

Anàlisi i aixecament de l'edifici

RAÚL RUBIO
Arquitecte tècnic
Director general de CAPTAE, SL

JORDI XÍQUÉS
Enginyer tècnic en topografia
Professor de l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (EPSEB).
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

RESUM

Cal considerar l'aixecament arquitectònic com un procés indispensable per a conèixer, entendre i documentar un edifici abans d'elaborar-ne un projecte d'intervenció. Aquest procés pren encara més rellevància quan parlem d'intervenir en edificis que tenen valor patrimonial o històric.

Una de les parts que constitueixen aquest aixecament arquitectònic és l'aixecament geométricoformal, a través del qual coneixerem les mesures dimensionals i la geometria de l'edifici en qüestió.

Dels diferents mètodes possibles per a realitzar aquest aixecament geométricoformal —mètodes directes, indirectes o fotogramètrics—, el document se centra en l'aixecament amb el lidar terrestre (*terrestrial laser scanning*, TLS) i els avantatges que pot suposar treballar amb núvols de punts, no tan sols en el moment de realitzar l'aixecament, sinó també en l'anàlisi posterior que d'aquesta informació poden dur a terme tècnics de diferents especialitats, dins de grups multidisciplinaris.

PARAULES CLAU: patrimoni arquitectònic, intervenció arquitectònica, aixecament arquitectònic, aixecament geométricoformal, escàner làser, núvol de punts.

RESUMEN

Hay que considerar el levantamiento arquitectónico como un proceso indispensable para conocer, entender y documentar un edificio antes de elaborar un proyecto de intervención en él. Este proceso toma aún más relevancia cuando hablamos de intervenir en edificios que tienen valor patrimonial o histórico.

Una de las partes que constituyen este levantamiento arquitectónico es el levantamiento geométrico-formal, a través del cual conoceremos las medidas dimensionales y la geometría del edificio en cuestión.

De los diferentes métodos posibles para realizar este levantamiento geométrico-formal —métodos directos, indirectos o fotogramétricos—, el documento se centra en el levantamiento con el lidar terrestre (*terrestrial laser scanning*, TLS) y las ventajas que puede suponer trabajar con nubes de puntos, no tan solo en el momento de realizar el levantamiento, sino también en el posterior análisis que de esta información pueden llevar a cabo técnicos de diferentes especialidades, dentro de grupos multidisciplinarios.

PALABRAS CLAVE: patrimonio arquitectónico, intervención arquitectónica, levantamiento arquitectónico, levantamiento geométrico-formal, escáner láser, nube de puntos.

ABSTRACT

The making of an architectural survey should be considered an indispensable process to learn about, understand and document a building before developing an intervention project for it. This process is all the more important when dealing with interventions on buildings of historical or heritage value.

One aspect of this process is the geometric and formal survey, which shows the dimensional measurements and geometry of the building concerned.

Among the various possible methods (direct, indirect or photogrammetric) of making a geometrical-formal survey, this paper focuses on the terrestrial laser scanning (TLS) method and the advantages which may be entailed by working with point clouds, not only when making the survey but also in the subsequent analyses which may be conducted on this information by technical experts from different fields in multidisciplinary groups.

KEYWORDS: architectural heritage, architectural intervention, architectural survey, geometric and formal survey, laser scanning, point cloud.

1. INTRODUCCIÓ

El coneixement previ d'un edifici és fonamental per a poder plantejar un projecte d'intervenció. En aquesta fase inicial, els grups multidisciplinaris formats per arqueòlegs, historiadors, arquitectes, arquitectes tècnics o enginyers en topografia, entre d'altres, són del tot necessaris.

Podem definir un aixecament arquitectònic com el conjunt d'operacions que ens permet fer l'anàlisi històrica (estudi historicoconstructiu i estudi historicoartístic) i/o del material (estudi fisicoconstructiu i estudi geométricoformal) d'un edifici.

1.1. Estudi historicoconstructiu

Entendre l'evolució històrica que ha sofert un edifici és bàsic per a poder planificar una intervenció de rehabilitació o de restauració. Això ens permetrà situar-lo en el seu context, identificar-ne la tipologia i entendre el com i el perquè de la seva evolució (figura 1).

1.2. Estudi historicoartístic

Les solucions constructives per a repartir càrregues, reconduir esforços o reduir llums o deformacions van evolucionant i mostren, cada vegada més, un domini de les tècniques constructives i de la pràctica de l'ofici.

Les portes i finestres són elements importants per a la identificació constructiva, així com els símbols i les dates gravades a les llindes. Les mides, el nombre

d'obertures, però també els materials —pedra tallada, taulons de fusta amb frontisses de ferro, les tanques i els panys— són elements significatius de l'evolució del mas (figura 2).

1.3. Estudi fisicoconstructiu

Aquest estudi és necessari per a conèixer com funciona estructuralment i constructivament l'edifici. També permet detectar, identificar i classificar les diferents patologies que hi ha i, alhora, proposar les actuacions adients per a eliminar-les (figura 3).

1.4. Estudi geométricoformal

És el que ens permetrà conèixer les dimensions i forma de l'edifici, i saber-ne totes les característiques dimensionals i mètriques per a poder obtenir el plànol de les plantes, les façanes i les seccions que ens ajudaran a la comprensió global de l'edifici (figura 4).

L'abast, les metodologies i els instruments emprats en l'aixecament geomètric d'un edifici dependran de la complexitat geomètrica i constructiva de l'edifici, de l'estat de conservació i de la finalitat de l'aixecament (figura 5).

2. MÈTODES D'AIXECAMENT GEOMÈTRIC

Podem classificar els diferents mètodes per a realitzar un aixecament en directes, indirectes i fotogramètrics

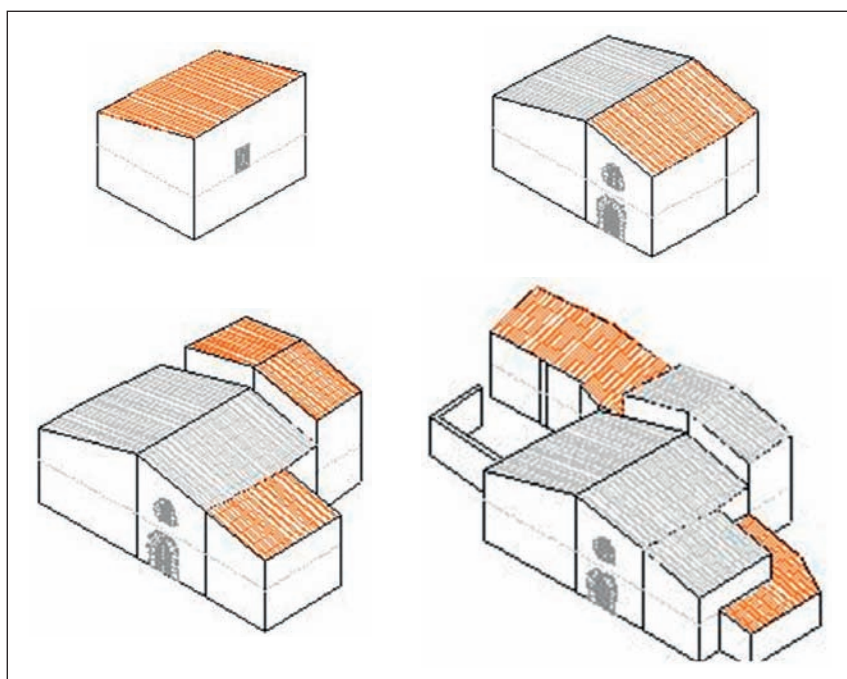


FIGURA 1. Esquema d'evolució de la masia.

FONT: Taller de patrimoni de l'EPSEB, UPC, *Estudi sobre el patrimoni rural del Montseny i el Collsacabra*.

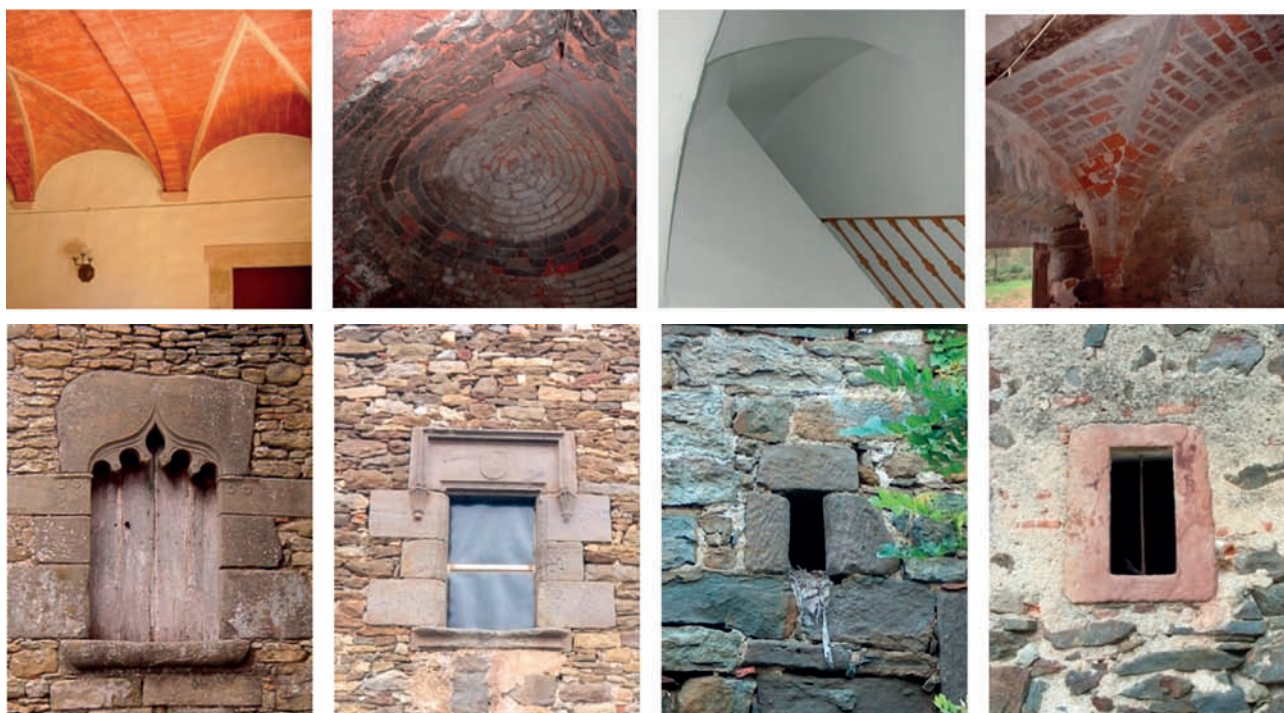


FIGURA 2. Detalls rellevants per a l'estudi historicoartístic.
 FONT: Taller de patrimoni de l'EPSEB, UPC, *Estudi sobre el patrimoni rural del Montseny i el Collsacabra*.

(figura 6). En molts casos utilitzarem diversos d'aquests mètodes i diferents instruments que hi estan associats en un mateix aixecament.

3. LIDAR TERRESTRE

Realitzar un aixecament amb un lidar terrestre (*terrestrial laser scanning*, TLS; figura 7) pot comportar avan-

tatges, no tan sols en el moment de prendre les mesures per a la realització dels plànols, sinó també pel que fa a les possibilitats que el núvol de punts obtingut ens ofereix per a la posterior anàlisi de l'edifici.

Després de la captura de dades amb un escàner làser i del seu tractament posterior, el resultat és un núvol de punts en 3D; és a dir, un conjunt de milions de coordenades (x, y, z) posicionades a l'espai, que representen amb rigor i precisió la realitat escanejada (figura 8).

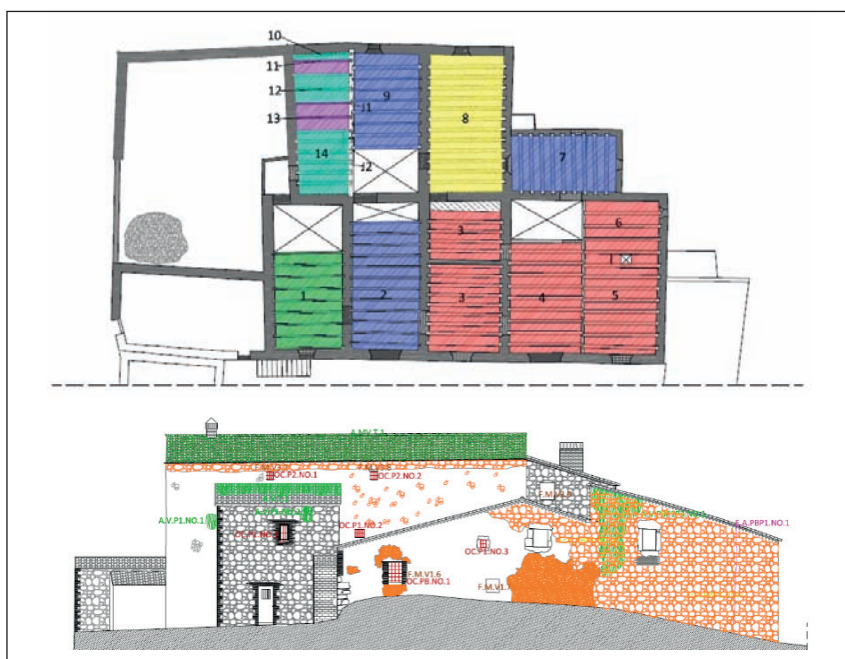


FIGURA 3. Estudi fisicoconstructiu.
 FONT: Taller de patrimoni de l'EPSEB, UPC, *Estudi sobre el patrimoni rural del Montseny i el Collsacabra*.

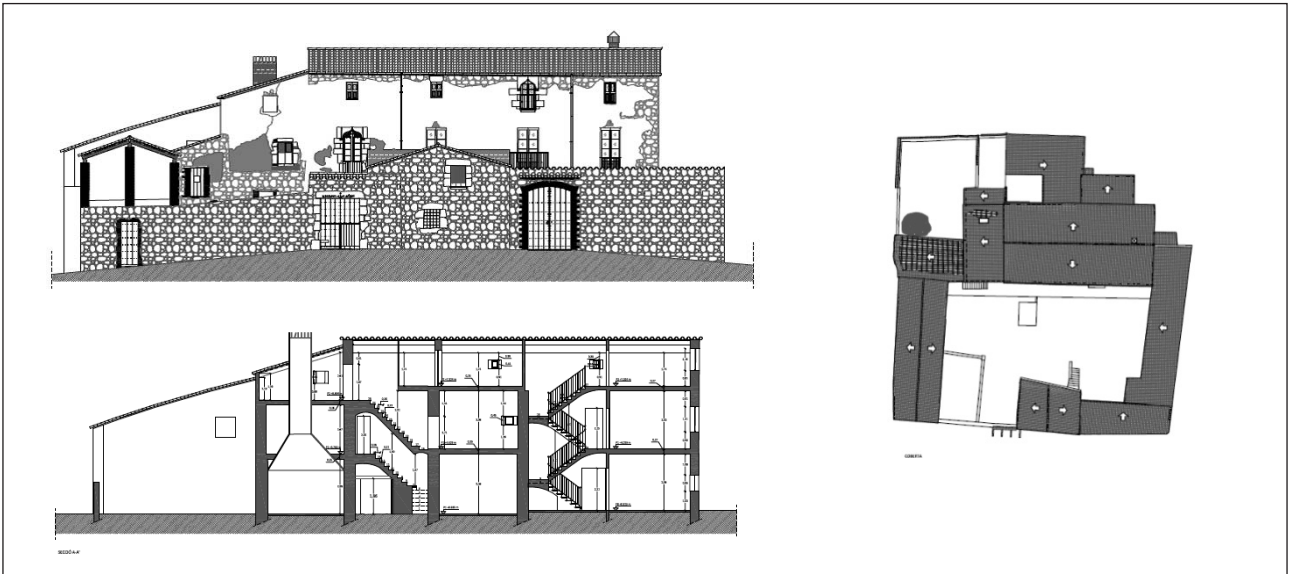


FIGURA 4. Estudi geomètricoformal.

FONT: Taller de patrimoni de l'EPSEB, UPC, *Estudi sobre el patrimoni rural del Montseny i el Collsacabra*.

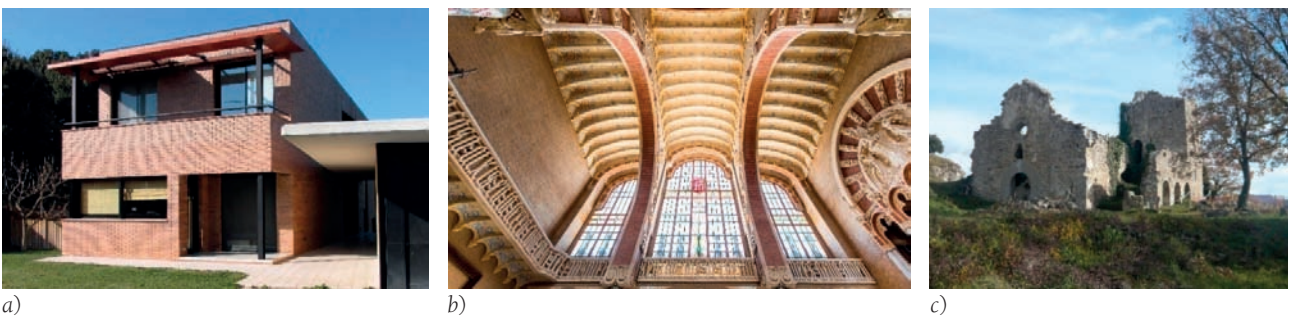


FIGURA 5. Construccions amb diferent grau de dificultat en el moment del seu aixecament.

FONT: a) <http://www.idealista.com>, b) <http://www.tripadvisor.es> i c) <http://www.poblesdecatalunya.cat>.

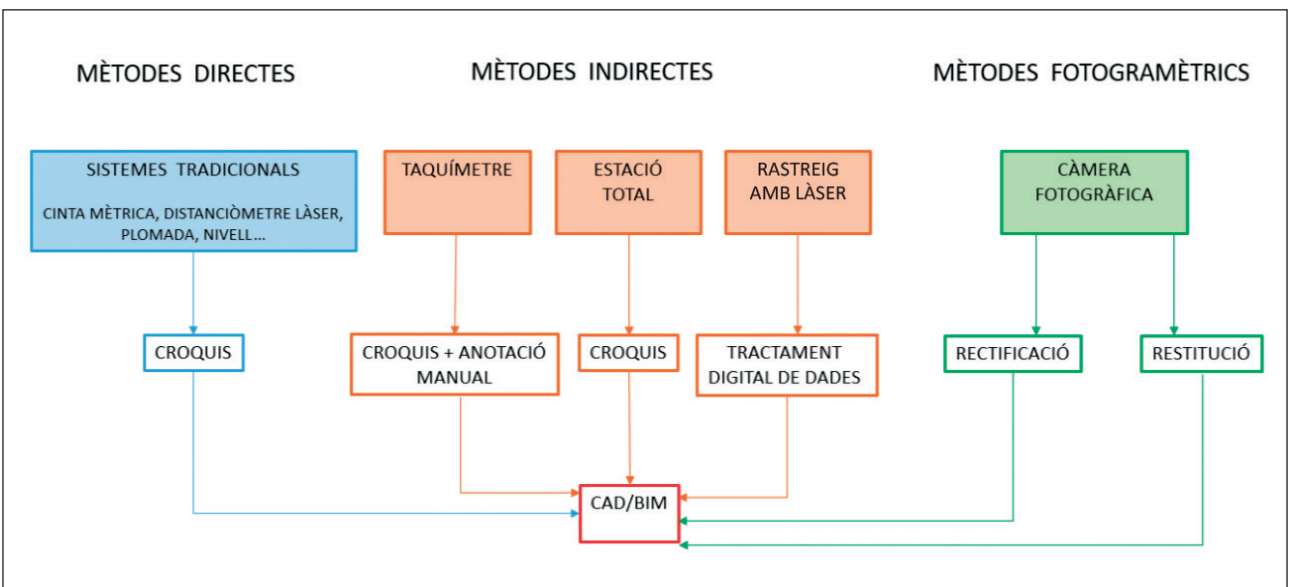


FIGURA 6. Mètodes per a realitzar un aixecament.

FONT: Jordi Xiqués i Sonia Loewe.



FIGURA 7. Lidar terrestre.
FONT: <http://www.faro.com>.

Els escàners làser 3D solen emprar dos tipus diferents de mesuraments a distància: el mesurament de diferència de fase i el mesurament de temps de vol.

En tots dos casos, s'emeta un raig làser (la longitud d'ona difereix segons el proveïdor) que després torna reflectit al sistema. L'escàner làser gira 360° horitzontalment i l'angle horitzontal es codifica al mateix temps que el mesurament de la distància. El càlcul de la distància de les coordenades 3D, l'angle vertical i l'horitzontal formen una coordenada polar (δ , α , β) que es transforma llavors en una coordenada cartesiana (x , y , z).

Alguns escàners làser —com el FAR Laser Scanner Photon 120, utilitzat en l'aixecament de l'església de Sant Rafael de Barcelona— fan servir la tecnologia de diferència de fase per a mesurar la distància d'una superfície: un làser d'infraroigs s'emeta i torna reflectit al sistema. La distància es mesura amb precisió mil·limètrica quan s'analitza el desplaçament de la longitud d'ona del raig retornat.

Les dues tipologies d'escàners làser s'utilitzen en els camps de l'arquitectura i l'enginyeria civil: els escàners làser de diferència de fase solen ser més ràpids i precisos i tenen menys abast que els escàners làser 3D de temps de vol.



FIGURA 8. Escaneig de la Casa de la Lactància de Barcelona.
FONT: <http://captae.com>.

El dispositiu genera un escaneig de l'entorn en forma de núvol de punts, que és la suma de mesuraments individuals des d'una posició d'escaneig específica. Un objecte es pot capturar totalment des de múltiples posicions d'escaneig segons la seva dimensió i complexitat. La combinació dels diferents núvols de punts crea finalment una imatge en 3D de l'objecte. La imatge resultant d'un escaneig és una combinació de milions de punts de mesurament 3D, en color si cal, que proporciona una reproducció digital exacta de les condicions existents. El primer resultat dels registres és un model de l'àrea escanejada. A partir d'aquest model, es poden generar vistes de seccions transversals i longitudinals. Amb les seccions i plànols, es poden crear dibuixos CAD en dues o tres dimensions.

4. L'ESGLÉSIA DE SANT RAFAEL DE BARCELONA

4.1. Antecedents

L'església de Sant Rafael pertanyia al recinte de l'Institut Mental de la Santa Creu, creat pel doctor Emili Pi i Molist i basat en centres psiquiàtrics pioners. L'arquitecte Josep Oriol i Bernadet va dissenyar el sanatori l'any 1859 i es va construir sota la direcció dels arquitectes Josep Artigas i Elies Rogent.

Després d'anys d'obres, el manicomi va entrar en funcionament el 1889, juntament amb l'església. Es tracta d'un temple simètric d'estil neoclàssic que estava situat al cos central del manicomi. Va ser batejat en honor a sant Rafael, ja que el nom d'aquest arcàngel significa 'Déu sana' o bé 'medicina de Déu'.

L'església era el centre religiós de les persones ingressades al sanatori i del personal que hi treballava. Era lloc de pregària i d'oració, i els diumenges i festius s'hi feien les misses. Amb l'esclat de la Guerra Civil, uns milicians republicans la van saquejar i se'n van endur tota mena d'objectes de valor. Durant la postguerra va tornar a funcionar, però, a mesura que l'Institut Mental va iniciar el procés de decadència i l'enderroc progressiu dels pavellons, el temple va anar perdent activitat per la disminució del nombre de pacients ingressats. Finalment, l'Institut Mental va tancar el 1986. El temple va ser abandonat i va començar un lent procés de degradació.

4.2. Projecte

Per aquest motiu, per a la conservació i futura rehabilitació, es va optar per realitzar un exhaustiu aixecament 3D amb tecnologia d'escàner làser 3D. Amb aquesta tecnologia es captura la realitat de manera fidedigna i

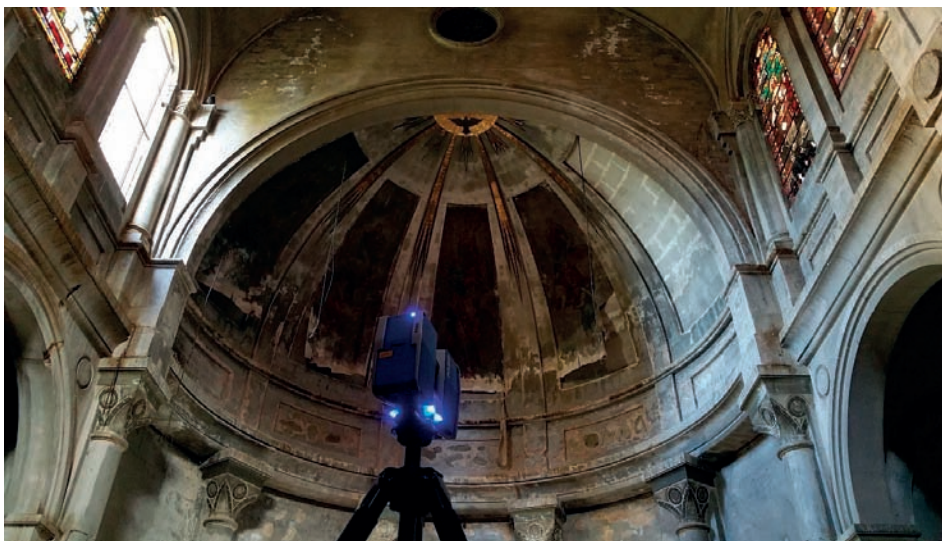


FIGURA 9. Església de Sant Rafael durant l'escaneig.
FONT: <http://captae.com>.

es replica una maqueta virtual per a poder generar qualsevol tipus de documentació: plànols 2D, models 3D, recorreguts virtuals, eines de difusió, etc.

La captura de dades fou duta a terme per l'empresa Captae, amb un equip FARO X330, i un temps de dos dies de treball de camp (figura 9).

El processament de dades fou realitzat per dos tècnics experts en processament i generació de núvols de punts 3D, amb una durada d'una setmana d'oficina.

El resultat va ser un núvol de punts 3D optimitzat per a poder visualitzar i analitzar qualsevol racó digitalitzat, poder prendre mesures i compartir la informació amb la resta d'integrants del projecte (figures 10 i 11).

Però el projecte no ha acabat. No només es disposa d'una maqueta virtual per a analitzar i prendre mesures de tots els elements, sinó que a més es generen models 3D optimitzats i reduïts per a crear aplicacions virtuals de realitat augmentada i realitat virtual (figures 12 i 13).

5. CONCLUSIONS

Per concloure, resumim alguns dels avantatges que ens ofereix el fet de treballar amb núvols de punts:

- Perfecta documentació base del projecte.
- Reducció de costos en la fase del projecte i minimització d'errors en la fase d'execució.



FIGURA 10. Resultats de l'escaneig de la planta de l'església de Sant Rafael.
FONT: <http://captae.com>.

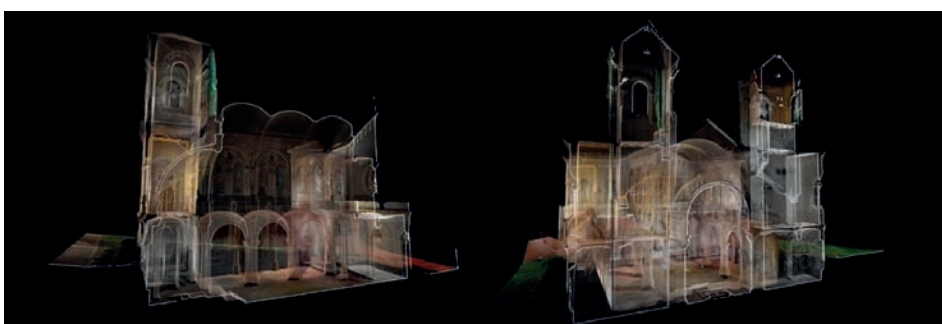


FIGURA 11. Resultats de l'escaneig de la façana de l'església de Sant Rafael.
FONT: <http://captae.com>.



FIGURA 12. Detalls de la maqueta virtual de l'església de Sant Rafael.

FONT: <http://captae.com>.

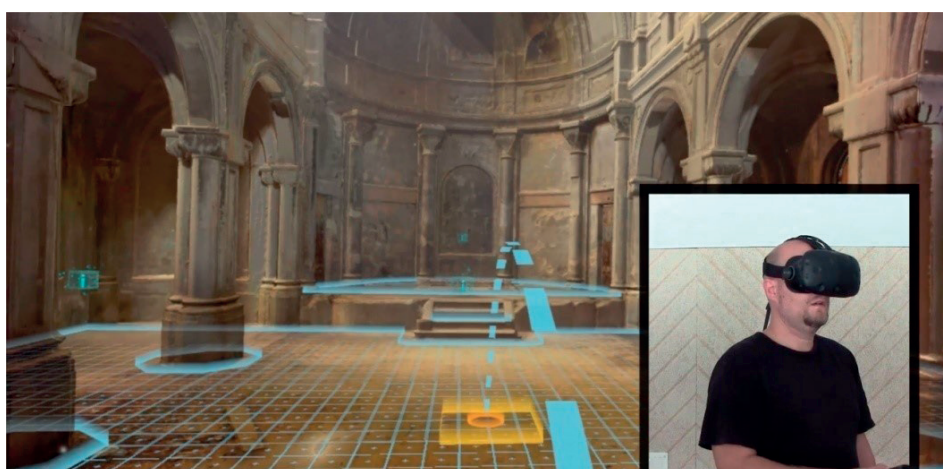


FIGURA 13. Passeig virtual per l'interior de l'església de Sant Rafael.

FONT: <http://captae.com>.

— Possibilitat de combinar el digitalitzat real de l'entorn amb les modificacions dissenyades en 3D, per veure el resultat final de la rehabilitació o modificació abans d'iniciar-la.

— Fet de compartir la informació en línia.

— Possibilitat de generar ortoimatges: imatge digital generada en projecció ortogonal a partir d'una fotografia extreta del núvol de punts.

— Generació, si s'escau, de plànols en 2D, de plantes, alçats i seccions.

— Detecció de patologies, anàlisi i mesurament de deformacions, desploms, etc.

— Aplicacions de visualització 3D per a analitzar, fer difusió, per a l'educació, etc.

Com a contrapunt a tots els avantatges d'aquest i altres mètodes d'última generació, cal esmentar que els sistemes tradicionals obliguen, sens dubte, a un superior i eficaç acostament a l'element que es vol aixecar, que s'ha de tenir en consideració.