

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

MASA-BALANTZEAK **Ariketa ebatziak**

Unai Iriarte Velasco

**EUSKARAREN ETA ETENGABEKO
PRESTAKUNTZAREN ARLOKO
ERREKTOREORDETZA**

**Argitalpen honek UPV/EHUko Euskararen eta Etengabeko
Prestakuntzaren arloko Errektoreordetzaren laguntza izan du**

Hitzaurrea

Liburu honetan masa-balantzeen ebazpena eskatzen duten ariketak bildu dira. Material honetan aurkezten dira Ingurumen Zientziak Gradu (Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU) «Ingurumen ingeniartzaren oinarriak» ikasgaiaren azken urte hauetan landu diren adibideak. Ariketa guztiak ebaztuta aurkezten dira, eta ebazpenerako prozesua azaltzen da.

Ikasmaterial honen helburu nagusia da ariketak ebazteko orduan ikasleari erreferentzia moduan lagungarri gerta dakiokeen erreminta bat eskaintzea. Antzeko materia lantzen duten beste ikasketak batzuetarako ere lagungarri izan daiteke. Aldiz, garapen teoriko sakonetarako, bibliografian aipatutako liburuak gomendatzen dira.

Bilduma xume honetan jasotzen diren ariketek denboran zehar propietateak konstante mantentzen dituzten prozesuak deskribatzen dituzte, hau da, egoera geldikorrean diharduten prozesuak. Salbuespena, 3. ariketa da, zeinak zikloka ustiatzen den prozesu bat deskribatzen baitu. Helburua da sistemaren ezaugarriak aztertzea lan-zikloa hasi aurretik eta bukatu ondoren (eta ez egoera aldakorra deskribatzen dituzten ekuazio diferentzialak lantzea).

Azkenik, ariketak zailtasunaren arabera sailkatzen dira, kontzeptuak pixkanaka barneratzea ahalbidetzeko. Horregatik, horiek modu korrelatiboan ebaztea gomendatzen da. Ariketa bakoitzean, fluxu-diagrama marraztea, dagozkion ekuazioak idaztea, eta horiek ebaztea gomendatzen da. Horretarako, enuntziatuarekin batera emaitza ematen da. Esan beharra dago ariketen ebazpena zuzenean irakurtzeak askoz eraginkortasun txikiagoa izango lukeela ikasketan.

Edukiak

Masa-balantzeak ebazteko pausoak.....	5
1. ARIKETA-ZERRENDA.....	7
Birzirkulazio gabeko prozesuak.....	7
Birzirkulaziodun edo by-passdun prozesuak.....	8
Erreakzio kimikodun prozesuak.....	11
2. ARIKETEN EBAZPENAK.....	13
1. ariketa.....	13
2. ariketa.....	15
3. ariketa.....	19
4. ariketa.....	23
5. ariketa.....	27
6. ariketa.....	31
7. ariketa.....	35
8. ariketa.....	41
9. ariketa.....	47
A eranskina.....	51
B eranskina.....	53
3. BIBLIOGRAFIA.....	55

Masa-balantzeak ebazteko pausoak:

Masa-balantzea da prozesu batera sartu, irten eta bere baitan metatzen ari diren materialen zenbaketa bat. Masaren iraunkortasun legean oinarritzen da, eta, ikuspuntu makroskopiko batetik, materia ezin daitekeela ez sortu ez desagertu onartzen da.

Ebazpenerako metodologiaren oinarria da magnitude ezezagunak aldagai ezezagun moduan definitzea eta ekuazio-sistema bat bilatzea. Beharrezko ekuazio kopuruak, hain zuzen ere, aldagai ezezagunen kopururen berdina izan behar du. Horrela, aldagai ezezagun guztien balioa zehaztea ahalbidetzen da.

Jarraian gomendatzen diren pausoak lagungarri gerta daitezke masa-balantzeak modu argian ebazteko. Ikasleak ez lituzke ebazpenak buruz ikasi behar, kasu praktikoko bakoitza ezberdina baita besteetatik, eta, ondorioz, egoera posibleak amaigabeak dira. Argitu beharra dago ebazpenerako modu anitz daudela, eta aukera posibleetatik bat proposatzen du material honek.

Prozedura honen helburua da ikasleak metodologia bat ulertzea, betiere, masa-balantzeen ebazpena eskatzen duen edozein diseinu modu egokian aztertzen eta ebazpena egiten laguntzeko. Ebazpenerako, prozedura orokor moduan, honako lau pauso hauek hobesten dira:

1. **Informazioa bildu** eta bloke-diagrama edo eskema baten bitartez laburbildu. Pauso honetan, prozesuan parte hartzen duten korrante guztiak izendatuko dira, eta baita beren propietate esanguratsuenak ere. Hau da, ebazpenerako erabiliko den **terminologia finkatuko da**.
2. Ebazpena egiteko **unitateak aukeratu** (kg/egun, mol/h, eta abar), eta **baita kalkulu-oinarria ere**.

3. **Diseinu-helburua identifikatu.** Zehaztu nahi den aldagaia identifikatu eta izendatuko da, eta masaren iraunkortasun legea aplikatzeko **istema** aukeratuko.
4. **Askatasun-graduen zehaztapena.** Aukeratutako sistemak dituen aldagai ezezagunak identifikatuko dira; beraz, **beharrezko ekuazio kopurua.**

1. ARIKETA-ZERRENDA

Birzirkulazio gabeko prozesuak

1. ariketa

Prozesu-korrante batek 1000 l/h-ko emaria du. Kloruro sodikotan % 5 (masan) da, eta bere dentsitate erlatiboa 1,04. Gatz-kontzentrazioa handitzeko asmotan, korrante horrekin lurrungailu bat elikatzen da, zeinetan disolbatzailea den ura bereizi egingo baita. Lurrungailutik bi korrante ateratzen dira: lehenengoa, korrante likido kontzentratua, 664 kg/h eta gatzetan % 13 dena; eta bigarrena, ur-baporea. Zehaztu ur-baporeak daraman gatz-kontzentrazioa.

Emaitza: % 0,47

2. ariketa

Ur-araztegi batean, % 70eko hezetasuna duen lokatza sortzen da. Deshidratazio-instalazio batean, lokatz hori lehortu egiten da beroketa bidez, eta hasierako hezetasun osoaren % 80 galtzen du. Kendutako hezetasuna ur garbi moduan (lokatz gabea) ateratzen da. Lokatzaren 200 kg/h tratatzen badira, zehaztu:

- a) Eliminatorikoko ur masa.
- b) Deshidrataturikoko lokatzaren konposizioa (hezetasuna).

Emaitza: a) 0,56 kgH₂O/kg-elikadura edo 112 kgH₂O/h b) Hezetasuna % 31,8

3. ariketa

Olarizuko lorategi botanikoan (Gasteizko Udala) ongarri kimikoa prestatu behar dute. Prestaketarako, honako hiru produktu komertzial hauek erabili ohi dira:

- I. % 20 nitrato gatzak dituen disoluzio urtsua.
- II. % 15 fosfato gatzak dituen disoluzio urtsua.
- III. C- sulfato gatz purua (solido eran).

Ongarri kimikoa bi etapatan prestatzen da. Lehenengoan, modu honetan egiten da nahasketa: fosfato gatz kilogramo bakoitzeko, sulfato kilogramo bat gehitzen da. Ondoren, nahasteari 20 kilogramo sulfato gehitzen zaizkio, 100 kilogramo fosfatoko.

Bigarren etapan, lortutako nahastea berotu egiten da, lurrunketa bidez ura eliminatzekeo (ur garbia, inolako gatzik gabea), azken produktuak (ongarriak) % 40 hezetasun izan arte.

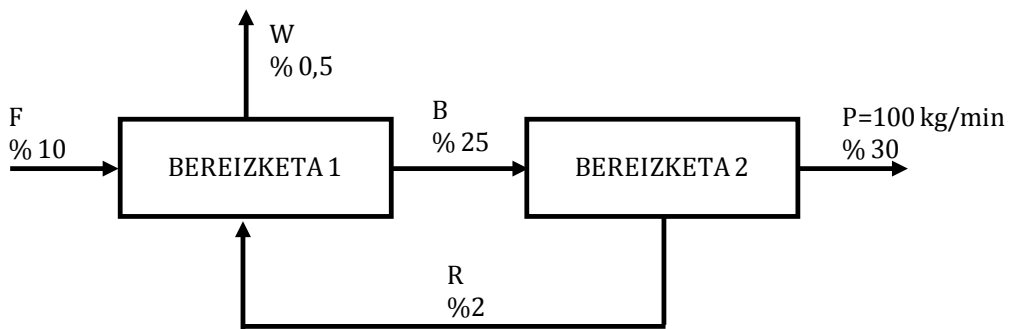
- a) Kalkulatu lehen etapan prestaturiko nahastearen ur-edukia.
- b) Kalkulatu, prozesu osoa eginez, zenbat kilogramo ongarri presta daitezkeen, B osagaiaren kilogramo bakoitzeko.

Emaitza: a) $X=0,815$ [kg-ur/kg] b) 0,55

Birzirkulaziodun edo by-passdun prozesuak

4. ariketa

Mintz bidezko sistema bat erabiltzen da jario baten solido-kontzentrazioa handitzeko. Solido-kontzentrazioa % 10etik % 30era handitu nahi da. Prozesuak bi etapa ditu. Etapa bakoitzean bitan banatzen da sarrera-korrontea, bata solido-kontzentrazio altukoa eta bestea baxukoa. Halaber, lehen etapara bueltatzen da bigarren etapako kontzentrazio baxuko korrontea. 100 kg/min produktu ekoitzi nahi bada, kalkulatu elikadura (F) eta errezirkulazio (R) emariak.

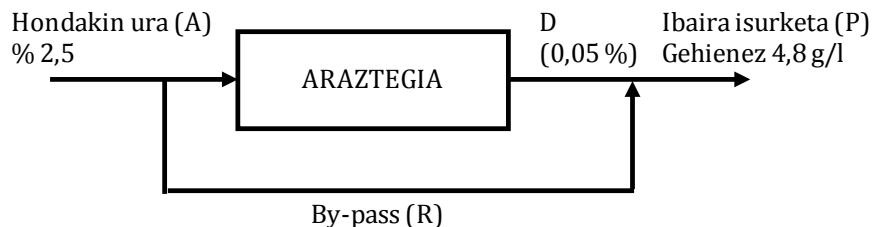


Emaitza: $F=310,5$; $R= 21,74$ kg/min, ($W=210,5$; $B=121,74$ kg/min)

5. ariketa

Irudiko araztegian, kutsatzaile baten edukia murrizten da % 2,5etik, % 0,05era (ikus irudia). Halaber, ibaira isur daitekeen gehieneko kontzentrazioa 4,8 g/l da. Zehaztu hondakin-uraren zein portzentaje egin daitekeen *by-pass* (R korrontea), aipatutako mugapena betetzen dela ziurtatzeko.

Datuak: korronte guztien propietateak berdinak direla onar daiteke; likatasuna 0,92 cP; dentsitatea 960 kg/m³; $C_p=3,4$ J/gK.



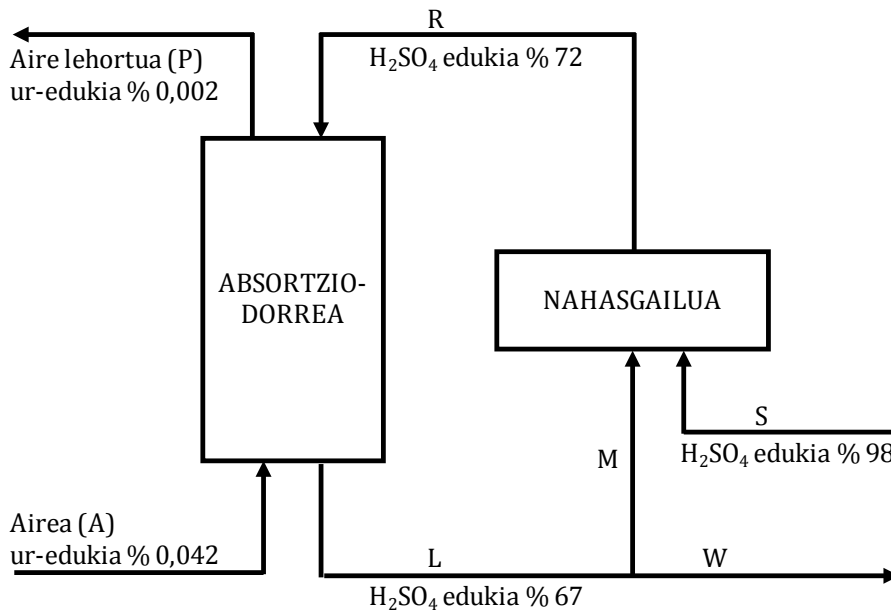
Emaitza: % 18,4

6. ariketa

Aire-korronte batek (A korrontea) % 0,042 (w/w) hezetasun dauka. Bere erabilerarako, hezetasuna gutxitu behar zaio, % 0,002 izan arte. Horretarako, absorzio-dorre batean zehar igarotzen da. Bertan, sulfuriko (H₂SO₄) disoluzio urtsu batek absorbatzen du airearen hezetasuna. Beheko bloke-diagraman korronte bakoitzaren ezaugarriak ematen dira. 150 kg/h aire tratatu nahi badira, kalkulatu:

- Beharrezko % 98 sulfuriko-korrontearen (S) masa-emia (kg/h).
- W korrontearekin, prozesutik purgaturiko sulfuriko kantitatea (kg_{sulfuriko}/h).

Oharra: portzentajeak hezetasun-edukiari dagozkie A eta P korronteetan; gainerakoetan, aldiz, azido sulfuriko edukiari, masaren arabera.

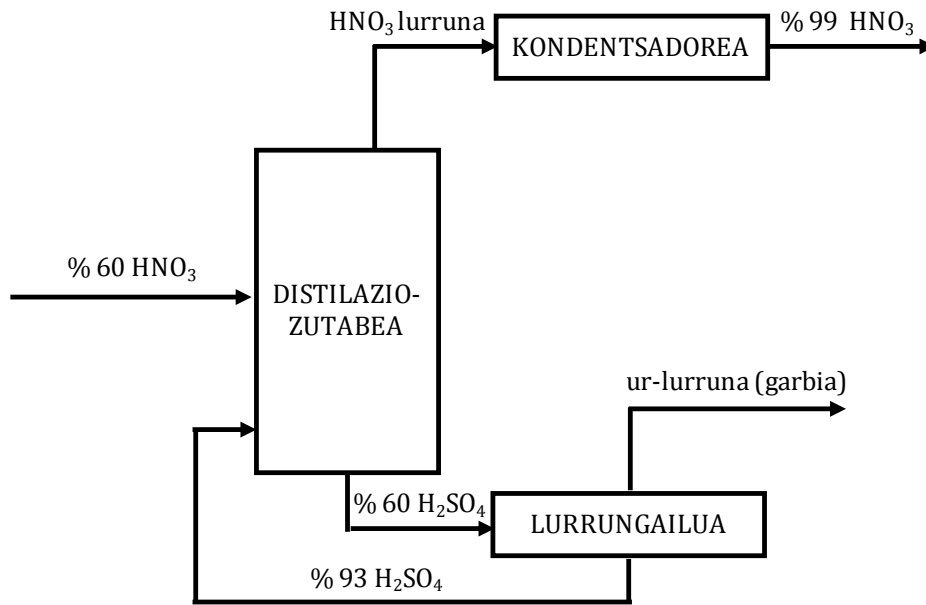


Emaitza: a) 0,13 kg/h b) 0,127 kg-azid/h

7. ariketa

Lantegi baten azido nitriko kontzentratua (% 99) ekoizten da. Irudian erakusten da ekoizte-prozesuaren azken etapa, distilazio-prozesu bat alegia. Bertan, azido nitrikoaren kontzentrazioa % 60tik % 99ra eramaten da. Halaber, H_2SO_4 erabiltzen da uraren presio partziala gutxitzeko. Bestela, lurrunketa bidez ez litzateke % 68 baino kontzentrazio altuagorik lortuko (hau da, azeotropoaren kontzentrazioa). Kalkuluoinarri moduan, nitriko kontzentratuaren 100 kg/h aukeratuz gero, zehaztu:

- Elikatu beharreko nitriko diluituaren masa-emia.
- Lurrungailutik kanporatzen den ur masa-emia.
- Birziklatze-korrontean H_2SO_4 masa-emia, kg_{H₂SO₄}/h.



Emaitza: a) 165 kg/h b) 65 kg/h c) 120,9kg-azid/h

Erreakzio kimikodun prozesuak

8. ariketa

Lantegi batean, 3 mg/l zianuro daraman hondakin urtsu bat ekoizten da. Zianuroa oxidazio bidez eliminatzea erabaki da oxidazio-ganbara (erraktore kimiko) batean. Zianuroaren oxidazio-abiadura, $(-r_{CN})$, proportzionala da ganbaran erreakzionatu gabeko zianuro kontzentrazioarekiko:

$$(-r_{CN}) = -\frac{dC_{CN}}{dt} = k \cdot C_{CN} \quad \left[\frac{g}{m^3 \cdot egun} \right]$$

Non, $k=0,47$ [egun⁻¹] eta C_{CN} [g/m³]-tan.

Oxidazio-ganbara egunean 15.000 m³ hondakin-urez elikatzen bada eta beraren ahalmena 105.000 m³ bada, kalkulatu:

- a) Oxidazio-ganbararen irteera-korrontean dagoen zianuro-kontzentrazioa.

- b) Neguan, temperatura hotzetan, konstante zinetikoa txikitu egin da, $k=0,25$ [egun⁻¹]. Kalkulatu baldintza horietan araztu daitekeen emaria, irteerako korrontean zianuro-kontzentrazio berdina lortzeko.

Emaitza: a) 0,7 mg/l b) 7989 m³/egun

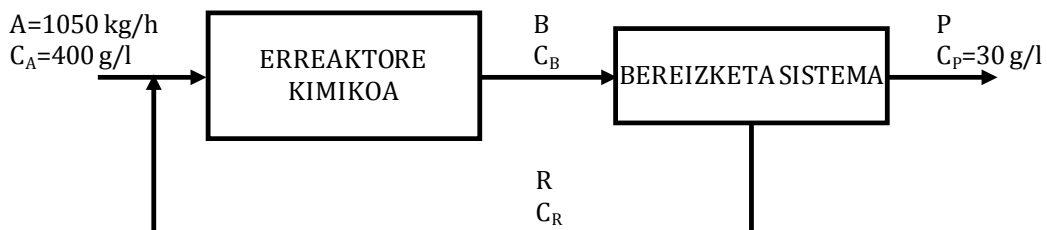
9. ariketa

Industria kimiko batek degradazio-erreakzio kimiko baten bidez ekoizten du m osagaia, non s polimero baten mol bakoitzak hiru mol monomero (m) ematen baititu $s \rightarrow 3m$ erreakzio-eskemaren arabera. Polimeroarean deskonposizio-abiadura ($-r_s$), erreakzio-nahastean dagoen s -ren kontzentrazioaren arabera (C) da, konstante zinetikoa $k=0,64$ [h⁻¹] izanik.

$$(-r_s) = -\frac{dC}{dt} = 0,64 \left[h^{-1} \right] \cdot C \left[\frac{g}{l} \right] \quad \left[\frac{g}{l \cdot h} \right]$$

Irudiak prozesuaren bloke-diagrama erakusten du. Elikadura-korrontea (A), 1050 kg/h, aberatsa da s osagaitan (400 g/l). Birzirklatze-korrontearekin (R) nahastu ondoren, errektorea elikatzeko erabiltzen da. Ondoren, erreakzionatu gabeko s osagaia mintz bidezko iragazketa-ekipo batean bereizten da, errektorean berrerabiltzeko. Bereizketa-sisteman, P korrontearen masa-emaria R-rena baino bost aldiz handiagoa da. Halaber, arazketaren ondoren, s -ren kontzentrazioa gehienez 30 g/l izan daiteke. Zehaztu bereizketa-ekipotik atzeraelikatzen den korrontean (R) zein izan behar duen s -ren kontzentrazioak (masa-frakzio moduan).

Datuak: errektorearen tamaina 10 m³; korronte guztien dentsitatea berdina da $\rho=980$ g/l; pisu molekularra (g/mol): S = 180 eta M = 60.

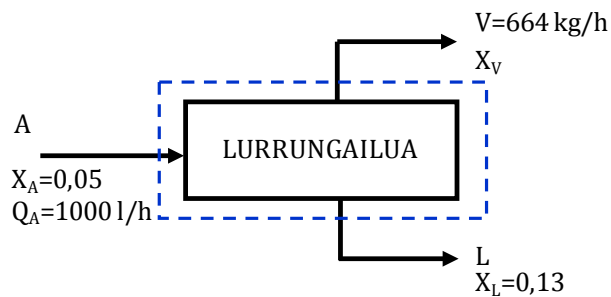


Emaitza: a) $X_R=0,226$

2. ARIKETEN EBAZPENAK

1. ariketa

Honako irudi honek prozesuaren bloke-diagrama erakusten du:



1. irudia. Eragiketa-unitate bakarra duen prozesuaren bloke-diagrama.

1. irudiko bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korrontek erakusten ditu, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere, hala nola, emari bolumetrikoak (Q_A), masa-emariak (A , L , V), eta gatzaren masa-frakzioak (X_A , X_L , X_V).

Diseinu-helburua ur-baporearen gatz-kontzentrazioa da, zeina X_V moduan adierazten baita. Ebazpena egiteko, diseinu-helburua (X_V aldagaia) agertzen den ekuazioen bat idatzi behar dugu, zeinak prozesua deskribatzen baitu. Kasu honetan, masa-balantzeetatik erator daiteke beharrezkoa den ekuazio hori; eta lurrungailua bera izango da aukeratutako sistema. Lerro urdin ez-jarraituak sistemaren mugaldea adierazten du.

Masaren iraunkortasun legearen arabera, bi ekuazio idatz ditzakegu: masa-balantze totala, eta gatz osagaiaren masa-balantze partziala.

Masa-balantze totala:

$$A - V - L = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, gatz osagaiarentzat:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_A \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] - V \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_V \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] - L \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_L \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{gatz}}{h} \right] \quad (2)$$

Ekuazio hauetan, bi magnitude dira ezezagun: likido-korrontearen masa-emaria (L) eta lurrunean gatzak duen masa-frakzioa (X_V). Hortaz, bi ezezagun eta bi ekuazio izanik, ekuazio-sistema ebatz daiteke.

Balioak masa-balantzearen ekuazioetara eramanez:

$$(1) \text{ Ek.} \quad 1000 \left[\frac{l}{h} \right] \cdot 1,04 \left[\frac{kg}{l} \right] - 664 - L = 0$$

$$L = 376 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

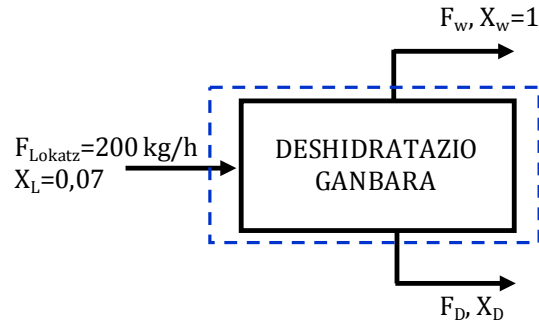
Eta gatzaren masa-balantze partziala:

$$(2) \text{ Ek.} \quad 1040 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,05 \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] - 664 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_V \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] - 376 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,13 \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right] = 0$$

$$X_V = 0,0047 \left[\frac{kg_{gatz}}{kg} \right]$$

2. ariketa

Honako irudi honek prozesuaren bloke-diagrama erakusten du:



2. irudia. Eragiketa-unitate bakarra duen prozesuaren bloke-diagrama.

Bloke-diagraman erakusten dira prozesuan parte hartzen duten korranteak, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere, hala nola, masa-emariak (F_{Lokatz} , F_W , F_D) eta hezetasuna (ur masa-frakzioa) (X_{Lokatz} , X_W , X_D).

Ebazpenerako lehen pausoa da diseinu-helburua identifikatzea. Oraingoan, zehaztu beharreko magnitudeak hauek dira: prozesuak kanporatu duen ur-masa, F_W , eta lehortu ondoren lokatzaren ur-edukia, X_D .

Masaren iraunkortasun legearen arabera, bi ekuazio idatz ditzakegu: masa-balantze totala eta ur masa-balantze partziala.

Masa-balantze totala:

$$F_{Lokatz} - F_W - F_D = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, gatz osagaiarentzat:

$$F_{Lokatx} \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{Lokatx} \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] - F_W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_W \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] - F_D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{Lokatx}}{h} \right] \quad (2)$$

Ekuazio horietan hiru magnitude dira ezezagun: irteerako korronteen masa-emariak (F_W , F_D) eta lehorturiko lokatzaren ur-edukia (X_D). Hortaz, ebazpena egiteko, hirugarren ekuazio bat behar da. Horretarako, prozesua deskribatzen duen informazio gehigarria erabiliko da. Kasu honetan, operazio-baldintza izan daiteke. Jakina da deshidratazio-ganbarak elikadura-korrontek daraman hezetasunaren % 80 eliminatzen duela. Prozesura sartzen den ur guztiaren % 80 honela idatz daiteke:

$$0,8 \cdot F_{Lokatx} \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{Lokatx} \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right]$$

Bestalde, jakina da eliminatoriko ur guztia D korrontean kanporatzen dela, eta horren ur-edukia $F_D X_D$ da. Baldintza hori ekuazio matematiko moduan idatziz gero, hirugarren ekuazioa (3. ek.) eratortzen da. Horrela, hiru ezezagun eta hiru ekuazio izanik, ekuazio-sistema ebatz daiteke.

$$0,8 \cdot F_{Lokatx} \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{Lokatx} \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] = F_D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] \quad (3)$$

Balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

$$(1) \text{ Ek.} \quad 200 - F_W - F_D = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Ur masa-balantze partziala:

$$(2) \text{ Ek.} \quad 200 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,07 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] - F_W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 1 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] - F_D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{Lokatx}}{h} \right]$$

Operazio-baldintza ekuazioa:

$$(3) \text{ Ek. } 0,8 \cdot 200 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,07 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] = F_w \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 1 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right]$$

$$F_w = 112 \left[\frac{kg}{h} \right] \text{ edo}$$

$$\frac{F_w}{F_{Lokatx}} = \frac{112}{200} = 0,56$$

Masa-balantzearen ekuazioak honako hau bilakatzen dira:

$$(1) \text{ Ek. } 200 - 112 - F_d = 0 \left[\frac{kg}{h} \right] \text{ eta, } F_d = 88 \left[\frac{kg}{h} \right].$$

Eta (2) ekuaziotik:

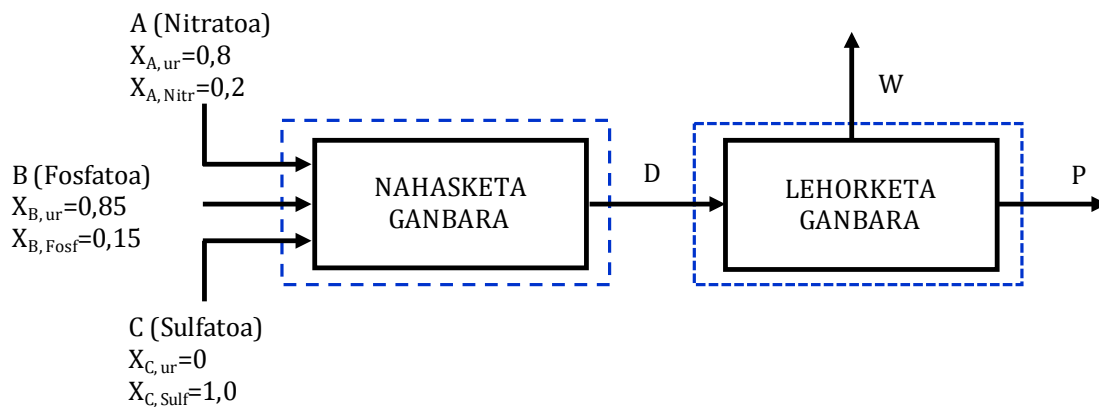
$$(2) \text{ Ek. } \begin{array}{l} 200 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,07 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] - 112 \\ -88 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_d \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right] = 0 \end{array} \left[\frac{kg_{Lokatx}}{h} \right]$$

$$X_d = 0,318 \left[\frac{kg_{Lokatx}}{kg} \right]$$

3. ariketa

Problema honetan prozesu ez-jarraitu bat diseinatu nahi da. Hortaz, nahasgailura eta lehorgailura ez da inolako masa-korrante jarraiturik sartzen ez irteten. Prozesu ez-jarraituak zikloka ustiatzen dira. Hau da, nahasgailura beharrezko masa kantitate bat sartzen da, nahastu egiten da, eta ondoren hustu egiten da nahasgailua. Azkenik, nahasgailua garbitu beharko litzateke, eta prest legoke hurrengo ziklorako.

Hortaz, 3. irudiak ez ditu jarioak adierazten, baizik eta tratamendu-segida bat. Lehenbizi, hiru osagaien nahasketa egiten da, eta, ondoren, ongarri-nahastea lehorketa-ganbaran berotu. Bloke-diagraman erakusten dira prozesuan parte hartzen duten osagaiak, egindako etapak, eta baita horien ur masa-frakzioak ere (X_A , X_B , X_C).



3. irudia. Bi etapa seriean dituen prozesuaren bloke-diagrama.

Diseinu-helburuak hauek dira: ongarri-nahastearen (lehenengo etapa egin ondoren) ur-edukia (X_D) eta, erabilitako B osagaiaren kilogramo bakoitzeko ekoitzi diren ongarri kilogramoak (P/B). Diseinu-helburuak agertzen diren ekuazioak idatzi behar ditugu, zeinek prozesua deskribatzen baitute. Masa-balantzearen ekuazioak erabiliko dira.

X_D -ren zehaztapena egiteko aukeratutako sistema nahasketa-prozesua izango da. Lerro urdin ez-jarraituak sistemaren mugaldea adierazten du. P zehazteko, lehorketa-prozesua izango da sistema, puntuzko lerroarekin adierazita.

Masaren iraunkortasun legearen arabera, bi ekuazio idatz ditzakegu lehen sisteman: masa-balantze totala eta ur masa-balantze partziala.

Masa-balantze totala:

$$A + B + C - D = 0 \quad [kg] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, ur osagaiarentzat:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_A \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] + B \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] + C \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_C \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] - D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{ur}}{h} \right] \quad (2)$$

Aurreko (1-2) ekuazioetan, lau magnitude dira ezezagun: elikadura osagaiak (A, B, C) eta D korrontearen ur-edukia (X_D). Ekuazio-sistema ebazteko, lau ekuzio beharko ditugu. Horiek idazteko prozesua deskribatzen duen informazio gehigarria erabiliko da. Kasu honetan, elikatutako osagaien (A, B, C) masa-erlazioak:

$$m_{Nitrato} = 0,20 \cdot A [kg] \quad (3)$$

$$m_{Fosfato} = 0,15 \cdot B [kg] \quad (4)$$

Ohartu diseinu-helburuak magnitude intentsiboak direla (hau da, beren balioa ez da sistemaren tamainarekin aldatzen). Hortaz, hasieran nitrato kilogramo bakarra gehituz gero, edo 1000 kilogramo gehituta ere, ongarri-nahastearen ur-eduki (X_D) eta P/B erlazioaren balio berdinak lortuko genituzke.

Bestalde, jakina da nitrato eta fosfato masa berdinak nahastu behar direla. Demagun 100 kg fosfato gehitzen direla ($m_{fosfato} = m_{nitrato} = 100$ kg). Hau da aurreko (3-4) ekuazioen bilakaera:

$$A = \frac{m_{Nitrato}}{0,2} = \frac{100}{0,2} [kg] \quad \text{eta} \quad A = 500 [kg]$$

$$B = \frac{m_{\text{Fosfato}}}{0,15} = \frac{100}{0,15} [kg] \text{ eta, } B = 666,7 [kg]$$

Baita,

$$C = 20 [kg]$$

Balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

$$(1) \text{ Ek. } 500 + 666,7 + 20 - D = 0 [kg] \text{ eta, } D = 1186 [kg]$$

$$(2) \text{ Ek. } 500 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,8 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] + 666,7 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,85 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] + 20 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] - 1186 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] = 0$$

$$X_D = 0,815 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right]$$

Antzekoa da P/B erlazioa zehazteko prozedura. Bigarren sisteman masa-balantzeak idatzi behar dira, P aldagaia agertzen den ekuazioak, alegia.

Masa-balantze totala:

$$D - W - P = 0 \quad [kg] \quad (5)$$

Masa-balantze partziala, ur osagaiarentzat:

$$D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_W \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_P \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{ur}}{h} \right] \quad (6)$$

Eta, balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

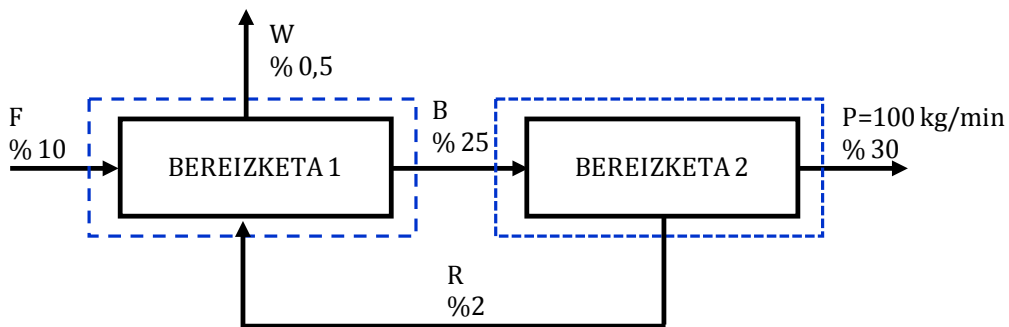
$$(5) \text{ Ek. } 1186,7 = W + P \quad [kg]$$

$$(6) \text{ Ek. } \begin{aligned} 1186,7 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,815 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] &= (1186,7 - P) \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 1 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] \\ + P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,4 \left[\frac{kg_{ur}}{kg} \right] &= 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{kg_{ur}}{h} \right]$$

$$P = 365,7 [kg] \text{ eta, } \frac{P}{B} = \frac{365,7}{666,7} = 0,55$$

4. ariketa

Problema honetan bi eragiketa-unitate daude, bi bereizketa-ekipo. Bloke-diagramak erakusten ditu prozesuan parte hartzen duten korranteak, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere, hala nola, masa-emariak (F, B, W, R, P) eta solidoen masa-frakzioak.



4. irudia. Bi eragiketa-unitate eta birziklaketa dauzkan prozesuaren bloke-diagrama.

Diseinu-helburua elikaduraren masa-emaria (F) eta birziklatze-emaria (R) dira. Horien balioa zehaztu behar da, emandako ekoizpen bat ziurtatzeko; kasu honetan, P produktuaren 100 kg/min.

Ebazpena egiteko, masa-balantzearen ekuazioak behar dira. F-ren zehaztapena egiteko aukeratutako sistema lehen bereizketa-ekipoa da. Lerro urdin ez-jarraituak sistemaren mugaldea adierazten du.

Masa-balantze totala:

$$F + R - W - B = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, solidoentzat:

$$F \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_F \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_W \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] - B \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{solid}}{min} \right] \quad (2)$$

Eta balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

$$(1) \text{ Ek.} \quad F + R - W - B = 0 \quad \left[\frac{kg}{min} \right]$$

$$(2) \text{ Ek.} \quad F \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot 0,1 \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot 0,02 \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] = W \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] + B \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot 0,25 \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] \quad \left[\frac{kg_{solid}}{min} \right]$$

(1) eta (2) ekuazioetan, lau magnitude ezezagun daude. Hortaz, ebazpena egiteko, beste bi ekuazio idatzi behar dira. Horiek, bigarren bereizketa-ekipoan, masa-balantze totala eta solidoen masa-balantze partziala dira.

Masa-balantze totala:

$$B - R - P = 0 \quad \left[\frac{kg}{min} \right] \quad (3)$$

Masa-balantze partziala, solidoentzat:

$$B \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{min} \right] \cdot X_P \left[\frac{kg_{solid}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{solid}}{min} \right] \quad (4)$$

Eta balioak ordezkatzuz:

$$(3) \text{ Ek. } B - R - 100 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$(4) \text{ Ek. } B \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,25 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] - R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,02 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] - 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,3 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{min}} \right]$$

Ohartu, orain, lau ezezagun (F, R, W, B) eta lau ekuazio ditugula. Hortaz, ekuazio-sistema ebatz daiteke. (3) eta (4) ekuazioak, ezezagun bi baino ez dituztenak, ebatz daitezke lehenbizi.

$$(3) \text{ Ek. } B = R + 100 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$(4) \text{ Ek. } (R + 100) \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,25 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] - R \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,02 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] = 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,3 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{eta, } R = 21,74 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$(3) \text{ Ek. } B = R + 100 = 121,74 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

Eta lehen bereizketa-ekipoko masa-balantzeak ebatziz gero:

$$(1) \text{ Ek. } F + 21,74 - W - 121,74 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$(2) \text{ Ek. } F \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,1 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] + 21,74 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,02 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] = W \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] + 121,74 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,25 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{min}} \right]$$

$$\text{Eta} \quad F = 310,5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$W = 210,5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

Ariketaren ebazpena ea ondo egin dugun konprobatzeko, beste ekuazioekin linealki menpekoak diren hurrengo bi masa-balantzeak idatz ditzakegu:

Sistema osoan aplikatua, masa osorako:

$$F = P + W \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \quad (5)$$

Eta balioak ordezkatzuz:

$$(5) \text{ Ek.} \quad 310,5 = 100 + 210,5 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

Sistema osoan aplikatua, solidoentzat:

$$F \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot X_F \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] = P \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot X_P \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] + W \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot X_W \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{min}} \right] \quad (6)$$

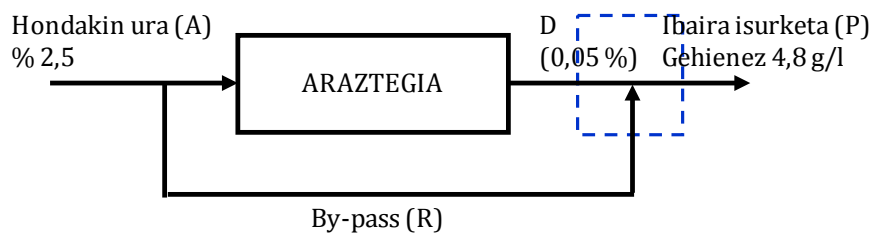
Eta balioak ordezkatzuz:

$$(6) \text{ Ek.} \quad 310,5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,1 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] = 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,3 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right] + 210,5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{solid}}}{\text{kg}} \right]$$

Ikustenenez, lehen kalkulatu ditugun emari masikoak ondo daudela konprobatu dugu.

5. ariketa

Problema honetan, araztegi osoa eragiketa-unitate bakar moduan uler daiteke. Kontuan izan araztegia saihesteko zubi moduan egiten duen *by-pass* korrante bat dagoela. Bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korranteak erakusten ditu, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere; hala nola, masa-emariak (A, D, R, P) eta kutsatzaile-kontzentrazioak. Azken horiek portzentaje moduan (%-tan) edo masa/bolumen moduan adierazten dira.



5. irudia. *Eta* *bakarra* *eta* *by-passa* *dituen* *prozesuaren* *bloke-diagrama*.

Diseinu-helburua da *by-pass* egin daitekeen eta hondakin-ur masa-emarien arteko erlazioa (R/A). Horren balioa zehaztu behar da, azken produktuak (P) emandako kutsatzaile-kontzentrazio bat gainditu ez dezan; kasu honetan, $C_P = 4,8 \text{ g/l}$. Kontuan izan R/A erlazioa handitzen den heinean, C_P ere handitu egingo dela. Hortaz, badago R-ren balio bat, zeinak $C_P = 4,8 \text{ g/l}$ egiten baitu; masa-emaria handituz, $C_P > 4,8 \text{ g/l}$ izango da.

R zehazteko, hori agertzen den ekuazioak idatzi behar dira. Ebazpena egiteko masa-balantzearen ekuazioak idatziko dira, eta sistema izango da nahasketa-puntua. Lerro urdin ez-jarraituak sistemaren mugaldea adierazten du.

Masa-balantze totala:

$$D + R - P = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, gatz osagaiarentzat:

$$D \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_D \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_P \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{kutsat}}{h} \right] \quad (2)$$

(1) eta (2) ekuazioetara balioak eraman aurretik, masa-balantzearen homogeneotasun dimentsionala betetzeko, badakigu batugai orok unitate berdinak izan behar dituela. Horretarako, kontzentrazioak masa-frakzio moduan idatzi behar dira.

Unitate-aldaketak:

Jakina da hondakin-uraren 100 kg-tan kutsatzailearen 2,5 kg daudela (datua % 2,5). Honako hau idatz daiteke:

$$X_A = \frac{2,5 \text{ kg}_{kutsat}}{100 \text{ kg}} = 0,025 \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right]$$

Modu berean:

$$X_D = \frac{0,5 \text{ kg}_{kutsat}}{100 \text{ kg}} = 0,0005 \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right]$$

Kontuan izan R korrontearen kutsatzaile-kontzentrazioa hondakin-uraren berdina dela, $X_R=0,025$, alegia. Azkenik, diseinu-baldintza da $C_P=4,8$ g/l. Nahastearen dentsitatea jakina denez, honako hau idatz daiteke:

$$X_P = 4,8 \frac{g_{kutsat}}{\text{litro nahaste}} \cdot \frac{1 \text{ litro nahaste}}{960 \text{ g}} = 0,005 \left[\frac{g_{kutsat}}{g} \right] \text{edo} \left[\frac{kg_{kutsat}}{kg} \right]$$

Eta balioak masa-balantzeen ekuazioetara ekarriz, adierazpen hauek lortuko ditugu:

$$(1) \text{ Ek.} \quad D + R - P = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$(2) \text{ Ek. } \begin{aligned} & D \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,0005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] + R \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,025 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] \\ & - P \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{h}} \right]$$

Aurreko (1-2) ekuazioetan hiru magnitude dira ezezagun: masa-emariak, alegia (D, R, P). Ebazpena egin aurretik, pare bat ohar hartu behar dira kontuan:

Lehenengoa, $A=P$ betetzen dela; araztegi osoan masa-balantze orokorra, alegia. Bigarrena, diseinu-helburua R/A magnitude intentsibo bat dela. Hortaz, bere balioa ez da A balioaren menpekoa. Bestela esanda, A -ren edozein baliotarako, R/A emaitza berdina erdietsiko genuke. Ebazpena egiteko, kalkulu-oinarri bat aukeratuko dugu; adibidez, hondakin-uraren 100 kg/h , eta (1) eta (2) ekuazioak ebatziko ditugu (orain, bi ekuazio eta bi ezezagun baitaude).

$$(1) \text{ Ek. } \quad D + R - 100 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$(2) \text{ Ek. } \begin{aligned} & D \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,0005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] + R \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,025 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] \\ & - 100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,005 \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{kg}} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{kutsat}}}{\text{h}} \right]$$

Adierazpen horiek ebatziz:

$$R = 18,4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

edo $\frac{R}{A} = 0,18$

6. ariketa

Problema honetan bi eragiketa-unitate daude, absortzio-dorrea eta nahasgailua. Bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korronteak erakusten ditu, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere; hala nola, masa-emariak (A, P, L, M, R, S, W) eta ur eta azido sulfuriko kontzentrazioak. Azken horiek ehunekotan adierazten dira masaren arabera.

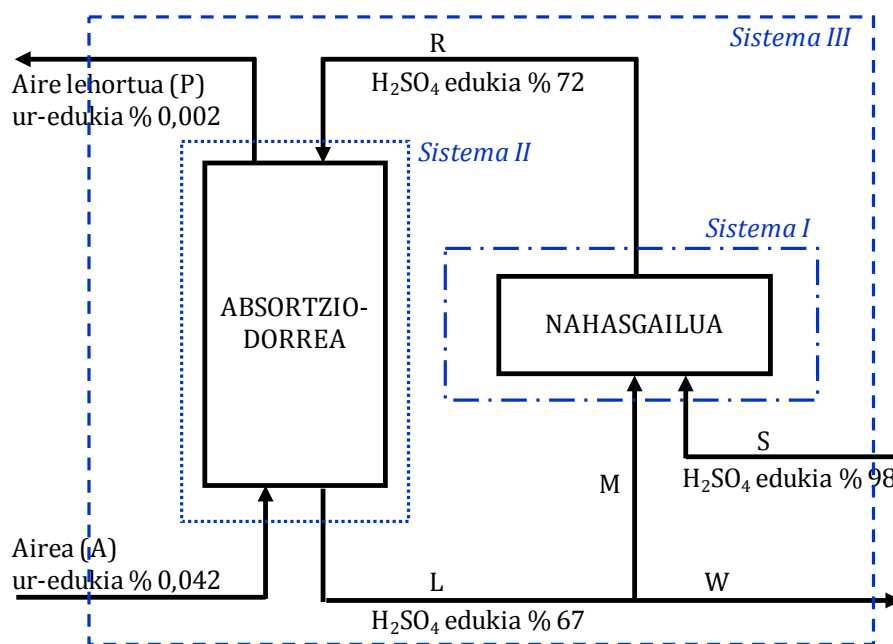
Diseinu-helburuak bi dira: i) prozesua martxan mantentzeko elikatu behar den azido sulfurikoaren masa-emaria (S), eta ii) hondakin gisa prozesutik kanporatzen den sulfurikoaren masa-emaria, hau da, W korrontearekin kanporatzen diren sulfuriko kilogramoak orduro. Magnitude hori honela definitzen da:

$$W \left[\frac{kg}{h} \right] X_w \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (1)$$

Ariketa honen ebazpena egiteko, hortaz, S, W eta X_w magnitudeak zehaztu behar dira. Horretarako, masa-balantzearen ekuazioak idatziko dira.

S-ren zehaztapena egiteko, hainbat sistema aukera daitezke. Sistema egokia aukeratzeak izugarri erraztu dezake zehaztapena; izatez, ariketa honetan horrela gertatzen da. Azter dezagun sakonkiago prozesua.

6. irudiak prozesuarean bloke-diagrama erakusten du. Bertan, masa-balantzeak idazteko aukeratu ditzakegun hainbat sistema erakusten dira (I-III sistemak). Demagun I. sistema aukeratzeko dugula. Puntu-marra lerro urdinak I. sistemaren mugaldea adierazten du. Bertan, masa-balantzeak diren bi ekuazio idatz daitezke; masa-balantze totala eta sulfurikoaren masa-balantze partziala (ariketaren ebazpena arintzeko ekuazio horiek A eranskinean aurkezten dira). Horietan, bost aldagaien balioak dira ezezagun: S, W eta X_w (diseinu-helburuak), eta baita R, M masa-emariak.



6. irudia. Bi eragiketa-unitate eta hainbat korrante dituen bloke-diagrama.

II. sistemari (puntu-zko lerro urdinak sistemaren mugaldea adierazten du) erraparatu gero, beste hiru ekuazio idatz daitezke: masa-balantze totala, airearen masa-balantze partziala eta sulfurikoaren masa-balantze partziala (ikus A eranskina). Hortaz, bost ekuazio eta bost aldagai ezezagun dituen ekuazio-sistema izango genuke; alabaina, eragiketa matematiko ugari egin ondoren, bost aldagaien balioak kalkula daitezke.

Aurretik aipatu bezala, funtsezkoa da diseinu-helburua zein den gogoan izatea: S, W eta X_W dira zehaztu beharreko aldagaiak. Hortaz, badago beste sistema bat, zeinetan masa-balantzeetan aldagai horiek bakarrik agertzen baitira; III. sistema, alegia. Lerro urdin ez-jarraituak III. sistemaren mugaldea adierazten du. Halaber, R, M eta L korranterik ez da agertzen ekuazio horietan, aldagai ezezagun kopurua gutxituz eta ebazpena erraztuz.

III. sistemako masa-balantzeak.

Masa-balantze totala:

$$A + S - P - W = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (2)$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$S \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{S,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (3)$$

Masa-balantze partziala, aire osagaiarentzat:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{A,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{aire}}{h} \right] \quad (4)$$

Kontuan izan prozesuan parte hartzen duten korronteez hiru osagai dituztela: ura, sulfurikoa eta airea. Hortaz, masa-balantze totala idazteaz gain, n-1 masa-balantze partzial idatz genitzake ebazpenerako; non n osagai kopuru totala baita. Kasu honetan, n=3 da, hortaz, bi osagaien masa-balantze partzialak idatz genitzake. Hirugarren osagaiaren masa-balantze partziala aurreko ekuazioen konbinaketa lineala da (M.B. total eta bi M.B. partzial); hortaz, ez du informazio berririk ematen, eta horregatik ez da erabilgarria.

Ebazpenerako, sulfurikoaren eta airearen masa-balantze partzialak idatzi dira ((3) eta (4) ekuazioak), baina hiru osagaietatik edozein bi erabilita ere, emaitza berdina erdietsiko litzateke.

Balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

Masa-balantze totala

$$(2) \text{ Ek.} \quad 150 + S - P - W = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$(3) \text{ Ek. } S \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,98 \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{kg}} \right] - W \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,67 \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{kg}} \right] = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{h}} \right]$$

Masa-balantze partziala, aire osagaiarentzat:

$$(4) \text{ Ek. } 150 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot (1 - 0,00042) \left[\frac{\text{kg}_{\text{aire}}}{\text{kg}} \right] - P \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot (1 - 0,00002) \left[\frac{\text{kg}_{\text{aire}}}{\text{kg}} \right] = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_{\text{aire}}}{\text{h}} \right]$$

$$\text{Eta (4) ekuaziotik, } P = 149,94 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right].$$

P balio ezaguna (2) eta (3) ekuazioetara eramanez:

$$S = 0,13 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ eta } W = 0,19 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Beraz, W korrontean, prozesutik purgaturiko sulfuriko kantitatea:

$$(1) \text{ Ek. } W \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] X_w \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{kg}} \right] = 0,19 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] 0,67 \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{kg}} \right] = 0,127 \left[\frac{\text{kg}_{\text{sulf}}}{\text{h}} \right]$$

7. ariketa

Problema honetan hiru eragiketa-unitate daude: distilazio-zutabea, kondentsadorea eta lurrungailua. Bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korronteak erakusten ditu. Ebazpenarekin hasi aurretik, lagungarria da korronte bakoitza identifikatzea, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere; hala nola, masa-emariak (A, B, C, P, R, W) eta nitriko- eta sulfuriko-kontzentrazioak (ikus 7. irudia). Azken horiek ehunekotan adierazten dira masaren arabera.

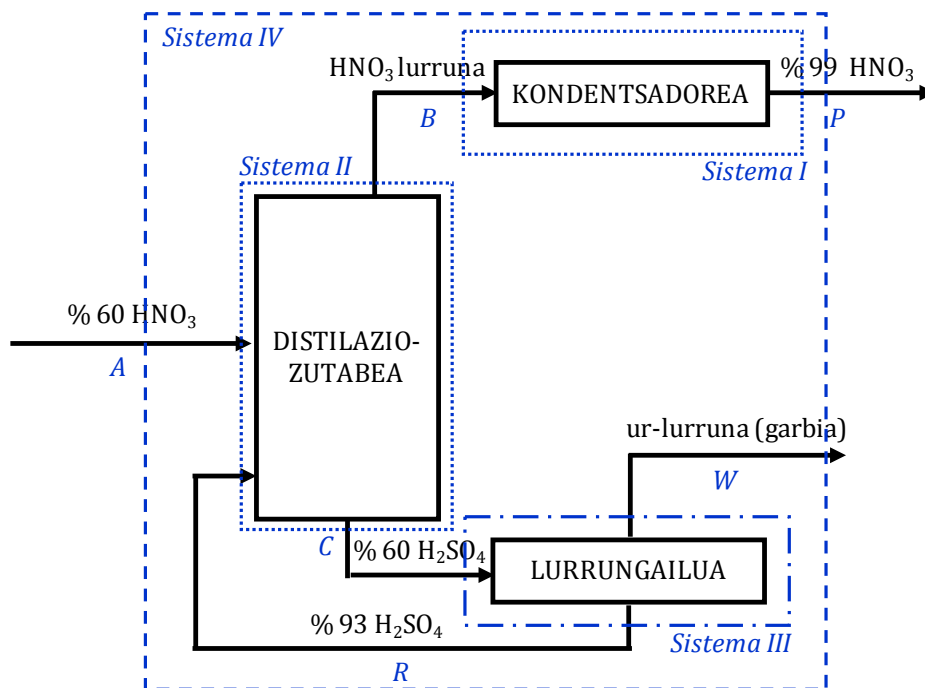
Diseinu-helburuak hiru dira: i) prozesua martxan mantentzeko elikatu behar den azido nitriko diluituaren masa-emaria (A), ii) prozesutik kanporatzen den ur-lurrin masa-emaria (W), eta iii) birziklatze-korronteak daraman sulfuriko masa-emaria. Azken magnitude hori honela definitzen da:

$$R \left[\frac{kg}{h} \right] X_R \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (1)$$

Ariketa honen ebazpena egiteko, hortaz, A, R eta W magnitudeak zehaztu behar dira. Horretarako, masa-balantzearen ekuazioak idatziko dira.

Prozesuak hainbat eragiketa-unitario dituenez, hainbat dira aukeratu daitezkeen sistemak. Aurretik adierazi bezala, sistema egokia aukeratzeak izugarri erraztu dezake zehaztapena. Azter dezagun sakonkiago prozesua.

7. irudiak prozesuarean bloke-diagrama erakusten du. Bertan, masa-balantzeak idazteko aukeratu ditzakegun hainbat sistema erakusten dira (I-IV sistemak). Lehen diseinu-helburua den W aldagaia zehazteko, bi dira aukeratu daitezkeen sistemak: III. eta IV. sistema (hain zuzen ere, W korronteak sistema horien mugaldea zeharkatzen duelako).



7. irudia. Hainbat eragiketa-unitario eta birziklatze korrontea dituen prozesuaren bloke-diagrama.

Demagun III. sistema aukeratzen dugula. Puntu-marra lerro urdin ez-jarraituak III. sistemaren mugaldea adierazten du. Bertan, masa-balantzeak diren hiru ekuazio idatz daitezke: masa-balantze orokorra eta sulfurikoaren eta nitrikoaren masa-balantze partzialak (ariketaren ebazpena arintzeko ekuazio horiek B eranskinean erakusten dira). Kontuan izan nitrikoaren kontzentrazio balioak ez direla ezagunak, baina ez dira diseinu-helburu ere. Hortaz, bere masa-balanze partziala albora genezake. Gainerako bi ekuazioetan, hiru ezezagun ditugu (R eta W diseinu-helburuak eta C masa-emaria). Bi ekuazio horietan hiru aldagai ezezagun daudenez, ezin daiteke ekuazio-sistema ebatzi. Hortaz, ekuazio gehiago bilatu beharko genituzke.

Demagun IV. sistema aukeratzen dugula; prozesu osoa, alegia. Lerro urdin ez-jarraituak IV. sistemaren mugaldea adierazten du. Bertan, berriz ere, masa-balantzeak diren bi ekuazio idatz daitezke; masa-balantze orokorra eta nitrikoaren masa-balantze partziala. Kontuan izan IV. sistemaren mugaldea zeharkatzen duten korronteez ez

daukatela sulfurikorik. Hortaz, osagai honentzat ez dago masa-balantze partziala idazterik. Masa-balantze ekuazioetan, aldagai ezezagunak dira A eta W masa-emariak. Izatez, diseinu-helburuak ere badira. Ekuazio-sistema zuzenean ebatz daiteke.

IV. sistemako masa-balantzeak.

Masa-balantze totala:

$$A - P - W = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (2)$$

Masa-balantze partziala, nitriko osagaiarentzat:

$$\begin{aligned} A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{A,nitrik} \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{P,nitrik} \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] \\ - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,nitrik} \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{kg_{nitrik}}{h} \right] \quad (3)$$

Balioak masa-balantze ekuazioetara eramanez:

$$(2) \text{ Ek.} \quad A - 100 - W = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$(3) \text{ Ek.} \quad \begin{aligned} A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,60 \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] - 100 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,99 \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] \\ - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0 \left[\frac{kg_{nitrik}}{kg} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{kg_{nitrik}}{h} \right]$$

$$A = 165 \left[\frac{kg}{h} \right].$$

Eta (2) ekuaziotik, $W = 65 \left[\frac{kg}{h} \right]$.

Birziklatze-korronteak daraman sulfuriko masa-emariaren zehaztapena egiteko, R eta $X_{R,sulf}$ magnitudeak agertzen diren ekuazioak idatzi behar dira. Aukeratutako sistema, nahitaez, lurrungailua izango da (III. sistema). Puntu-marra lerro urdin ez-jarraituak

adierazten du sistemaren mugaldea. Masa-balantze totala eta sulfurikoaren masa-balantze partziala idatziko ditugu.

III. sistemako masa-balantzeak.

Masa-balantze totala:

$$C - R - W = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (4)$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$C \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{S,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (5)$$

Ohartu, orain, bi ezezagun (C, R) eta bi ekuazio ditugula. Hortaz, ekuazio-sistema ebatz daiteke.

Balioak ordezkatzuz gero,

$$(4) \text{ Ek.} \quad C - R - 65 = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$(5) \text{ Ek.} \quad C \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,60 \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,93 \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - 65 \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0 \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right]$$

Eta (4) eta (5) ekuazioetatik:

$$C = 195 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

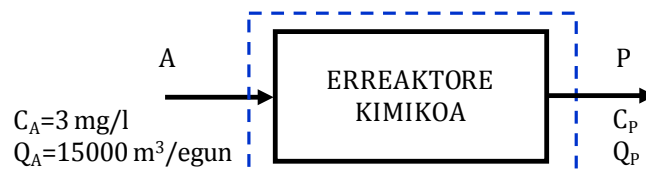
$$R = 130 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Azkenik, diseinu-helburua:

$$(1) \text{ Ek. } R \left[\frac{kg}{h} \right] X_R \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 130 \left[\frac{kg}{h} \right] 0,93 \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 120,9 \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right]$$

8. ariketa

Problema honetan eragiketa-unitate bakarra dago: errektore kimikoa. Bertan erreakzio kimikoa gertatzen da, eta, horren ondorioz, elikadura-korrontean dagoen zianuroa desagertu (bihurtu) egiten da. Horrela, irteera-korronteko zianuro-kontzentrazioa sarrera-korrontekoa baino txikiagoa da. Bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korronteak erakusten ditu, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere; hala nola, masa-emariak (A , P), emari bolumetrikoak (Q_A , Q_P) eta zianuro-kontzentrazioak (C_A , C_P). Azken horiek masa bolumen unitateko, mg/l, moduan.



8. irudia. Erreaktore kimiko baten bloke-diagrama.

Diseinu-helburuak bi dira: i) prozesua martxan dagoela irteera-korrontean dagoen zianuro-kontzentrazioa (C_P), eta ii) lan-baldintzak aldatuz gero (tenperatura jaitziera alegia), zianuroaren ezabatze-maila berdina mantentzeko, elikatu beharko litzatekeen emari berria (Q_A).

Ariketaren lehen atala ebazteko, C_P magnitudea agertzen den ekuazioak idatzi behar dira. Masa-balantzearen ekuazioak erabiliko dira, eta sistema errektorea bera. Lerro urdin ez-jarraituak sistemaren mugaldea adierazten du.

Masa-balantze orokorra:

$$A - P = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{egun}} \right] \quad (1)$$

Aurreko (1) ekuazioa beste modu honetan ere idatz daiteke; emari bolumetrikiko eta dentsitateen arabera, ezagunak diren magnitudeekin, alegia:

$$Q_A \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \cdot \rho_A \left[\frac{kg}{m^3} \right] - Q_P \cdot \rho_P = 0 \quad \left[\frac{kg}{\text{egun}} \right] \quad (1a)$$

Elikadura-korrontea eta irteera-korrontea nahaste urtsuak dira. Bestelakorik adierazi ezean, nahaste urtsuaren dentsitatea konstantea dela onar daiteke:

$$\rho_A = \rho_P \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (2)$$

Eta (1a) ekuaziora eramanez:

$$Q_A = Q_P \quad \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \quad (1b)$$

Zianuro osagaiarentzat masa-balantze partzialak, oraingoan, batugai berri bat izango du: zianuroaren desagertze-abiadura. Masa-balantze partziala idatzi aurretik, bi gai dira kontuan hartu beharrekoak.

Lehenbizi, zein unitatetan idatziko diren masa-balantze partzialeko batugaiak. Kasu honetan, eguneko zianuro-gramoak aukeratuko ditugu, $g_{\text{zianuro}}/\text{egun}$. Beste edozein unitate ere aukera daiteke (halaber, mg/h, kg/egun, kg/h, eta abar), baina g/egun hobetsi da erraztasuna handitzeko —erreakzio-abiaduraren unitateak jada gramo eta egun direlako— eta gehiegizko unitate-aldaketak saihesteko.

Bigarren, modu egokian aukeratu behar dira homogeneousitasun dimentsionalak eskatzen dituen magnitudeak eta horien unitateak. Sistemara sartu eta bertatik eguneko ateratzen diren zianuro-gramoak honela defini daitezke (emari bolumetrikikoaren eta kontzentrazioaren biderketa moduan; kontuan izan aurreko ariketetan batugai hau masa-emariaren eta masa-frakzioaren arteko biderketa bezala definitu zela):

$$\text{Sartu: } Q_A \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] C_A \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{\text{egun}} \right] \quad (3)$$

$$\text{Irten: } Q_P \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] C_P \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{\text{egun}} \right] \quad (4)$$

Eta sisteman, zianuroaren desagertze-abiadura ($g_{\text{zianuro}}/\text{egun}$) honela defini daiteke:

$$\text{Desagertu: } (-r)_{\text{zianuro}} \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3 \cdot \text{egun}} \right] \cdot V \left[m^3 \right] \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{\text{egun}} \right] \quad (5)$$

Non $(-r)_{\text{zianuro}}$ erreakzio-abiadura baita, eta V erreakzio-nahastearen bolumena.

Jakina da erreakzio-abiadura proportzionala dela erreakzio-nahasteak daukan zianuro-kontzentrazioarekiko (proportzionaltasun konstanteari konstante zinetiko deritzo, k). Hortaz, (5) ekuazioa berridatz daiteke:

$$k \cdot C_P \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3 \cdot \text{egun}} \right] \cdot V \left[m^3 \right] \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{\text{egun}} \right] \quad (5a)$$

Kontuan izan, nahasketa perfektuko erreaktore baten kasuan, erreakzio-nahastearen kontzentrazioa (erreaktore barrukoa) erreaktoretik ateratzen den korrontek duenaren berdina dela. Bestela esanda, erreaktoretik ateratzen den nahastea erreaktore barruan dagoen nahastea da (noski!).

Beraz, honela idatz daiteke masa-balantze partziala zianuro osagaiarentzat:

$$\begin{aligned} Q_A \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \cdot C_A \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] - k \cdot C_P \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3 \cdot \text{egun}} \right] \cdot V \left[m^3 \right] \\ - Q_P \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \cdot C_P \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] = 0 \end{aligned} \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{\text{egun}} \right] \quad (6)$$

Ebazpena egin aurretik, kontuan izan (6) ekuazioak zianuro-kontzentrazioaren (C_A) unitate-aldaketa eskatzen duela:

$$C_A = 3 \frac{mg_{zianuro}}{l} \times \frac{1 g_{zianuro}}{1000 mg_{zianuro}} \times \frac{1000 l}{1 m^3} = 3 \left[\frac{g_{zianuro}}{m^3} \right]$$

Azkenik, balioak masa-balantze ekuazioetara ((1b) ek. eta (6) ek.) eramanez:

$$(1b) \text{ Ek. } 15000 = Q_p \quad \left[\frac{m^3}{egun} \right]$$

$$(6) \text{ Ek. } 15000 \left[\frac{m^3}{egun} \right] \cdot 3 \left[\frac{g_{zianuro}}{m^3} \right] - 0,47 \cdot C_p \left[\frac{g_{zianuro}}{m^3 \cdot egun} \right] \cdot 105000 \left[m^3 \right] \left[\frac{g_{zianuro}}{egun} \right] - 15000 \left[\frac{m^3}{egun} \right] \cdot C_p \left[\frac{g_{zianuro}}{m^3} \right] = 0$$

$$C_p = 0,7 \left[\frac{g_{zianuro}}{m^3} \right]$$

Bigarren atalean, errektorearen lan-tenperatura jaitsi egin omen da. Jakina da, tenperatura jaitsez, erreakzio itzulezin baten abidura ere jaitsi egiten dela. Horrela, erreakzio-abiadura kuantifikatzen duen adierazpenean ((5a) ek.) $k=0,25$ [egun⁻¹] da konstante zinetikoaren balio berria. Kontuan izan zianuroaren erreakzio-abiadura gutxitzen bada, errektoreak zianuroa ezabatzeko gaitasun txikiagoa izango duela; hortaz, irteera-korrontean zianuro-kontzentrazio berdina ziurtatzeko, elikadura-korrontea gutxitu beharko da. Diseinu-helburua da elika daitekeen emariaren balioa, Q_A . Hori zehazteko, masa-balantzearen ekuazioak idatzi behar dira.

Nahiz eta lan-baldintza berriak izan, prozesuaren konfigurazioa ez da aldatu; hau da, lehen ataleko fluxu-diagrama berdinak azaltzen du prozesua. Hortaz, masa-balantzearen ekuazioak aurreko atalean eratorritakoak dira.

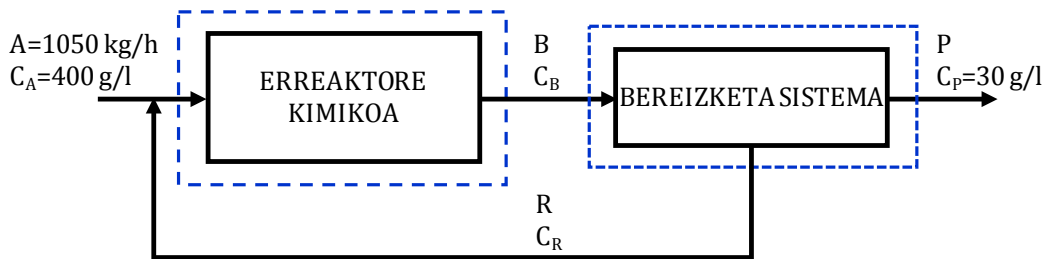
Ebazpena egiteko, balio berriak masa-balantzeen ekuazioetara eraman behar dira. Kontuan izan, oraingoa, zianuro-kontzentrazioa (C_p) ezaguna dela irteera-korrontean.

$$(6) \text{ Ek. } \begin{aligned} & Q_A \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \cdot 3 \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] - 0,25 \cdot 0,7 \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3 \cdot \text{egun}} \right] \cdot 105000 \left[m^3 \right] \\ & - Q_A \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \cdot 0,7 \left[\frac{g_{\text{zianuro}}}{m^3} \right] = 0 \\ \\ & Q_A = 7495 \left[\frac{m^3}{\text{egun}} \right] \end{aligned}$$

Beraz, tenperatura gutxitzen bada, zianuroaren ezabatze-maila berdina bermatu nahi izanez gero, emariaren % 52ko murrizketa egin beharko litzateke.

9. ariketa

Problema honetan, bi eragiketa-unitate daude: errektore kimikoa eta bereizketa-sistema. Bloke-diagramak prozesuan parte hartzen duten korrontek erakusten ditu, eta baita horien propietate esanguratsuenak ere, hala nola, masa-emariak (A, B, P, R) eta polimeroaren (s) kontzentrazioak, masa bolumen unitateko (C_A, C_B, C_P, C_R).



9. irudia. Bi eragiketa-unitate eta birziklatze-korrontea dituen bloke-diagrama.

Diseinu-helburua da bereizketa-sistematik ateratzen den eta birziklatzen den korrontearen polimero (m) kontzentrazioa, masa-frakzio moduan (X_R). Ohi bezala, zehaztapena egiteko, X_R magnitudea agertzen den ekuazioen bat idatzi behar da. Aukeratutako sistema bereizketa-sistema izango da. Puntuzko lerro urdin ez-jarraituak adierazten du sistemaren mugaldea.

Masaren iraunkortasun legearen arabera, bi ekuazio idatz ditzakegu: masa-balantze totala eta monomero osagaiaren masa-balantze partziala.

Masa-balantze totala bereizketa-sisteman:

$$B - R - P = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, polimero osagaiarentzat, bereizketa-sisteman:

$$B \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_s}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_P \left[\frac{kg_s}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_s}{h} \right] \quad (2)$$

Diseinu-baldintza diren kontzentrazioak masa zati bolumen unitateetan emanda datoz ($C_A=400$ g/l; $C_S=30$ g/l). Nahastearen dentsitatea jakina denez, honako hau idatz daiteke:

$$X_A = 400 \frac{g_s}{\text{litro nahaste}} \cdot \frac{1 \text{ litro nahaste}}{980 g} = 0,408 \left[\frac{g_s}{g} \right] \text{edo} \left[\frac{kg_s}{kg} \right]$$

$$X_P = 30 \frac{g_s}{\text{litro nahaste}} \cdot \frac{1 \text{ litro nahaste}}{980 g} = 0,0306 \left[\frac{g_s}{g} \right] \text{edo} \left[\frac{kg_s}{kg} \right]$$

(1) eta (2) ekuazioetan, magnitude ezezagunak dira B, P, R, X_R eta X_B . Hortaz, X_R -ren balioa zehazteko bost ekuazio idatzi behar dira, hiru ekuazio gehiago alegia. Erreaktore kimikoan masa-balantze totala eta polimeroaren masa-balantze partziala idatziz gero, bi ekuazio idatz daitezke. Bosgarren ekuazioa eratortzeko prozesua deskribatzen duen informazio gehigarria erabiliko da, operazio-baldintza, alegia.

Idatz ditzagun, lehenbizi, masa-balantzeak erreaktore kimikoan.

Masa-balantze orokorra:

$$A + R - B = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (3)$$

Masa-balantze partziala idazteko, polimero osagaiarentzat, kontuan hartu behar da desagertze-abiadura (hau da, orduro zenbat polimero kg desagertzen diren). Jakina da desagertze-abiadura proportzionala dela erreakzio-nahasteak daukan polimero-kontzentrazioarekiko. Gogoratu, nahasketa perfektuko erreaktore baten kasuan, erreakzio-nahastearen kontzentrazioa (erreaktore barrukoa) erreaktoretik ateratzen den korrontea duenaren berdina dela; B korrontearena, alegia. Hortaz, honela idatz daiteke polimeroaren masa-balantze partziala:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_A \left[\frac{kg_s}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_s}{kg} \right] - k \left[\frac{1}{h} \right] \cdot C_B \left[\frac{kg_s}{m^3} \right] \cdot V \left[m^3 \right] - B \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_s}{h} \right] \quad (4)$$

Kontuan izan (2) eta (4) ekuazioetan masa-frakzio moduan (X_A , X_B , X_R , X_P) idatzi direla kontzentrazio-magnitudeak. Aldiz, desagertze-abiadura masa zati bolumen (C_B) moduan adierazten da. Ebazpena egin aurretik, kontzentrazio-unitateak bateratu behar dira; bestela, magnitude bera (B korrontean polimero-kontzentrazioa) bi aldagai ezberdin moduan (X_B , C_B) definituta izango da. Honela definitzen da kontzentrazio-unitate desberdinen arteko erlazioa:

$$C_B \left[\frac{kg_s}{m^3} \right] = X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] \cdot \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (5)$$

Hortaz, (4) ekuazioa horrela berriidatz daiteke:

$$\begin{aligned} & A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_A \left[\frac{kg_s}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_s}{kg} \right] \\ & - k \left[\frac{1}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] \cdot \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot V \left[m^3 \right] - B \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{kg_s}{h} \right] \quad (4a)$$

Ebazpena egiteko, bosgarren ekuazio bat behar da. Kasu honetan, operazio-baldintza izan daiteke. Jakina da, mintz bidezko iragazketa-ekipoan, P korrontearen masa-emaria R -rena baino bost aldiz handiagoa dela. Baldintza hori ekuazio matematiko moduan idatziz gero, bosgarren ekuazioa ((6) ek.) eratorriko da. Horrela, bost ezezagun eta bost ekuazio izanik, ekuazio-sistema ebatz daiteke.

$$P = 5R \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (6)$$

Azkenik, balioak ekuazioetara eramanez:

$$(1) \text{ Ek.} \quad B - R - 5R = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$(2) \text{ Ek.} \quad \begin{aligned} & B \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_B \left[\frac{kg_s}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_R \left[\frac{kg_s}{kg} \right] \\ & - 5R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot 0,0306 \left[\frac{kg_s}{kg} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{kg_s}{h} \right]$$

$$(3) \text{ Ek. } 1050 + R - B = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$(4a) \text{ Ek. } \begin{aligned} & 1050 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot 0,408 \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{kg}} \right] + R \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot X_R \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{kg}} \right] \\ & - 0,64 \left[\frac{1}{\text{h}} \right] \cdot X_B \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{kg}} \right] \cdot 0,98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right] \cdot 10000 \left[\text{m}^3 \right] - B \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot X_B \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{kg}} \right] = 0 \end{aligned} \quad \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{h}} \right]$$

Ebazpena egiteko, eragiketa gutxi batzuk egin behar dira aurreko ekuazioekin:

$$(1)+(3) \text{ Ek. } 1050 - 5R = 0$$

$$\text{eta, } R = 210 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$(3) \text{ Ek. } B = 1260 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$(2) \text{ Ek. } 1260 \cdot X_B - 210 \cdot X_R - 32,13 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{h}} \right]$$

$$(4a) \text{ Ek. } 428,4 + 210 \cdot X_R - 7532 \cdot X_B = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{h}} \right]$$

$$(2)+(4a) \text{ Ek. } 428,4 + 1260 \cdot X_B - 7532 \cdot X_B - 32,13 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{h}} \right]$$

$$\text{eta, } X_B = 0,0631$$

$$(2) \text{ Ek. } 1260 \cdot 0,0631 - 210 \cdot X_R - 32,13 = 0 \quad \left[\frac{\text{kg}_s}{\text{h}} \right]$$

Azkenik:

$$X_R = 0,226$$

A eranskina

6. ariketa

I. sistemaren masa-balantzeak.

Masa-balantze totala:

$$S + M - R = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$S \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{S,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] + M \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{M,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (2)$$

eta II. sistemaren masa-balantzeak:

$$A + R - L - P = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (3)$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{A,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - L \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{L,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{P,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (4)$$

Non, $X_{A,sulf} = 0$, $X_{P,sulf} = 0$ baitira.

$$R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - L \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{L,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (4a)$$

Masa-balantze partziala, aire osagaiarentzat:

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{A,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] + R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] - L \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{L,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{P,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{aire}}{h} \right] \quad (5)$$

Non, $X_{R,aire} = 0$, $X_{P,aire} = 0$ baitira.

$$A \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{A,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] - P \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{P,aire} \left[\frac{kg_{aire}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{aire}}{h} \right] \quad (5a)$$

B eranskina

7. ariketa

III. sistemaren masa-balantzeak.

Masa-balantze totala

$$C - W - R = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (1)$$

Masa-balantze partziala, sulfuriko osagaiarentzat:

$$C \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{C,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,sulf} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg_{sulf}}{h} \right] \quad (2)$$

eta masa-balantze partziala, nitriko osagaiarentzat:

$$C \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{C,nitrik} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - W \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{W,nitrik} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] - R \left[\frac{kg}{h} \right] \cdot X_{R,nitrik} \left[\frac{kg_{sulf}}{kg} \right] = 0 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (3)$$

(1) - (3) ekuazioetan aldagai ezezagunak honako hauek dira: C, W,R masa-emariak eta $X_{C, nitrik}$ eta $X_{R, nitrik}$.

(1) - (2) ekuazioetan aldagai ezezagunak honako hauek dira: C, W,R masa-emariak

Edozein ekuazio sorta aukeratuz gero, ekuazio gehiago behar dira ebazpena egiteko.

3. BIBLIOGRAFIA

Izquierdo, J.F. (2011). *Introducción a la ingeniería química: problemas resueltos de balances de materia y energía*. Ed. Reverté, Bartzelona, 293 or.

Valiente Barderas, A., Tlaczin Stivalet, R.P. (1991). *Problemas de balances de materia y energía*. Ed. Alhambra Mexicana. Mexiko, 623 or.

Calleja Pardo , G. (1999). *Introducción a la Ingeniería Química*. Ed. Síntesis, Madril, 523 or.

Peró Pérez, J.J. (1997). *Balances de materia. Problemas resueltos y comentados*. I. lib. Balentziako Unibertsitatea, Balentzia, 604 or.

Felder, R.M., Rousseau, R.W. (2006). *Principios Elementales de los Procesos Químicos*. Ed. Limusa-Wiley, Mexiko, 681 or.

Himmelblau, D.M. (2002). *Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química*. Ed. Pearson Educación, Mexiko, 728 or.