i temps?

Atès que la velocitat d'aprenentatge, la velocitat d'ús de aquests softwares en el projecte i els cost de implantació encara varia en funció del treballador, de la empresa o del país on s'està aplicant el concepte varia, per comprendre com influeix realment el mètode BIM en el desenvolupament del projecte (amb tots els avantatges i característiques que el fan singular exposats prèviament) partim de enquestes i avaluacions de diferents empreses i països per comprendre quina és la percepció imperant.

El centre de serveis integrats d'enginyeria de la Universitat d'Stanford en analitzar 32 projectes desenvolupats mitjançant BIM van concloure que respecte del mètode convencional de desenvolupament:

S'aconseguia en un 40% la eliminació de canvis no pressupostats.

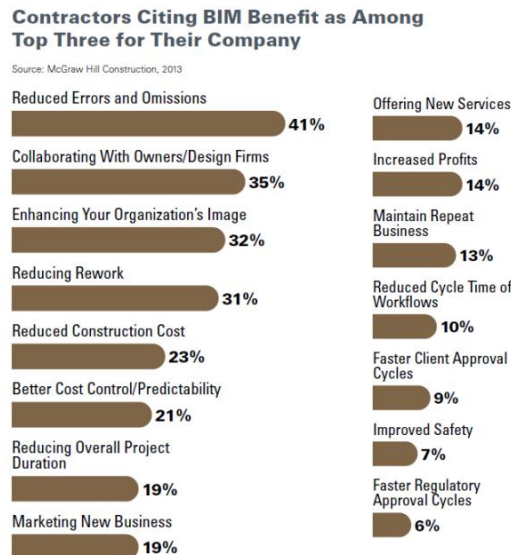
Error menors a un 3% en quant a la precisió de medició de pressupostos.

Un 80 % de reducció del temps en aconseguir uns pressupostos ben definits.

Estalvi de fins a un 10% del valor de un contractat mitjançant la detecció de errors.

7% de reducció de temps de desenvolupament d'un projecte.

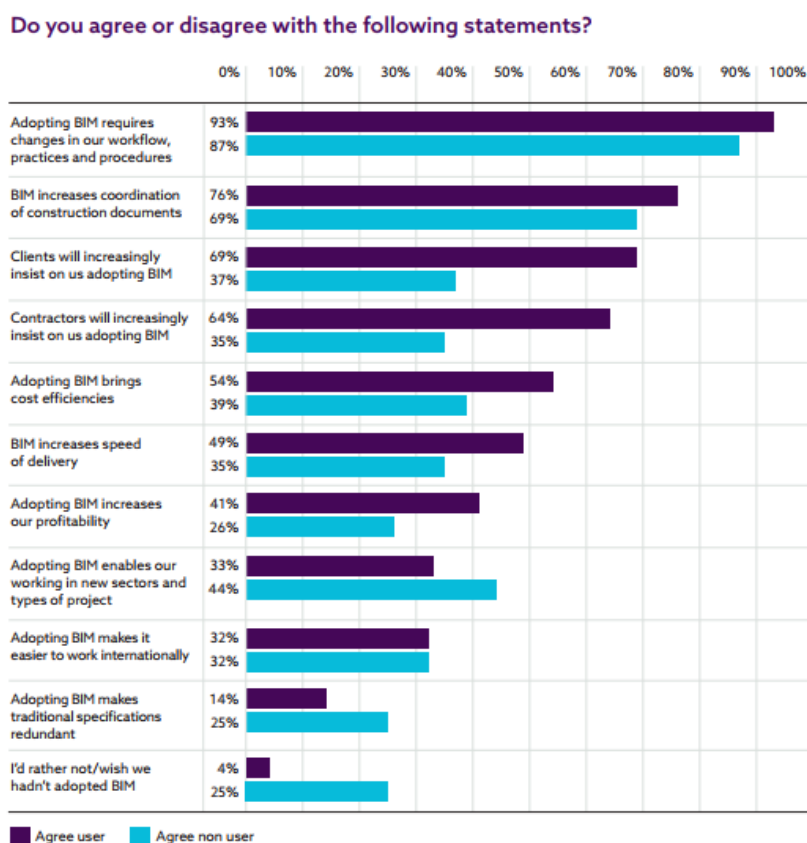
En quant a cost general de projecte aconseguim reduir entre un 3 i un 9% el cost base del projecte, per aquest mateix motiu segons la mateixa empresa McGraw Hill més del 50% del directors d'obra requereixen models de tractaments de dades mitjançant BIM. Igualment segons la mateixa companyia , si el 2007 el percentatge de documentació del conjunt del projecte en BIM esperat per el promotor era del 17%, ja el 2016 el percentatge es va incrementar fins al 75%.



Resultat de l'enquesta desenvolupada per McGraw Hill Construction sobre principals millores aportades pel BIM

Si ens basem amb l'informe elaborat pel *Building and construction productivity partnership* i BRANZ (consultoria d'enginyeria civil de Nova Zelanda), s'ens informa per una banda de les iniciatives del govern Britànic d'assolir el nivell 2 previsiblement durant aquest any, estimant-se una reducció de entre un 20 i un 30% dels costos generals de projecció durant el cicle de vida de aquest i per altre, conclusions i resultats de enquestes fetes en el sector en relació al BIM.

Així doncs conclouen que un 69% de les empreses europees que ja operen amb BIM reconeixen que facilita la comprensió general del projecte als usuaris implicats, un 75% afirma que millora la visibilitat del model i la comunicació entre les parts. Als Estats units, un 57% dels dissenyadors enquestats acceptava la millora que suposa de cara a la reducció i comprovació de errors, i la reducció de temps estimada entre un projecte convencional i un fet mitjançant sistemes BIM era del 27% el 2009 i del 37% el 2012. En al cas de les empreses d'enginyeria civil a Austràlia, s'estima una reducció de fins a un 40% de canvis en el projecte no pressupostats i fins a un 10% d'estalvi sobre el cost total de la obra en comparació amb un projecte convencional. De les empreses Americanes enquestades, un 62% reconeix haver recuperat la inversió feta per a l'adopció de BIM, mentre que en les Europees és d'un 74%.



Valoracions obtingudes per l'NBS segons el impacte i efectes del BIM

Si ens focalitzem en el cas Europeu, un dels registres més importants de l'estat i evolució del BIM en el continent és la editada per la NBS Anglesa. De les enquestes elaborades a més de 1000 professionals del sector amb motiu de la edició del National BIM Report 2017, la setena edició, s'obtenen els següents punts de vista:

Dels professionals que han treballat amb BIM, un 70% considera que ajuda en la reducció de costos del projecte, tant en la etapa inicial com durant el cicle de vida. Un 60% opina que redueix el temps de desenvolupament del projecte, un 44% que permet reduir les emissions de contaminants durant la obra i un 32% que agilitza la importació/exportació de materials de construcció de la planta a la obra, entre d'altres.

Malgrat tot, recordem que aquestes dades són, al cap i a la fi, el resultat d'enquestes a grups acotats d'individus de manera que aquests gràfics no ens han de aportar més que una idea de les tendències i valoracions que tenen aquests professionals en relació al mètode, en absència de una possible i definida parametrizació de avantatges reals en temps i recursos entre un projecte fet amb BIM i un altre fet mitjançant els mètodes convencionals de treball.

Els intents que més s'aproximen a assolir conclusions objectives de major precisió en les estimacions dels beneficis que aporta el BIM al procés constructiu, podrien ser els de les pautes d'obtenció del ROI per al BIM. El ROI (Return On Inversion) és el valor que ens permet mesurar la rapidesa amb que recuperem una inversió. Com a tal, és precís calcular els beneficis que obtindrem a causa de la inversió i amb quan de temps aconseguirem amortitzar-la. Un d'aquests intents va ser el del departament de transport de Wisconsin (WisDOT), consistent en

dissenyar una mateixa infraestructura amb BIM i amb el mètode convencional 2D, comparant els resultats finals. La comparativa es va fer enregistrant el nombre de DIN, problemes associats al disseny, i ECN, problemes associats a l'enginyeria (Design Issue Notices i Engineering Change Notices respectivament). D'aquesta manera es va estimar que el projecte modelat amb BIM permetia un estalvi de fins a 9,5 milions de dòlars, un 50% dels costos totals.

Aquest anàlisi, que no deixa de ser un assaig empíric, va ser publicat per la Federal Highway Administration, com a exercici referent de comparació entre mètodes. A partir d'aquests, s'han anat desenvolupant assajos comparatius amb l'objectiu d'assolir amb el temps una mitja de ROI creïble.

Pel que fa a càlculs precisos, existeix una fórmula amb la que es podria estimar el valor del ROI per al primer any proposada per la mateixa plataforma Autodesk:

$$\frac{\left(B - \left(\frac{B}{1+E}\right)\right) * (12 - C)}{A + (B * C * D)} = \text{ROI}$$

On:

A és el cost del Hardware i del Software (euros)

B és el cost mensual de la mà d'obra (euros)

C és el temps de formació, entenent-se no com la duració de les tutories, sinó com l'interval de temps que abarca totes les etapes d'aprenentatge des de la teoria elemental fins el instant en que el treballador opera amb els softwares BIM amb normalitat (mesos)

D és la pèrdua de productivitat durant el procés de formació (%)

E és l'augment de productivitat després de la formació (%)

En aquesta, el numerador representa els guanys de la equació, resultants de l'increment de productivitat dels treballadors. El increment de la productivitat mensual mitja es correspon amb  $\left(B - \left(\frac{B}{1+E}\right)\right)$  i  $(12 - C)$  són els mesos de l'any que resten una vegada tots els operaris tenen ja tots els coneixements per treballar amb normalitat. El denominador representa els costos que li suposa a la empresa superar aquesta transició. Com a resultat, obtindrem el ROI corresponent al primer any en % respecte de la inversió feta.

Però com coneixem el temps que trigarem a assimilar el mètode, o els percentatges de pèrdua o l'augment de productivitat?

Podem comprovar que més que calcular, convé valorar les eines que ens aporten els programaris relacionats i la millora que aquests poden suposar al procés de disseny, doncs per més que intentem calcular els beneficis resultants de la inversió quan aquesta encara no s'ha materialitzat l'únic que podem aconseguir són estimacions.

### 5.8.-Com afecten els sistemes de responsabilitats i lleis al BIM

El BIM en sí suposa un canvi considerable en el procés de modelatge i definició dels principals documents exigits per a la materialització d'un projecte. Però en conseqüència també haurà de

suposar la creació de tota una sèrie de normatives que regulin les responsabilitats de cada usuari durant el desenvolupament del model. Com ja s'ha vist, molt aviat serà obligatori per llei presentar mitjançant el mètode BIM els projectes de major envergadura en gran part dels països adscrits a aquest moviment.

En quant a possibles incidències i variacions, pel que fa a l'àmbit legal, ja es té constància de casos ocorreguts en el Regne Unit, on en un projecte modelat amb el mateix sistema el equip de disseny no va informar degudament al contractista sobre les pautes estrictament necessàries amb les que havia de procedir per aconseguir la correcta distribució i eficiència d'un sistema de instal·lacions.

Aquest error però, com podem deduir segueix essent purament humà (i l'únic singular d'aquest es que va ocórrer en un despatx on es treballava en BIM, res més), i indiferentment amb el sistema de treball utilitzat podria haver ocorregut igualment. De forma que ni la metodologia ni els programaris relacionats han estat responsables de cap tipus de complicació o incident, doncs com ja s'ha esmentat són simples eines que tant aviat es poden utilitzar correcta com incorrectament.

Pel que fa al tema de distribució de responsabilitats, disposem de múltiples punts de vista. La Construction Industry Council (CIC) per exemple, proposa tota una sèrie de bones pràctiques per a professionals d'assegurances i indemnitzacions, remarcant-se tota una sèrie de factors a tenir present en un projecte BIM:

- Analitzar cas per cas les circumstàncies del projecte i el protocol BIM previst, en cas que difereixi del proposat pel CIC .
- Tenir present el grau de coneixements de disseny del information manager, rellevants en el moment de comprovar i coordinar els diferents models que integren el projecte.
- Assegurar que la qualitat del model es correspon amb el nivell de detall requerit per a cada fase del projecte.
- Coherència entre el model de treball i el seu nivell de detall amb els documents aportats als subcontractistes, ja sigui amb el format propi del model o amb els que aquests treballin generalment (com CAD).
- Coneixement en tot moment de l'estat del model, dels canvis efectuats, i de l'origen, motius, i autors responsables de tots i cadascun d'aquests canvis. Assegurar que l'autor responsable forma part dels participants directes en la elaboració del model (personal habilitat a consulta pel PEB).
- Assegurar que la llicència del programa amb què s'han elaborat els documents, càlculs o dissenys, permet la seva distribució i ús comercial.
- Revisar i assegurar que el model, els càlculs i els dissenys es corresponen amb la normativa, indiferentment de els resultats aportats pels correctors automàtics del programari amb que han estat elaborats. Aquests han de servir estrictament per a la comprovació o verificació dels càlculs fets però no s'han de prendre els seus resultats com a veritats absolutes.



-Conèixer si els projectistes en BIM de la empresa a la que pertanyen estan lligats a clàusules de responsabilitat que permetin, en cas d'incidents en el producte final, delimitar responsabilitats amb nitidesa. Assegurar que aquesta empresa disposa de mesures per protegir els drets dels seus clients enfront errors.

Pel que fa als contractes d'edificació pertinents per fer possible el projecte, si tornem al cas d'Anglaterra podem comprovar que el CIC mateix ja ha definit una normativa sobre com s'ha de procedir a elaborar i presentar aquests documents quan treballem en un model BIM (especificat en el CIC BIM Protocol). També el conjunt de contractes NEC3 elaborats per facilitar el enregistrament de documentació, especificació de responsables i termes legals per a obres, i els documents del Joint Contracts Tribunal (JCT) disposen ja de unes pautes de seguiment per adaptar els contractes al sistema BIM, fent possible el mètode amb la normativa i condicionants legals exigits. Malgrat tot hi ha encara controvèrsia en alguns aspectes d'aquesta compatibilitat doncs:

-Limiten la responsabilitat dels projectistes en relació a la existència de dades, continguts o models amb errors de configuració (dades corruptes). Ja s'ha vist que durant el mètode ha de existir una cadena de responsables que analitzin i valorin si la informació d'arribada compleix els requisits, els mínims de qualitat i la coherència amb el nivell de detall, evitant així la introducció de models contaminants en el sistema, però en cas que passés el client està exposat a aquests.

-Les exigències en els contractes tractats semblen ser encara massa laxes per a la importància de implantació del nou model. El nivell de detall de cada etapa, els períodes de desenvolupament de cadascuna, la qualitat de la informació paramètrica i la coordinació de l'equip de treball no es delimiten amb nitidesa, sol·licitant-se per part dels integrants del projecte un nivell raonable de ordre, implicació i coherència. Enfront la subjectivitat dels documents en aquests aspectes es preveuen canvis en el sistema de contractes que facin possible una millor delimitació de responsabilitats i pautes de seguiment.

-El ús i llicència de consulta del model per part de client pot ésser revocada en cas de disputa de honoraris.

Pel que fa a la propietat intel·lectual del model, si bé és cert que els requisits i documents necessaris no varien gaire en comparació amb el sistema que ha existit fins ara en quant a permisos de còpies i distribució de documents, sí serà necessari definir i delimitar la distribució no tant sols del model del conjunt del projecte sinó a més la dels models derivats o implícits que el conformen. Sabem ja que l'accés, distribució i manipulació del model està limitat a determinats agents del projecte segons cada etapa, per això en BIM és especialment important establir els límits de distribució i tractament de la informació. Això suposa a més una major consciència sobre les llicències dels recursos informàtics utilitzats i les mesures necessàries per impedir usurpacions del copyright.

Vist això, podem deduir que si bé és necessari acabar de polir la normativa legal existent per adaptar-la a les singularitats del BIM, aquests canvis no són prou significatius com perquè la transició de un a altre sistema suposi un entrebanc en el desenvolupament normal de la obra.



## **6.-Interacció entre el BIM i els nous conceptes**

### **6.1.-BIM i SmartCities**

Com ja hem esmentat, un dels pilars fonamentals de la correcta implantació de model de ciutat intel·ligent depèn directament de la implantació dels models BIM. Aquests han de fer possible el processament de la informació obtinguda mitjançant el Big Data de les construccions que configuren el entramat urbanístic. Aquesta informació que definirà el conjunt de la ciutat en tota la seva complexitat, des de les seves estructures, façanes carrers i avingudes fins al relleu geològic i les seves característiques geotècniques de la superfície sobre la que s'aixeca, faran possible el CIM (City information modelling) de cara a l'anàlisi i avaluació de projectes de major envergadura, distribució de bens públics per a la seva correcta gestió, operacions de manteniment i renovació a gran escala en el conjunt de l'entramat amb els mínims costos per a l'administració pública.

Entre les iniciatives més destacables, a hores d'ara ja a Londres s'està desenvolupant un anàlisi i modelització exhaustiva del subsòl que es processarà per a poder ésser utilitzat per a pròximes construccions i projectes, reduint-se així els costos que impliquen els anàlisis i excavacions geotècnics i els riscos que pot suposar topiar amb construccions subterrànies.

### **6.2.-BIM i GIS**

En relació als debats existents entre un i altre sistema de processament de dades, existeix consens en el sentit en que cadascun d'aquests programes opera de forma independent. BIM s'orienta a la projecció i modelatge de estructures i construccions amb l'objectiu d'aconseguir un model comprensible, únic, i treballable a temps real per a múltiples usuaris i que sigui fàcil de corregir i avaluar. GIS s'orienta a l'anàlisi d'entorns, espais i territoris, caracteritzant una superfície pels elements presents, singularitats i depressions geogràfiques existents mitjançant l'avaluació, ordenació i classificació d'un indret. Ambdós comparteixen l'ideal de model únic fàcilment treballable, manipulable i analitzable de funcionament en base a una base de dades capaç de prendre, interpretar i utilitzar aquesta informació, per definir un contrafort o per determinar la demografia d'un territori. Malgrat tot encara avui no existeixen programes que combinin bé ambdós softwares, però la reciprocitat d'acció de cadascun suposaria facilitar i incrementar les seves funcions mútuament, doncs en usar BIM podríem prendre les superfícies topogràfiques de GIS en 3D (a hores d'ara només aptes en CAD o mitjançant processos complexes de traspàs de codi i format) i en el cas de GIS podríem aconseguir caracteritzar totes i cadascuna de les obres en el territori modelitzades d'aquesta manera per determinar amb precisió la quantitat de superfície urbanitzable, construccions subterrànies existents en el terreny, etc.

### **6.3.-BIM i la robotització de la construcció**

De cara al futur una altra gran avantatge de la modelització en BIM és la possibilitat de simplificar i transmetre totes aquestes dades i informació no només al contractista pertinent sinó a altres programes amb la capacitat d'interpretar-la i fer-la realitat mitjançant automatismes. A continuació presentem alguns exemples del potencial que suposarà disposar del model digital del nostre projecte

**Tekla**

Tekla ja ha impulsat un projecte conjunt amb Trimble Robotic Total solution, desenvolupant un programa per d'enregistrament automatitzat de l'àrea de construcció. Swinerton Builder és la primera firma que ja està posant en pràctica aquest mètode en el projecte d'expansió de la Waikiki plaza de Honolulu. En aquest sentit, es va programar el dispositiu d'enregistrament de dades perquè convertís automàticament les dades de l'espai de treball en un format digital treballable (com el núvol de punts analitzat prèviament).

### Sanska

La empresa sueca Skanska va demostrar en el muntatge de la seva nova oficina a Noruega que amb un braç mecànic sobre una plataforma mòbil soldant les juntes de les bigues estructurals es podia arribar a aconseguir els mateixos resultats, qualitats i resistència que mitjançant mà d'obra amb la meitat de temps.



Braç mecànic de Skanska

### Quadcopters

El BIM també ha estat la eina de treball mitjançant el qual es transmet informació als Quadcopters fruits de la recerca Gramazio Kohler. Aquests Quadcopters tenen un sistema de funcionament similar als Drones però amb finalitats de càrrega i transport més que d'obtenció de dades; Corregint la seva trajectòria a partir dels sensors de què disposen permeten aconseguir un alt nivell de resolució en quant a coordenades i localització del sistema, fent possible el transport i la deguda descàrrega del material allà on es desitgi. Aquests sistemes a part de càrrega, descàrrega i transport són valorats per les possibilitats que ofereixen a l'enginyer en quant a tensió i transmissió d'estructures tibants d'acer.

### Winsun

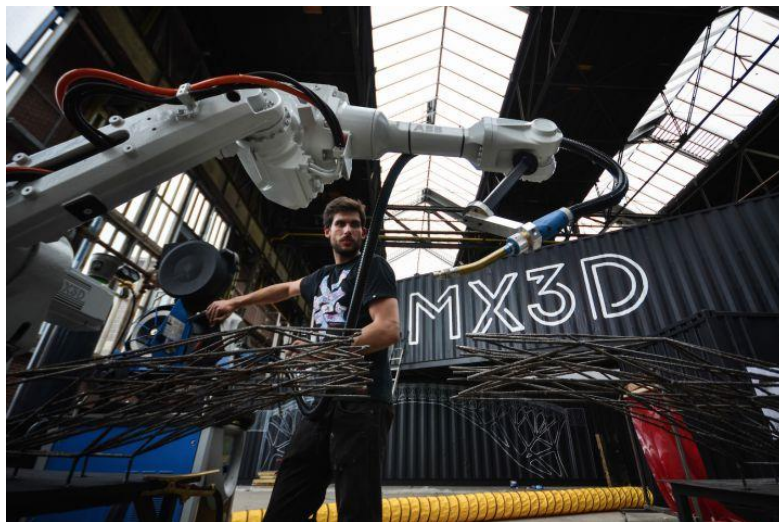
A Xina, la companyia Winsun mitjançant els mateixos sistemes de lectura de programes han desenvolupat un sistema de mecanismes de considerable envergadura similar a les ja existents impressores 3D capaç de construir edificacions en sèrie, segons ells estalviant un 60% de materials de construcció, 70% de temps i 80% de costos de mà d'obra.



Exemples de les construccions impreses de la companyia Winsun

### MX3D

Joris Laarman juntament amb MX3D també han estat desenvolupant un prototip de braços mecànics de disseny i construcció de ponts metàl·lics basats en figures fractals. S'està provant al canal de Oudezijds Achterburgwal, a Amsterdam, el procés de impressió es va iniciar el 2015 i s'estima acabar-lo el 2017. El repte roman en trobar la manera de que el robot suporti les elevades temperatures de l'acer fos i el situï en el instant adient en el punt de l'espai corresponent. S'estan provant altres materials de refredaments més ràpids i més lleugers que puguin substituir l'acer convencional per estructures.



Robot de fabricació i soldatge de estructures de MX3D

Altres eines més conegudes al mercat com els drons, també estan trobant una forma de interactuar amb BIM. Ja hi ha programes de captació d'informació i disseny, que enregistrant la informació obtinguda per aquests són capaços de representar gràficament un volum o una estructura. També són útils en el anàlisi del terreny on es vol construir, per definir amb major exactitud i precisió les condicions de relleu on volem modelitzar el conjunt, i transmetre'ls directament a la nostre base de dades.

### 6.4.- BIM i LEAN

LEAN és un concepte creat per James P. Womack i Daniel T. Jones amb el que denominaven la metodologia de treball i millora durant el tractament i anàlisi del sistema de producció de Toyota. Aquest sistema té com a objectiu optimitzar els processos de creació seguint les pautes

estrictament necessàries per al seu desenvolupament, en harmonia amb les condicions de contorn a què està lligada la empresa. Aconseguir-ho, depèn de posar en pràctica tota una sèrie de conceptes amb els que hauríem d'aconseguir comprendre la tasca a desenvolupar, comprendre com es pot simplificar el pas entre la necessitat i l'objectiu, i comprendre què ens ajuda a portar-ho a terme. La idea en sí tendeix a resumir-se en 5 punts que engloben totes les facetes i àmbits a replantejar:

- 1.-Identificar el valor que el client desitja del nostre producte. Quins aspectes del nostre disseny constructiu interessin als promotors i què hem de potenciar per atraure'ls?
- 2.-Identificar el mapa de la cadena de valor del nostre producte o servei. Entendre com influeix cada etapa de desenvolupament del model (càlcul estructural, disseny, instal·lacions), quin valor aporta cada etapa, com es descomponen, i descartar les etapes que no aportin al nostre servei cap mena de valor afegit.
- 3.-Agilitzar el flux del nostre producte durant la cadena de valor. Una vegada coneixem el procés de desenvolupament correctament, extraiem o reduïm al màxim totes aquelles etapes o aspectes que ralenteixen el avenç del nostre producte cap al client final.
- 4.-Produir en funció de la demanda del nostre producte, estalviant-nos stocks innecessaris.
- 5.-Cercar la perfecció i contínuament mirar de optimitzar i agilitzar la producció del nostre producte (aconseguir millors eines de disseny, horaris productius, etc)

Aquests anàlisis inclouen aspectes que van des de les condicions de l'espai de treball fins a la definició d'un model de referència que ajudi al treballador a fixar-se uns objectius i superar-los, combinant processos d'automatització industrial amb conceptes singulars del mode de treball i jerarquies japoneses.

Aquest concepte, més pròxim a una conscienciació del sistema de treball amb l'objectiu de replantejar-lo que no pas un mètode concret de procedir, malgrat que originalment estava orientat a sistemes de manufactura com és el automobilístic, es va transmetre i adaptar per fer-lo compatible en tot els sectors industrials possibles, entre ells, el de la construcció.

Pel que fa a la relació entre el BIM i el LEAN, existeix un debat entre els partidaris de que el BIM és la solució natural creada per fer possible el mètode de optimització LEAN i els que consideren que ambdós conceptes si bé es complementen, són independents entre sí.

Pel que fa al primer punt de vista, efectivament s'ha vist que el BIM comparteix amb el sistema LEAN de treball l'objectiu comú de optimitzar el procés de desenvolupament del projecte en base a un únic model compartit entre els diferents projectistes. Amb això aconseguim reduir el consum de recursos ja siguin econòmics (estalviant-nos errors i correccions imprevistos) o temporals (amb càlculs o dissenys). Però també és cert que si el LEAN és un ideal més aviat abstracte, que variarà d'acord amb el tipus de negoci i objectius, el BIM ens ofereix tota una sèrie d'eines definides i que pretenen ajudar-nos a assolir objectius concrets i tangibles (reduir costos, facilitar la interoperabilitat, observar a temps real la relació entre el nostre disseny i esforços, etc).

### 6.5.-BIM i sostenibilitat

Amb l'actual conscienciació general sobre la importància de assolir una indústria sostenible, un dels aspectes més ben valorats sobre els softwares de treball en BIM és la facilitat amb la que ens permet conèixer fins a quin punt les nostres construccions ajuden a optimitzar el consum de recursos, ja siguin materials o energètics.

Pel que fa a la reducció de consum de bens materials, gràcies a la parametrització de la informació i a l'enregistrament automàtic de materials utilitzats a la obra, coneixem amb més detall la quantitat de recursos que consumim, i per tant, ens podem permetre menors quantitats de material de marge. S'estima que de tots els materials d'obra, entre un 10 i un 15% acaben esdevenint brossa, i (segons el WRAP 2011) només a Anglaterra el 32% del material de rebuig prové del àmbit de la construcció. Ajustant els diagrames de treball, parametritzant les propietats del terreny i amb un contacte més fluid entre la oficina i la obra, podem definir amb més claredat els marges de maniobra i consum als que estem lligats, i com a conseqüència restringir el nostre impacte en l'entorn durant el procés constructiu. Destaquen els estudis fets a l'Àsia sobre com el BIM redueix aquests residus. Com es pot veure en l'article *Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea*, si el 2013 el 50% de la brossa generada prové d'aquest sector, mitjançant un anàlisi comparatiu es dedueix que el BIM pot ésser responsable d'una reducció d'entre un 4 i un 15% respecte projectes on no s'utilitza.

Pel que fa al consum energètic, a diferència del sistema tradicional de representació en 2 dimensions, el fet de disposar del model únic de 3 dimensions degudament parametritzat ens permet calcular amb més facilitat el consum energètic que necessitem per satisfer els límits establerts per la normativa estatal. Com ja hem vist prèviament, el mateix programa REVIT en el comandament de instal·lacions ens permet calcular el grau d'eficiència energètica de la nostra estructura a partir de les instal·lacions tèrmiques que afegim i, mitjançant les coordenades i orientació de les façanes, esbrinar fins a quin punt la llum i calor natural ens permet estalviar en consum d'electricitat. Aquest aspecte és decisiu en el moment d'estimar els costos econòmics que suposarà mantenir un ambient còmode durant tot l'any als usuaris que hi hagin de viure o treballar, i igual que en altres aspectes disposem també de plug-ins que agilitzen les estimacions d'eficiència (existeixen ja codis en Dynamo que mitjançant les condicions de contorn de situació i orientació de l'estructura ens defineix la forma que ha de tenir per aconseguir un mínim consum energètic, tractat prèviament).

En últim terme, cal destacar també la existència d'iniciatives creades amb l'objectiu de compatibilitzar el concepte LEAN i el mètode BIM per assolir un major grau de sostenibilitat en els dissenys i construccions (*Exploring the synergies between BIM and LEAN construction to deliver highly integrated sustainable projects*, University of Auckland, Nova Zelanda).

**Principals programes BIM d'estudis d'eficiència energètica:** Ecotec Analysis (Autodesk), ECO Designer Graphisoft, CYPECAD MEP energy Plus (Cype), Energy Simulator (Bentley)

## 7.-Detractors i escepticisme envers el BIM

Havent mencionat totes les aplicacions, limitacions, circumstàncies i àmbits d'aplicació de la metodologia BIM, contemplem ara, quins són principalment els inconvenients que pot tenir? En què es basen els escèptics per rebutjar aquest model?

### Primer cas: Canvi en el mode de treball

En primer lloc trobem els que hi renuncien com a canvi radical de treball. Personal acostumat tota la seva existència a un model de treball en CAD, a tota una sèrie de pautes i passos a desenvolupar, que per la inèrcia de anys de pràctica i esforç, una alteració tant significativa en el seu sistema de procedir convencional és interpretat com una amenaça. Evidentment aquest canvi implica un coneixement i exercici de la nova metodologia des de zero, fet que en aparença pot suposar per al estructurista o dissenyador que porta anys treballant en aquests vessants perdin el factor experiència com a valor afegit del seus respectius currículums, rebaixant-se a competir amb treballadors novells. Aquest factor és en part vertader i en part fals, doncs si bé és cert que les innovacions ens situen a tots a un mateix punt de partida de zero coneixements en aquella matèria, sistema o metodologia, també és cert que el personal amb experiència d'anys en el món de la construcció seguirà comprenent correctament les raons, els justificants, el motius i els passos que es desenvolupen en cada fase del projecte i per a l'assoliment del model. Això sí, per la seva part hauran de saber i aprendre a projectar aquests coneixements adquirits durant anys en el sistema i metodologia virtual.

Des de les últimes dècades que el desenvolupament en les ciències en general i en la informàtica en particular l'adquisició de nous coneixements de forma constant, la actualització dels sistemes de treball i el fet de estar al dia i atent als canvis i avenços que apareixen en el sector és implícita i obligatòria en l'ofici de l'enginyer, si aquest vol complir correctament la seva funció (i no només en la construcció, també en pràcticament totes les demés ciències existents). Encallar-se en un mètode en la era dels avenços tecnològics suposa un endarreriment en un entorn de treball global, que només pot derivar en la extinció d'aquella empresa o en la pèrdua de competitivitat en l'enginyer.

Afortunadament amb l'increment d'innovacions també s'incrementa el nombre de plataformes destinades a empreses o usuaris que desitgin mantenir-se al dia dels últims programes de treball i sistemes de modelització (com en el cas de Zigurat, entre d'altres, al que he tingut el plaer de assistir) i la millora de les fonts de telecomunicacions ajuda també a l'intercanvi d'informació, cursos, tutorials i resolució de dubtes sobre aquesta temàtica.

### Segon cas: Canvi en els rols de treball

En el segon cas de escèptics amb els sistemes BIM hi figuren els agents que contemplem el programari com a competència directa en la tasca que desenvolupen. Podríem prendre com exemple el *quantity surveyor*, responsable de calcular, comprovar i assegurar els materials, en quantitats i costos, que es requereixen per a la obra. Com hem pogut comprovar el BIM facilita considerablement aquesta última tasca mitjançant les taules de filtre paramètric on podem seleccionar i veure la informació precisa que ens interessa en cada etapa o fase del projecte.



Tots els agents que es trobin en aquesta situació de vulnerabilitat enfront als nous programaris a curt termini no es veuran directament perjudicats, atès que com a noves tecnologies requeriran canvis, millores, assajos i temps per aconseguir un correcte funcionament i precisió. D'aquesta manera els càrrecs involucrats tindran la tasca de comprendre i, com en el cas anterior, projectar els coneixements amb els que són competents per assegurar el correcte funcionament del programa, i assegurar la introducció de dades correctament (on el programa està condicionat pel factor humà) revisant la coherència dels resultats obtinguts. A llarg termini si és cert que els serà convenient prendre partida o bé en altres matèries de innovació amb que pugui partir de zero i tenir les mateixes oportunitats que qualssevol altre usuari a especialitzar-se o bé en el perfeccionament del sistema i algoritmes d'aquests programes aprofitant la seva experiència en la seva disciplina, ja sigui pel replanteig dels sistemes de càlcul com en la simplificació d'introducció i obtenció de dades.

### **Tercer cas: Canvi en el mode de cooperació**

Hem tractat ja en l'apartat referent a la regularització legal del BIM les conseqüències de la interoperabilitat en les consultories responsables de la planificació de projectes. El fet de intercanviar contínuament informació entre les diferents parts, la interoperabilitat d'aquest tipus de programes i la capacitat de manipulació del model a temps real, si no està degudament regulada, pot suposar problemes alhora de responsabilitzar a un agent del projecte en cas d'error de disseny o de càlcul. Les línies que separen el marge de maniobra són menys nítides i per tant existeix el risc de associar un error a un equip innocent o que s'ha basat en un imperatiu de una de les altres part implicades.

En el cas dels contractistes el que els pot suposar un inconvenient és fins a quin punt les assegurances podran cobrir aquest tipus de errors en cas d'endarreriments o incidents durant l'obra. A hores d'ara les assegurances convencionals no treballen amb aquest tipus de circumstàncies per ésser considerablement noves, i per tant la forma en que es cobriran encara està per determinar. Tot i així s'estima que properament, com a conseqüència directa de la implantació global del mètode BIM, s'elaborin nous sistemes per fer front a aquests casos.

### **Quart cas: Canvi en les eines de treball**

El BIM, com qualssevol mètode o eina, està orientat a satisfer uns objectius, però té unes limitacions i condicionants. Ja hem incidit prèviament amb la incompatibilitat entre els softwares BIM i GIS, dues eines potents i considerablement útils que encara avui per poder-se complementar és necessari un traspàs de informació mitjançant plug-ins, de forma lenta i indirecte. El temps i els pròxims avenços en el món de la programació hauran de fer possible amb el temps la seva interrelació, però ara per ara restem lligats a la espera d'un possible conveni entre les companyies que treballen amb ambdós softwares.

### **Cinquè cas: Canvi en el context de treball**

Per poder fer ús de la metodologia BIM es requereixen tota una sèrie de programes i sistemes que encara s'han d'estendre en molts indrets. Com ja hem pogut comprovar, tot i que en tots els països més desenvolupats econòmicament d'arreu del planeta ja hi ha tota una sèrie de normatives i plans d'implementació, mig món, i molts països en vies de desenvolupament encara requereixen uns quants anys abans aquest sistema es normalitzi. Encara avui a Europa

existeixen (cada cop menys, però existeixen) companyies i empreses que no estan conscienciades ni disposen dels softwares ni del coneixement per explotar-los convenientment. Això suposa que la empresa que estigui treballant amb aquest mètode tingui un numero de possibles col·laboradors, subcontractistes i consultories acotat als que també disposen de eines similars i del coneixement per utilitzar-les correctament. Si en una regió concreta encara no hi ha un nombre significatiu de professionals BIM suposarà no fer ús del potencial de molts d'aquests programes i no aplicar degudament la metodologia BIM, que per definició ha estat creada per optimitzar recursos temps i complicacions, no per suposar una treva al correcte desenvolupament del projecte. Malgrat tot, si ens basem en els resultats del National BIM report 2016 elaborat per NBS d'Anglaterra, s'ens informa de el creixement de 48 al 54% d'empreses que en el últim any s'han adaptat a les necessitats del nou sistema, amb certes reticències i però en continua expansió. Si es verifica la implementació generalitzada prevista pel 2020 aquest punt no haurà de suposar un entrebanc per al desenvolupament del mètode.

### **Sisè cas: Dependència de softwares**

La obligatorietat del BIM en la normativa i presentació de models de grans projectes de construcció, donats el relativament reduït nombre de softwares que ho fan possible, com ja s'ha esmentat prèviament suposa un monopoli per a aquestes grans companyies de les que els fabricants d'arreu del món interessats a presentar-se en concursos de gran envergadura estaran forçats a dependre'n. Per aquest motiu és cada vegada més important disposar de coneixements de programació que permetin a l'enginyer operar amb llibertat amb els seus propis càlculs i resultats degudament normativitzats mitjançant softwares d'elaboració pròpia que puguin conèixer, controlar lliurement i entendre per suplir possibles mancances d'aquests gran programes i per no haver de dependre i esperar la seva actualització.

### **Setè cas: Amortització del canvi**

En aquests últims anys si bé és cert que han sorgit canvis de considerable envergadura que han marcat múltiples vessants de la nostra societat, ja sigui en el transport o les telecomunicacions, també és cert que no totes les grans revelacions tecnològiques s'han adaptat amb èxit a les circumstàncies. Les novetats i els canvis són molts però precisament per aquest mateix motiu és tan fàcil que una innovació alteri el mercat com que una de nova la deixi obsoleta. I és que és evident que amb el temps el BIM serà algun dia un simple record, si la història evoluciona correctament d'acord amb les noves necessitats de la humanitat, però la qüestió que fa aixecar escepticisme entre els detractors de la metodologia és si aquest cicle de vida serà prou llarg com perquè surti a compte invertir en la seva aplicació i aprenentatge. En resposta a aquest aspecte podem deduir a que si bé és cert que almenys per ara és impossible conèixer el futur, si ens basem en les repercussions que està tenint arreu del món, els projectes de implantació i la normativització del mètode per part de les administracions de múltiples països desenvolupats, i sabent, a més, dels avantatges que suposa disposar d'un programari on les funcions de disseny es complementen amb les de interoperabilitat, tot apunta a que si el BIM esdevé una simple etapa en el procés evolutiu del projecte constructiu, les etapes següents no estaran precisament deslligades dels avantatges que aquest ens aporta. Hi ha moltes formes de simplificar el sistema de treball però per força aquest passen per conceptes i funcions que el BIM aporta i millora, funcions que haurèm de conèixer sinó avui, demà, sigui quin sigui l'acrònim amb que es presentin. Com a exemples de pròximes iniciatives s'està parlant ja del BAM, Building Assembly

Modelling, i el BOOM, Building Owner Operator Model, com a les etapes de optimització que han de venir, però ambdues només són possibles a partir de la metodologia BIM de partida.

### **Vuitè cas: Canvi en la precisió de treball**

Un altre de les principals qüestions que s'al·leguen en retractar el mètode es basen en el risc que suposa per als promotors en general i per a la administració pública en particular el fet de pactar un projecte amb un elevat nivell de detall. Tenir controlats i definits tots i cadascun dels elements de una edificació, amb les seves corresponents dades paramètriques, situació i funció pot donar peu a que en el moment de fer-se realitat el projecte existeixin molts més motius per al director d'obra que permetin incrementar els preus i costos pactats inicialment. El marge de maniobra requerit per aquest serà inferior però les parts del projecte que es replantejaven in situ en el procés de construcció ara arriben a un nivell de precisió que abans no es podia assolir, remarcant-se molt més les possibles diferències entre el projecte físic i el model 3D. Com ja s'ha comentat prèviament, existeixen sistemes de captació d'informació mitjançant LASER Scanning que fan possible la comparativa i comprovació de que tots i cadascun dels elements de la obra està degudament situats d'acord amb les coordenades del terreny introduïdes en el model, d'una precisió molt superior als sistemes tradicionals de fotogrametria i disponibles per a distàncies curtes. Però fins a quin punt pot ser negatiu el avenç en el sistema de disseny i projecció? Si l'objectiu final i suprem de un projecte constructiu és la seva estabilitat, qualitat i habitabilitat, qualssevol avenç en favor de assolir aquests últims tres objectius amb major precisió ha de implementar-se indiferentment de les especulacions que pugui fer la constructora o el promotor de la obra, que són a la pràctica els últims i únics responsables de les trampes legals a que puguin recórrer (de nou, l'error segueix éssent estrictament humà).

Com hem pogut comprovar, a la pràctica, els possibles desavantatges associats al BIM es refereixen més aviat als softwares implícits que no al mètode en sí, i es poden resumir com a pors a la innovació. Pors comprensibles, com les pors i dubtes que totes les innovacions al llarg de la història han suscitat al conjunt de la humanitat, sobretot a canvi a nivell global i que alteren sistemes de desenvolupament que per la força del temps i de la costum han canviat relativament poc i qualssevol canvi a aquests s'ha vist amb escepticisme. Afortunadament també disposem a l'actualitat dels mitjans perquè el canvi s'apliqui gradualment i s'estengui amb facilitat arreu d'on hi hagi gent disposada a aprendre'l. Els errors que es puguin derivar de l'ús del programa, són a la pràctica humans, i els codis UBIM que s'estan definint arreu del planeta ja estan dissenyats per controlar-los i evitar-los, tal i com ho ha fet la normativa de construcció durant tant de temps.

## 8.-BIM en l'educació de l'enginyer civil

### 8.1.-Educació BIM

Les branques de coneixements de la construcció, ja sigui de l'enginyeria civil o l'Arquitectura són de les disciplines amb més anys d'experiència. Des de les primeres cases d'Adobe a Mesopotàmia, passant pels igurats, les piràmides d'Egipte, les vies i aqüeductes romans demostren que des de fa més de 7000 anys que la construcció és imprescindible per al desenvolupament de la societat. Però el que determinarà si l'antiguitat d'aquestes disciplines són un avantatge o un inconvenient serà la capacitat amb que els pròxims enginyers puguin i sàpiguen assimilar la evolució d'aquests nous sistemes, és a dir, d'aprendre ràpid i captar correctament les possibles correlacions que es poden explotar entre el incipient món de la programació amb el de la construcció. Per suposat els coneixements adquirits durant la carrera tant implícits (càlcul d'estructures, geologia, procediments de construcció, hidràulica) com derivats (tenacitat, paciència, temple) són i seguiran essent fonamentals, però els pròxims professors hauran d'aconseguir que l'alumne no només sigui capaç d'assimilar els conceptes i la matèria pertinent, sinó que la projectin sobre un programari.

A nivell empresarial, per exemple, quan no existien les eines de càlcul automàtic d'estructures cada empresa disposava de tota una sèrie de pautes i procediments particulars. La normativa era i és comú però el sistema de aplicació podia arribar a determinar la diferència entre un pressupost i un altre, fet determinant en un concurs. Avui dia treballem i coneixem múltiples softwares de càlcul però si una empresa vol ser competitiva respecte d'una altre ha de tenir el seu propi software particular que sigui capaç de controlar i conèixer per no haver de dependre dels servidors de Silicon Valley.

Així doncs, com a cas d'exemple, el estudiant de càlcul estructural haurà de entendre els diferent mètodes i procediments, haurà de saber resoldre els problemes pertinents, conèixer i comprendre els principals programes de estructures existents i (aquí trobaríem la diferència) desenvolupar el seu programa particular que resolgui els exercicis plantejats. Existeixen múltiples sistemes de programació simples de relativa facilitat de fer funcionar, els professors poden repartir plantilles simples predissenyades que l'estudiant pugui prendre com a punt de partida. Al final de la carrera cadascun hauria aconseguit acumular els coneixements de l'enginyeria civil en una aplicació on trobaríem interrelacionades totes les disciplines que es plantegen. Aquest seria el sistema més pròxim al BIM adaptat a la educació de l'enginyer del futur, que per força haurà de ser un bon programador.

Pel que fa a l'ensenyament del BIM i els softwares relacionats, podem destacar de la bibliografia adjunta, el document referent a la aplicació i ensenyança de la metodologia i operativitat a la universitat de Worcester Polytechnic Institute de Massachusetts, i l'article *How universities are teaching BIM: A review and case study from the UK*. En el primer s'analitza el grau d'avenços i matèries efectuades per la universitat que fan possible a l'alumnat la assimilació del mètode de funcionament BIM, en quins intervals s'aplica i com afecta això al mètode de treball convencional dels alumnes. Mitjançant una enquesta interna, s'estima que en el 2012 en el moment de desenvolupar projectes, dissenys o càlculs un 25% dels estudiants ja feien ús dels softwares BIM, i s'estima en les conclusions d'un increment en quant a nombre d'assistents en els cursos introductoris i l'ús de aquestes eines, pel creixent nombre de estudiants conscients de

la utilitat d'aquestes, de la importància de comprendre una metodologia innovadora en expansió a nivell global i pel prestigi que suposa disposar d'aquests coneixements de cara al currículum i al món laboral.

En el segon document, s'analitza de forma més generalista les vies amb les que universitats angleses i americanes estan preparant al futurs enginyers a treballar amb aquest sistema. Malgrat els canvis i innovacions que suposa el BIM, com en totes les innovacions al llarg de la història, destaca la facilitat d'aprenentatge autònom pel que fa a la part teòrica i elemental de funcionament dels programes. Gran part d'aquests, com REVIT o ROBOT d'Autodesk, disposen de llicències per a estudiants de fins a 3 anys gratuïtes. Existeixen a més múltiples cursos a internet, ja sigui gratuïts per Youtube o de pagament, que fàcilment ens aporten les bases mínimes al BIM. Això fa possible que en molts cursos introductoris al BIM desenvolupats en gran part de les universitats enquestades es prescindeixi de coneixements previs de programació o disseny (tot i que conèixer autocad pot ajudar considerablement a comprendre ADVANCE STEEL o REVIT, hi ha universitats que parteixen de zero en aquest sentit, de forma que el pas de la disciplina 2D a 3D és més fluid i directe). La part que requereix més implicació per part de la universitat és la referent a la aplicació pràctica d'aquests coneixements, i acostumar a l'alumne al seu ús per facilitar l'estudi i aprenentatge d'altres disciplines de la carrera a partir d'aquestes eines. En el cas anterior ja s'ha parlat de percentatges d'estudiants que s'acostumen a explotar els nous programaris per resoldre els problemes plantejats per la universitat, en aquest últim anem un pas més enllà i trobem ja casos de universitats posant en pràctica els coneixements BIM adquirits plantejant projectes en equips formats per estudiants de diferents universitats a diferents estats d'Amèrica. Aquesta mesura fa possible conscienciar a cadascun dels integrants de l'equip de la importància de la interoperabilitat dels models de treball i a preparar-los per a projectes de caire internacional en que es requereixi una comunicació fluida i clara indiferentment de les distàncies a les que es trobi cadascú.

Destaca també el fet que, si bé és cert que la majoria de les universitats enquestades presenten ja un pla d'ensenyament que inclou coneixements bàsics i introducció al BIM, en poques s'hi entra amb rigor i detall durant el grau inicial, centrant-se més en cursos paral·lels de post-grau com a disciplines opcionals de lliure elecció, fet incoherent amb l'objectiu de l'estat d'Anglaterra que pretén assolir aviat el nivell 2 de normalització i ús de BIM. Els canvis que suposa en el conjunt de les disciplines de la carrera, el material i temps necessari per part dels acadèmics i els costos econòmics que implica en quant a elaboració o adquisició de documentació, preparació o programari són els principals aspectes que restringeixen la normalització d'aquest tipus d'ensenyança en les universitats, pendents de corregir amb el temps.

A partir d'aquesta documentació finalment es resol que les principals pautes a tenir present en el moment de introduir i adaptar els coneixements de la carrera als nous sistemes de modelatge i treball:

-Planificar adequadament el sistema de treball i ensenyament de forma que sigui coherent amb els coneixements a transmetre. Com ja s'ha vist durant el treball BIM no és només un conjunt de programes. Els programes es poden aprendre com s'ha fet fins ara amb qualsevol altre tipus de software nou o ja existent, el que és més complex d'aconseguir és que l'estudiant operi en un projecte essent conscient de quina part té assignada, de tots els demés participants que col·laboren amb ell, i dels constants canvis que patirà el model de treball d'acord amb com

evolucioni el projecte. No és ja només un treball en grup convencional en que cadascú té una part i es desentén de l'altre, és un projecte en equip que en comptes de funcionar per etapes avança per iteracions.

-Saber prioritzar els continguts, procurar que siguin variats i ensenyin a l'estudiant tots els factors, sortides i singularitats del mètode BIM. Una forma simple de classificar les funcions bàsiques serien els programes d'edició, recolliment de dades i manipulació de continguts en el primer grup i els programes de treball conjunt, creació i interoperabilitat en el segon. Ja s'ha vist que existeixen múltiples plataformes de ensenyament i encara més programes que treballen amb BIM. Focalitzar els més destacables per aconseguir un alumnat preparat amb aquestes temàtiques i que cadascun d'aquests es pugui presentar a llocs de treball en càrrecs relacionats amb la gestió control i interoperabilitat és important, i per fer-ho possible convé conèixer les necessitats i exigències de les principals empreses de construcció. Això implica una correcta interacció entre el sistema educatiu i les empreses del sector.

-Igual que com s'ha estat fent fins al dia d'avui, de la mateixa forma que treballem i calculem basant-nos amb la normativa del territori pertinent, caldrà conèixer també les pautes de seguiment, els requeriments i les condicions que imposa la normativa en relació al desenvolupament del projecte i model BIM, ésser conscients que aquesta normativa evoluciona i varia amb el temps i acostumar als estudiants a prendre-la com a referència en el moment de treballar. Així doncs és important també una interacció fluida entre la universitat i els òrgans administratius responsables de la creació i modificació de aquesta norma. Prèviament ja s'ha mostrat com s'estructura la normativa BIM a Catalunya.

-Explorar, conèixer i explotar totes les múltiples vies d'aprenentatge ja existents arreu del planeta, i aportar-ne de pròpies. Elaborar documentació o tutorials de la pròpia universitat d'acord amb les singularitats que presenti la normativa BIM de la regió, trobar vies de ensenyament més eficients i saber interactuar amb altres universitats que busquen el mateix objectiu (com ja s'ha vist en el cas de les universitats Americanes).

## **8.2.-Plataformes de difusió d'actualitat i coneixements sobre el BIM**

Com a conseqüència de la importància que cada vegada més està tenint el mètode BIM en el món de la construcció a nivell global, s'han creat tota una sèrie de plataformes que permeten facilitar-ne la difusió entre els professionals del sector. La majoria d'aquestes plataformes disposen de sistemes de dades i canals tutorialis d'aprenentatge i difusió de fàcil comprensió per poder captar als usuaris acostumats als procediments constructius tradicionals i a més aporten notícies sobre avenços en el sector, descàrrega de noves plantilles i famílies de treball, novetats en quant a desenvolupament de software i plug-ins complementaris als programes BIM ja existents per augmentar la qualitat de treball.

Exemples d'aquests portals serien:

BIM Community, el portal principal en castellà amb seu a Barcelona.

BIM+, el portal principal d'Anglaterra, que inclou arxius i bases de dades tant del CIOB (the chartered Institute of Building) com del RIBA (Royal Institute of British Architects) o del BIM National Library.

BIM SPECIAL SECTION Mc Graw Hill Construction: Del portal de la mateixa empresa, destaca pels reportatges de investigació i articles de recerca sobre el BIM a nivell Global.

The BIM hub: La versió dels portals anteriors adaptada al món de la construcció als Emirats àrabs.

SmartMarket Brief: BIM Advancements, BIMcrunch, The B1M, Bond Bryan Architects o BIM blog entre d'altres

Tota aquests aporten notícies d'actualitat, borsa de treball, informació sobre cursos de formació, events relacionats, xarxes i recursos BIM, entrevistes i catàlegs d'empreses que disposen de tot el seu material disponible en formats compatibles amb els softwares BIM

### **8.3.-buildingSMART**

Com hem pogut comprovar un dels principals responsables de la implantació del sistema BIM en diferents països i continents és BuildSMART, una associació privada sense ànims de lucre orientada a la aconseguir la normalització de la metodologia i tractament de dades a nivell global. Va ser creada en la dècada del 90 amb l'objectiu de estandarditzar l'ús de softwares que agilitzessin el projecte constructiu entre les empreses del sector. En la organització participen constructores, immobiliàries, gabinets d'arquitectura, professionals i fabricants de material estructural o de mobiliari, abraçant així tot el ventall de usuaris que són responsables del procés constructiu.

Els principals objectius de la organització són:

- Desenvolupar i mantenir estàndards BIM internacionals, neutres i oberts.
- Impulsar la interoperabilitat entre disciplines, una de les singularitats del procés BIM.
- Desenvolupar i distribuir guies i documentació sobre el mètode.
- Resoldre els possibles problemes i restriccions derivades de aquesta metodologia.
- Aconseguir abraçar tot el cicle de vida del projecte (construcció, consum, rehabilitació, etc) dins la metodologia BIM

Origen:

L'origen de BuildingSMART el trobem als Estats Units el 1995, quan Autodesk emprèn una aliança privada de 12 empreses del sector de la programació i la construcció per plantejar un model innovador i alternatiu al procés convencional de projectar. Aquest projecte col·laboratiu va permetre fer palès que el procés constructiu es reduïa considerablement (tant pel que fa a temps com a diners) en existir interoperabilitat entre els agents participants. Enfront els avantatges competitius que ofería el mètode es va confirmar la necessitat tant d'establir uns estàndards globals com d'aconseguir que aquesta col·laboració fos oberta a totes les empreses del sector.

El 1996, enfront l'èxit de la iniciativa, es va fundar a Londres la International alliance for interoperability (IAI), on s'aplegaven empreses d'arreu del món compromeses a aconseguir

estendre el model BIM arreu. El 2008, per reflectir millor el seu objectiu es va replantejar el nom per Building SMART que encara avui dia utilitzem.

#### **8.4.-Zigurat Institute of Technology**

Escola superior online d'enginyeria i arquitectura amb seu a Barcelona. Amb 15 anys, ha aconseguit aplegar professionals de la construcció arreu del planeta. Especialitzats en ensenyament BIM i de softwares i programaris relacionats amb el modelatge, càlcul estructural i programació entre d'altres.

#### **8.5.-Newton Engenharia**

Fundada el 1990, a part de consultoria tècnica responsable de projectes que abasten des de cases particulars fins a grans construccions com és el cas de la terminal de creuers de Leixoes de Porto (efectuat mitjançant els programes de desenvolupament BIM) col·labora activament com a promotora del mètode BIM en múltiples universitats de Portugal a més de participar en congressos i fires internacionals especialitzats en els últims avenços en el món de la construcció.



## 9.-Conclusió

### 9.1.-Valoració final

Havent vist i après tot el que se sap sobre BIM fins a hores d'ara i amb els recursos disponibles, podem concloure que:

**-El BIM no és un software o un programari concret, és una metodologia i forma de operar, representar, relacionar i ordenar que ha de permetre simplificar al màxim el procés constructiu en general, i el procés de desenvolupament del disseny, model i documentació en particular.**

Hem analitzat els àmbits principals en que aquest actua per ara, que abasta des del càlcul d'estructures fins a la interpretació i tractament de informació paramètrica, i en els que actuarà i serà decisiu d'acord amb les innovacions que s'estan ja plantejant, des de la parametrització a partir de núvols de punts fins a la robòtica aplicada a la construcció. Els requeriments a què estem subjectes en el moment de projectar amb aquest sistema, ja siguin els formats d'arxiu o les incompatibilitats entre aplicacions, i els avantatges que suposa en el moment de coordinar tasques, preparar documentació, revisar unitats, representar i replantejar els models de treball. Hem pogut comprovar que si bé és cert que el mètode BIM afecta principalment la etapa de modelatge i confecció del projecte, i de tota la documentació implícita necessària per portar-lo a terme, el fet de disposar de totes les eines i pautes de desenvolupament degudament programades i ordenades en bases de dades quantificables (tot i el increment de temps que pot suposar en els primers passos de disseny del conjunt) a la pràctica facilita considerablement la seva materialització a peu d'obra. A més, la seva digitalització ens possibilita estar en tot moment a disposició de l'equip de treball per dubtes o incidents i consultar la documentació i plecs dels models per a la comprovació i revisió.

**-Existeixen tota una sèrie de softwares que fan possible el desenvolupament d'aquest mètode, de recursos que fan possible el seu aprenentatge, i de organitzacions que estan replantejant el seu sistema de funcionament d'acord amb aquest mètode.**

S'ha tractat l'origen i avenços que han fet possible les eines actuals de modelització i interoperabilitat, com interactuen entre sí a temps real si és precís, els programes de ensenyament i plataformes de educació que abasten des de vídeos de Youtube a Universitats d'enginyeria en cooperació amb empreses especialitzades en aquesta branca del sector, i com arreu del món (almenys en els països desenvolupats) s'està replantejant el format de entrega de la documentació per a que sigui compatible amb el sistema de treball digitalitzat. Això ens porta al punt següent.

**-L'enginyer civil que segueixi disposat a exercir la seva disciplina haurà de incloure en les seves aptituds la de assimilar, comprendre i aprendre tant el funcionament com el desenvolupament de aquestes eines i les seves repercussions en quant a formats de representació i sistemes de treball.**

Cada dia aniran apareixent nous sistemes de treball i manipulació de informació, de forma que com ja s'ha esmentat en l'apartat referent a la educació, l'enginyer que no vulgui restar a mercè

de els avenços informàtics haurà de tenir la capacitat de dominar aquests coneixements adequadament i de projectar les necessitats i requeriments de l'enginyeria civil, no per força o com a conseqüència de l'aparició del BIM, sinó com a deure en la seva meta de assolir la solució òptima, comprensible, ràpida i eficient. Per aquests últims 3 punts es pot valorar:

**El BIM suposa un impacte per a l'àmbit de la construcció, tradicionalment feaci a canvis en les pautes de coordinació, ordenació i modelització, però aquest impacte suposa un estalvi de temps, diners i incongruències, i una millora en interoperabilitat, enregistrament de dades i comprensió de models que es pot valorar com a positiu.**

Si ens basem en la documentació existent relacionada amb els efectes que té la metodologia BIM en el procés constructiu, les variàncies resultants entre aquests informes varien poc al voltant dels valors següents:

<b>Percentatge de eliminació de canvis no pressupostats (%)</b>	
CIFE-Universitat d'Stanford	40
Consultoria Branz	40
The Economist Intelligence Unit Report	61
Constructora Brandt	40
<b>Percentatge de reducció del temps d'elaboració de pressupostos (%)</b>	
CIFE-Universitat d'Stanford	80
Constructora Brandt	80
<b>Percentatge de reducció del temps d'elaboració del projecte (%)</b>	
CIFE-Universitat d'Stanford	7
McGraw Hill	19
The Economist Intelligence Unit Report	22
<b>Percentatge de reducció de costos del projecte (%)</b>	
McGraw Hill	23
Consultoria Branz	25
Tesis WON, J., CHENG, J. C. Y LEE, G. Universitat de Hong Kong	7
Constructora Brandt	10
UK Ministry of Justice	20
<b>Percentatge de reducció de residuos en obra (%)</b>	
Tesis WON, J., CHENG, J. C. Y LEE, G. Universitat de Hong Kong	4-15

Si mesurem ara la implantació a nivell global en funció de les actuacions desenvolupades en cada estat al respecte i a la normativització:

	<b>Any creació de la primera normativa/programa BIM</b>	<b>Any inici obligatorietat de presentar el projecte amb aquest format</b>	<b>Organismes responsables de la implantació</b>
<b>Estats Units</b>	2003	2007	U.S. General Administration, National Institute for building Science
<b>Anglaterra</b>	2011	2016	NBS, British Standards institute, BIM

			Task Group, AEC Committee, UK Government
<b>Singapur</b>	2012	2015	Building and Construction Authority
<b>Finlàndia</b>	2012	2007	Senate Propierties
<b>Noruega</b>	2007	2010	Civil State client Statbygg
<b>Austràlia</b>	2011		The Built Environment Industry Innovation Council
<b>Corea del Sud</b>	2010	2016	Korean Ministry of Land Infrastructure and Transportation (MLIT)
<b>Hong Kong</b>	2014		Hong Kong Housing Authority
<b>Canada</b>	2011		Institute for BIM in Canada
<b>Nova Zelanda</b>	2012		BIM acceleration Committee
<b>Alemanya</b>	2010	2017	Planen Bauen 4.0, BIM Stufenplan Deutschland
<b>Espanya</b>	2014	2018	BuildingSmart Spanish Chapter
<b>Catalunya</b>	2015	2020	BIMCat
<b>Estònia</b>	2008		Riigi Kinisvara,
<b>Irlanda</b>	2010		Cita Enterprise innovation network (CITA BIM)
<b>Suècia</b>	2014		Akademiska Hus, Fortifikationsverket, Riksdagsförvaltningen, Specialfastigheter Sverige y Statens Fastighetsverk
<b>Holanda</b>	2014		BIR, Nevos, TNO (Nederlands organization for applied scientific research)
<b>Portugal</b>	2014		BIMForum Portugal

La implicació existent tant per part de les administracions com per col·lectius privats ens permeten corroborar la importància que el mètode està prenent a escala global. Pel que fa a la integració del concepte, la implantació del mètode BIM, igual que en qualsevol altre implantació generalitzada en una empresa, suposa una inversió de temps (en aprenentatge, pràctica i assimilació) i diners (en llicències de software i aules especialitzades). Hem vist les alternatives de implantació en el model educatiu Anglosaxó, i les dificultats i avantatges que implica assimilar un sistema paramètric basat en la interoperabilitat. Tot i la complexitat de avaluació, si ens basem en l'estudi *Modelling the cost of corporate implementation of building information modelling* (Oluwole Alfred Olatunji, 2010) obtenim una estimació prudent sobre el pes que pot suposar cadascuna de les components essencials que ho fa possible, en percentatges respecte la inversió inicial.

	<b>% estimat respecte la inversió total de implantació de BIM (2010)</b>
Llicències de Softwares	55
hardware requerits per a compatibilitat	22
Aprenentatge (teoria i pràctica)	18

Altres (serveis, recerca)	5
---------------------------	---

Evidentment el cost en sí és ja variable amb el temps i el nivell amb què estiguem disposats a aprofundir sobre BIM. A hores d'ara disposem de rangs de preus d'entre els 373 euros que costa el plug-in de disseny i càlcul d'unions d'Idea Statica fins als 2637,8 euros que costa Revit a l'any. Malgrat tot, si partim de les dades aportades per els informes anuals de l'NBS, surt a compte doncs segons aquests si invertim un 1% del cost del projecte a fer possible el desenvolupament BIM del conjunt hauríem de recuperar un 6%, obtenint així un benefici net d'un 5% respecte de la inversió en BIM. Per altre banda, McGraw Hill en la enquesta de 2013 referent a la percepció sobre el ROI (Return On Investment) entre professionals del sector va obtenir els següents valors:

<b>% ROI estimat com a conseqüència del BIM</b>	<b>% Enquestats a favor</b>
100	3
51-100	7
26-50	17
10-25	27
10	20
0	15
Negatiu	10

És important destacar, com s'ha avisat prèviament, que la dificultat que suposa avaluar les variacions de temps i càlculs de preus entre projectes, tant pel fet de treballar amb múltiples variables (des del domini de softwares BIM de l'usuari fins a la possibilitat de patir imprevistos) com pel rang de tipologies de projectes (des de mobiliari urbà fins a grans infraestructures). Tot i això la similitud de resultats fa pensar en que existeix consens entorn aquests valors.

Així doncs, tant si ens basem amb la experiència i testimonis de les enquestes plantejades a professionals d'arreu del món, com en els avantatges que ens aporten les aplicacions disponibles en els programes BIM, podem concloure que malgrat les dificultats que suposi el canvi de model, malgrat la necessitat de aprofundir i polir les incompatibilitats encara existents en els softwares responsables de fer el BIM possible, és el BIM una etapa necessària tant per a la indústria de la construcció com per a tots els agents directa o indirectament influenciats per aquest sector. Les dificultats són les pròpies de qualsevol altre canvi important en les pautes convencionals de funcionament, i els inconvenients analitzats prèviament que puguin tenir els programes BIM, amb el nivell de tecnologia de que disposem actualment, no són més que oportunitats per acabar de definir i perfeccionar el nostre sistema de treball. El mètode en sí es correspon en el context històric que estem vivint, en què en detriment de la quantitat de recursos materials i econòmics convé centrar-nos en assolir en tots i cadascun del projectes, la màxima claredat i eficiència tant en el consum com en la creació de bens materials.

## 9.2.-Línies de futur

El BIM ha estat la resposta natural a la necessitat d'explotar els recursos i sortides que ens ofereixen les noves tecnologies digitals, i a situar el procés constructiu a un punt de partida que el possibiliti evolucionar en harmonia amb aquests avenços.

Aquests es poden distingir entre computacionals, referents al suport informàtic i codi de programa en què es basen (en creixement, avenços i solucions a curt termini) i els basats en intel·ligència artificial, orientats a aconseguir restringir al mínim la influència del error resultant del factor humà en el conjunt del projecte (a llarg termini).

### **Solucions i avenços a curt termini:**

Ja s'ha vist que encara avui existeixen múltiples limitacions que ens obliguen encara a treballar l'ordre de les dades i la informació manualment. És en aquest punt on es preveuen un major nombre d'avenços sobretot pel que fa a programes de adaptabilitat de formats i compartiment de dades.

S'ha vist ja el exemple de incompatibilitat entre els softwares BIM i el GIS. La metodologia BIM defèn la interoperabilitat i en resposta a aquestes barreres s'hauran de crear solucions. També els programes de suport, plug-ins, s'hauran d'incrementar en resposta a les limitacions de les grans plataformes, mentre a aquestes els resulti incompatible afegir-les, com succeeix amb els programes alternatius de renderitzat i efectes, o en el càlcul de unions complexes per a estructures singulars.

Per cada codi de programació, existent o per aparèixer es precisarà d'eines de compatibilitat per poder treballar amb els principals programes BIM, que ens seran més o menys convenients d'acord amb el tipus de projecte que estem interessats a fer.

També hem vist que encara hi ha pendent de creació una normativa ferma referent a les causes i responsabilitats de cada usuari participant en el model, sobre la seva influència en un projecte lligat simultàniament a múltiples disciplines.

### **Solucions i avenços a llarg termini:**

Dins dels avenços que han de venir a llarg termini, podem distingir entre la parametrització total de dades, i la intel·ligència artificial.

La primera, seria l'equivalent a assolir el nivell 3 a escala global, de forma que en la nostra base de dades disposarem de un catàleg global de elements constructius i una base de dades completa de empreses del sector de la construcció amb preus, descripcions detallades i fàcilment gestionable per cercadors web i softwares de optimització de preus.

El següent pas seria ja la reducció màxima del error resultant del factor humà en els projectes constructius: Els programes amb la base de dades global, només precisaran de nosaltres quina instal·lació volem construir, capacitat que ha de tenir, la superfície on s'ha de construir i condicions addicionals com poden ser la estètica, la volumetria, etc.

Tota la resta de dades i paràmetres els trobarà el programa en la normativa, i les bases de dades (geotècnia de la superfície indicada, condicions òptimes de salubritat requerides per a un ésser

humà, càlcul d'estructures, preus mínims d'acord amb algoritmes que combinin qualitat-proximitat de les manufactures, etc), tot inclòs a la base de dades internacional.

Però com es resoldrà el tema legal? Com sabrà interpretar el ordinador les nostres peticions? Com coneixerà quins punts de la normativa estàn directament implicats en el projecte?

Per comprendre-ho convé tornar al món dels superprocessadors. El Watson, creat per IBM, és ara per ara un dels dels ordinadors més potents existents en quant a recollida de base de dades i amb la capacitat de resoldre qüestions amb plantejades amb sintaxi i llenguatge natural, prescindint de una introducció abstracta de condicions de contorn com estem acostumats a fer en els programaris actuals. La seva base de dades mèdica fa possible esbrinar qualssevol malaltia a partir de una descripció dels símptomes per part del pacient, a partir del processament milions de casos enregistrats en múltiples dades de bases clíniques d'arreu del món. A tall d'anècdota, per provar-lo el van fer participar el 2011 en el concurs televisiu *jeopardy!* Nord-americà, guanyant el premi gros de 1 milió de dòlars. En el cas del BIM, quan parlem de disposar de una base de dades completa i assequible a escala global, ens referim a aquest objectiu: allà on el càlcul infinitesimal no hagi arribat, hi arribaran els assajos empírics enregistrats a escala global, de forma que puguem resoldre fàcilment i comparar els problemes del nostre projecte amb situacions similars prèvies, filtrant-les amb superprocessadors de informació. Arribat aquest punt, el ordinador ja entendreà en cada etapa del projecte quin punt dels plecs ha de satisfer. Però quan assolirem aquest extrem?

Segons les conclusions del projecte AI Impacts (Artificial intelligence impacts) desenvolupat per l'equip de recerca associat a la University of Oxford future of humanity conjuntament amb el Machine intelligence institute s'estima que existeix un 50% de probabilitats de que la intel·ligència artificial pugui substituir qualssevol ofici o tasca abans de hagin passat 100-120 anys. Malgrat que la dada en sí és molt qüestionable tenint en compte tots el canvis i alteracions que pot patir la humanitat d'aquí a 120 anys, si entrem a valorar oficis concrets obtenim resultats més precisos, d'acord amb el tipus de tasca que cal exercir, la seva complexitat, el factor humà psicològic i el grau de creativitat, si en 20 anys la possibilitat de que la feina de conductor de camions té un 97% de possibilitats de automatitzar-se (només cal veure els assajos ja existents per a cotxes autònoms fets per Google o Tesla), s'estima que en el cas de l'enginyer civil aquesta probabilitat és del 2%, en la pròxima dècada. Posteriorment però, les innovacions relacionades amb la intel·ligència artificial que hem tractat apunten a que qualssevol tasca, en que disposem d'una necessitat i requerim una solució, seran igualment automatitzables en els aspectes tècnics de la disciplina (vessants subjectives, com la component estètica, ja és més difícil de parametritzar).

### **9.3.-Cap a una Industrialització de la construcció?**

Com hem pogut veure, el BIM com a mètode ens permet simplificar considerablement el desenvolupament de projectes, gràcies a la acumulació de dades que incorporen tota la informació necessària per determinar les característiques del conjunt amb pèls i detalls, i de la interoperabilitat entre participants del projecte constructiu. Ara bé, quin serà el pròxim pas?

Plantegem per exemple, el disseny d'un pont. La complexitat és esfereïdora, tenint en compte tot el munt de normatives i documents legals necessaris per desenvolupar-lo, els càlculs necessaris per provar la seva resistència, els càlculs singulars de la obra amagats en la normativa,

entre les normatives i catàlegs disponibles, els anàlisis geotècnics, geològics, geogràfics, les crescudes del riu el moviment del terreny, el paviment i les característiques que aquest ha de tenir La tipologia d'estructura a utilitzar, el disseny, les pintures els constructors els administradors els promotors...

Però a la pràctica i realment què és el que estrictament necessitem saber per construir un pont?

-On comença

-On acaba

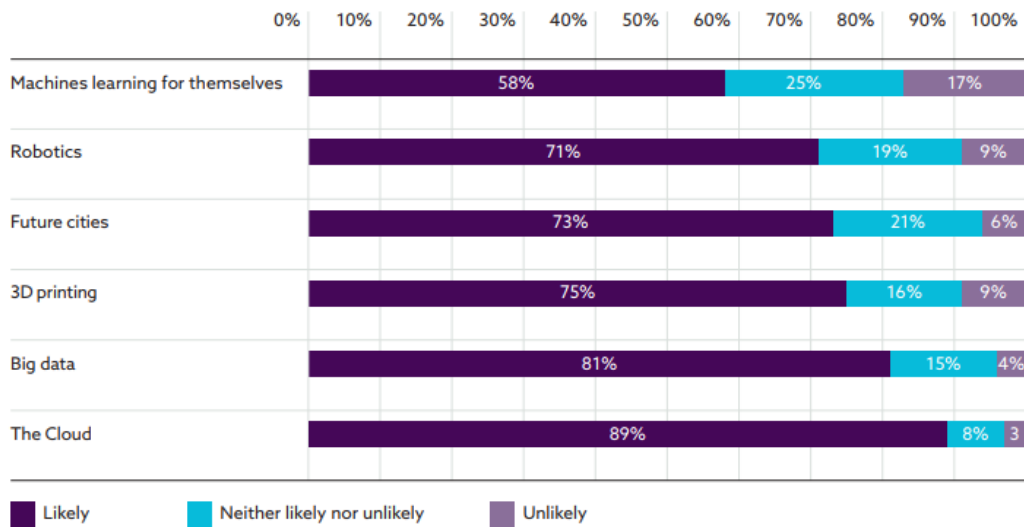
-Capacitat que ha de tenir

-Condicions de contorn

Els programes que vindran després del BIM hauran de permetre, només amb aquestes 4 dades, donar-nos automàticament una carpeta que inclogui tot el pla de projecte, tots els càlculs, tota la documentació legal relacionada amb aquest, el pressupost i les instruccions i procediments amb les que podrem, seguint pas a pas, tenir el pont llest.

Amb tota la informació degudament ordenada i catalogada, el software serà capaç de trobar el document referent a la superfície actual de la zona on volem construir, digitalitzada per l'institut cartogràfic del país corresponent. La informació geològica del terreny també hi estarà enregistrada, com ja s'està fent en moltes regions avançades o amb una elevada densitat de projectes constructius (ja hem esmentat el cas de l'anàlisi general del subsòl de Londres). El registre de la evolució del terreny, assentaments i estabilitzacions, s'anirà introduint periòdicament també pels geògrafs i topògrafs, i amb aquestes variacions el programa permetrà estimar la evolució en els pròxims anys i dissenyar el model d'acord amb això. Si a sota hi ha un riu trobarem també la informació i estadístiques de crescudes i periodicitat associades a aquest que periòdicament s'hi anirà introduint, i amb el que el software comptarà per optimitzar els marges de seguretat. Naturalment el programa estarà dissenyat per, d'acord amb la capacitat que hem introduït, deduir les càrregues que haurà de suportar, obeint la normativa, que periòdicament s'anirà reintroduint al núvol, i d'acord amb la premissa lògica de que hem de ocupar la mínima superfície possible de la cartografia on treballem. Si hi ha una construcció a sota o un terreny natural o un paisatge que s'ha de mantenir, ho introduïrem a les condicions de contorn definint els volums i superfícies on el programa no ha de projectar. La estructura serà, de entre totes les possibles existents en el núvol, la que el programa defineixi mitjançant algoritmes ja existents de optimització, la més barata i resistent. I finalment el paviment serà el més barat i resistent torbat d'entre totes les empreses que disposin del seu catàleg penjat al núvol, amb els seus respectius productes, el que resulti més barat de comprar i transportar. El fabricant també es trobarà entre la llista del núvol, i el programa, sabent que hi ha d'haver un preu mínim, un marge de seguretat establert a la normativa, i un cost de proximitat, calcularà la alternativa més adient.

### In terms of the future of the construction industry, how likely are the following technologies to have a significant influence?



Resultat de les enquestes de l'NBS referent a tecnologies que marcaràn el futur.

Tots aquests programes ja existeixen, per separat, però existeixen. Existeixen unes pautes i unes normes per al desenvolupament de cada peça que fàcilment es poden programar a dia d'avui. La precisió de la norma en el moment de calcular o estimar cada paràmetre també és fàcilment programable. Ja hi ha programes de càlculs geotècnics, de representació de superfícies via satèl·lit, de estadística i optimització. L'enginyer civil avui dia es limita a fer els passos entremetjats i les relacions i iteracions pertinents entre cada resultat de cada etapa, part i procés. Com el qui en una fàbrica rebia en una cinta, contínuament, una rosca i un cargol, i manualment ho cargola, passa el següent i així fins que apareix un mecanisme que ho fa automàticament, doncs amb els programes de què disposem avui dia fàcilment podem programar qualssevol procés d'aquest tipus.

Quan arribi aquest moment la nostra tasca com a enginyers es limitarà a buscar i introduir noves tècniques i materials en el núvol de informació, perfeccionar el software del programa, verificar que la documentació resultant és correcta, que es correspon amb la realitat i que està actualitzada, i seguir correctament les instruccions.

A part de, naturalment, resoldre els problemes inesperats, pels que sempre farà falta

Ser enginyós.



## 10.-Bibliografia

Si bé és cert que existeixen múltiples textos i articles en paper tractant el funcionament, les bases i l'impacte que tindrà el BIM en la nostra societat, els recursos més interessants, complets i detallats sobre aquesta metodologia la trobem en format digital, ja sigui de la mà de articles independents com de les principals webs internacionals de difusió BIM .

### -Història del BIM

#### GOUBAU, T.

The History of Bulding Information Modelling (BIM) - APROPLAN

**Text:** (Goubau, 2017)

**Bibliografia:** Goubau, T. (2017). *The History of Bulding Information Modelling (BIM) - APROPLAN*. [online] AproPlan. Available at: <http://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim> [Accessed 21 Aug. 2017].

### -BIM arreu del món

#### SHIOKAWA, T.

Building construction and BIM in Japan, Research and Development Committee Technical Research Section Chairman Obayashi Corporation, Technical Research Institute

**En el texto:** (Shiokawa, 2013)

**Bibliografia:** Shiokawa, T. (2013). *Building construction and BIM in Japan, Research and Development Committee Technical Research Section Chairman Obayashi Corporation, Technical Research Institute*. [ebook] Japan Federation of Construction contractors, pp.1-25. Available at: [http://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/bim\\_idds/pdf/4\\_en\\_1.pdf](http://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/bim_idds/pdf/4_en_1.pdf) [Accessed 21 Sep. 2017].

### CONSTRUCTION MANAGER - BIM AROUND THE WORLD - COUNTRY BY COUNTRY

**Text:** (Constructionmanagemagazine.com, 2015)

**Bibliografia:** Constructionmanagemagazine.com. (2015). *Construction Manager - BIM around the world - Country by country*. [online] Available at: <http://www.constructionmanagemagazine.com/insight/bim-around-world-country-country/> [Accessed 15 Sep. 2017].

### -Catàleg BIM Anglès de la NBS

#### NBS BIM TOOLKIT – FREE TO USE BIM LEVEL 2 RESOURCE

**Text:** (Toolkit.thenbs.com, 2017)

**Bibliografia:** Toolkit.thenbs.com. (2017). *NBS BIM Toolkit – Free to use BIM Level 2 resource*. [online] Available at: <https://toolkit.thenbs.com/> [Accessed 23 Aug. 2017].

### -Guia LOD dels Estats units d'Amèrica

## **LOD | BIMFORUM**

**Text:** (Bimforum.org, 2017)

**Bibliografia:** Bimforum.org. (2017). *LOD | BIMForum*. [online] Available at: <http://bimforum.org/lod/> [Accessed 23 Aug. 2017].

### **-Guia uBIM Infraestructures.cat**

## **GUIA BIM PER A LA GESTIÓ DE PROJECTES I OBRES**

**Text:** (Guia BIM per a la gestió de projectes i obres, 2017)

**Bibliografia:** Guia BIM per a la gestió de projectes i obres. (2017). [ebook] Barcelona: Infraestructures.cat, pp.1-51. Available at: [http://infraestructures.gencat.cat/arx\\_Not/170621161319\\_Guia\\_BIM\\_v.1.3.4.pdf](http://infraestructures.gencat.cat/arx_Not/170621161319_Guia_BIM_v.1.3.4.pdf) [Accessed 23 Aug. 2017].

### **-Plec de prescripcions tècniques particulars**

## **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS A LA ADJUDICACION DE LA ASISTENCIA TECNICA PARA LA REVISION Y ADAPTACIÓN DEL PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN Y ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA REHABILITACIÓN DEL ANTIGUO CINE FANTASIO**

**Bibliografia:** (2017). [ebook] Navia (Asturias): Ayuntamiento de Navia, pp.1-6. Available at: <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/705f7dbd-807f-46e0-8f26-2ee4f132de6d/DOC20170403131823Pliegotechico.pdf?MOD=AJPERES> [Accessed 23 Aug. 2017].

## **PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES DE LA CONSEJERÍA DE JUSTICIA E INTERIOR PARA LA CONTRATACIÓN DE SUMINISTROS MEDIANTE PROCEDIMIENTO ABIERTO O RESTRINGIDO SUJETOS A REGULACIÓN ARMONIZADA**

**Bibliografia:** (2016). [ebook] Córdoba: Junta de Andalucía, p.59. Available at: <http://file:///C:/Users/Jordi%20Damia%20L/Downloads/PCAP.pdf> [Accessed 10 Sep. 2017].

## **PLEC DE CLÀUSULES ADMINISTRATIVES, JURÍDIQUES, ECONÒMIQUES I DE CONDICIONS TÈCNiques PARTICULARS QUE HAN DE REGIR EL CONTRACTE CONSISTENT EN LA PRESTACIÓ DEL SERVEI DE PROJECT MANAGEMENT DURANT EL DESENVOLUPAMENT DELS PROJECTES I OBRES D'URBANITZACIÓ I D'EQUIPAMENTS ESPORTIUS QUE S'HAN D'EXECUTAR A L'ANELLA MEDITERRÀNIA DELS JOCS DEL MEDITERRANI DEL 2017.**

**Bibliografia:** Tarragona 2015

**Disponible a:** <https://seu.tarragona.cat/pdc-historic-201605/document/downloadFile/676AJPERES> [Accessed 23 Aug. 2017].

### **-Com afecta els sistemes de responsabilitats i lleis el BIM**

## **SPEECHLYS, C. R.**

BIM: Legal Issues | Lexology

**text:** (Speechlys, 2017)

**Bibliografia:** Speechlys, C. (2017). *BIM: Legal Issues | Lexology*. [online] Lexology.com. Available at: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=6922a57a-2bc1-4d19-a760-ec533ec2591f> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **BEAN, M.**

The Impact of BIM on Construction Law - Buildipedia

**Text:** (Bean, 2011)

**Bibliografia:** Bean, M. (2011). *The Impact of BIM on Construction Law - Buildipedia*. [online] Buildipedia.com. Available at: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-impact-of-bim-on-construction-law> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **-BIM i GIS**

### **KUEHNE, D. Y ANDREWS, C.**

Increasing interest in the fusion of GIS and BIM | ArcGIS Blog

**Text:** (Kuehne and Andrews, 2017)

**Bibliografia:** Kuehne, D. and Andrews, C. (2017). *Increasing interest in the fusion of GIS and BIM | ArcGIS Blog*. [online] Blogs.esri.com. Available at: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2016/04/01/increasing-interest-in-the-fusion-of-gis-and-bim/> [Accessed 21 Aug. 2017].

### **LIVINGSTONE, H.**

BIM vs. GIS | Cadalyst

**Text:** (Livingstone, 2012)

**Bibliografia:** Livingstone, H. (2012). *BIM vs. GIS | Cadalyst*. [online] Cadalyst.com. Available at: <http://www.cadalyst.com/gis/bim-vs-gis-14381> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **AMIREBRAHIMI, S., RAJABIFARD, A., MENDIS, P. AND NGO, T.**

A Data Model for Integrating GIS and BIM for Assessment and 3D Visualisation of Flood Damage to Building

**Text:** (Amirebrahimi et al., 2015)

**Bibliografia:** Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P. and Ngo, T. (2015). *A Data Model for Integrating GIS and BIM for Assessment and 3D Visualisation of Flood Damage to Building*. [ebook] Melbourne: Department of Infrastructure Engineering, The University of Melbourne, VIC 3010, p.12. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-1323/paper27.pdf> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **BIM i la rehabilitació**

### **CHENG, H., YANG, W. AND YEN, Y.**

BIM applied in historical building documentation and refurbishing

**Text:** (Cheng, Yang and Yen, 2015)

**Bibliografia:** Cheng, H., Yang, W. and Yen, Y. (2015). BIM applied in historical building documentation and refurbishing. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, pp.85-90.

#### **-BIM i els processos de demolició**

##### **MANN, W.**

BIM in the demolition industry | BIM+

**Text:** (Mann, 2017)

**Bibliografia:** Mann, W. (2017). *BIM in the demolition industry | BIM+*. [online] Bimplus.co.uk. Available at: <http://www.bimplus.co.uk/people/bim-potential-demolition-field/> [Accessed 21 Sep. 2017].

#### **-BIM i la robòtica**

##### **MX3D BRIDGE**

**Text:** (MX3D, 2017)

**Bibliografia:** MX3D. (2017). *MX3D Bridge*. [online] Available at: <http://mx3d.com/projects/bridge/> [Accessed 10 Sep. 2017].

#### **-BIM i la sostenibilitat**

##### **WON, J., CHENG, J. C. Y LEE, G.**

Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea

**Text:** (Won, Cheng and Lee, 2016)

**Bibliografia:** Won, J., Cheng, J. and Lee, G. (2016). Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea. *Waste Management*, 49, pp.170-180.

##### **EDIRISINGHE, R. Y LONDON, K.**

Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption

**Text:** (Edirisinghe and London, 2015)

**Bibliografia:** Edirisinghe, R. and London, K. (2015). *Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption*. [ebook] Eindhoven, Netherlands: 32nd CIB W78 Conference, pp.149-158. Available at: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2015-paper-015.pdf> [Accessed 15 Sep. 2017].

##### **PELSMAKERS, S., PELSMACKERS, S., MCPARTLAND, R. AND NICOLAS, R.**

BIM and its potential to support sustainable building

**Text:** (Pelsmakers et al., 2013)

**Bibliografia:** Pelsmakers, S., Pelsmakers, S., McPartland, R. and Nicolas, R. (2013). *BIM and its potential to support sustainable building*. [online] NBS. Available at: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-and-its-potential-to-support-sustainable-building> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **RAHMAN, A., GONZALEZ, V. AND AMOR, R.**

#### **EXPLORING THE SYNERGIES BETWEEN BIM AND LEAN CONSTRUCTION TO DELIVER HIGHLY INTEGRATED SUSTAINABLE PROJECTS**

**Text:** (Rahman, Gonzalez and Amor, 2012)

**Bibliografia:** Rahman, A., Gonzalez, V. and Amor, R. (2012). *EXPLORING THE SYNERGIES BETWEEN BIM AND LEAN CONSTRUCTION TO DELIVER HIGHLY INTEGRATED SUSTAINABLE PROJECTS*. [ebook] Auckland, New Zealand: University of Auckland, pp.1-12. Available at: <https://www.cs.auckland.ac.nz/~trebor/papers/RAHM13.pdf> [Accessed 15 Sep. 2017].

### **PELSMAKERS, S.**

#### **BIM and its potential to support sustainable building**

**Text:** (Pelsmakers, 2013)

**Bibliografia:** Pelsmakers, S. (2013). *BIM and its potential to support sustainable building*. [online] NBS. Available at: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-and-its-potential-to-support-sustainable-building> [Accessed 15 Sep. 2017].

### **-Discrepàncies amb el BIM**

#### **BIM AND ITS IMPACT ON THE FUTURE ROLE OF THE QUANTITY SURVEYOR**

**Text:** (The BIM Hub, 2017)

**Bibliografia:** The BIM Hub. (2017). *BIM and its impact on the future role of the Quantity Surveyor*. [online] Available at: <https://thebimhub.com/2016/03/07/bim-and-its-impact-future-role-quantity-surveyor/#.WbW76LJJbZZ> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **STOTHART, C.**

#### **Why quantity surveyors should not fear BIM**

**Text:** (Stothart, 2014)

**Bibliografia:** Stothart, C. (2014). *Why quantity surveyors should not fear BIM*. [online] Construction News. Available at: <https://www.constructionnews.co.uk/best-practice/bim/why-quantity-surveyors-should-not-fear-bim/8663299.article> [Accessed 23 Aug. 2017].

### **SINGLETON, J. R.**

#### **Building Information Modelling (BIM): the Good and the Bad**

**Text:** (Singleton, 2010)

**Bibliografia:** Singleton, J. (2010). *Building Information Modelling (BIM): the Good and the Bad*. [online] Singleton.com. Available at:

[http://www.singleton.com/en/Publications/Building\\_Information\\_Modelling\\_BIM\\_the\\_Good\\_and\\_the\\_Bad.aspx](http://www.singleton.com/en/Publications/Building_Information_Modelling_BIM_the_Good_and_the_Bad.aspx) [Accessed 23 Aug. 2017].

### **SMITH, L. B.**

How BIM is Crushing the Art from Architecture and How to Stop It | Architosh

**Text:** (Smith, 2017)

**Bibliografia:** Smith, L. (2017). *How BIM is Crushing the Art from Architecture and How to Stop It | Architosh*. [online] Architosh.com. Available at: <https://architosh.com/2013/11/viewpoint-how-bim-is-crushing-the-art-of-architecture/> [Accessed 23 Aug. 2017].

### **-BIM en l'educació**

### **SALAZAR, G. F., ALVAREZ ROMERO, S. AND DE LOURDES GOMEZ-IRA, M.**

Use of building information modelling in student projects at WPI

**Text:** (Salazar, Alvarez Romero and De Lourdes Gomez-Ira, 2017)

**Bibliografia:** Salazar, G., Alvarez Romero, S. and De Lourdes Gomez-Ira, M. (2017). *Use of building information modelling in student projects at WPI*. [ebook] Worcester: Department of Civil & Environmental Engineering, Worcester Polytechnic Institute, pp.1-8. Available at: [http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/01/2013-01-11Dp\\_-\\_Salizar.pdf](http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/01/2013-01-11Dp_-_Salizar.pdf) [Accessed 23 Aug. 2017].

### **A. ADAMU, Z. AND THORPE, T.**

How universities are teaching BIM: A review and case study from the UK

**Text:** (A. Adamu and Thorpe, 2016)

**Bibliografia:** A. Adamu, Z. and Thorpe, T. (2016). *How universities are teaching BIM: A review and case study from the UK*. [ebook] Loughborough: Issa R., p.21. Available at: [http://www.itcon.org/papers/2016\\_8.content.05868.pdf](http://www.itcon.org/papers/2016_8.content.05868.pdf) [Accessed 10 Sep. 2017].

### **-Valoracions sobre el BIM**

### **PRODUCTIVITY BENEFITS OF BIM**

**Text:** (Productivity benefits of BIM, 2017)

**Bibliografia:** Productivity benefits of BIM. (2017). [ebook] New Zealand: BRANZ, p.3. Available at: <http://www.mbie.govt.nz/about/whats-happening/news/document-image-library/nz-bim-productivity-benefits.pdf> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **NBS**

National BIM Report 2017

**Text:** (NBS, 2017)

**Bibliografia:** NBS (2017). *National BIM Report 2017*. Newcastle: NBS, p.22.

### **THREE-QUARTERS OF CONTRACTORS USING BIM GLOBALLY REPORT POSITIVE ROI**

**Text:** (Construction.com, 2014)

**Bibliografia:** Construction.com. (2014). *Three-Quarters of Contractors Using BIM Globally Report Positive ROI*. [online] Available at: <https://www.construction.com/about-us/press/three-quarters-of-contractors-using-bim-globally-report-positive-roi.asp> [Accessed 10 Sep. 2017].

### **CALCULAR EL ROI DE INFRAESTRUCTURAS EN BIM**

**Text:** (Blog de Ingeniería y Arquitectura, 2016)

**Bibliografia:** Blog de Ingeniería y Arquitectura. (2016). *CALCULAR EL ROI DE INFRAESTRUCTURAS EN BIM*. [online] Available at: <https://www.e-zigurat.com/noticias/calcular-roi-infraestructuras-bim/> [Accessed 15 Sep. 2017].

### **EL RENDIMIENTO DE LA INVERSIÓN CON BIM**

**Text:** (El rendimiento de la inversión con BIM, 2007)

**Bibliografia:** El rendimiento de la inversión con BIM. (2007). [ebook] Autodesk, pp.1-6. Available at: [http://www.grupoabstract.com/pdfs/BIM\\_Rendimiento.pdf](http://www.grupoabstract.com/pdfs/BIM_Rendimiento.pdf) [Accessed 21 Sep. 2017].

### **RAE HOFFER, E.**

Achieving strategic ROI

**Text:** (Rae Hoffer, 2016)

**Bibliografia:** Rae Hoffer, E. (2016). *Achieving strategic ROI*. [ebook] Autodesk, pp.1-41. Available at: EL RENDIMIENTO DE LA INVERSIÓN CON BIM En el texto: (El rendimiento de la inversión con BIM, 2007) Bibliografía: El rendimiento de la inversión con BIM. (2007). [ebook] Autodesk, pp.1-6. Available at: [http://www.grupoabstract.com/pdfs/BIM\\_Rendimiento.pdf](http://www.grupoabstract.com/pdfs/BIM_Rendimiento.pdf) [Accessed 21 Sep. 2017]. [Accessed 21 Sep. 2017].

### **JONES, S.**

Recent SmartMarket BIM Research by McGraw Hill Construction

**Text:** (Jones, 2014)

**Bibliografia:** Jones, S. (2014). *Recent SmartMarket BIM Research by McGraw Hill Construction*. [ebook] McGraw Hill Construction, p.44. Available at: [https://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/BSA/20140108\\_moa\\_jones.pdf](https://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/BSA/20140108_moa_jones.pdf) [Accessed 10 Sep. 2017].

### **-Projectar amb BIM**

### **PROJECT INFORMATION MODEL PIM - DESIGNING BUILDINGS WIKI**

**Text:** (Designingbuildings.co.uk, 2017)

**Bibliografia:** Designingbuildings.co.uk. (2017). *Project information model PIM - Designing Buildings Wiki*. [online] Available at: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Project\\_information\\_model\\_PIM](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Project_information_model_PIM) [Accessed 10 Sep. 2017].

