

ZERURAKO BIDE GEOMETRIKOA

Erdi Aroa garai iluna izan zen Europan. Hala esaten da askotan, eta zalantzarik ez dago zenbakien historiak berresten duela ideia hori: 1202 arte Europan zeuden zenbaki bakarrak erromatarrak ziren, letra gutxi batzuen bidez adieraziak.

Kalkulu matematiko konplexuak ezinezkoak ziren zenbaki haiekin. Hala ere, lehen katedral gotikoak egin zituzten garai ilun hartako maisuek. Nola egiten da katedral gotiko erraldoi bat kalkulu konplexurik egin gabe? Sekretua geometria da. Zenbaki egokirik ez zuten maisuek, baina poligonoak bai.

1144ko urtarrilaren 19an ekaitza izan zen Parisen. Oso haize-bolada bortitzak zebiltzan, eta Saint Denis basilikaren koroaren arku berriak erortzeko arriskuan zeuden. Eliza berritzeko, eraikitze-teknika berria ari ziren erabiltzen, eta ekaitzak unerik txarreanean jo zuen: arkuak bukatuta zeuden, elizaren nerbioak alegia, eta haien arteko paretak ez zeuden oraindik eraikita. Une hartan, ez zegoen arkuei eusten zien aldamiorik edo egiturarik, eta denak ez zeuden oraindik elkarri lotuta. Basilika berritzeko ideia Suger abadearena zen, eta apustu ausarta egin zuen. Eliza izugarri handia egin nahi zuen, eta, horretarako, eraikitze-teknika berri hura nahi-taezkoa zen.

Berritze-lan haiek bukatu gabe zeuden, baina nabe nagusia aurreko basilikarena zen, eta, beraz, ez zen aldatu beharrik; horregatik, eliza bera erabiltzeko moduan zegoen, eta hain zuzen ere, ekaitzaren egun hartan, Dagoberto erregearen arimaren aldeko meza ari ziren ospatzen. Haize bortitza hasi zenean, erregearen alde ez ezik, eraikuntzaren alde ere egin zuten otoitz.

Arkuak ez ziren erori. Eta ez ziren erori, ez ototzaren ondorioz, baizik eta geometriari esker. Nerbioak oinarri geometriko fin batekin diseinatuak eta zehaztasun handiz eginak zeuden. Emaitza oso arku egonkorak ziren, eta, nahiz eta ekaitzak gertuko beste eraikin batzuk bota zituen, Saint Denisko arkuek zutik iraun zuten kalterik gabe, eta biharamunean berritze-lanari ekin ahal izan zioten.

ALTUA ETA ARGITSUA

Saint Denis basilikaren berrikuntza mugari bat da. Arkitektura gotikoaren hasieratzat hartzen da. Sugerrek oso eliza handia eta argitsua nahi zuen, eta, horretarako, teknika eta egitura berriak behar zituen, edo, gutxienez, orduko teknika batzuk egokitu egin behar ziren, lehenago inoiz egin ez zen moduan. Ojiba-arkua erabiltzen hasi zen, altuera lortzeko, eta paretetan izugarrizko leihoak eta beirateak jarri zituen, argitasun aparta sortzeko basilikaren barruan.

Horrek arazo batzuk ekartzen zituen. Leihoz betetako paretak ezin zioten eutsi sabaiko bobeden pisuari. "Arazoa geometriaren eta aritmetikaren bitartez konpondu zen", idatzi zuen Suger abadeak. Egia esan, aritmetika gutxi eta geometria asko zegoen eraikin hartan. Baina ingeniari-tza

Estrasburgoko katedrala ehunka urtean izan da munduko eraikinik altuena. 142 metroko dorrea 1439an bukatu zuten. Geometriaren laguntzaz, ia zeruraino iritsi ziren. ARG.: © SKYFISH 555/123RF.



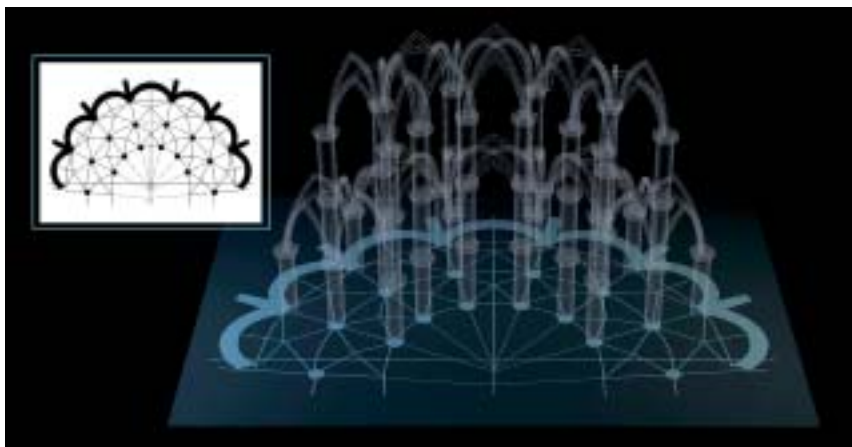
asko ere bazegoen; pisuari eutsi eta tentsioak beherantz bideratzen zituzten arkuak diseinatu zituzten, ostiko-arkuak eta kontrahormak gehitu zituzten pisuari eusten zion geometria hartan laguntzeko, eta estilo gotikoa jaio zen.

ZENBAKI ERROMATARRAK

Eraikuntza gotikoetan ez zegoen aritmetika asko ezin zelako askorik egon. Maisu eraikitzaileek kalkuluak egiteko zenbaki egokiak falta zituzten: zenbaki arabiarrek. Gaur egun erabiltzen ditugun zenbakiak dira: 1, 2, 3 eta abar. Jatorriz, indiarrek ziren, baina europarrek arabiarrengandik ikasi zituzten eta horregatik dute izen hori.

XIII. mendearen hasieran iritsi ziren Europara, Leonardo Pisano matematikari italiarrak ekarrita (Fibonacci izenez ezaguna da). Herri musulmanetara bidaiatu zuen matematika ikastera, eta, itzuli zenean, *Liber abaci* liburua idatzi zuen

Saint Denis basilikako koroaren geometriaren plana estilo gotikoz berritu zenekoa. Goian, koroaren plana eta plano horren gaineko oinarritzko egitura. Arku horiek ez ziren erori 1144ko urtarilaren 19ko ekaitzean, nahiz eta oraindik elkarri lotuta ez zeuden. Behean, koroaren argazkia. Historiako lehen eraikuntza gotikotzat hartua dago. ARG.: GUILLERMO ROA/ELHUYAR FUNDAZIOA; © RENATA SEDMAKOVA/123RF.



musulmanekin ikasitakoa zabaltzeko. 1202. urtea zen. Liburuan, adibidez, zeroari buruz idatzi zuen. Eta zatikiei buruz eta zenbakien beste propietateei buruz. Azken batean, Fibonacci zenbakien idazkera sistematiko eta ahaltso bat aurkeztu zien europarrei. Eragiketa aritmetikoak egiteko aproposak ziren, eta prezioak, pisuak, neurriak, zergak eta beste edozein magnitude erabiltzeko ezin hobeak ziren.

“Zenbaki erromatarrekin eraiki ziren 1202 baino lehen hasitako dozenaka katedral gotiko. Ia ziur, XIII. mendekoak ere bai”

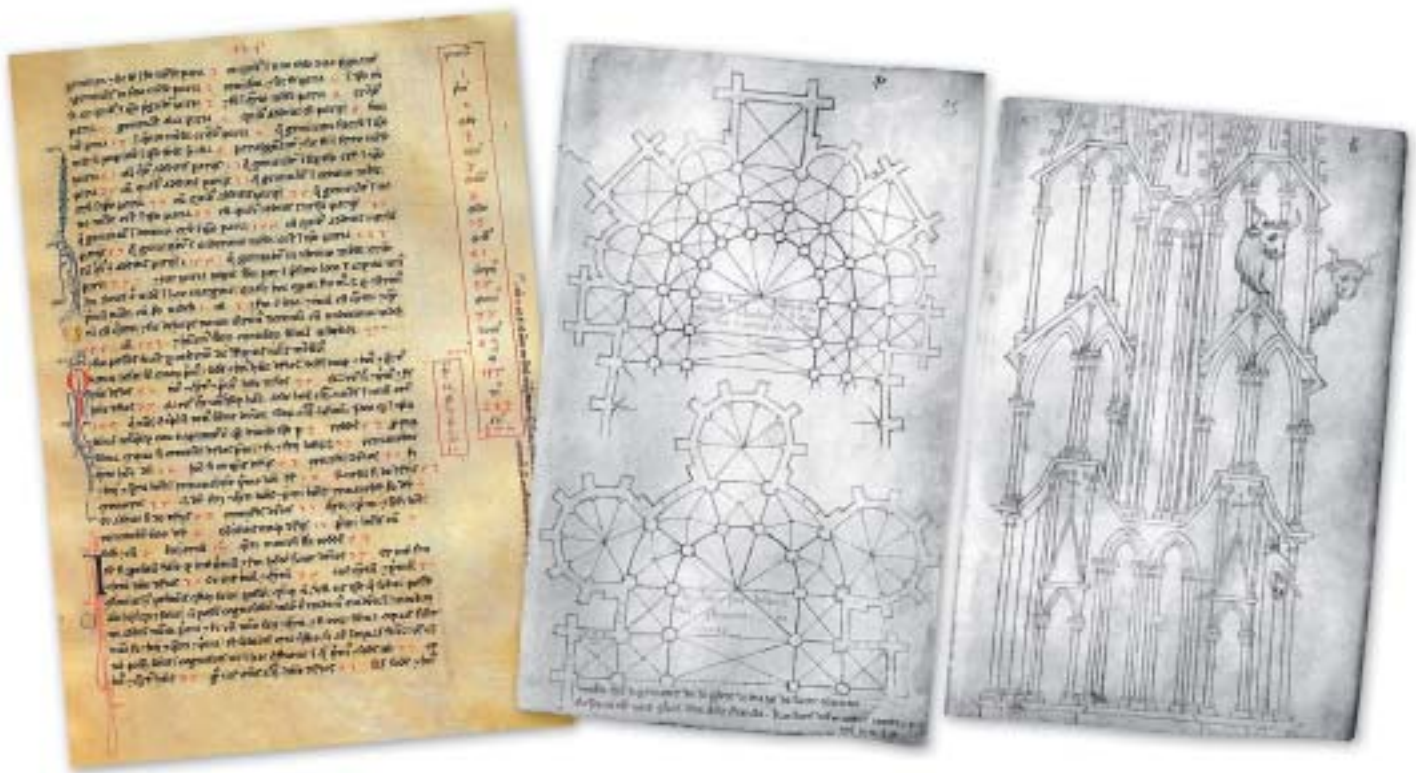
Arkitekturako kalkuluak egiteko ere ezin hobeak ziren, baina ez ziren berehala hedatu. 1202 baino lehen europarrek hasitako dozenaka katedral gotiko zenbaki erromatarrekin bakarrik eraiki ziren. Eta, ia ziur, XIII. mendekoak ere bai. Katedral gotikoak “benetako kalkulurik egin gabe” eraiki zituztela dio Michel Henry-Claude historialari frantsesak.

GEOMETRIA

Eraikitze-maisuek benetako kalkulurik ez zuten egiten, trigonometria ere ez zuten ezagutzen, eta angeluekin lan egiteko modu bakarra geometria aplikatzea zen. Oso geometria konplexua, baina aproposa.

Chartresko katedralaren hego-dorrearen planta, adibidez, oktagonoz osatutako patroia konplexu batetik abiatuta diseinatu zuten. Oktagonoa asko dira, bata bestearen barruan inskribatuak. Askotan, abiapuntua poligono sinpleagoak izaten ziren, karratuak, triangeluak eta zirkuluak, baina haien konbinazioa oso konplexua da. Aditu ospetsua izan zen Titus Burckhardt historialariak zioen oso zaila dela hasierako patroia horiek zein diren igartzea katedrala bera ikusita, baina zorionez diseinuen marrakzi batzuek irauin dute gaur egun arte. XIII. mendeko Villard de Honnencourt arkitekto frantsesaren *Livre de Portraiture* koadernoak da ezagunena, eta haren marrakziek ederki adierazten dute, adibidez, Saint Denisko basilikaren berrikuntzarako zer geometria erabili zuten.

Burckhardtek dio geometriari bi funtzio betetzen dituela. Batetik, ondo aplikatzen bada, sortzen dituen egiturak egonkorak direla, eta horregatik



Ezkerrean, Fibonaccien *Liber abaci* liburuaren orrialde bat. 1202ko liburu horrekin sartu ziren zenbaki arabiarak Europan. Ordura arte (eta gerora ere urte askoan), aritmetika zenbaki erromatarrekin egiten zuten europarrek. Erdian eta eskuinean, Villard de Honnencourt arkitekto frantsesaren *Livre de Portraiture* koadernoko marrazkien bi adibide. Koaderno horretako marrazkiak oso garrantzitsuak dira, Erdi Arotik oso material grafiko gutxik irauan duelako gaur arte katedralen eraikuntzaren esparruan. ARG.: BIBLIOTECA NAZIONALE DI FIRENZE/DOMEINU PUBLIKOIA; BIBLIOTHÈQUE NATIONALE, PARIS/DOMEINU PUBLIKOIA.

ez direla erortzen katedralak. Eta, bestetik, geometriari esker gai izan ziren katedral erraldoiak eraikitzekeo pergamino txiki batean diseinatutako eskema batetik. Garai hartan, ezinezkoa zen plano txiki horietatik bukaerako dimentsioak kalkulatzea. Ez zuten horretarako baliabide zehatzik. Eskala handitzeko prozesuan zehaztasuna erabat galtzen zen, eta eraikina erortzeko arriskuan jarriko zuten. Aldiz, tamaina handiko poligonoak marrazteko gai zirenez, eskalatze-prozesua aurrezten zuten. “Nahiz eta konpas eta erregela modura sokak erabiltzen zituzten, eta haiek malgutasun-maila bat bazuten, oro har neurriak zehatzak dira, hazbete gutxi batzuen errorearen barruan”; nahikoa katedral gotiko bati zutik eusteko.

ISTRIPUAK

Benetako erraldoiak eraiki zituzten; Erdi Aroko estandarretarako, ia zerura iristen ziren. Estrasburgoko katedralaren dorrea 142 metro garai da, eta berrehun urtez izan zen munduko eraikinik altuena. Kanpoaldetik ez ezik, barrualdetik begiratuta ziren nabarmenki altuak tenplu haiek. Saint Denis basilikaren beraren nabe nagusiaren bobeda 29 metrora dago; Chartresko eta Amiensko katedralenak, adibidez, 37 eta

42 metroko altueran daude, hurrenez hurren. Erdi Aroko pertsona batek ezin zuen munduan barrualdeko espazio handiagorik aurkitu katedral gotikoak baino.

Eraikin izugarri handiak izateaz gain, boterearen ikur bihurtu ziren katedralak. Agintari zibilen aurrean kleroak egindako erakustaldi bat ziren; elizbarrutien garrantziaren adierazle ere bihurtu ziren. Apezpiku guztiek ondoko hirietakoek baino katedral ikusgarriago bat izan nahi zuten. XIII. mendean, Frantziaren iparraldean, katedralik handiena egiteko lehia bat jarri zen martxan, eta eraikitze-maisuak izar bihurtu ziren.

Katedralen eraikuntza handikeria bat bilakatu zen, eta lehia hori mugaraino eraman zuten. Beauvaisko katedralaren kasua esanguratsua da. Amienskoa baino handiagoa eraiki nahi izan zuten, eta 1248an bobeda nagusia erori zitzairen eraikuntza prozesuaren erdian. Lanari ekin zioten, eta, 1573an, berriz ere erori zen. Katedrala bukatu gabe geratu da, eta gaur egun zutik dirau altzairuzko euskarri erraldoi batzuei esker.

Amienseko katedralak berak ere arazoak ditu. Columbia Unibertsitateko adituek laser bidez

“Erdi Aroko pertsona batek ezin zuen munduan barrualdeko espazio handiagorik aurkitu katedral gotikoak baino”



Beauvaiseko katedrala barrualdetik. Katedrala diseinatu zuten Amiensekoa baino handiagoa izateko, baina handiegia zen, eta bobeda erori egin zitzairen bi aldiz eraikitzen ari zirela. Gaur egun, altzairuzko euskarriek esker dirau zutik.

ARG.: NINA J. G./CC_BY.

aztertu dute eraikinaren egitura, eta emaitzak ez dira lasaigarriak. Nabe nagusiko zutabeek, adibidez, zuzen egon beharko lukete baina okertzen ari dira; norabide batean, erdialdean, eta kontrakoan, goialdean. 20 zentimetroko desbideratzea dute puntu batzuetan. Gehiegi. Eta ordenagailu bidezko ereduak erakusten dute katedrala lehenago edo geroago erori egingo dela, ez bada neurririk hartzen. Eraikitzen ari zirenean hasi ziren arazoak, eta Erdi

Aroko maisuek konponketak egin zituzten. Besteak beste, burdinazko kate erraldoi bat forjatu behar izan zuten nabe nagusiaren perimetroari eusteko.

Arazoak arazo, zazpi edo zortzi mende geroago, Erdi Aroko lehiaren emaitzak zutik eta ikusgai daude Europako herrialde askotan. Oraindik ere, hiri askotako erakarpen turistiko nagusia katedral gotikoa da. ●



Gasteizen eta Baionan

Bi katedral gotiko daude Euskal Herrian, bata Gasteizen eta bestea Baionan. Gasteizkoa ez da benetan katedral gotiko bat hasieratik; eraikitzen hasi eta 50 urtera, Frantziatik iritsi zen estilo gotikoaren lilura Gasteizera, eta katedrala eraldatu zuten estilo berrira egokitzeko.

Baionako katedrala, berriz, ia hasieratik eraiki zen estilo gotikoan. Berez, lehenago katedral erromaniko bat zegoen haren lekuan, baina bi sutek suntsitu zuten hura, bata 1258an eta bestea 1310ean. XVII. mendera arte iraun zuen katedralaren nabearen eraikuntzak, eta bi dorreak XIX. mendean bukatu ziren. Alde horretatik, Baionako katedralaren eraikuntza ezin da konparatu katedral gotiko handienekin; Chartreskoaren dorreak, adibidez, XVI. menderako bukatuta zeuden.