

## INDUSTRIA KIMIKOAN ERABILTZEN DIREN ERREAKZIO-MOTAK

TXEMA ASUA <sup>(1)</sup> JUAN ADANES <sup>(2)</sup>, RAFAEL BILBAO <sup>(3)</sup>

(1) Polimeroen Teknologiako Departamentua. Kimika-Fakultatea

EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

PK 1072. Altza. DONOSTIA. EUSKAL HERRIA

(2) Instituto de Carboquímica. CSIC. ZARAGOZA. ESPAÑA

(3) Departamento de Química Técnica. Facultad de Ciencias  
ZARAGOZA. ESPAÑA

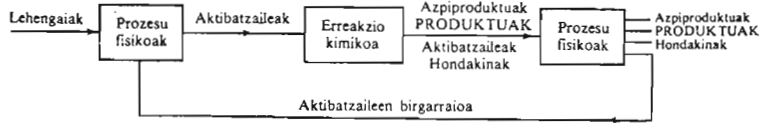
SUMMARY: The different reactors used in the Chemical industry, their advantages and disadvantages, are described in this paper. The possible types for a definite reaction are described too.

### sarrera

Lehengaietatik abiatuz, eta zenbait tratamendu desberdinez

produktu batzuk edo besteak lor-  
tzeko, industria kimikoak proiektatu behar dira. (ikus eskema).  
Erreaktore kimikoa, erreakzio ki-

mikoa jasotzen den ontzia da.



Industria kimikoaren kostu osoaren zati txiki bat bakarrik dagokio errektore kimikoari. Hala ere, bera izaten da gehienetan prozesuaren ahalbidea mugatzen duena, prozesuaren ekonomia, lortutako produktuaren kalitate eta produkzioarekiko oso sentikorra bait da; bi faktore hauek errektore kimikoarekin oso lotuta daude.

Industria kimikoan errektore kimikozko mota asko erabiltzen dira, baina ez dago errektoreen eta errektore edo operazioen arteko egokitasun zehatzik. Maiz, errektore berdina lortzeko errektore desberdinak erabiltzen dira.

Hurrengo taulan errektore desberdinen sailkapen bat azaltzen dugu (I. Taula)

I. TAULA

Homogenoak (fase batekoak)	Gasak (G-C)		
	Likido nahaskorrak (L-L)		
Heterogenoak	Bi fase	fluido-solido	Gas-Solido (G-S)
			Likido-solido (L-S)
	Bi fase	fluido-fluido	Gas-likido (G-L)
			Likido-likido nahastezinak (L-L)
			Solido-solido (S-S)
Hiru fase	Gas-Likido-Solido (G-L-S)		

Erreakzioak beste era askotara sailka ditzakegu. Honela, erre akzio katalisatuaz edo ez-katali satuaz hitz egin dezakegu; katalisatzaile hauek likido edo solidoak izan daitezke eta fase bakar bat sor dezakete.

## erreaktore-motak

Erreaktore kimikoen zenbait berezkitasunen arabera, honako klasifikazioak egin daitezke:

### 2.1.- Operazio-moduak

Honen arabera, erreaktoreak desjarrai, jarrai eta erdijarrai etan sailka daitezke.

Erreaktore desjarraietan, aktibatzaile guztiak erreakzioa hasieran sartzen dira erreaktorean, prozesuan zehar produkturik kendu gabe. Aldagai askea denbora da. Itzulgarritasun zabala dute, pro dukzio-ahalmen txikiarekin batera. Haregatik, haien erabilera oso hedatua dago farmazia, elikadura edo pintura eta koloratzaile-industrietan barrena. Haien operazio-kostuak altuak dira baina beste aldetik behar duten inplementazioa urria da.

Erreaktore jarraiak, aktibatzaile

leen elikadura eta aktibatzaile nahiz produktuen jasotzea jarraia izateaz mugatuta daude. Oraingo al dagaia denbora espaziala da eta ez erreakzio-denbora: egoera geldi korrez bilakatzen da. Beraz, puntu bakoitzeko propietateak (temperatura, presioa, kontzentrazioak) ez di ra denborarekin aldatzen. Lortzen diren produktuak uniformeak dira, katalisatzailea pozointzen den kasuetan salbu. Produktio-ahalmen oso handia dutenez gero, beraiek erabiltzen dira prozesu kimiko gehienetan.

Erreaktore erdi jarraietan, hasieran materia bat edo batzuk erreaktorean zamatzen dira, eta beste ba tzuk erreaktoretik sartzen eta ateratzen dira etengabeki. Honelako erreaktoreek, aktibatzaile-kontzentrazio txikiak mantentzeko ahalbidea eskaintzen dute, eta erreakzio-beroi handiko sistemetako energia kontrolatzen uzten dute aktibatzaile baten gehiketa erregulatuz. Beraien erabilpenen artean bentzenoaren klorazioa, hexametilentetraminaren prestakuntza eta labegarai etako altzairuaren lorpena aipa daitezke.

### 2.2.- Erreaktoreen diseinua

Diseinu geometrikoaren arabera,

erreaktoreak honela sailkatzen dira: Tanga-erreaktorea eta hodizko erreaktorea.

Tanga-erreaktorea industria kimikoan oso erabilia da. Nahiz era desjarraian nahiz jarraian opera daiteke mota honetako erreaktoreak erabiliz.

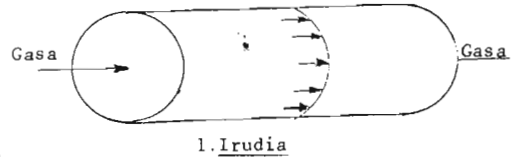
Hodizko erreaktoreek aldiz era jarraian bakarrik opera dezakete. Hauetan, erreakzio-nahastearen konposizioa erreaktorean zehar aldatzen joaten da.

Operazio jarraietan gertatzen den fluxuaren arabera, bi portaera ideal defini daitezke: Pistoi-fluxua eta nahaste perfektuzko fluxua.

Pistoi-fluxuzko erreaktorean, fluido-elementuak enbolo moduan desplazatzen dira erreaktorean. Konposizio, temperatura eta abiaduraaren perfilak launak dira. Erreaktorean dauden fluido-elementu guztientzat erresidentzi denbora berdina da. Fluxu-mota hau hodizko erreaktoreetan lor daiteke (1. irudia).

Nahaste perfektuzko erreaktoreetan erreaktorearen edukia betete betean nahastua dago, haren

une bakoitzeko konposizio eta temperatura puntu guztietan irteerakoaren berdina izanik. Fluxu-mota hau nahiko irabiatutako tanga-erreaktoreetan gertatzen da.



Pistoi-fluxuzko erreaktoreen bidez lortzen den konbertsioa, nahaste perfektuetan lortzen dena baino altuagoa da. Bestalde, nahaste perfektuzko erreaktoreek temperatura-kontrol hobea ematen dute. Baina nahaste perfektuzko bi erreaktore seriean jartzen baditugu, lehen esandako bi abantailak biltzen dira, temperatura eduki kontrolatzen delako eta fluxua pistoi antzekoa delako.

Edozein erreaktorearen benetazko fluxua, bi fluxu ideal hauen artekoa izango da, oihantze fluidizatuzko zeharkako gasen fluxua ezik; kasu honetan, burbuila handien presentziak gasezko zirkuitu laburrak eragiten ditu.

### 2.3.- Temperatura

Barne-tenperaturaren arabera erreaktoreak, isotermikoak (erreaktorearen barruko temperatura konstante denean), adiabatikoak (kanpo giroarekiko isolaturik dagoenean) eta ez bata ez bestea izan daitezke.

#### 2.4.- Erreakzio-motak

Erreaktorea bere barnean gertatzen den erreakzioaz baldintzatuz dago (ikus 1. Taula).

Erreakzio homogenoak, oligomerizazioak, eta ingurunean solugarri

diren katalisatzailea erabiltzen duten erreakzioak, adibidez, tanga desjarrai, jarrai eta hodizko erreaktoretan egin daitezke.

Erreakzio heterogenoen garrantzia eta desberdintasunak hain handiak direnez, erreakzio bakoitzarentzat erreaktore zehatz bat bilatzea eragin du. Erreaktore gutxi hauek, bai bere geometrian, bai bere funtzionamenduan zenbait berezotasun desberdintzaile eduki dezaketenez, erreakzio bakoitzean erabiltzen diren erreaktoreak aztertzea da egokiena. II. Taulan, erreaktore heterogenoen mota nagusiak biltzen dira.

### II. TAULA

#### ERREAKTORE HETEROGENOEN MOTAK

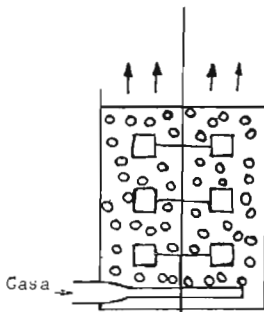
Gas-likido	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tanga irabiatuak} \\ \text{Burbuila} \\ \text{Platerdun zutabea} \\ \text{Betegarridun zutabea} \\ \text{Espray erreaktorea} \\ \text{Orma bustidun zutabea} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{jarraiak} \\ \text{erdi-jarraiak} \end{array} \right.$		
		Likido-likido	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tanga irabiatuak} \end{array} \right.$	
				Gas-solido
		Gas-likido-solido	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Slurry erreaktorea (basezko erreaktorea)} \\ \text{Trickle erreaktorea (tantakazko erreaktorea)} \end{array} \right.$	

2.4.1.- Gas-likido erreakzioentzako erreaktoreak

2.4.1.1.- Tanga irabiatuak

Erreakzioa astiro ematen dena erabiltzen dira, honetan oso beharrezkoa bait da gasaren eta likidoaren egote-denborak handiak izan daitezen.

Normalki ez da tanga soil bat erabiltzen, zenbait zatitan zatituriko tanga luze bat baizik (ikus 2. irudia)



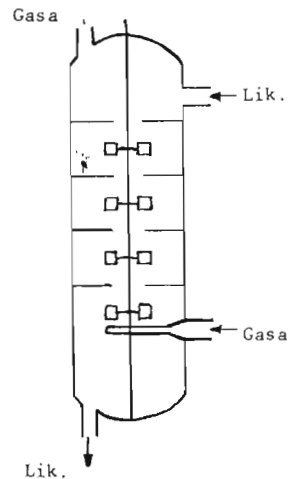
2. Irudia

Irabiatutako sistemek beroaren transmisio-koefiziente handiak dituzte.

2.4.1.2.- Burbuila-erreaktorea

Erreaktore honetan (ikus 3. irudia) gasa likidoaren zehar burbuilatzen

da turbulentzia sortuz. Ez da irabiagailu mekanikorik behar.

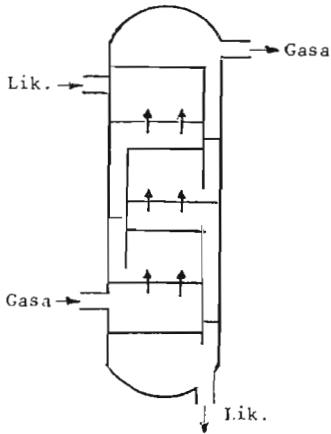


3. Irudia

Erreaktore hauek oso simple eta merkeak dira. Gasen ukitze-denborak laburrak eta likidoenak luzeak behar direnean bati-pat, oso interesgarriak gertatzen dira. Likido eta gasa kontrakorrontez edo paraleloki jario daitezke; normalki paraleloki isurtzen dira.

2.4.1.3.- Platerdun zutabe-erreaktorea

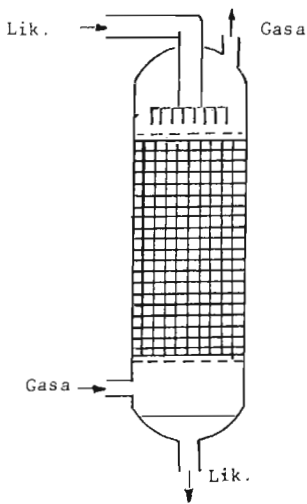
Likido eta gasa kontrakorrontez jariatzen dira, eta hauen ukitzea plateren bidez kontrolaturik dator (ikus 4. irudia) Erreakzio geldoetan erabiltzen dira.



4. Irudia

2.4.1.4.- Betegarridun zutabe-erreak-torea

Likido eta gasa konkurrentki jarriotzen dira betegarriaren ze har (ikus 5. irudia)

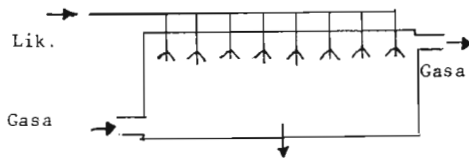


5. Irudia

Konposatuak korrosiboak badi-ra edo ta bitsa sortzen bada, erreaktore hauek plater-zutabez koak baino egokiagoak gertatzen dira.

2.4.1.5.- Spray erreaktorea

Likidoa zutabearen goiko aldean espraitzen da. Gasa goruntz doa eta ez da betegarririk erabiltzen. Presio-galerak txikiak izan behar duten kasuetarako dira egokiak (ikus 6. irudia)



6. Irudia

2.4.1.6.- Orma bustidun zutabe-erreak-torea

Erreaktorea hodi mekanizatu bat da. Likido eta gasa kontrako rrontez edo batera jario daitezke. Dagoen turbulentsiak bero-trans-misio on bat garantizatzen du. Oso merkeak izaten dira.

2.4.2.- Likido-likido erreakzioentzako erreaktoreak

Erreakzio hauen adibide tipikoak polimerizazioak, emulsiok eta al-

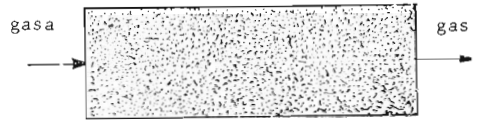
kitrazioak dira. 2. irudian agertzen denaren antzeko errektore irabi-  
atuak erabiltzen dira. Erreakzioa  
gertatzeko likido batek bestea-  
rengan sakabanaturik egon behar  
du; beraz parametro nagusia irabi-  
apenak izan behar duela bistakoa  
da.

#### 2.4.3.- Gas-solido erreakzioentzako erreaktoreak

Industria kimikotan gas-solido  
erreakzioak dira erreakzio garran-  
tzitsuenak eta produkzio-ahalmen  
handienetakoa dutenak. Erreakzio  
hauek katalisatuak ala ez-katali-  
satuak izan daitezke. Katalisatuen  
artean,  $\text{NH}_3$ -ren sintesia, edota hon-  
nen oxidazioa  $\text{NO}_3\text{H}$ -a emateko, ga-  
soilaren cracking-a gasolinak ema-  
teko,  $\text{SO}_2$ -ren oxidazioa, butenoaren  
deshidrogenazioa, ... adibide ti-  
pikoak dira. Hauetan erabiltzen di-  
ren errektoreak ohantze finkoko  
ohantze fluidizatu edo mugikorre-  
ko eta garraio pneumatikokoak di-  
ra.

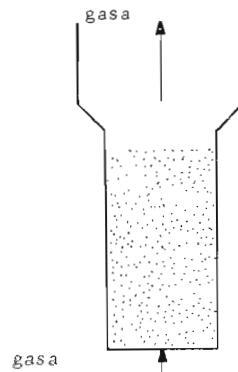
Erreaktore hauetan solido eta  
gasaren arteko ukipena, fluidoaren  
abiaduraren funtzioa da bereziki  
Honela, fluidoaren abiadura parti-  
kulak jario ahal izateko behar  
dena baino txikiagoa izan daite-  
ke; kasu honetan solidoa finko man-  
tentzen da fluidoa beraren zehar

pasatzen den bitartean. Ohantze  
finko baten kasua dugu hau (ikus  
7. irudia)



7. Irudia

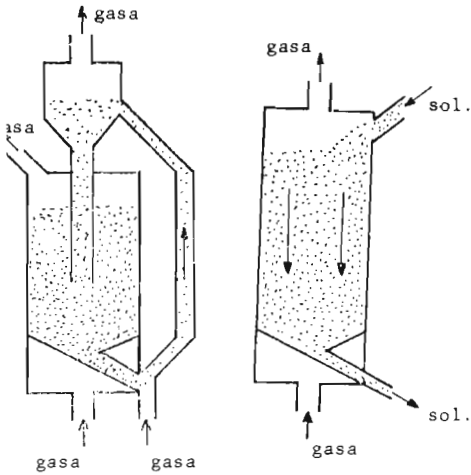
Bestalde, fluidoaren abiadura,  
partikulak jario ahal izateko  
behar den haina baldin bada, parti-  
kulak mugitzen hasiko dira, flui-  
do baten antzeko portaera eraku-  
tsiz. Hau Ohantze fluidizatuetan  
gertatzen da (ikus 8. irudia).



8. Irudia

Fluidoaren abiadura partiku-  
lak herrestan eramateko haina ba-  
da, fluidoak solidoa herrestatuko  
du, bien fluxua konkurrentikidea  
izanik. Kasu honetan garraio pneu-  
matikoaren aurrean gaude (ikus 9.  
irudia)





9. Irudia

10. Irudia

Ohantze mugikorretan gasa partikuletan zehar jarriotzen den bitartean, partikulak, grabitateari esker, geldiro erortzen joaten dira.

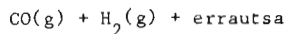
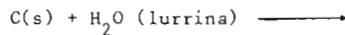
III. Taulan lau kasu hauek aldaratzen dira.

Laburki, erreakzio-bero txikia eta gutxi desaktibatzen diren katalisatzailea duten erreakzio katalitikotan eta bestalde, gas-konbertsioa handia izan behar duenean egokiena den erreaktorea ohantze finkokoa da. Honela,  $\text{NH}_3$ -ren sintesian eta  $\text{SO}_2$ -ren oxidazioan erabiltzen da.

Ohantze fluidizatueta bero-transmisio ona ematen denez, tenperaturaren kontrol zehatza behar duten erreakzioentzat oso egokia da; hala nola, errendimendua tenperaturaren funtzioa den erreakzioentzat, edo ta katalisatzaileen eraginez puntu beroak sortzaketan erreakzioentzat. Beraz, etilenoaren oxidazioan, anhidrido ftaliko eta akrilonitriloaren lorpenean, Fischer-Tropscharen sintesian, ikatzaren errekuntzan e.a. erabiltzen da.

Ohantze mugikorrak, gaur egun galden erdiespenerako erabiltzen dira. Galda lortzeko gertatu behar diren erreakzioak labegaraietan bilakutzen dira; labegaraiak ohantze mugikorrak erreaktoreak dira non gasa eta solidoa kontrakorronteki jarriotzen bait dira.

Garraio pneumatikoa, erreakzioa azkar ematen den kasuetarako erabiltzen da, adibidez, gasoilaren cracking katalitikoan, gasolina lortzeko edo ta hurrengo ekuazioko prozesuan



III.TAULA.- Gas-solido erreakzioentzat

	S-G erreakzio katalisatuak	S-G erreakzio ez-katalisatuak	Temperaturaren banaketa
Ohantze finkoa	Bakarrik desaktibatzen ez diren edo geldiro desaktibatzen diren katalisatzaileentzat bali du.Temperaturaren kontrolak sortzen dituen oztupoek unitate bakoi-tzeko tamainuaz dependatzen du-te.	Ez du operazio jarraientzat balio.Desjarraietan,bestalde, ez du produktu uniformerik ematen.	Erreakzio-beroa handia denean temperaturaren gradiente handiak ematen ditu.
Ohantze mugikorra	Erraz desaktibatzen diren tamainu handiko katalisatzaileentzat erabiltzen da. Erdimailako eskalako operazioentzat egokia da.	Elikadurak oso neurri uniformeak duen kasurako bakarrik.. Eskala handiko operazioak egin daitezke.	Solido edo gasaren emari egoki batek tenperaturaren gradienteak kontrola ditzake.
Ohantze fluidizatua	Laister desaktibatzen diren neurri txikiko eta etendurarekiko erresistikorrak diren katalisatzaileentzat. Temperaturaren kontrola ezin hobea denez eskala handiko operazioentzat erabiltzen da.	Tamainu-banaketazabala erabil dezake,finak barne.Eskala handiko operazioak egin daitezke,tenperaturatura uniforme mantenduz. Oso egokia da operazio desjarraientzat produktu uniformeak lortzen delarik.	Temperatura ia konstantea da. Bero-trukaketaz edo solidoaren elikadura egokiaz kontrola daiteke.
Garraio pneumatikoa	Erreakzio azkarretan besterik ezin erabili da.	Erreakzio azkarretan besterik ezin erabili da.	Temperaturaren gradienteak minimoraino eraman daitezke.

erabiltzen diren erreaktoreak

Partikulen diametroa	Presio-galera	Bero-transmisioa	Konbertsioa
Partikulek han- diak eta unifor- meak izan behar dute. Temperatu- ra ondo kontrola- tzen ez bada, partikulak sinte- riza daitezke.	Presio-galera, gasaren direk- zioaren partiku- laren diametro- aren gasaren abiaduraren e.a. funtzioa da. Presio-gale- ra Ergun-ekua- zioaz emanik dator.	Bero-transmisioa ez da oso eragin korra, beraz tru- kaketa handia beharrezkoa da.	Gas-fluxua pis- toiduna bada eta behar diren eta- pa adiebatikoak erabiltzen badi- ra, konbertsioa 100% da teori- koarekiko.
Partikulek han- diak eta uni- formeak izan behar dute.	Ohantze finko eta fluidizatu- aren artekoa da.	Trukaketa ez da nahikoa.	Konbertsioa ia teorikoaren hai- nakoa da, fluxua pistoiaren an- tzeakoa izan bait daiteke.
Tamainu-bana- keta zabal bat eta fin ugari onartzen du. Solidoa maza- tu egin behar da.	Solidoaren pi- sua eta ohantzearen sektzioaren ar- teko zatiketa da: w/s.	Trukaketa oso eraginkorra da. Bestalde, soli- doak bero-ahal- men handia du- nez, honen zir- kulazioaren bi- dez bero-kopuru handia transmi- ti daireke.	Ukipen-mota hau besteak baino okerragoa da, nahas- te perfektua eta gasaren fluxua bereziak direlako.
Ohantze fluidi- zatu bezala- koa da.	Partikula finen kasurako txiki- a da, lodientza ko, aldiz, handia	Ohantze mugikor eta fluidizatu- aren artekoa da.	Konbertsio han- diak lor dai- tezke, fluxua pistoi-fluxuz- koaren antze- koa bait da.

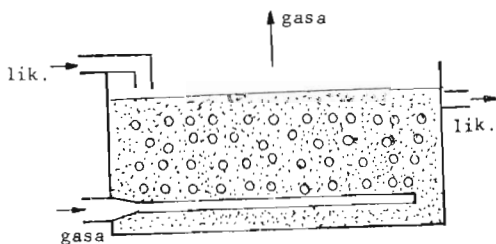
#### 2.4.4.- L-S eta G-L erreakzioentzako erreaktoreak

Beren irakite-puntua altuegia izateagatik lurrinketa ezinezkoa den konposatuetan erabiltzen da; adibidez, olio lubrifikatzaileen errefinazioan hidrogenoz tratatuz.

##### 2.4.4.1.- "Slurry" erreaktorea (Basezko erreaktorea)

Sistema hauetan, solidoa likidoaren barnean esegia dago. Hauen erabilpena, bereziki, solidoak katalisatzaile bezala lan egiten duen L-S eta G-L-S erreakzioetara mugaturik dago.

11. irudian erreaktore hauen eskema bat aurkezten da. Ikus daitezenez, oinarritz irabiapen mekanikodun tanga erreaktore bat dugu, nahiz eta batzutan gasak burbuilatzean sortzen duen irabiapena nahikoa izan.



11. Irudia

Erreaktore honen abantailak tanga-erreaktoreei dagozkienak dira: alde batetik, tenperaturaren kontrol errazagoa selektibitate zabalagoa, ..., bestalde, erabiltzen den katalisatzailea hautsaz denez, honek sortzen duen difusio arekiko erresistentzia txikia dela eta katalisatzailea birsortzeko ez dela oztopo handirik aurkitzen, erreaktoretik etengabeki ateratzeko ahalbidea eskaintzen bait digute.

Aldiz erreaktore hauen desabantail nagusienak hauexek dira: katalisatzailea produktutik aldentu beharra dago eta bestalde, gasen bereizgailua butxatu egin daiteke.

Batez ere hidrogenaziotan erabiltzen da.

##### 2.4.4.2.- "Trickle" ohantze-erreaktorea

G-L-S erreakzioetan erabiltzen dira soilik. Katalisatzaile solidoa finko aurkitzen da eta honen zehar gas eta likidoa jariozten dihoaz. Likidoa tantaka dario katalisatzaile ohantzearen zehar. Gasaren fluxua gorantz ala berantz izan daiteke. Gehienetan berantz izaten da, horrela katalisatzailearen gainean dagoen likidoa hobe bana daiteke.

lako gas eta likidoaren fluxua pistoizkoa da.

Erreaktore hauen abantail nagusia zera da, produktuak eta katalisatzaileak ez direla batzuek besteengandik banandu behar. Baina, bestalde, erreakzio exotermikoen kasuan tenperaturaren kontrola nahiko zaila gertatzen da, eta puntu beroak sor daitezke. Puntu bero hauek katalisatzaile eta likidoaren arteko ukipen txarrago bat ematen digute.

Erreaktore hauek hidrosulfurazioan, deshidrogenazioan eta petrolio frakzioen hidrocracking-ketan erabiltzen dira.

### erreaktorearen aukera

Prozesu bat bilakatzeko erabili behar den erreaktore egokia aukeratzeko honako puntu hauek izan behar dira kontutan:

a.- Erreakzio-sistemaren berezitasunak aztertzerakoan:

. Gure erreakzioari buruz publikatutako teoriak eta mekanismoen deskribapenak aztertu behar dira.

. Termodinamikari buruz, erreakzio-beroak eta orekako konbertsioak, tenperatura eta presioaren fun-

tziopean kalkulatu behar dira. Leherketa posible bat ekiditzeko, goiko eta beheko mugak kontutan eduki behar ditugu.

. Ekuazio zinetikoa edo ta ereduak plantaren datuak jakin behar dira. Diseinua aukeratzeko erreakzioen aktibatze-energiak beharrezkoak dira.

. Aktibatzaile eta produktu guztien propietate fisikoak ezagutzeko komenigarria da. Propietate batzuk, hala nola, biskositatea, bero espezi-fikoa, eroankortasun-konstantea beharrezkoak dira erreaktorearen diseinu egoki baterako; beste batzuk, pozintasuna eta degradazioa adibidez, kontuan eduki eta neurtu behar izaten dira arlo sozialean duten eraginagatik.

. Katalisatzailearen berezitasun fisiko eta kimiko guztiak ezagutu behar dira ere, bereziki, tenperaturarekiko dituen mugak, katalisatzailearen bizitza eta pozintasunari dagokion arloa.

. Une honetan komenigarria izaten da ere, produktuen espezifikazioa kontutan edukitzea.

b.- a atalean aztertutako faktoreak oinarri bezala hartuz, erreaktorearen tamainu minimoa lortzeko edo/eta lortu nahi diren produk-

tuen errendimendu maximoa kalkulatzeko, operazio-baldintza idealak aukeratzen dira.

c.- Aurreko ataletan esandakoa oinarritzat harturik, erreaktore-mota ideala eta elikadura erabideak aukeratu behar dira. Elikadura-erabideak, erreaktore-kostu minimoa edo/eta lortu nahi diren produktuekiko errendimendu maximoa eman behar du.

d.- Bero-transmisioaren bidea aukeratu.

e.- Seguritate-problemarik sor dezakeen erreaktorea baztertu.

f.- Aukeratuko den erreaktoreak, ahal den neurrian, erreaktore idealaren antzekoa izan behar du, haien operazio-baldintzak betez.

g.- Erreaktorearen tamainu, itxura eta funtzionamendua kalkulatu behar dira, prozesu fisiko eta kimikoen abiadurak, behar denean, elkarrekin kontsideratuz. Aukerak banan bana aztertu behar dira, bakoitzaren ekonomia kontutan izanik.

h.- Operazio-bide hoberenak aurkitu behar dira, elikaduraren kalitatea eta kantitatea zenbait kasutan aldatzen direla kontutan harturik.

Lan honetan, industria kimikoan erabiltzen diren erreaktoreen biliduma bat egin da, erreaktore bakoitzaren abantaila eta desabantailak kualitatiboki tratatuz eta prozesu bakoitzari dagokion erreaktorea aztertuz. Era berean, erreakzio zehatz bati dagokion erreaktorearen aukerabidea aurkeztu dugu.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.- LEVENSPIEL, O., "Ingeniería de las reacciones químicas" Reverté, Barcelona (1974)
- 2.- CARBERRY, J. J., "Chemical and Catalytic Reaction Engineering", Mc Graw-Hill, New York, (1976)
- 3.- HILL, C. G., "Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design" Wiley New York (1977)
- 4.- RASE, H. F., "Chemical Reactor Design for Process Plants", Wiley, New York, (1977)
- 5.- LEVENSPIEL, O., "The Chemical Reactor Omnibook", OSU Book Stores, Inc., Corvallis, OR, (1979)
- 6.- FROMENT, G. F., BISCHOFF, K., "Chemical Reactor Analysis and Design", Wiley, New York (1979)