



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

III. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2019ko maiatzaren 27, 28 eta 29
Baiona, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

Iruñeko Udaletxeko erloju
mekaniko zaharraren
zaharberritzea

*Adrian Claver, Jokin Aginaga,
Xabier Iriarte eta Jesús María Pintor*

102-109 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iii.03.13>



Iruñeko Udaletxeko erloju mekaniko zaharraren zaharberritzea

Claver, Adrian; Aginaga, Jokin; Iriarte, Xabier eta Pintor, Jesús María
Ingeniaritza Mekaniko Aplikatua eta Konputazional (IMAC) ikerketa-taldea
Nafarroako Unibertsitate Publikoa. Arrosadia campusa
claver.100460@unavarra.es

Laburpena

Erloju mekanikoak doitasunezko mekanismoak dira, engranajez, espekaz eta eragingailuz osatuak. Halakoa da Iruñeko udaletxean ia 150 urtez ordua eman zuen erloju mekanikoa. 1827. urtean eraiki zuten, Iruñeko udaletxean jarri zuten 20 bat urte beranduago, eta bertan eman zuen ordua 1991n ordezkatu zuten arte. Hemen azaltzen dugun lanaren bitartez, erlojua zaharberritzeari ekin diogu, eta martxan jarri dugu berriz ere, mekanismo konplexu honek utzi digun ondare teknologikoa balioan jartzeko helburuarekin. Zaharberritze-lanak bukatutakoan, Iruñeko Planetarioan egongo da erakusgai.

Hitz-gakoak: dorre-erloju monumentalak, zaharberritzea, ondare historikoa, yereguitar erlojugileak

Abstract

Mechanical clocks are accurate mechanisms composed of gears, cams and actuators. Such a mechanism has struck the hour during 150 years in the Town Hall of Pamplona. Built in 1827, about 20 years later it was brought to the City Hall and it was functioning until its replacement in 1991. This clock has been restored and started up, with the aim of highlighting the technological heritage given by such complex mechanism. The clock will be exposed at the Planetarium of Pamplona.

Keywords: Monumental tower clocks, restoration, historic heritage, Yeregui clock-makers family

1. Sarrera eta motibazioa

Dorre-erloju monumentalak, herri guztietako elizetan edo udaletxeetan izaten diren altxor mekanikoak dira. Doitasunezko mekanismo ikusgarriak dira, engranajez, espekaz eta eragingailuz osatuak, eta grabitate-indarra dute energia-iturri. XVII. mendean pendulu-erlojua asmatu zenetik XX. mendearen erdialdean erloju elektronikoak asmatu ziren arte, dorre-erloju monumentalek herri eta hirietako erritmoa markatu zuten mundu osoan zehar. Euskal Herrian ere hala izan da, eta Yeregui abizeneko erlojugileen familia dugu horren adibide nagusietako bat. Yeregui Elkarteak erlojuen historia berreskuratu, eta haien ondare teknologiko eta kulturala balioan jartzeko sortu zen. Yereguitarrak bost belaunaldiz aritu dira erlojugintzan. Familia horrek egindako erlojuen artean, Iruñeko udaletxeko erlojua dago, Juan Manuel Yeregui 1827. urtean eraikitakoa (ikus 1. irudia). Hori da, hain zuzen ere, lan honekin zaharberritu eta martxan jarri den erlojua.

1.irudia. Zaharberritu den erlojuaren mekanismoa.



2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Makinen eta Mekanismoen Historiaren jakintza-arloak (MMH) duen helburua garai guztietako ingeniartza-lanen azterketa eta zabalkundea da. Arloa jorratzeko, IFToMM federazioak (International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science) MMHko Batzorde Iraunkorra sortu zuen 1973an (Ceccarelli, 2004). Azken hamarkadetan, ingeniari eta ikertzaile askok landu dute MMH arloa, mekanismo historikoen funtzionamendua sakon aztertzeko, eta, besteak beste, orain arte egindako lanen eragin historikoa ezagutzera emateko eremu teknikoan eta kulturaleran. Horren lekuko ditugu mekanismo historikoen berreraikuntza birtualak (Yan eta Hsao, 2007; Villar-Ribera et al., 2011) eta errealak (Aginaga García et al., 2016; López García et al., 2004), zeinak unibertsitate askotan egin baitira.

Ikerketa-lan honetan, berreraikuntza birtuala egin ordez, 150 urtez martxan egon den erloju baten zaharberritze-prozesua azaldu nahi dugu, Iruñeko udaletxeko erloju mekanikoarena, hain zuzen ere. 1827. urtean eraiki zuten, eraikin horretan egon da urtez urte ordua ematen 1991. urtean ordezkatu zuten arte. Ordutik 2018ra arte, geldirik egon zen, eta iaz hasi ziren erlojua zaharberritzen. Zaharberritze-lanen helburu nagusia erlojua berriz martxan jartzea da, leku publiko batean funtzionatzen edo “bizirik” erakutsi ahal izateko.

3. Ikerketaren muina

Atal honetan, historian kokatuko dugu zaharberritu den erlojua. Gero, erloju zaharra berritzeko prozesua, haren funtzionamendua eta egin behar izan ditugun kalkuluak azalduko ditugu.

3.1. Erloju mekanikoen sorrera

Denbora neurtzeko metodoak mota askotakoak izan dira historian zehar: eguna eta gaua edo urtaroak neurtzekoetatik hasi, eta gaur egun erabiltzen diren erloju elektronikotaraino.

Erloju mota zaharrenen artean, harea-erlojua, eguzki-erlojua eta klepsidra daude. Gauza jakina da eguzki-erlojua K.a. XX. mendean hasi zirela erabiltzen Txinan eta Indian. Eguzki-izpien eraginez hegaxka batzuek sortzen duten itzalarengatik jakin daiteke zer ordu den; beraz, eguraldiaren mende daude erabat halako erlojuak. Harea-erlojua ere oso ezaguna da; klepsidra, aldiz, ez hainbeste. Urez betetako ontzi graduatuak dira klepsidrak, eta Erdi Aroan erabiltzen ziren (Irueta, 1996).

Klepsidra moduko erlojuetan, urak bi eginkizun betetzen zituen: alde batetik, urak berak sortzen zuen erlojua mugitzen zuen indarra, grabitatearen eraginez; bestetik, urak erortzean edo ihes egitean zeukan abiadura konstanteak erritmo eta funtzionamendu erregularra ematen zion erlojuari. Erloju mekanikoak jaio zirenean, ordea, banandu egin ziren bi eginkizun horiek: alde batetik, grabitateak sortzen zuen erlojua mugitzeko indarra, zintzilik zeuden masa batzuegan baitzuen eragina; bestetik, ihesgailu izeneko elementua sortu zuten (gaztelaniaz, escape) erlojuaren erritmoa edo abiadura markatzeko. XIII. mendean ihesgailu hori asmatu izana izan zen, hain zuzen ere, erloju mekanikoen jaiotzaren giltza (Pérez Álvarez, 2015).

Ez dago argi lehenengo erloju mekanikoak noiz sortu ziren, baina bai XIII. edo XIV. mendean izan zela. Orduko erlojuen ihesgailuak ardatz batek eta foliot izeneko elementu batek osatzen zituzten. Nahiz eta erloju haiek aurrerapauso nabarmena izan, ez ziren oso zehatzak, foliot izeneko elementuaren oszilazioak perturbazio handiak izan zitzaizkela (Stoimenov, 2012). 1656. urtean, Huygensek pendulu bat jarri zuen foliot elementuaren ordez, eta erlojuen doitasuna nabarmen handitu zuen: egunean ordu batzuetako errorea izatetik minutu batzuetakoa izatera pasatu zen. Horiek horrela, dorre-erloju monumentalak sortu ziren, eta adibide bat Iruñeko udaletxeko erloju zaharra da, Juan Manuel Yereguik eraikia.

3.2. Yeregui familiaren historia

Aipatu bezala, yereguitarren historia bost erlojugile belaunaldik osatzen dute. José Francisco Yeregui Zabaleta izan zen familiako lehen erlojugilea. Leitzan jaioa, hasiera batean arotza zen lanbidez, baina erlojuenganako jakin-minak errementari eta erlojugile izatera bultzatu zuen.

Bere herriko elizako erlojua aztertu ondoren, egurrezko erloju bat egin zuen, ordu beteak eta erdiak jotzen zituena. Iruñeko azoka batean erakutsi zuen, eta jendeak burdinazko erloju bat egitera animatu zuen. Hori dela eta, José Francisco Leitzatik Arruitzera joan zen, hango sutegi batean errementari lanbidea ikastera. Familia atzean utzi, eta bi urte egin zituen Arruitzen, eta, han zegoelarik, Beteluko elizarako ordulari bat egiteko eskatu zioten. Ordularia egiteko lana eskritura publiko baten bidez itundu zuten 1796ko apirilaren 15ean. Erloju hark bazuen bitxikeria bat: arratsaldeko hiruretan, kanpaiak 33 aldiz jo behar zuen, Kristoren heriotza eta haren adina gogorarazteko. Erloju hori 1962. urtera arte egon zen martxan.

José Franciscoren ostean, haren seme Juan Manuelen lanak etorri ziren. Lan ezagunena 1827an egindako erlojua da. Hasiara batean Iruñeko San Lorentzo elizan egon zen arren, 1849 aldera Iruñeko udaletxera eraman zuten. Erloju hori da, hain zuzen ere, artikulu honetan azaltzen den proiektuan zaharberritu dena.

Yereguitarren hurrengo erlojugilea Juan Manuelen iloba izan zen. Juan Jose 1819. urtean jaio zen, eta ez dago informazio handirik hari buruz, baina gauza jakina da Alzaga eta Aurizberri herrietako erlojuak egin zituela. Bere seme Bonifacio ere erlojugile lanetan aritu zen, eta Martzillako, Saldiasko, Gaintzako eta Hiriberriko erlojuak egin zituen. Bonifacioren lehengusu Benito eta Serapio ere erlojugileak izan ziren. Azkenik, yereguitarren azken erlojugilea Andrés izan zen, Bonifacioren semea, zeinek Izurdiagako, Igoako eta Latasako erlojuak eraiki baitzituen. Juan Garmendia Larrañaga historialarien esanetan, 70etik gora erloju egin zituzten yereguitar guztien artean (Garmendia, 1970).

3.3. Iruñeko erlojua

Lan honetan zaharberritu den erlojuak Iruñeko udaletxeko ordua eman zuen 1991ra arte, hau da, 150 bat urtez egon zen martxan. Ez dakigu zehatz-mehatz noiz jarri zuten erlojua udaletxearen fatxadan, baina, udaletxeko txostenei esker, zehaztasunez dakigu 1991. urteko irailaren 25ean kendu zutela handik.

Dorre-erloju monumental deritzon erloju motetako bat da, pendulu bidez funtzionatzen duena. Penduluaren eginkizuna erlojuaren erritmoa egokitzea da, penduluaren luzerak zehazten baitu funtzionamendu-zikloaren iraupena. Erlojua mugitzeko energia-iturria grabitatea da; izan ere, pisu bat bultzatzen du, zeina egurrezko zilindro bati –gurpil inperial deritzon piezari– lotua baitago soka baten bidez. Engranaje-sistema baten bitartez, pisuaren mugimendu uniformeak pendulari transmititzen zaio. Era berean, engranaje-trenak ordua ematen duten orratzak mugiarazten ditu.

Nahiz eta erlojuaren osagai gehienak fabrikatu ziren bezala dauden, hainbat elementu aldatu zituzten urteak joan urteak etorri egindako konponketa eta zaharberritzeetan. Horren adibide argiak dira errodamenduak. Erlojuak brontzezko kojinetek izango zituen jatorrian, errodamenduen erabilpena ez baitzen XX. mendera arte normalizatu. Hala ere, jatorrizko kojinetek arazoak emango zituzten noski, eta haien ordez errodamenduak jarri zizkioten.

2.irudia. Egilearen sinadura eta data



Erlojua zein urtetan jarri zuten ezin zehaztu bada ere, badago hari buruzko bestelako informaziorik. Juan Garmendia historialariak hau esan zuen erlojuari buruz: "Errementari onen

beste erlojuen artean aipatuenetakoak auek ditugu: Iruñako San Lorentzo elizko eta 1849-a ezkerro Iruñeko udaletxean arkitzen dana." (Garmendia, 1970).

3.4. Erlojuaren osagaiak eta funtzionamendua

Erlojuaren osagaiak eta funtzionamendua azaltzen hasi aurretik, aipatu beharra dago 3 atalez osatuta dagoela: batetik, erlojua mugiaraziko duen atala, mugimenduaren atala; eta, bestetik, kanpaien soinuaz arduratuko direnak, orduen soinuaren mekanismoa eta ordu laurdenen soinuarena.

Atal bakoitzak bere gurpil inperiala du, eta horietako bakoitzak pisu bat du zintzilik, zeinek gurpila mugiarazten baitu grabitate-indarrak bultzatuta. Mugimenduaren atalean, gurpilak mugimendua transmititzen dio engranaje-tren baten bitartez ihes-gurpila deituriko beste bati, eta azken horrek gauza bera egiten dio pendulari. Beste bi ataletan, gurpil inperialaren mugimendua kanpaia jotzen duen eragingailuari transmititzen zaio, eta aldi bakoitzari dagokion kanpai-hotsen edo -kolpeen kopurua ematen du.

Mugimendu horiek lortzeko, erlojuaren mekanismoa zenbait ardatzez eta engranajez osatuta dago. Engranaje bakoitzaren hortz kopurua 1. taulan ikus daiteke, atal bakoitzaren transmisio-erlazioarekin batera.

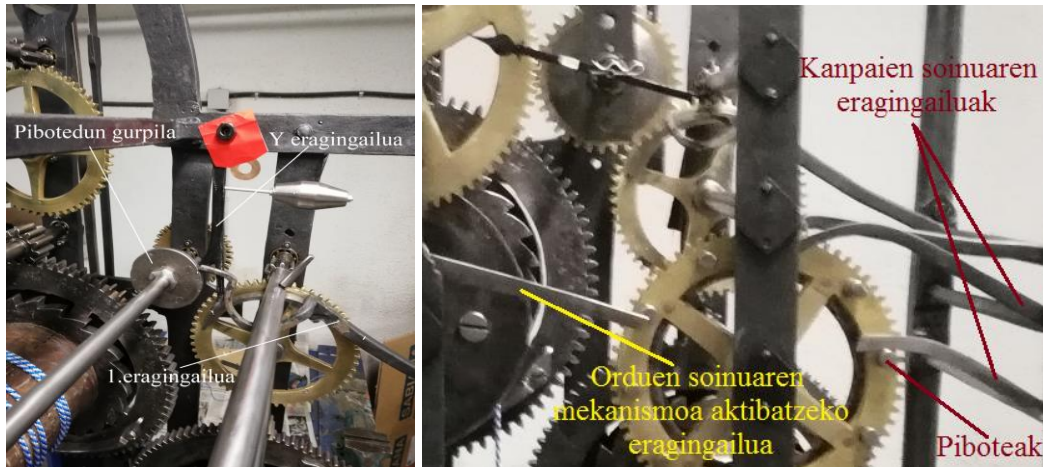
1.taula. Erlojuaren atal bakoitzaren gurpilen hortz-kopuruak eta transmisio-erlazioak.

Mugimenduaren mek.		Orduen soinuaren mek.		Ordu laurd. soinuaren mek.	
Trans. erlazioa (i)	504	Trans. erlazioa (i)	546	Trans. erlazioa (i)	840
Gurpila	Z	Gurpila	Z	Gurpila	Z
Inperiala (inp)	80	Inperiala (inp)	78	Inperiala (inp)	96
Inp. piñoia (prcinp)	10	Inp. piñoia (prcinp)	8	Inp. piñoia (prcinp)	8
Lehenengoa (rc1)	72	Lehenengoa (rc1)	64	Lehenengoa (rc1)	70
1. piñoia (prc1)	8	1. piñoia (prc1)	8	1. piñoia (prc1)	7
Bigarrena (rc2)	56	Bigarrena (rc2)	56	Bigarrena (rc2)	56
2. piñoia (prc2)	8	2. piñoia (prc2)	8	2. piñoia (prc2)	8
Eskape (esk)	30				
Minutuena (min)	36				

Mugimenduaren atalaren azken gurpilari ihes-gurpil deritzo. Gurpil horrek aingura izeneko pieza mugituko du, eta azkeneko horrek biraketa mugimendu jarraitua oszilazio mugimendu bilakatuko du. Hau da, pendularen mugimendu periodikoa aingurak kontrolatzen du, oszilazio bakoitzean energia kantitate txiki bat askatuz.

Soinuen mekanismoak askatzeko, minutuen gurpilaren ardatzean pibotedun gurpil bat dago. Gurpil orrek Y itxurako eragingailu bat bultzatuko du (ikus 3. irudia), eta eragingailu horrek, aldi berean, ordu laurdenen engranaje-trena blokeatzen zuen beste eragingailu bat. Engranaje-trena aske geratzen denean, beste eragingailu batzuk mugiaraziko ditu, ordu laurdenen atalaren lehenengo gurpilak dituen pibote batzuei esker, eta eragingailu horiek kanpaien soinua sortuko dute poleen bitartez. Behin mekanismo hori askatu eta laurden guztiak eman dituenean, lehenengo gurpilean dagoen pibote luzeago batek soinuen bi mekanismoak konektatzen dituen eragingailua bultzatuko du, eta, hala, orduen mekanismoa askatuko du. Orduen kanpaien soinua sortzeko, orduen mekanismoaren lehenengo gurpilak pibote batzuk ditu, eragingailu batzuk mugiaraziko dituztenak, minutuen gurpilaren piboteek bezala. Bi mekanismo horiek azelera ez daitezen eta kanpai-jotzeen tarteak berdinak izan daitezen, benterol izeneko frenatzeko piezak erabiltzen dira, inertzia-bolante gisa aritzen direnak.

3.irudia. Soinuaren mekanismoen aktibazio sistemak.



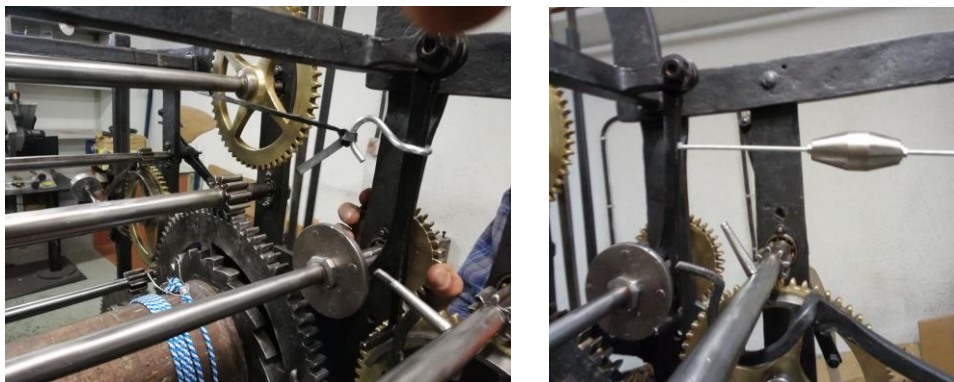
3.5. Zaharberritze prozesua

Zaharberritze-prozesuaren hasierako helburua erlojua berriro martxan jartzea zen, eta erlojua bizirik gordetzea. Horretarako, garrantzitsua zen bere funtzionamendua ondo aztertu, eta beharrezkoak ziren konponketa eta moldaketak egitea.

Zaharberritze-prozesuarekin hasteko, lehenengo, proba batzuk egin genizkion funtzionamendua egokia ote zen aztertzeko. Orduan egoera txarrean zegoenez, mugitzea kostatzen zitzaion, baina funtzionamendu egokia zuen, eta desmuntatzen hastea erabaki genuen. Erlojua desmuntatzeko, lehenik eta behin, mugimenduaren atala desmuntatu genuen, goitik behera eta aingurarekin kontu handia izanik. Ondoren, soinuaren bi mekanismoak desmuntatu genizkion, prozesu berari jarraituz. Behin atal guztiak desmuntatuak eta banatuak zeudela; garbitzeko, mekanismoaren piezak eta egitura bereizi genituen. Mekanismoaren piezak esmerilean eta disko-makinan jarri, eta arrabotekin leundu genituen, eta, gero, leuntzeko pasta batzuk aplikatu genizkien. Egitura, berriz, eskuz lisatu genuen, eta, gero, margo geruza berri bat aplikatu genion. Pieza guztiak garbi zeudenean, berriz muntatu genuen erlojua beste proba batzuk egin ahal izateko. Probatatik ondorioztatu genuen erlojuaren funtzionamendua askoz leunagoa zela, baina ordu laurdenen mekanismoan arazo bat zegoela.

Arazoa Y itxurako eragingailuaren (ikus 3. irudia), ordu laurdenen mekanismoaren lehenengo eragingailuaren eta minutuen ardatzeko pibotedun gurpilaren arteko elkarrekintzan zegoen. Horregatik, hainbat proba egin genizkion pieza horien funtzionamendua ulertzeko. Y itxurako eragingailua ez zen jatorrizko posiziora bueltatzen, eta bigarren gurpilaren pibotea ez zen Y itxurako eragingailuarekin blokeatzen. Horren ondorioz, erlojua gelditu egiten zen. Bi aukera planteatu genituen arazoari aurre egiteko: goma bat edo kontrapisu bat jartzea, 4. irudiak erakusten duen moduan.

4.irudia. Arazoa konpontzeko planteatu ziren 2 aukerak.



Konponbide horien arazoa zen elementuak gehitu behar genizkiola erlojuari; zaharberritze-lana, ordea, elementu gehigarriak gabe egin nahi genuen. Horiek horrela, Altsasuko erlojugileari aholkua eskatu genion, eta Y itxurako eragingailua eta lehenengo eragingailua zuzentzea erabaki genuen, hori baitzen garai hartako erlojugileen lan egiteko modua. Behin pieza horiek zuzenduta (ikus 5. irudia), erlojuak funtzionamendu egokia zeukala egiaztatu genuen.

5.irudia. Azkeneko konponketa.

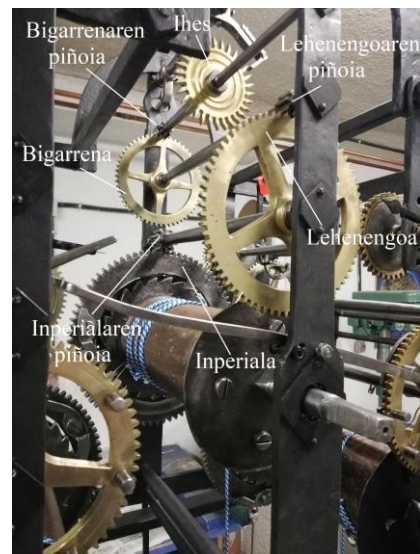
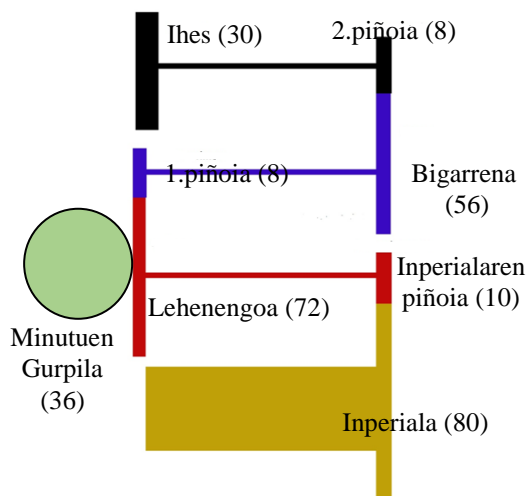


3.6. Erlojuaren zikloaren denbora eta prezisioa

Gorago aipatu den moduan, penduludun erlojuak aurrerapauso garrantzitsua ekarri zioten denbora neurtzeko doitasunari, penduluaren oszilazioak erlojuaren erritmoa zehazten baitu. Hain zuzen ere, erlojuaren doitasuna ezartzen duen parametroa penduluaren luzera da, hau da, penduluaren grabitate-zentroaren kokapena. Izan ere, metalezko pendulu batek jasaten duen dilatazioak bere luzera handitzen du, eta grabitate-zentroaren kokapena jaitzi. Horrek erlojuaren zikloaren denbora aldatzen du, periodoa esate baterako, eta ordua emateko doitasuna murriztu.

Iruñeko udaletxeko erlojuaren kasuan, bere zikloaren denbora eta penduluaren luzera kalkulatuko ditugu. Lehenik, jakin behar dugu mugimenduaren atalaren engranajeen banaketa nolakoa den eta zenbat hortz dituzten.(ikus 6. irudia)

6.irudia. Engranaje-trenaren eskema eta irudia.



Penduluaren luzera teorikoa jakiteko, minutuen gurpilaren abiadura angeluarra kalkulatu behar dugu. Erlojuak ordua ondo emateko, gurpil horrek bira bat eman beharko du ordu bakoitzean ($\omega_{\min} = 1$ bira/h), eta datu horretatik abiatuz penduluaren luzera teorikoa lor dezakegu. Engranaje-trenari abiadura angeluarraren eta hortz kopuruaren arteko erlazioa aplikatuz, ihes-gurpilaren abiadura kalkulatu dezakegu, $\omega_1 \cdot Z_1 = \omega_2 \cdot Z_2$ formula ezagunaren bidez eta 1. taulan agertzen diren hortz kopurua (Z) erabiliz:

$$\omega_{rc1} = \omega_{\min} \cdot Z_{\min} / Z_{rc1} = 0,5 \text{ bira/h} \quad (1)$$

Mugimenduaren lehenengo gurpiletik 2. piñoirara engranaje-tren konposatuaren formula erabiliz, sarrera ardatzetik irteera ardatzerainoko transmisio-erlazioa (i) kalkulatu dezakegu:

$$i = \omega_{irt} / \omega_{sar} = \omega_{prc2} / \omega_{rc1} = \pi Z_{sar} / \pi Z_{irt} = (Z_{rc1} \cdot Z_{rc2}) / (Z_{prc1} \cdot Z_{prc2}) = 72 \cdot 56 / 8 \cdot 8 = 63 \quad (2)$$

Transmisio-erlazio horrekin, ihes-gurpilaren abiadura kalkulatu dugu:

$$\omega_{esk} = \omega_{prc2} = \omega_{rc1} \cdot i = 0,5 \cdot 63 = 31,5 \text{ bira/h} \quad (3)$$

Hortz bakoitzeko oszilazio bat daukagunez, penduluak ordu batean egin beharreko oszilazioak (n_{pend}) honela kalkulatu genituzke:

$$n_{pend} = \omega_{esk} \cdot Z_{esk} = 31,5 \text{ bira/h} \cdot 30 \text{ hortz/bira} = 945 \text{ hortz/bira} = 945 \text{ oszilazio/h} = 0,2625 \text{ oszilazio/s} \quad (4)$$

Azkenik, oszilazio baten periodoa lortuko dugu:

$$T = 1 / n_{pend} = 3,8095 \text{ s.} \quad (5)$$

Jakinda penduluaren periodoa bere luzerarekin erlazioa daitekeela, erloju zehatza izateko penduluak zenbateko luzera behar duen kalkulatu genezake:

$$T = 2\pi (L/g)^{1/2} \quad (6a)$$

Ekuzio horren emaitza, $L = 3,6$ m, erlojuak Iruñeko udaletxean zegoenean izango zuen luzera da. Izan ere, dorre altu batean kokatua zegoen erlojua, eta litekeena da handik zintzilik pendulu handi bat egotea. Zoritxarrez, erlojuaren kokapen berrian, hots, Iruñeko Planetarioan, pendulari ezin zaio horrelako luzerarik eman: zulo sakon bat egin beharko genuke erlojuaren pendulari halako luzera emateko. Hortaz, eta zaharberritze-lanaren helburua bisitariak erlojuaren mekanismoaren funtzionamendua ikustea denez, laburragoa emango zaio pendulari, 1,86 m-koa alegia. Luzera horrekin, erlojuak ezingo ditu orduak zenbatu, baina bisitariak aukera izango dute erlojua martxan eta bizirik ikusteko. Behin luzera berria erabaki denean, aurreko kalkulak kontrako noranzkoan errepika ditzakegu erlojuaren zikloaren iraupen berria kalkulatzeko. Luzera berriarekin penduluak izango duen periodoa ondorengoa da:

$$T = 2\pi (L/g)^{1/2} = 2\pi (1,86/g)^{1/2} = 2,7395 \text{ s} \quad (6b)$$

Behin periodoa ezagututa, periodo horrek orduko zenbat hortz izango dituen kalkulatu daiteke; eta, bestetik, kontuan hartuta orduko zenbat hortz; eta, bestetik, kontuan hartuta orduko zenbat hortz dituen eta ihes-gurpilak 30 hortz dituela, ordu batean zenbat bira emango dituen kalkulatu daiteke.

$$T = \frac{3600 \text{ s/h}}{N \text{ hortz/h}} = 2,7395 \text{ s} \rightarrow N = 1314,1 \text{ hortz/h} \rightarrow 43,8 \text{ bira/h} \quad (7)$$

Azkeneko datu horretaz baliatuz, kalkulu teorikoetan erabili diren transmisio-erlazioak erabiliko ditugu minutuen gurpilak zenbateko abiadura duen kalkulatzeko. Engranaje-tren osoaren transmisio-erlazioa erabiliz, hau izango da minutuen gurpilaren abiadura: $\omega_{\min} = 1,3904$ bira/h.

Beraz, bira bat emateko beharko duen denbora hau da: $60 / \omega_{\min} = 43$ minutu eta 9 segundo. Lehen aipatu den moduan, erlojuak izango duen kokapen berria dela eta, behar baino bizkorrago mugituko da, zaharberritze-prozesua bukatu eta gero.

4. Ondorioak

Erlojua zaharbertitzeko prozesua arrakastaz egitea lortu genuen, eta, hainbat konponketa egin behar izan genizkion arren, erlojua martxan dago berriz ere, eta bizirik. Iruñeko Planetarioan egongo da bisitariak ikusteko moduan. Kokapen berri horretan, pendulari ezin zaio behar duen luzera eman; beraz, doitasun galera handia izango du, eta ez da ordua emateko gai izango. Hala ere, ia 200 urte dituen mekanismo bat funtzionatzen ikusteak liluratu egingo ditu bisitariak.

Lehen, garrantzi handia zuten halako erlojuek, herritarrek ordua jakiteko modu bakarra baitzen; gaur egungo jendeak, aldiz, ez du ezagutzen erloju mekanikoen historia eta garrantzia. Hori dela eta, Iruñeko udaletxeko erloju zaharra berritzearen helburua ez zen bakarrik erlojua martxan jartzea baizik eta baita guregana heldu zaigun ondare teknologikoa balioan jartzea ere. Izan ere, aintzat hartu behar dugu garai bateko erlojugileek egindako lana, eta ezagutzera eman eta zabaldu egin behar dugu orduz geroztik ailegatu zaigun informazioa.

Hala ere, aipatu beharra dago ez dugula informazio asko eskuratu, eta zaila dela jakitea erlojuen benetako historia nolako izan zen eta datak zehaztasunez baieztatzea. Horren adibide argia da lan honetan zaharberritu den erlojua: gauza jakina da noiz kendu zuten udaletxeko dorretik; ez, ordea, non eta noiz jarri zuten lehenbizikoz.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Erlojua zaharbertitzeko egindako ikerketak yereguitarren eta erlojuen historia aberasteko eta ezagutzera emateko balio du. Historia ikuspuntu teknologikotik ikertzea oraindik ez dago goi mailako ikerketa gisa onartua. Halako ikerketei balioa emateko, garai bateko ingeniariak ikertzen jarraitu beharra dago. Erlojuen kasuan, jakitera eman behar da, bai testuinguru teknikoan bai ez-espezializatuetan ere, erloju mekanikoez zer-nolako garrantzia zuten eta zer funtzio betetzen zuten herri guztietan erabiltzen ziren garaian.

6. Erreferentziak

Aginaga García, J., V. Pérez de Ciriza Gárriz, A. Plaza Puértolas, eta J.M. Pintor Borobia. (2016), Nuevas Tecnologías aplicadas a la difusión de Mecanismos Históricos: Impresión 3D del Artificio de Juanelo Turriano. In XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Elche (España), 436-443.

Ceccarelli, M. (2004): On the IFToMM Permanent Commission for History of MMS. In Proceedings of the International Symposium on History of Machines and Mechanisms, Cassino (Italia), 11-26.

Garmendia Larrañaga, J. (1970): *Euskal esku-langintza - Artesanía Vasca*, Eusko ikaskuntza, Donostia.

Irureta Azkune, O. (1996), Erlojuak, *Elhuyar aldizkaria*, 54-55.

López García, R., A.J. Cañabate López, R. Dorado Vicente, eta G. Medina Sánchez. (2004): Estudio histórico-tecnológico del carro que apunta al sur, In XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Elche (España), 412-419.

Pérez Álvarez, V. (2015), The role of the mechanical clock in medieval science, *Endavour*, 39, 1, 63-68

Stoimenov, M. , Popkonstantinović, B. , Miladinović, L. eta Petrović, D. (2012), Evolution of Clock Escapement Mechanisms, *FME Transactions*, 40, 1, 17-23

Villar-Ribera, R., F. Hernández-Abad, J.I. Rojas-Sola, eta D. Hernández-Díaz. (2011), Agustín de Betancourt's telegraph: Study and virtual reconstruction. *Mechanism and Machine Theory*, 46, 820-830.

Yan, H-S., eta K-H. Hsiao. (2007), Reconstruction design of the lost seismoscope of ancient China, *Mechanism and Machine Theory* , 42, 1601-1617.

<http://www.yereguielkarte.eus>