

# "Elektrodorik gabeko eroankortasuna": polarizazio-prozesuak galarazten dituen teknika

A. de Diego, R. Cazallas, N. Etxebarria,  
J.M. Madariaga & L.A. Fernández

Kimika Analitikoaren Saila.  
Zientzi Fakultatea. EHU  
644 P.K. 48080 Bilbo

## Abstract

*The technique of "Electrodeless Conductivity" or "Induced Conductivity" and its advantages compared with classical measuring techniques are presented. Unless it has been employed just in chemical industrial process all this time along, recent investigations can convert this technique in a very useful tool for laboratory-work.*

## Laburpena

*Disoluzioen konduktibitatea neurtzeko erabili izan den prozedura klasikoaren aurrean "Eragindako eroankortasuna" edo "Elektrodorik gabeko eroankortasuna" (E.G.E.) delako teknikak erakusten dituen abantaila nagusiak biltzen dira, teknika berriaren oinarriak azaldu direlarik. Zenbait arazo dela eta industri arlora baztertuta egon den arren, laborategi-mailan lan egiteko oso teknika apropos bihur daiteke hurrengo urteetan, azken ikerketak bultzatuta.*

## Sarrera

XIX. mendearen lehen urteetako dela esan daiteke disoluzioen eroankortasun-neurketaren hasiera (1). Harez gero, sortutako teknika oso erabilia izan da Zientziaren edozein arlotan. Kimika analitikoaren kasuan, azido-base, konplexuen formazio eta hauspeaketa-orekak aztertzea (2, 3, 4), zenbait azido eta base sendo nahiz ahulen eta gatz-disoluzioaren analisi kuantitatiboak burutzea (5, 6) eta giro urtsu zein ez-urtsuetan balorazioak egitea (7) izan dira aplikaziorik garrantzitsuenak. Azken urteotan, beste mota bateko aplikazioak aipa daitezke,

besteak beste, industri prozesuen monitorizazioa (8, 9) edota detekzio kromatografikoa (10).

Zentzu berean, mende honetan zehar kimikari-fisikariek ahalegin handiak egin izan dituzte eroankortasunaren kontzentrazioarekiko erlazioa zehazteko. Kontzentrazio baxutuan arazoa erabat konpondu dagoen bitartean (11, 12, 13) kontzentrazio altutako disoluzioen kasuan aipatutako erlazioa ez dago batere ondo finkatua, zenbait autorek gai honi gogor ekin izan dioten arren (14, 15, 16, 17). Gauza bera gertatzen da aztertutako disoluzioa zenbait konposatu desberdinen nahaste denean.

Edozein disoluzioren eroankortasuna neurtzeko erabili izan den teknika klasikoa, platinozko bi elektrodoz osatuta dago. Polarizazio-prozesuak murrizteko, korrante alternoa erabiltzeaz gain, azido kloroplatinozko elektrolisiaren bidez lortutako platino beltzezko elektrodoak erabiltzea da gaur egungo joerarik hedatuena (18). Hala eta guztiz ere, zenbat eta eroankortasun altuagoa, hainbat eta polarizazio-prozesu garrantzitsuagoa. Horrexegatik eroankortasuna neurtzeko ohizko gailuek 200 mS/cm-koa baino eroankortasun altuagorik gehienetan ez dutela neurtzen hartu behar da kontutan. Polarizazio-prozesuak ezezik, disoluzio eta elektrodoen arteko kontaktua dela eta beste zenbait arazo ere aipa daiteke, hots, elektrodoen gainazalean metalak hauspeatzea edota zenbait oliok, hauspeakin metalikok, fluxu biologikok eta latex, paper edo aluminio-industriako esekidurak elektrodoen gainean osatutako gainazal eroankor edo ez-eroankorrak (19).

Bestalde, eroankortasun-neurketa behar den bezala egiteko disoluzio eta elektrodoen arteko kontaktua onduz gertatzen diren arazoez gain, beste zenbait gauza ere zaindu behar da. Horietan garrantzitsuena tenperaturaren kontrola kontu handiz burutzean datza (20). Disoluzio gehien tenperatura-koefizientea % 2aren ingurukoa dela aintzat hartu behar da, hots, tenperaturak gradu bat gora egiten badu, eroankortasuna ere % 2 igoko da. Zenbait kasutan —ur puruaren kasuan, adibidez,— tenperatura-koefizientea % 14 izatera hel daiteke. Beraz, nahiz eta polarizazio-efektu guztiak desagertarazi, —E.G.E. teknika aplikatuz, esate baterako— neurketa txarra lortuko da tenperaturaren kontrola oso zehatza ez bada.

Dena dela, edozein disoluzioren eroankortasuna neurtzean agertzen diren arazo latzenak elektrodo eta disoluzioaren arteko kontaktua onduz gertatzen direla argi dago. Beraz, kontaktua galaraziko balitz, problema gehienak desagertu egingo liriateke. Bi teknika desberdinen kasuan lor daiteke kontakturik eza; oszilometriaren eta “Elektrodorik gabeko eroankortasuna” edo “Eragindako eroankorta-

sun” izeneko tekniken kasuan, hain zuzen. Oszilometria deitutako teknikak 1 edo 2 MHz-eko maiztasuneko korrante alternoa erabiltzea eskatzen du. Gainerako ezaugarri nagusiak oso ondo aztertuta daude zenbait argitarapenetan (21). Artikulu honetan jorratutako teknika, “Elektrodorik gabeko eroankortasuna” izenekoa izango da. Teknika honek izugarriko bultzada izan du azken urteetan; industri prozesu kimikoen arloan batez ere.

### Disoluzioren eroankortasun-neurketa

Edozein elektrolito uretan disolbatzen denean, hainbat espezie-mota sortzen da, hots, katioi, anioi eta, zenbait kasutan, espezie neutroak. Katioiak eta anioiak espezie kargatuak direnez, korrante elektrikoa eroateko gauza dira. Disoluzioaren bi punturen artean potentzial-diferentzia sortzen bada katioiak zein anioiak elkarren arteko kontrako norantzan hasiko dira higitzen, higidura honen bidez karga elektrikoa eroanik. Tenperaturak eta uraren zenbait ezaugarriak (biskositateak, konstante dielektrikoak), uretan disolbatzen den gatz-motak eta bere kontzentrazioak zehaztuko dute eroandako korrontearen magnitudea. Beraz, tenperatura ezezik, disolbatzailearen eta solutuaren izaera eta beren arteko proportzioa ere elektrolito-disoluzioren eroankortasuna finkatzen duten ezaugarriak dira.

Ikuspuntu honetatik, gatz-disoluzioa erresistentzia elektrikoa baino ez da. Kobrezko harien korrante elektrikoaren garraioa burutzen dutenak elektroiak diren bitartean, disoluzioaren kasuan ioiak dira eginkizun honen arduradun. Kasu bietan honelaxe adieraz daiteke hariaren edo disoluzioren erresistentzia:

$$R = \rho \cdot L / A$$

non  $\rho$  emandako tenperatura eta materialerako erresistentzia espezifikoa,  $L$  luzera eta  $A$  azalera baitira.

Hari metalikoaren luzera eta azalera zehaztea ez da zaila. Disoluzioaren kasuan, aitzitik, ez da hain eginkizun erraza. Gainera

oso kontu handiz finkatu behar dira magnituden biak (zelula-konstantea osatzen dutenak) neurketa zuzen egin nahi bada. Horretarako —teknika klasikoan oinarrituz— elektrodoen azalera eta haien arteko geometria zehatz finkatu behar da oso. Hala eta guztiz ere, edozein eroankortasun-zelulari dagokion konstantea kalkulatzeko, disoluzio estandar bat erabiltzea ezinbestekoa da. Erresistentzia espezifikoaren eta eroankortasun espezifikoaren arteko harremana honela adieraz daiteke:

$$(1 / R) = (1 / \rho) \cdot (A / L) = \sigma \cdot (A / L) \quad \sigma = (L / A) \cdot (1 / R)$$

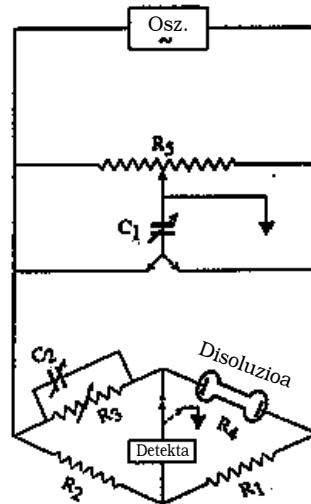
non  $\sigma$  materialaren eroankortasun espezifikoa eta  $(L/A)$  zelula-konstantea diren.

Guzti hau ikusita, elektrolito-disoluzioen eroankortasun espezifikoa neurtzeko erabili izan diren teknika guztiak disoluzioaren erresistentzia neurtzean oinarritzen dira, desberdintasun bakarra erresistentzia nola neurtzen den izanik. Teknika klasikoaren kasuan, platinoko bi elektrodo sartzen dira aztertutako disoluzioan, beren geometria eta elkarren arteko kokaera erabat zehaztuta daudelarik. Hurrengo urratsa bi elektrodoen arteko potentzial-diferentzia sortzea da, bateria edo bateria antzeko tresna erabilia. Hiru erresistentzia finkoz eta disoluzioaren erresistentziak osatutako Wheatstone zubiaren antzekoaren bidez neur daiteke disoluzioaren erresistentzia.

Sarreran esan den legez, hain erraza eta sinplea den teknika honek zenbait arazo du, hauetan garrantzitsuena elektrodoetan polarizazio-prozesua agertzea delarik. Teknika klasikoa erabilgarria izan dadin, beraz, polarizazio-prozesuak desagertaraztea, edo murriztea bederen, behar-beharrezkoa da. Horretarako bi teknika desberdin sortu ziren.

Lehena audiofrequentziako korrante alternoa erabiltzea, kasu honetan azido kloroplatinoko hidrolisiaren bidez lortutako platino beltzko elektrodoak erabiltzea ezinbestekoa delarik (20). Behar den oinarritzko zirkuitua 1. irudian ikus daiteke.

Bigarrenak korrante jarraia erabiltzea eskatzen du, kasu honetan disoluzioan dago-



**1. irudia. Teknika klasikoari dagokion oinarritzko zirkuitua.**

en ioi batekiko benetako itzulgarritasuna erakusten duten elektrodoak erabili behar direlarik (20). Azken kasu honetan zirkuitu elektrikoa askoz errazagoa bada ere, —korrante alternoa erabiltzeko inpedantzia, kapazitantzia eta abar agertzea dakar— lehen aipatutako teknika nagusituz joan da pixkanaka, aplikazio orokorretarako onartutako teknika estandar modura.

Hala eta guztiz ere, orain arte esandakoak polarizazio-prozesuak txikiagotzea baino ez du lortu. Aztergai den disoluzioaren eroankortasun espezifikoa altu samarra denean batez ere, benetako arazoak agertzen hasten dira. Polarizazio-prozesuak erabat galarazteko, artikulu honetan jorratuko den “Elektrodorik gabeko eroankortasuna” izeneko teknika sortu zen.

### “Elektrodorik gabeko eroankortasuna”

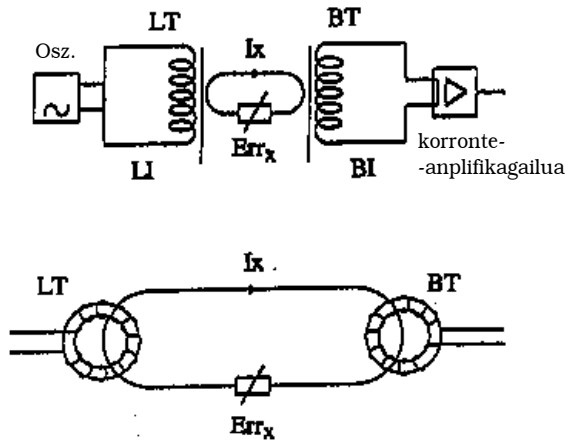
Lehen aipatuenez, teknika honen kasuan “elektrodoen” eta disoluzioaren arteko kontaktua galarazita dago erabat, polarizazio-prozesuak zeharo bazterturik suertatzen direlarik. Polarizazioa desagertzeak hainbat

posibilitate berri eskaintzen du, beren arteko garrantzitsuenetarikoa hauexek direlarik:

- Neurketa-mailaren hedapena: arestian aipatu den legez, neurgai den eroankortasuna handiagotuz doan heinean polarizazio-prozesuen garrantzia gero eta nabarriagoa da. Hau dela eta, teknika klasikoa erabilita oso arriskutsua da 200 mS/cm-koa baino eroankortasun altuagoa neurtzen saiatzea. "Elektrodorik gabeko eroankortasuna" teknikaz 10000 mS/cm-zko eroankortasuna neurtzea posible da. Edozein gatzen disoluzio zein konposatu urtsuren eroankortasuna muga horrez behetik dagoenez, aurkeztutako teknika ia edozein kasutan da baliagarri.
- Disoluzio "zikinekin" lan egiteko posibilitatea: teknika klasikoaren kasuan aztergai den disoluzioan hauspeakin, metal edo mota desberdinetako oliorik dagoenean eroankortasun-neurketa oker egon daiteke, elektrolisiaren bidezko elektrodoen gainazalean metal-deposizioa edo elektrodo-zikintzea dela eta. Elektrodoen eta disoluzioaren arteko kontaktua desagertzearekin batera, honako arazo hau ere desagertuko da.

Relis-ek teknikaren oinarriak 1947an planteatu bazituen ere (22), 50.eko hamarkadaren bukaera arte ez zen lehen tresna komertziala agertu (19). Harez gero, zenbait aurrerakuntza proposatu izan da (23), baina, hala eta guztiz ere, aplikazio-lan handirik ez da argitaratu. Gaiari buruzko miaketarik garrantzitsuena, Light-ek egindakoa da (19).

Teknikaren oinarria honelaxe labur daiteke 2. irudiaren laguntzaz: Oszilagailuari (Osz-ri) lotuta dagoen toroideak (LT-ak) eremu elektrikoa (LI-a) sortzen du, zeinak aztertutako disoluzioari korronte alterno txikia ( $I_x$ -a) eragiten dion, korrontearen magnitudea disoluzioaren erresistentziaren ( $Err_x$ -ren) arabera-koa delarik. Aurrekotik oso hurbil dagoen beste toroideak (BT-ak), eragindako korrontea (BI-a) jasotzen du eta amplifikagailurantz bidaltzen du. Honek detektagailura igortzen du seinalea, neurketa posible egiten delarik.



**2. irudia. " Elektrodorik gabeko eroankortasuna" teknikaren oinarria.**

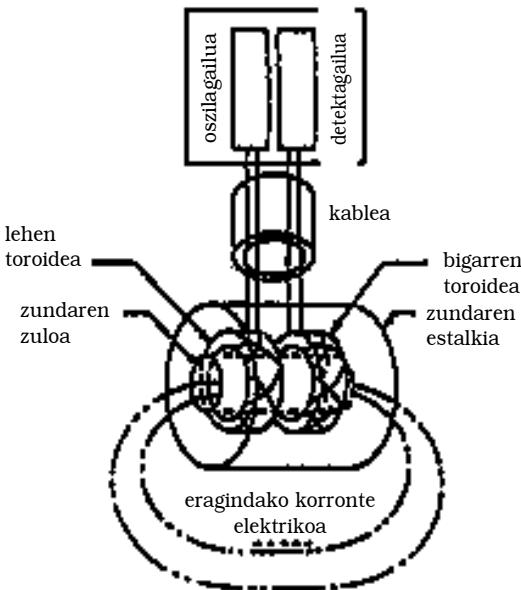
Horrela, detektagailuak jasotzen duen seinaleak disoluzioaren eroankortasunarekiko proportzionaltasuna du. Oszilagailuak 20 kHz-eko maiztasuneko korrontea eragiten du (teknika klasikoaren kasuan, aldiz, 1 kHz-eko maiztasuna erabiltzen da).

Kimikoki geldoa eta eroankorra ez den materialez (tenperatura altutan lan egiteko aproposa den fluorokarbonozko eratorrien batez) estalita daude bi toroideak, disoluzio eta toroideen arteko kontaktua galerazita suertatzen delarik (ik. 3. irudia). Bestalde, zunda eta zelularen paretaren artean, gutxienez, 2 cm-ko aldea uztea ezinbestekoa da, bigarren toroideak disoluzioan eragindako korrontea behar bezala har dezan. Gai honi buruzko azterketa sakona aurki daiteke bibliografian (19).

Erabiltzen den zundak kristalezko zatirik ez duenez eta toroide biak estaltzeko erabiltzen den materiala, gehienetan, kimikoki oso erresistentzia handiko plastikoa (PTFE-a, propilenoa) denez, oso disoluzio korrosiboak (azido oxidatzaileak, fluoro-eratorrienak, etab.) maneatzea posible da. Bestalde, korronte alternozko teknika klasikoaren kasuan elektrodoen birplatinizazioari ekin behar izaten zaio behin eta berriro, egindako neurketa kalitatezkoa izatea nahi bada. Alde

horretatik, "elektrodorik gabeko eroankortasuna" izeneko teknikak ez du inolako mantentimendu berezirik behar.

Industri prozesuen analisi eta kontrol-arloan oso teknika erabilia da (8,9). Bestalde, zundaren neurriak direla eta laborategi-aplikazioak murriztak dira. Teknika klasikoarekin konparatuz, neurketa-maila dexente hedatu da; eroankortasun altuak (10000 mS/cm-zkoak) neurtzeko batez ere. Ahatik, 0.01 mS/cm-koa baino eroankortasun txikiagoa duten disoluzioak aztertzeko ez da oso teknika aproposa (19), zelula-konstantea al-tuegia delako. Gaur egun teknika honi buruzko azterketarik garrantzitsuenek, bai zundaren neurriak txikiagotzea eta bai behetiko muga zabaltzea daukate helburu nagusizat. Hau dela eta, hurrengo urteetan teknika laborategi-lanetara hedatuko da. Hala eta guztiz ere, egungo tresneriaz (nahasgarri samarra bada ere) laborategian saiakuntzak egiteko inolako arazorik ez dago, hurrengo atalean ikusiko den legez.



**3. irudia.** "Elektrodorik gabeko eroankortasuna" teknikaren zunda eta instrumentuaren eskema.

## Egiatzapen esperimentalak

Atal honetan "Elektrodorik gabeko eroankortasuna" delako teknika erabiliz burututako hiru saiakuntza desberdin aurkeztuko dira. Lehen adibidean NaOH-aren balorazioa burutu da, baloratzaille modura HNO<sub>3</sub>-a erabilia. Bigarren eta hirugarren adibideak, berriz, bi azidoren (HCl-aren eta H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>-aren) diluzioei dagozkie.

## Erreaktiboak eta instrumentala

Azido fluorosilizikoa izan ezik, erabilitako gainerako erreaktiboak *pro analysi* kalitatezkoak izan dira. Geroago azalduko diren arrazoiengatik industrigintzan erabiltzen den azido fluorosilizikoa —[H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>] = 46.95%; ρ = 1.46 g·cm<sup>-3</sup>— erabili da 3. adibidean. Saiakuntza guztietan *millipore* kalitatezko ura erabili da.

Saiakuntzak burutzeko behar izan den materiala ondokoa da:

- Disoluzioak egiteko eta beren titulazioak burutzeko behar izaten den kristalezko material kalibratua. Disoluzio guztiak plastikozko botilatan gorde dira.
- Pisaketak ± 0.0001 g-ko perdoiko Mettler AJ150 balantzez burutudira.
- Eroankortasun-neurketak egiteko "Elektrodorik gabeko eroankortasuna" teknikan oinarritutako zunda eta konduktimetroa Polymetron etxeko Monec 8921 ereduari dagozkionak dira, zundak temperatura neurtzeko termoparea daramalarik. Instrumentuaren perdoia ± 0.1 °C-koa eta ± 0.001 mS/cm-koa da. Aztertutako disoluzioa, zunda, bureta eta abar sartzeko dituen lau ahoko teflonezko erreaktore isolatura sartu eta magnetikoki irabiatu egiten da, erabilitako irabiagailua SBS etxeko A-05/B delarik. Erreaktorea parafinazko bainuan sartzen da, zeinaren temperatura Laua MT termostatoaren laguntzaz ± 0.1 °C-ko zehazgatasunez konstante mantentzen baita.
- Erreaktiboak erreaktorera gehitzeko ±0.001 mL-ko perdoiko Crison MicroBUR 2031

autobureta erabili izan da saiakuntz guztietan zehar.

### Prozedura

Aurreneko pausoa konduktimetroa eta zunda kalibratzea izan zen, eginkizun hau betetzeko eroankortasun ezaguneko (24) HCl-ko disoluzioak erabili zirelarik.

Edozein saiakuntza egin baino lehen erreaktore isolatura zunda lehorra sartu zen eta multzo osoa (erreaktorea eta zunda) parafinazko bainuan kokatu zen, tenperatura- eta eroankortasun-neurketak egonkortuta zehazki tenperatura-kalibrazioa eta patroia-zen zuzenketa burutu zirelarik.

Erreaktorera lehen erreaktiboaren 300 ± 1 mL botatzea izan zen hurrengo urratsa. Gehienetan orduerdian baino gutxiagotan estabilizatu ziren tenperatura- zein eroankortasun-neurketak. Ondoren, bigarren erreaktiboaren 240.00 ± 0.05 mL bota ziren erreaktorerara 10.00 ± 0.01 mL-z 10.00 ± 0.01 mL. Eransketa bakoitzaren ostean denbora-tartea (normalean 15 minutuko tartea nahikoa zen) itxaron zen, tenperatura- eta eroankortasun-neurketak egiteko.

Lehen bi adibideei saiakuntza bana dagokie. Hirugarrena, berriz, hiru saiakuntza desberdinen nahastea da, kasu honetan 10 mL ez eta beste bolumen batzuk erantsi zirelarik.

### Emaitzak

#### - NaOH-aren balorazioa balorazioa gisa HCl-a erabilia

Azido-base balorazioaren bidez analizatu dira eroankortasun-balorazioan erabilitako disoluzio biak, ondoko emaitzak lorturik:

$$[\text{NaOH}] = 0.995 \pm 0.001_2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[\text{HNO}_3] = 2.500 \pm 0.001_4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Metodo bolumetrikoaren bidez lortutako kontzentrazioei dagoz-

kien perdoiak, errore-hedapenaren bitartez kalkulatuak dira, erabilitako matrize, pipeta, bureta eta balantzaren doitasunak aintzakotzat harturik.

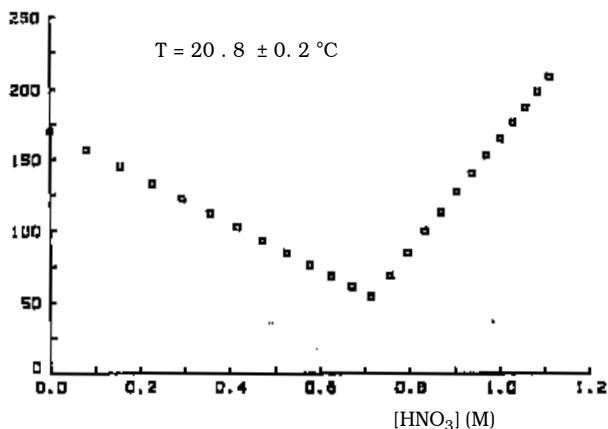
Lehen azaldu den prozedurari jarraituz eroankortasun-balorazioaz lortutako balorazio-kurba 4. irudian ikus daiteke. Lortutako zuzenen arteko ebaketaren arabera NaOH-aren kontzentrazioa  $1.005 \pm 0.001_1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ -koa da. Kontzentrazio honi dagokion perdoia honela kalkula daiteke: 4. irudia osatzen duten bi zuzenen adierazpen matematikoak karratu txikiak delako prozeduraren bidez kalkula daitezke, ordenatu-jatorria eta maldaren doitasunak barne. Lortutako doitasunak erabilia eta errore-hedapenaren bidez lor daiteke aipatutako kontzentrazioaren perdoia.

Aipagarria da, batetik, bolumetria eta eroankortasun-balorazioaren bitartez lortutako emaitzen perdoiak parekoak izatea, F testa (25) aplikatuz egiaztatu daitezke. Bestalde, bi kontzentrazioen doitasunak kontutan harturik, lortutako emaitzak bat datozela esan daiteke.

#### - HCl-aren diluzioa

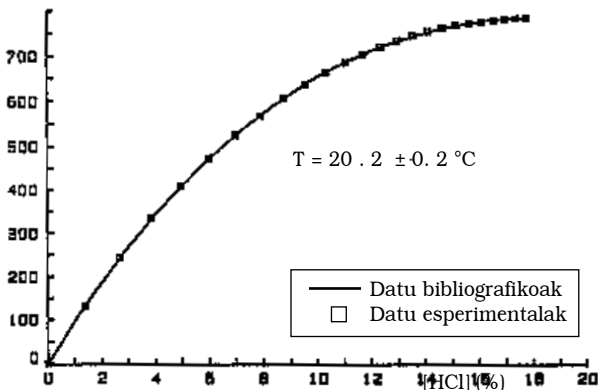
$\text{Na}_2\text{CO}_3$  balorazioa gisa erabilia, hasierako HCl-aren "stock" disoluzioa analizatu da

Eroank. espez. (mS/cm)



#### 4. irudia. NaOH-a balorazioa gisa erabilia, HCl-aren balorazio konduktimetrikoa.

Eroank. espez. (mS/cm)



**5. irudia. HCl-aren diluzioa eta prozesuaren jarraipen konduktimetrikoa.**

eta bere dentsitatea neurtu da, ondoko emaitzak lortu direlarik:

$$[\text{HCl}] = 11.520 \pm 0.002 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$$

$$\rho = 1.18 \pm 0.01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

300 ml uren gainera 240 ml HCl bota deneko eroankortasun-balorazioaren antzekoari dagokion emaitza 5. irudian ikus daiteke, bibliografian aurkitutako datuekin batera (24). Emaitza esperimentalaren eta datu bibliografikoen arteko ezberdintasuna % 0.7-koa da, gehienez.

**- H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>-aren diluzioa**

Hemen aurkezten den saiakuntza hiru saiakuntza desberdinen batuketara da. Beti ere azidoaren gainera ura bota bada ere, ur-eransketen bolumenak desberdinak izan dira. Erabiltako azidoa industrian erabiltzen den horietakoa da, —industrian bezalaxe prozesuaren ezaugarriak errespetatzeko— bere HF-aren kontzentrazio askea % 0.2koa delarik. Baldintza hauetan ez da batere komeni kristalezko zatirik duen tresneriaz lan egitea, erresistentzia kimiko handiko plastikoa erabiltzea ezinbestekoa izanik. Bestalde, aurre-

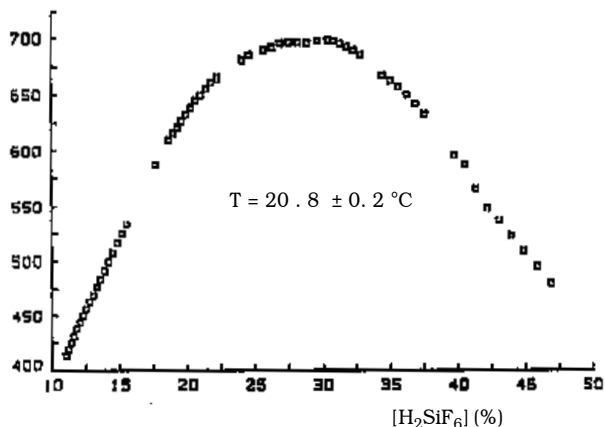
neko kasuan zein oraingo adibidean neurtu diren erankortasun altuak (ia 800 mS/cm-koak) direla eta polarizazio-efektuek sortutako arazoak ugaldtu egingo direnez, askoz komenigarria da “Elektrodorik gabeko eroankortasuna” edo antzeko teknika erabiltzea. Bibliografian ez da aurkitu azido honi dagokion inolako daturik, konparazioa egitea ezinezkoa suertatu delarik. Lortutako emaitza esperimentalak 6. irudian ikus daiteke.

**Ondorioak**

Aurkeztutako adibideak aztertu ondoren, zenbait ondorio atera daitezke. Teknikaren beraren aldetik hauexek dira “Eragindako eroankortasuna”ren abantailarik garrantzitsuenak:

- Polarizazio-prozesuak desagertzea.
- Teknika klasikoak dituen gainerako arazo gehienak saihestea, besteak beste, hauspeakinen interferentziak, metalen deposi-


Eroank. espez. (mS/cm)



**6. irudia. H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>-aren diluzioa eta prozesuaren jarraipen konduktimetrikoa.**

- zioa eta eroankor diren edo eroankor ez diren gainazaletako deposizioa.
- Neurketa-maila hedatzea.
  - Disoluzio korrosiboak aztertzeko erabilgarriago izatea.
  - Mantenimendu errazagoa.
  - Tenperatura altutan lan egiteko posibilitatea.

Berezitasun guzti hauek aintzakotzat harturik, aurkezturiko teknikak dituen aurrerape-

nak —teknika klasikoarekin konparatuta— nabariak direla egiazta daiteke. Azken urte hauetan E.G.E.aren erabilera industri arloan baino gorantz joan ez bada ere, azkeneko ikerketek eragin duten zundaren neurrien murrizketak aztertutako teknika “berri” hau laborategi-mailan erabiltzeko oso tresna erabilgarri bihurtu du, hurrengo urteetan arlo honetan izugarritzko bultzada jasoko bide duelarik. 

## Bibliografia

1. DELAHAY, P.; “Análisis Instrumental”, 2ª ed.; Paraninfo, 1967.
2. ROMANETTI, R., GALEA, J., FERRONI, G., HAULAIT-PIRSON, M.Cl., HUYSKENS, P.L.; Bull. Soc. Chim. Belg., 89, (8), 589, (1980).
3. CARRE, J., BENDAUOD, S., PERACHON, G.; J. Fluorine Chem., 24, (2), 175, (1984).
4. SALEH, J.M., AL-SHAMMA, F.A., HIKMAT, N.A.; Iraqi J. Sci., 27, (1-2), 87, (1986).
5. MIKI, N., MAENO, M., OHMI, T.; J. Electrochem. Soc., 137, (3), 790, (1990).
6. VICTORIA, L., BARZANALLANA, R.M., ORTEGA, M.G., IBÁÑEZ, J.A.; Tec. Lab., 12, (148), 130, (1989).
7. JEFFERY, G.H., BASSET, J., MENDHAM, J., DENNEY, R.C.; “Vogel’s Textbook of Quantitative Chemical Analysis”, 5nd ed.; Longman Scientific and Technical, 1989.
8. RADEMACHER, O., DIENER, R., RESCHKE, A., ZIEMANS, O., SCHELER, H.; Silikattechnik, 40, (6), 196, (1989).
9. FISHER, K., SCHMIDT, I.; Tappi J., 74, (1), 181, (1991).
10. SHAN, Z.I., XIAO, H., ZHU, P.L.; J. Chromatogr., 535, (1-2), 207, (1990).
11. FUOSS, R.M.; J. Solution Chem., 7, (10), 771, (1978).
12. QUINT, J., VIALARD, A.; J. Solution Chem., 7, (7), 533, (1978).
13. LEE, W.H., WHEATON, R.J.; J. Chem. Soc. Faraday Trans. II, 74, (8), 1456, (1978).
14. DELLA MONICA, M., CEGLIE, A., AGOSTIANO, A.; Gazz. Chim. Ital., 115, (7), 385, (1985).
15. POSTLER, M.; Collect. Czech. Commun., 35, (2), 535, (1970).
16. HAASE, R., SAUERMAN, P.F., DUECKER, K.H.; Z. Physik. Chem., 43, (3-4), 218, (1964).
17. EBELING, W., ROSE, J.; J. Solution Chem., 10, (9), 599, (1981).
18. STROBEL, H.A.; “Instrumentación Química”, 1ª ed.; Limusa, 1968.
19. LIGHT, T.S., MC HALE, E.J., FLETCHER, K.S.; Talanta, 36, (1-2), 235, (1989).
20. ROBINSON, R.A., STOKES, R.H.; “Electrolyte Solutions”, 2nd ed; Butterworths, 1970.
21. PUNGOR, E.; “Oscillometry and Conductometry”; Pergamon Press, 1965.
22. RELIS, M.; Thesis; Mass. Institute of Technology, Cambridge, Mass., (1947).
23. KOSKI, O.H., DANIELSON, M.J.; Rev. Sci. Instrum., 50, (11), 1433, (1979).
24. HAASE, R., SAUERMAN, P.-F., DUCKER, K.-H.; Z. Physik. Chem. neue Folge, 47, 224, (1965).
25. MILLER, J.C., MILLER, J.N.; “Statistics for Analytical Chemistry”; John Wiley and Sons, 1984.