

# Denbora-unitateak antzinako Indian

Isabel Ruiz-Larrea eta Josu Mirena Igartua

**G**aur egungo denbora-definizioak (milurtekoa, urtea, hiruhilabetekoa, bihilabetekoa, hilabetea, astea, eguna, ordua, minutua, bigarrena eta beren anizkoitzak eta azpianizkoitzak) naturalki finkaturiko kontzeptuak eta arau zehatzak eta unibertsalak erabiliz zehaztasun handiz definitu direla pentsa daiteke. Nazioarteko unitate-sisteman erabilitako denbora-unitatea bigarrena da, eta berau definituz gero, bestelako unitateak modu bakar batean finkatu dira bere anizkoitzak erabiliz.

Dena dela, unitateok ez dira definitu daitezkeen unitate bakarrik, eta interesgarri suerta daiteke aipaturiko denbora-unitatea modu berean definitu ez dueneko kulturarik badagoela konturatzea.

Egin-berri dugun (I. R. L.) Indiako bidaian harriduraz konturatu gara hinduek antzinatik etorri zitzaizkieneko astronomiari buruzko ezagumenduak zeuzkatela. Jaipurko behatoki astronomikoak erabateko zirrara sortu zigun; astroei eta planetei dagokien kokapena zein bi segundorainoko doitasunaz bertako ordua kalkulatzeko (neurketa eguzki-erloju erraldoian burutzen denean) erabil daitezkeen aztergailu harrigarrien multzoa ikusita. Behatokiko aztergailuei buruzko zenbait gauza "Elhuyar. Zientzia eta Tekni-

ka" aldizkariaren 58. alean argitaratu zen.

Gehien harritu gintuena honako hau da: denbora zehatz kalkulatzeko erakutsi zuten trebetasuna. Harridura areagotu egin zen hinduek urteetan erabilitako denbora-unitateak denboran zehar aldatuz ere joan zirela konturatu gintuztenean. Kultura honek erabilitako denbora-unitateen laburbilduma egitea erabaki dugu artikulu honetan. Horrez gain, gaur egungo unitate-sistemarekiko baliokideak eta bere izendapenen zenbait eratorri ere aztertuko ditugu.

## Antzinako Indiako unitateen gaur egungo baliokideak

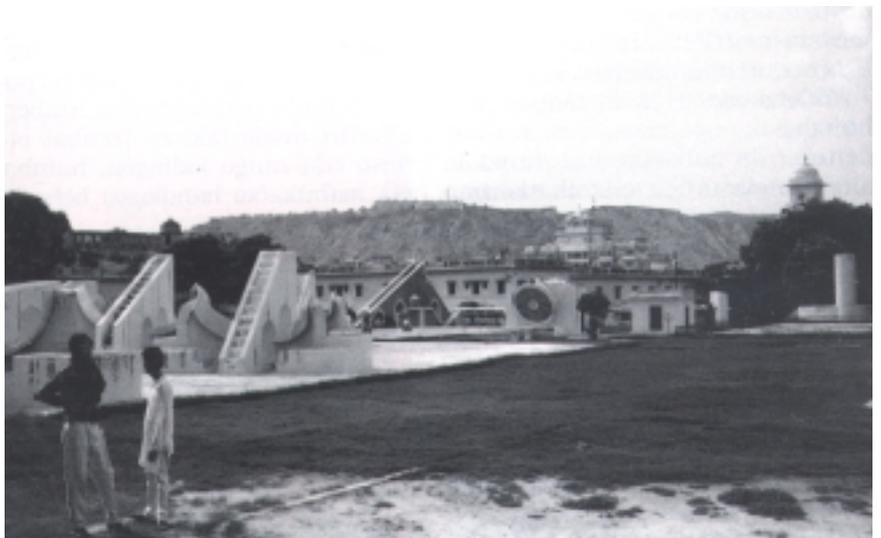
**D**ударик ez dago Indiako kulturarentzat denbora zehatz

neurtzeak garrantzi kulturala duela, gaur egun ere. Astrologiak duen garrantzia historiaurretik datorkiola uste da. Tribuak erreintan taldekatu eta hazi ahala, zuten gobernu konplexuago bihurtu zen, eta astrologoen boterea eta eragina handiagotuz joan zen.

Vavaha Mihiira astrologo handiak, K. o. 500. urtean bizi izan zenak, astrologoari ondrazten ez zuen erregeari hondamena zetorkiola, eta astrologo bakar bat ehun elefanterekin zein laurhun zaldirekin konparatzerik ez zegoela aipatu zuen bere eskribuetan.

Aditu horien ezagumenduak zenbait liburutan agertu dira, zeintzuetan denbora-neurketak burutzeko arau zehatzak eta erritu eta sakrifizio batzuk burutzeko datuak azaldu diren. Garrantzi berezia zeukaten denboraren determinazioak zein berari zegozkion xeheta-

**Jaipurko behatoki astronomikoan denbora zehatz determinatzeko tresna sofistikuak aurki daitezke. Denbora-unitateei buruzko lehenengo erreferentziak bertsoz sanskritoan idatzi ziren K.a. 1200.etik 600.era bitartean.**



sunak kalkulatzeko prozedurak. Mendebaldekoak ohituta gaude gu-re kulturari dagozkion eta unibert-salki finkaturik dauden unitateetan neurketak burutzen. Denbora-unitateak zehazki finkatzea posiblea da gaur egun, eta informazio hori munduko edozein puntutan baliagarria da. Nazioarteko sisteman oinarritzeko unitatea segundoa da. 60 segundok minutu bat osatuko dute, era berean 60 minutuk ordua, eta 24 orduk eguna. Unitate handiagorik ere badugu: astea (7 egun), hilabetea (30 egun), urtea (365 egun), milurtekoa, etab.

Hala ere, aipaturiko unitateak ez dira unitate bakarrak eta historian zehar aldatu egin dira. Indian kasuan, denbora-unitateak oso desberdinak zirela aipatu behar da.

Unitateak zeintzuk diren, beren izenak eta neurketa-prozedurak, eta herri batetik beste batera ber-raiei buruzko ezagumenduak transmititzea nola lortu zuten aztertzea erabaki dugu. Horretarako, denbora-unitate eta gaur egungo sistema-unitateekiko baliokideak finkatu dituzten iturri desberdinetatik zenbait datu jaso dugu.

Erreferentziaturiko eskuskriburik zaharrena, Vedanga Jiotisa delakoa, bertsoan sanskritoz idatzita dago, eta K.a. 1200. urtetik 600. urte bitartekoa da. Orduko ohiturari segituz, maisuak (guru zelakoak) ikasleari (shishia zelakoari) berak zituen ezagumenduak ahoz erakusten zizkion, bigarrenak buruz ikas zitzaizkien. Lana errazteko bertso eran idatzi ziren eskribuak.

Aipatzen den lehen denbora-unitatea 5 urteko zikloa da (juga), Muga delakoaren ilberan (urtarrila-otsaila) hasi eta Pausa delakoaren ilgoran (abendua-urtarrila) bukatzen delarik. Urteari 183 egunez (savana divasa) osaturiko bi zati (aiana) dagozkie, non eguna (nitemeron) egunsentitik hurrengo egunsentirarteko denbora-tartea den.

Eguna baino tarte txikiagoei dagozkien denbora-zatiketei buruz arituko gara. Ezagutzen diren erreferentziak, K.a. 1200. urtetik 1030. urte bitartekoak dira, eta askotan denbora-unitatea izendatzeko eran edo definitzeko moduan ez datoz bat.

Datuon laburbilduma ondorengo taulan aurkezten da.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1)VEDANGA JIOTISA (K.a. 1200-600)							
(2)PURANA (K.o.?)							
(3)VISHNU PURANA (K.o.)							
(4) SURIA SIDANTA (<400 K.o.)							
(5) SURIA SIDANTA delakoen bilduma (<400 K.o.)							
(6) YUANG CHWANG (K.o. 629)							
(7) AL-BIRUNI (K.o.1030)							
juga	6 urte						
aiana	1 urte						
savana divasa	1/2 urte						
nictameron	eguna	eguna	eguna	eguna	eguna	eguna	eguna
trimaia	-	-	-	-	-	12 ordu	-
time	-	-	-	-	-	4 ordu	-
watch	-	4 ordu	-	-	-	-	-
muhurta	48 min	48 min	-	-	-	48 min	-
nadi	-	-	-	24 min	-	-	-
nadika	24 min	-	-	24 min	-	-	-
gati	-	-	-	24 min	-	-	24 min
gatika	-	-	24 min	24 min	-	-	-
danda	-	-	-	-	24 min	-	-
data	-	-	24 min	-	-	-	-
lava	-	-	-	-	-	1 min 36 s	-
prasta	1 min 34 s	-	-	-	-	-	-
vinadi	-	-	-	24 s	-	-	-
vicala	-	-	-	-	24 s	-	-
vinadika	-	-	24 s	-	-	-	-
pala	-	-	24 s	-	-	-	-
cashaka	-	-	-	-	-	-	24 s
prana (arnasketa)	-	-	4 s	4 s	4 s	-	4 s
asu	-	-	-	4 s	-	-	4 s
kasta	1,15 s	3,18 s	-	-	-	-	-
gurvakshara(silaba)	-	-	2,4 s	-	-	-	-
tatkshana	-	-	-	-	-	1,6 s	-
akshara	0,23 s	-	-	-	-	-	-
nimesha	-	0,21 s	-	-	-	-	-
kshana	-	-	-	-	-	0,013 s	6 min
hsun	-	-	-	-	-	keinua	-
truti (balio teorikoa) = 33 μs							

Oro har, zenbait definiziotan ezaugarri amankomunak aurki ditzakegu. Ondoren azalduko dugu. Denek egunaren edo hogeitalau orduren (nitameron) denbora-tarte baliokidea dute barnean. Eguna, hirurogei aletan zatitu dute (nadi, nadika, gati, gatika, danda, data), ondorioz lortu duten denbora-unitatea hogeitalau minututakoa delarik. Era berean, aipaturiko denbora-unitatea hirurogei tartean zatitu dute, hogeitalau segundoko denbora-unitatea lortuz (vinadi, vinadika, pala, cashaka). Arnaske-ta, edo hamar silabako (gurvashara) hitza ahozkatzeko behar den denbora-tartea definitu dute unitaterik txikien gisa, non denbora-unitate hori arestian definiturikoaren seirenarekin bat datorren. Beraz, bere balioa lau segundokoa dela esan dezakegu. Datu bitxia aipatzekotan, honakoa esan daiteke: egunean dagoen prana-kopurua eta zirkunferentzian dagoen minutu-kopurua berdina dira. Erlazioa ez da dirudien bezain hala-beharrezkoa. Ez dezagun ahaz, soluaren gaineko itzalari dagokion proiektzioaz baliatutako eguzki-erloju zela Indian denbora neurtzeko modurik erabiliena.

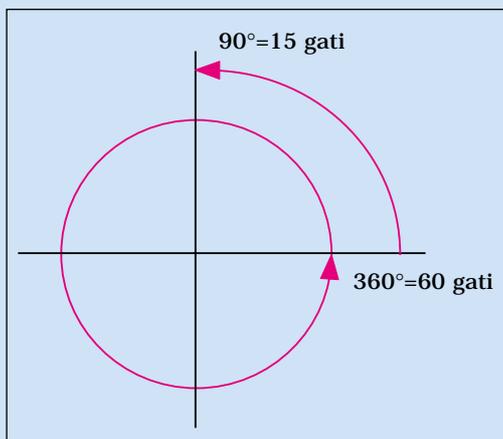
Lau segundo baino unitate txikiagoak finkatzea oso zaila zen; besteak beste, horretarako zeuzkaten bideak berregiteko errazak ez zirelako. Horretan datza aipaturiko



**Elefante bakar batek gidaria eta lau turista ere garraia ditzake. Ehun elefante ere ezin konpara daitezke astrologo bakar batekin.**

## Angelu/Denbora erlazioa

Gainazalaren gaineko gorputzaren itzalaren bidezko denbora-neurketak burutzeko, astronomo hinduek distantziak neurtzeko erabilitako neurriak ezagutzea beharrezkoa da. Oro har, gainazal esferikotan (Kapala Jantra), zirkularretan (eguzki-erloju edo Samrat Jantra), gurpiletan (Txakra Jantra) edo marra kurbatua irudikatutako zueneko planoan proiektatzen ziren itzalak. Kasu guzti horietan, zirkunferentzi angelu edo erdiesfera-angelu modura neurtuko dira distantziak. Hala ere, angelu-neurketak ez datoz bat gure sistema hirurogeitarraren gradu, minutu eta segundoekin. Ondoko irizpidea erabili zuten: zirkunferentzia hirurogei gati-tan zatituko da; modu berean, gati-ari hirurogei pala dagozkio. Azkenik, sei prana daude pala-ko (sei minutu). Beraz, prana bat minutu bat da.



Zirkunferentzia zenganga zerutarren adierazpena. Angeluren bat betetzeko itzalak behar duen denbora-tartea denbora-unitate modura definituz, modu bakarrez erlazioa daiteke osaturiko angelua eta behar izan den denbora. Horregatik, angelua zein berari zegokion denbora-tartea adierazteko hitz berbera erabili zen kasu askotan.

Ondoko taulan baliokideak laburbildu dira.

ANGELUA	DENBORA	IZENDAPENA
1 gati = 6 gradu	24 min	nadi, nadika, gati, gatika, danda, data
1 pala = 6 min	24 s	vinadi, vicala, vinadika, pala, cashaka
1 prana = 1 min	4 s	prana, asu

Planetak ekliptikatiko  $5^\circ$  edo  $10^\circ$  baino distantzia handiagotan inoiz kokaturik ez daudelako, definizio hori oso erabilgarria zen astronomo hinduentzat. Gainera, planetak kokatzeko ere erabil zitzaizkion aipaturiko unitateak. Zeruko gorputzei dagozkien longitude eta latitudeak ezagututa, planetak identifika zitzaizkion mailakatutako goniometroaren laguntzaz.

Ohar garrantzitsu batez buka dezakegu atal hau: goniometro hinduen bidezko angelu-neurketak burutzerakoan, kontuz unitateekin!!

denbora-unitateen balioen arteko aldea.

### Ur-erlojuak

**D**enbora-tarte laburrak, prasta izenekoaren modukoak, eguzki edo beste zenbait izarren hididuren behaketetan oinarritu beharrean ur-erloju mekanikoak erabiliz neurtu ziren. Astrologiak finkatu eta izar- eta planeta-kopakenei dagozkien denbora absolutuaren beharra soilik ez zeukan hinduen errituak. Sakrifizioen segida erregulatuko zuen erlojuaren

beharra ere bazeukan errituak. Helburu hori betetzeko ur-erlojuak (Jalaiantra izenekoak) erabili ziren.

Erarik errazena, klepsidra heleenikoaren baliokidea zena, hondoan zulo txiki bat zeukan urez beteriko ontzian zen. Al-Biruni-ren hitzak gogoratu:

“Kaxmirko Uptala-ren Surdava izeneko liburuan irakurritz: egur-zatian hamabi atzamarreko diametrodun eta sei atzamarreko altueradun zulatutako hutsuneak hiru ur-mana dauzka. Hutsunearen hondoan emakumezko gaztearen, ez zaharren ez eta neskatoren, sei ile bezain handia den zuloa egingo

balitz, hiru ur-manak gati batean eroriko lirateke zuloan zehar.”

Gaur egungo astrologoek desegokitzat hartuko lukete erloju hori, tentsioaren eraginak aparte, ontzi-ko uraren maila ondoko lege esponenzialari jarraituz txikiagotuz doalako:

$$H = H_0 \exp(-ct),$$

non  $c$ , zuloaren diametroarekin ezezik, beste zenbait faktorekin ere (hots, ur-dentsitatearekin eta biskositatearekin, erlazioaturik dagoen. Ontzia denbora infinituan hustuko litzateke. Gainazal-tentsioaren efektuaren eraginez fluxua moztu egingo da, ur-bolumen txikia hutsunean atxekiko delarik.

Neurketaren xehetasunak kanporatutako fluidoari dagokion kurbaren maldarekiko alderantzizko menpekotasuna daukanez, azkenean kronografo hinduek prozedura hori utzi egin beharko lukete.

Aipaturikoa egin beharrea eta ur-erloju egiptiarraren kasuan ez bezala, (zeinetan fluidoaren erorketa-denbora ontziaren barnean urak lorturiko mailari zegokion irakurketaren bidez egin zen) eroritako ura bolumen zehatzeko (prasta bateko) ontzian bilduko zen. Prasta zelako denbora-tarte hori beren ospakizunetarako soilik neurtzea interesatzen zitzaenez, nahiz eta bolumen-unitatea izan, denbora-unitate bihurtu zen. Ontzian zegoen ur-maila konstante eta altuera egokian mantenduko zela uste da.

Erloju hori historian zehar hobetu egin zen, eta dirudienez, bertsio berria maiz erabili zen XII. mendearen hasieratik Europako erloju mekanikoak azaldu bitartean. Erabilitako ontziak (gati-ak), definitu zuen denbora-tarteari izena eman zion. Dirudienez, aurreko nadikaren baliokidea zeneko

**Goniometroaren (triangelu-forma duen hormaren) proiektzioari dagokion itzalean datza eguzki-erloju erraldoia edo Samrat Jantra. Argazkia arratsalde hartu zen.**



eta hogeitalau minutuko iraupena zeukaneko gati-ak prasta zelakoa ordezkatu zuen.

K.o. 1603. urte inguruan Ranganata-k idatzitako Suria Sidantari zegokion irazkinean ontziaren dimentsioak zehaztu dira: “Sei atzamarreko (angula) altuera eta ertzean neurri horren bikoitza zuen esferaerdi (kapala) zen ontzia, hirurogei ur-pala-ko edukiera zeukalarik. Lau atzamarreko luzera eta hiru masha eta hereneko pisuko urrezko orratza pasatzeko modukoa zen hondoko zuloa.”

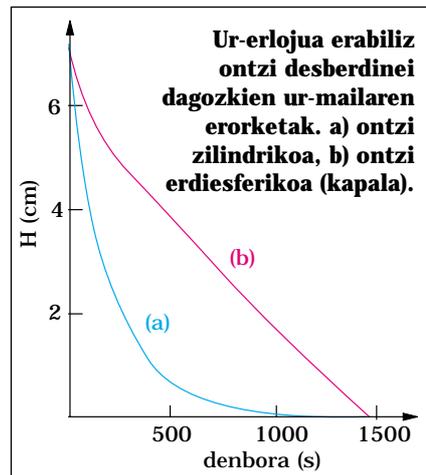
Urteetan zehar pisu- eta neurketa-sistemak balioz eta izenez aldatu egin dira, eta kasu bakoitzari dagokion gaur egungo neurriaren baliokidea ezagutzea interesgarria da. Eskua zabal zabalik edukita orduko hinduen atzamar loditik txikirainoko luzeraren balioa 22,8 cm-koa zela kontutan hartuz, angula-ren balioa 1,9 cm-koa dela esan daiteke. Ontziaren bolumena kalkulaturakoan, ondokoa ondoriozta daiteke:

$$1 \text{ pala} = 51,7 \text{ cm}^3$$

edo,

$$1 \text{ pala} = \frac{\text{bolumena}}{60} = \frac{1}{2} \frac{1}{4} \pi r^3$$

non  $r = 11,4 \text{ cm}$  den.



Bestalde, Varaha Mihiira zenaren kasuari dagokionez, pisu-sistema ziapere-hazian eta hori baino zortzi aldiz astunagoa zen arroz-garauan datza. Bere oinarrizko baieztapena balioztatzeke, 1 pala-k 52,096 g-koa izan beharko luke. Eskribuen arabera, orduko ziapere-haziak 3,7 mg-ko pisua zeukala ondoriozta dezakegu. Dirudienez, urteotan nabarmen aldatu ez den balioa da. Hala ere, masha delakoa ezin aurki daiteke inolako eskributan.

Ur-erorketaren abiadurak ez dauka ebazpen analitiko errazik. Hamar pala-ko ontzi-ko uraren altuera azkar txikiagotuko da denboran zehar, goiko (b) irudian ikus daitekeenez, eta zerora heldutakoan hustuko da ontzia. Tartearen bukaeran, kurbaren maldak balio finitua du, klepsidra delakoaren kasuan lortutako balioarekin konparatuz desberdina delarik, eta horrela, azken puntua determinatzeko erabilitako prozedurari dagokion xehetasunak gehikuntza nabarmena jasango duelarik. Ontzia gati batean hustu dadin, masha baten balioak 0,18285 g-koa izan behar du, eta % 0.1-eko pisu-aldaketak hamasei segundotan aldatuko du emaitza.

Surdava ur-erlojuaren kasura itzuliz, kalkulu errazaren bidez 1 mana-ren baliokidearen balioa ondoriozta daiteke:

$$1 \text{ mana} = \frac{\text{bolumena}}{3} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

non  $r = h = 11,4 \text{ cm}$ . den. Beraz, 1 mana = 4.654 kg da; hots, gutxi gorabehera 30 pala direlakoan pisu berekoa da. Hala ere, Al-Biruni-k berak ere 1 mana eta 15 pala berdinak direla ziurtatu du.