



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

Automatika eta Kontrola

1. Gaia Sarrera

Sistemen Ingeniaritza eta Automatika Saila

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

- Irakasgaiaren edukiak
 - Aurkezpena
 - **Sarrera**
 - Sistema dinamikoen ereduak
 - Kanpo-adierazpidea
 - Denboraren eremuko azterketa
 - Sistema berrelikatuak
 - Kontrolagailuen diseinua
 - Maiztasunaren eremuko azterketa

Norberegianatu beharreko gaitasunak:

- ❑ Oinarrizko kontzeptuez eta kontrolerako terminologiaz jabetu
- ❑ Kontrolatu nahi den sistemaren deskribapena emanda, aldagai esanguratsuak eta beraien arteko erlazioak identifikatzea (bloke-diagramak)
- ❑ Sistema berrelikatu baten elementuak ezagutzea

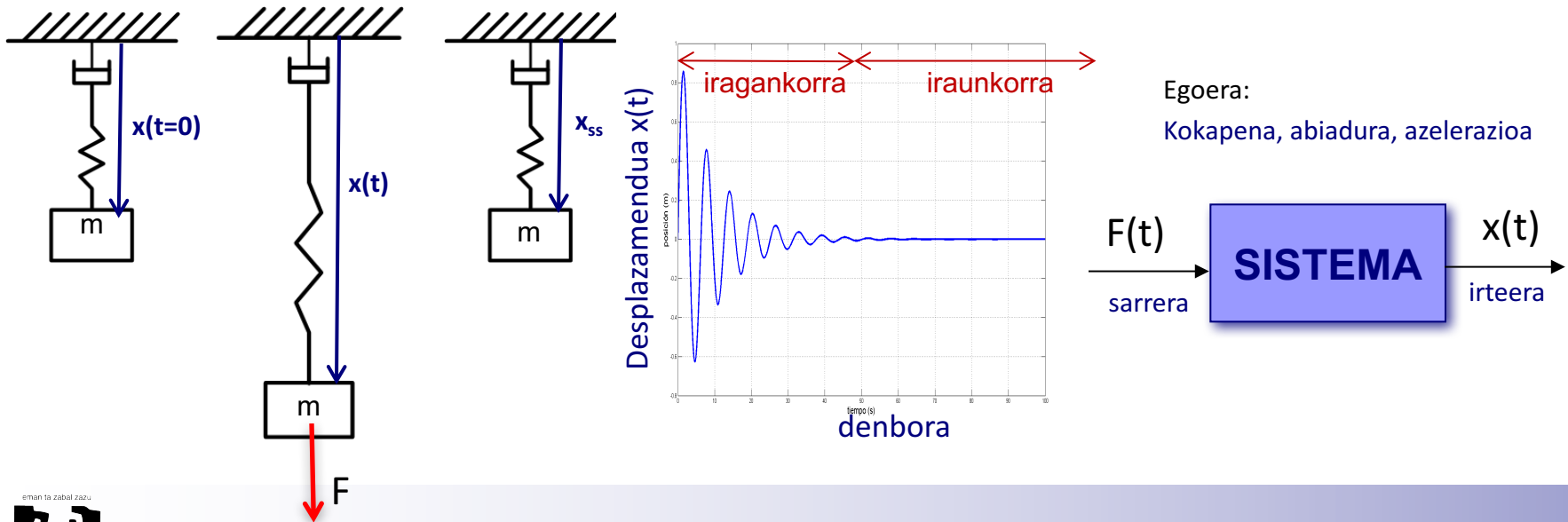
Edukiak:

- ❑ **Oinarrizko kontzeptuak**
- ❑ Kontrol-sistemak begizta irekian
- ❑ Kontrol-sistemak begizta itxian (Sistema Berrelikatuak)

□ Oinarrizko kontzeptuak

□ Sistema dinamikoa

- Sistema dinamikoek **egoera** dute (memoria dute)
- **Egoera** horrek sistemari eragiterakoan eboluzionatuko du (kokapena, abiadura eta azelerazioa)



□ Oinarrizko kontzeptuak

□ Sistema dinamikoa:

Orokorrean, sistema dinamiko bat sarrera eta irteera aldagai multzo bat da (magnitudeak).

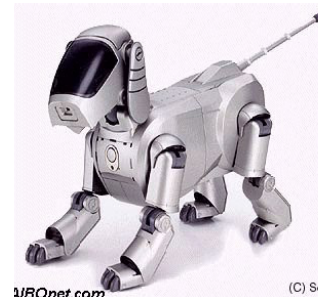
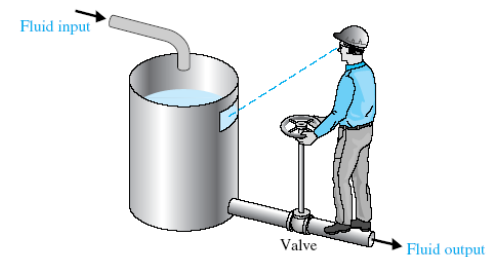
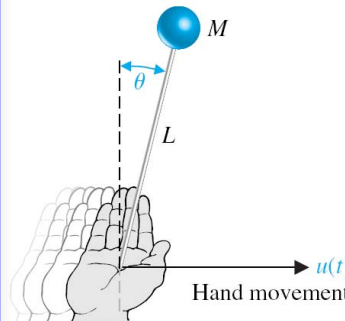
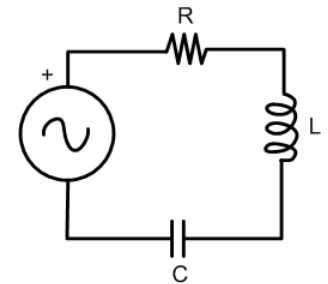
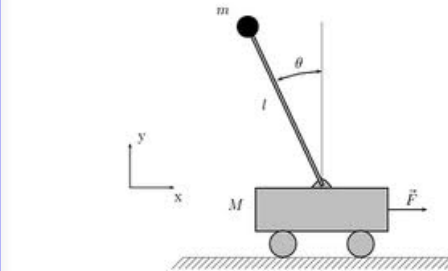
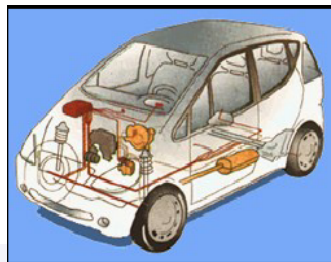
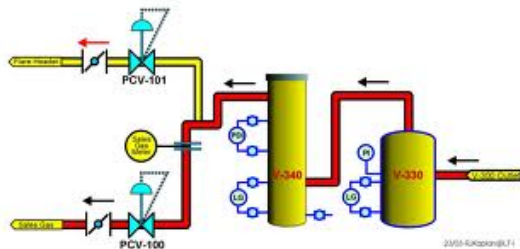
Sarrera eta irteera aldagai hauen arteko erlazioek sistemaren portaera definitzen dute.



Introducción

□ Oinarrizko kontzeptuak

□ Sistema dinamikoa



eman ta zabal zazu



□ Oinarrizko kontzeptuak

□ Kontrola:

Sistema batek betebeharrak zehatz batzuk lortzeko (aldagai edo parametro multzo batek aurrez zehaztutako balioak izatea) funtzionatu behar duenean, horretarako behar diren metodoak

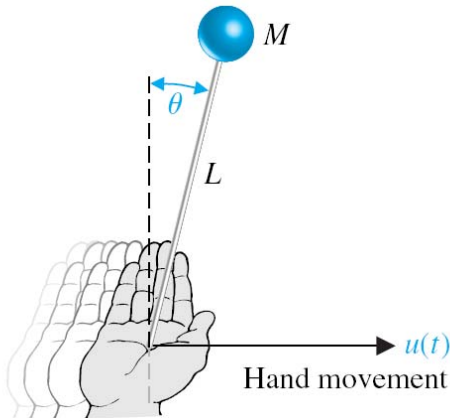
□ Kontrol-sistema:

Kontrol helburua lortzeko behar den elementu multzoa

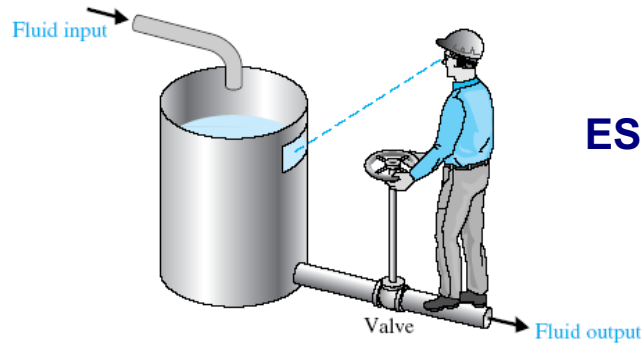
☑ Adibideak:

- ✓ Gela bateko tenperatura konstante mantentzea
- ✓ Satelite bat Martitzera gidatzea
- ✓ Ibilgailu baten abiadura balio zehatz baten mantentzea

□ Oinarrizko kontzeptuak: Eskuzko kontrola eta kontrol automatikoa

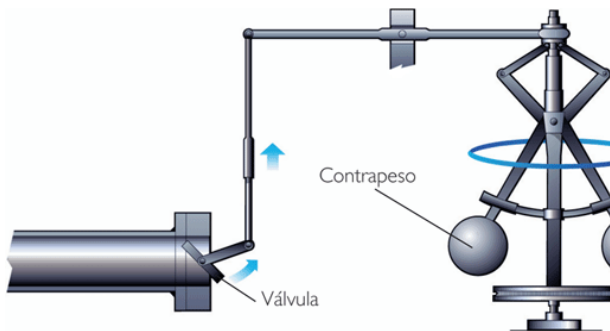


Penduluaren bertikaltasunaren kontrola

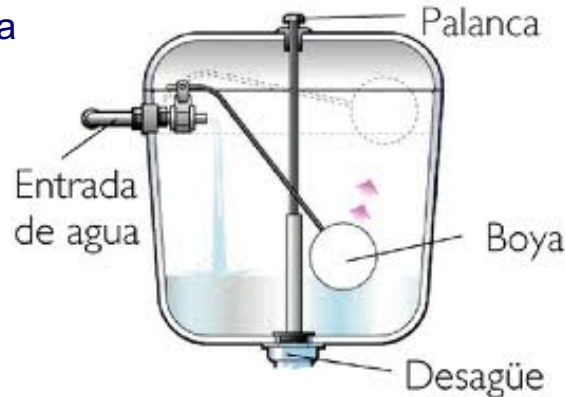


ESKUZKO KONTROLA

tankeeko likidoaren altura-kontrola



Watt-en erregulatzaila (1770)



Etxeko zisterna

KONTROL AUTOMATIKOA

Hainbat elementuen multzoa da, sistema edo prozesu bati lotzean, bere magnitude edo aldagairen bat, aurretiaz zehazturiko era batez alda dadin helburu duena.



- ❑ Oinarrizko kontzeptuak: Eskuzko kontrola eta kontrol automatikoa

- ❑ Auto baten tenperaturaren kontrol-sistema:

- ➔ Aire egokitua (eskuzko kontrola):



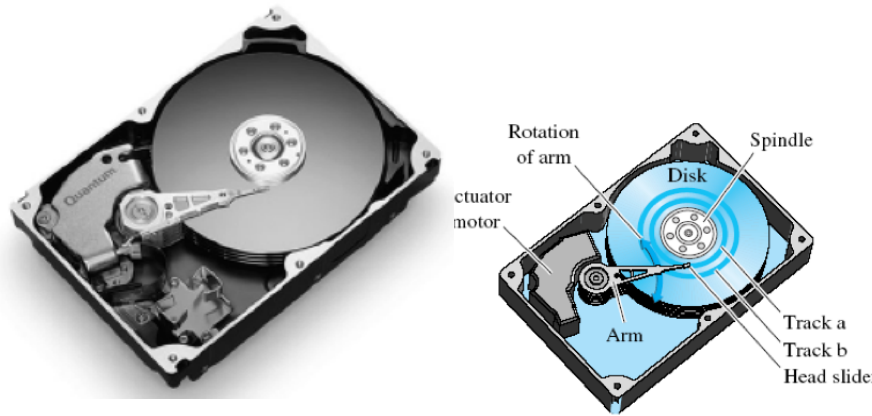
Gidariak erregulatu aireztagailua eta irteerak, auto tenperatura desio duen balioan mantentzeko

- ➔ Klimatizagailua (kontrol automatikoa):



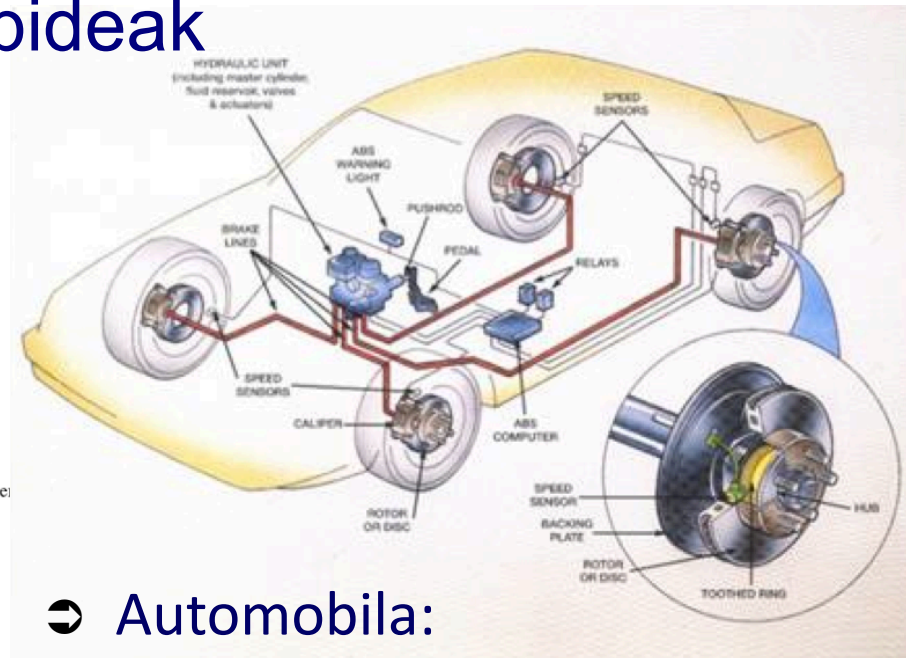
Ordenagailua arduratzen da aireztagailua eta irteerak erregulatu, auto tenperatura gidariak desio duen balioan mantentzeko.

- Oinarrizko kontzeptuak
 - Kontrol-sistemen adibideak



➔ Diska gogorra:

Diskaren biraketa-abiaduraren kontrola eta beso irakurlearen posizio-kontrola.



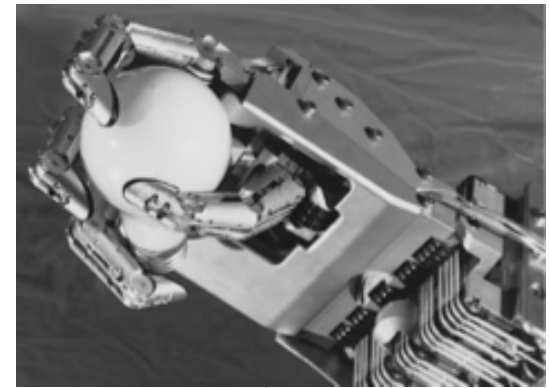
➔ Automobila:

Kontrol-sistema multzoa (trakzioa, balaztatze-kontrola (ABS), ...)

- Oinarrizko kontzeptuak
 - Kontrol-sistemen adibideak



SISTEMA ROBOTIKOAK



- Oinarrizko kontzeptuak
 - Kontrol-sistemen adibideak



FABRIKAZIO-SISTEMAK

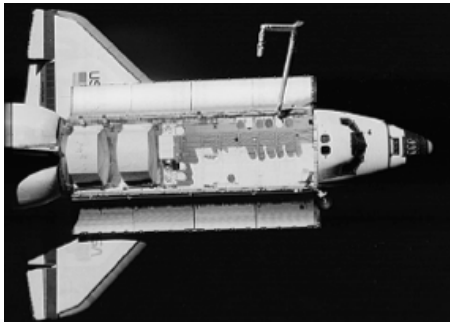


Nagore Inoio, Asier Zubizarreta, Marga Marcos, Itziar Cabanes

- Oinarrizko kontzeptuak
 - Kontrol-sistemen adibideak



NABIGAZIO-SISTEMAK



□ Oinarrizko kontzeptuak

□ Aldagai esanguratsuak:

Kontrol-sisteman garrantzizko diren guztiak

☑ **Kontrolatutako aldagaia:**

- ✓ Bere portaera zein izan behar den zehaztu egiten da (abiadura, tenperatura, maila, goitik-beherako angelua,...)

☑ **Manipulatutako aldagaia:**

- ✓ Zehaztutako helburua lortzeko, kanpotik aldatzen den aldagaia (motorearen elikadura, berotasuna eman, balbula itxi, ...)

☑ **Perturbazio aldagaiak:**

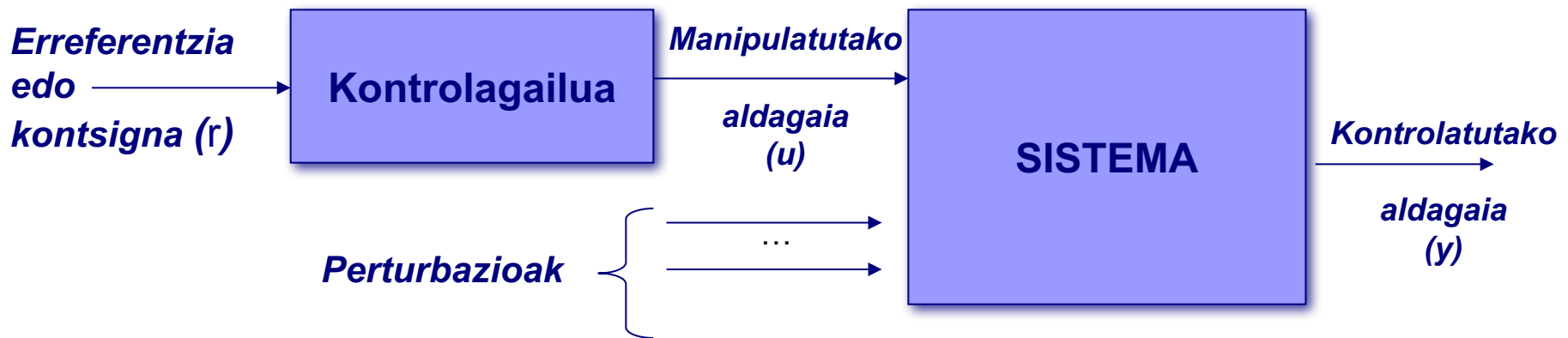
- ✓ Hauen aldaketak kontrolatutako aldagaiarengan dute eragina baina ez dira manipulatu (motoreak garraiatzen duen karga, beste sarrera emari bat, ...)

Edukiak:

- ❑ Oinarrizko kontzeptuak
- ❑ **Kontrol sistemak begizta irekian**
- ❑ Kontrol-sistemak begizta itxian (Sistema Berrelikatuak)

□ Begizta irekiko kontrol-sistema

- Aldez aurretik zehaztutako moduan jokatzen du



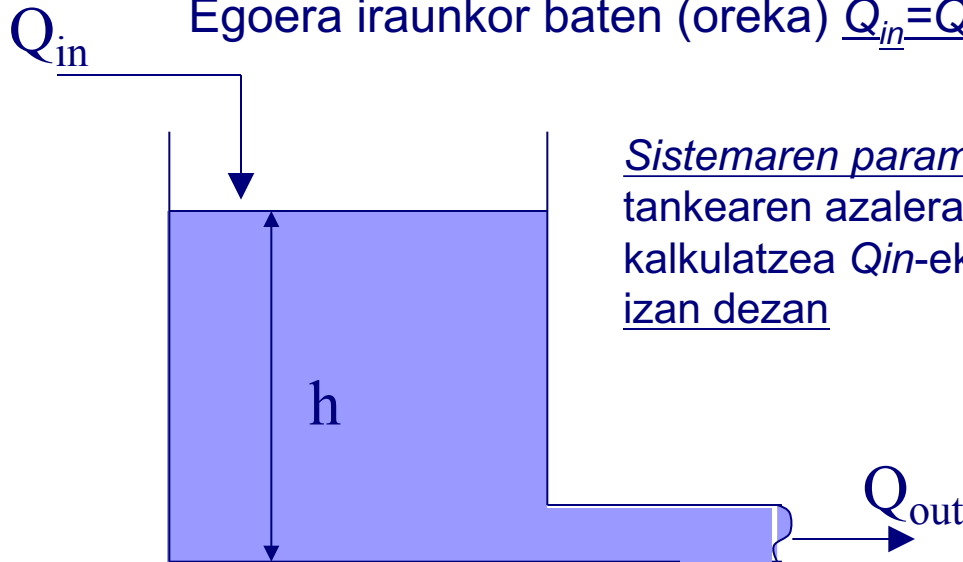
- ✓ y : kontrolatutako aldagaia. Prozesuaren irteera
- ✓ u : kontrol-aldagaia edo manipulaturako aldagaia. Prozesuaren sarrera
- ✓ r : erreferentzia-aldagaia edo kontsigna (sp)
- ✓ d : kanpoko eraginak edo perturbazioak

- Ezagutzen bada kontrolatutako eta manipulaturako aldagaien arteko erlazioa (sistema), zelan aktuatu kalkulatzea posible da.
- Arazoa: Zer gertatzen da perturbazio-aldagaiak aldatzen badira?

□ Begizta irekiko kontrol-sistema

□ 1 Adibidea: Metatze-tankea

Tankera sartzen den fluidoaren emaria Q_{in} da eta irtetzen denarena Q_{out} . Egoera iraunkor baten (oreka) $Q_{in}=Q_{out}$ da eta tankearen likido-maila h .



Sistemaren parametroak ezagututa (fluidoaren dentsitatea, tankearen azalera, zuloaren erresistentzia, ...) posible da kalkulatzea Q_{in} -ek izan behar duen balioa h -k balio zehatz bat izan dezan



Zer gertatuko da sistemaren parametroak txarto kalkulaturik badaude?

Zer gertatuko da Q_{in} aldatzean? (presioa galtzen da tutuan edo beste emari bat dago sarreran)

□ Begizta irekiko kontrol-sistema

- Beste sarrera-emari bat badago edo parametroak txarto kalkulatuta badaude, ***h*-ren balioa** egoera iraunkorrean **EZ DA desio dena izango**

Begizta itxiko kontrol-sistema baten helburua:

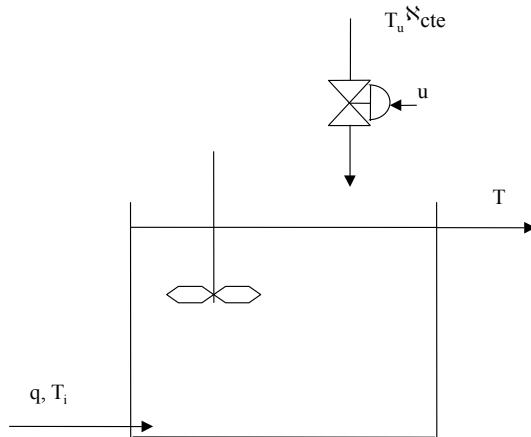
- ✓ Manipulatuko den aldagaien aktuatzea kontrolatutako aldagaiaren **portaera desio dena edo gertukoa izan dadin.**
 - **Ziurgabetasuna** sistemari buruzko ezagutzan
 - Kanpo-**perturbazioen** eragina

□ Begizta irekiko kontrol-sistema:

1 Ariketa: Temperatura tankea

(2013-01-26 ohiko azterketan galdetuta)

Irabiatutako tanke baten T_i temperatura duen q likido emaria sartzen da. Likido hori beste batekin nahastuko da tankean, azken hau balbula automatiko baten bitartez manipulatu daitekeena, balbulari u seinale bialduz. Bigarren likido honek T_u temperatura du, bestea baino apur bat beroagoa, eta nahasketa berotzeko erabiliko da. Likido-nahasketa hori tanketik gainezka eginez aterako da, T temperaturan. Jakina da T_i temperaturak denboran zehar aldakuntza nabarmenak jasan ditzakeela, baina q emaria eta T_u temperatura konstante mantentzen direla.



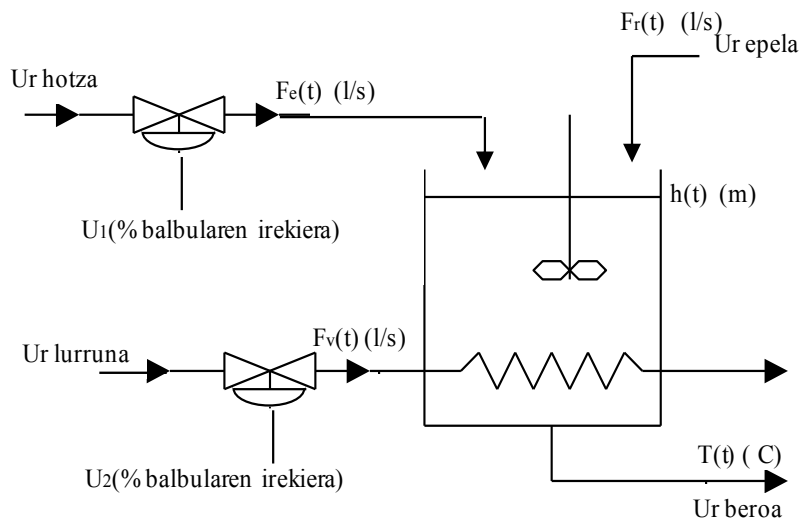
Sistemaren aldagai esanguratsuak zein diren adierazi eta blokea- diagrama marraztu.

□ Begizta irekiko kontrol-sistema:

2 Adibidea: Irabiatutako tankea

(2013-6-28 ez-ohizko azterketa)

Irudiko tankera ur-korrante bi heltzen dira, bata hotza eta bestea epelagoa. tankeko likidoak lortzen duen altuera eta tenperatura kontrolatu nahi dira. Likidoa berotzeko tanke barruan dagoen hodi-bihurretik ur-lurrina igaro arazten da. Manipula daitezkeen aldagaiak ur hotzaren emaria eta hodi-bihurrera sartzen den lurrin-emaria dira. Ur beroaren emariak aldaketa sufri ditzake baina ezin daiteke manipulatu.



Kontrol-helburu bakoitzeko, identifika itzazu aldagai esanguratsuenak, eta dagokion begizta irekiko bloke-diagrama marraztu.

□ Begizta irekiko kontrol-sistema:

2 Adibidea: Irabiatutako tankea

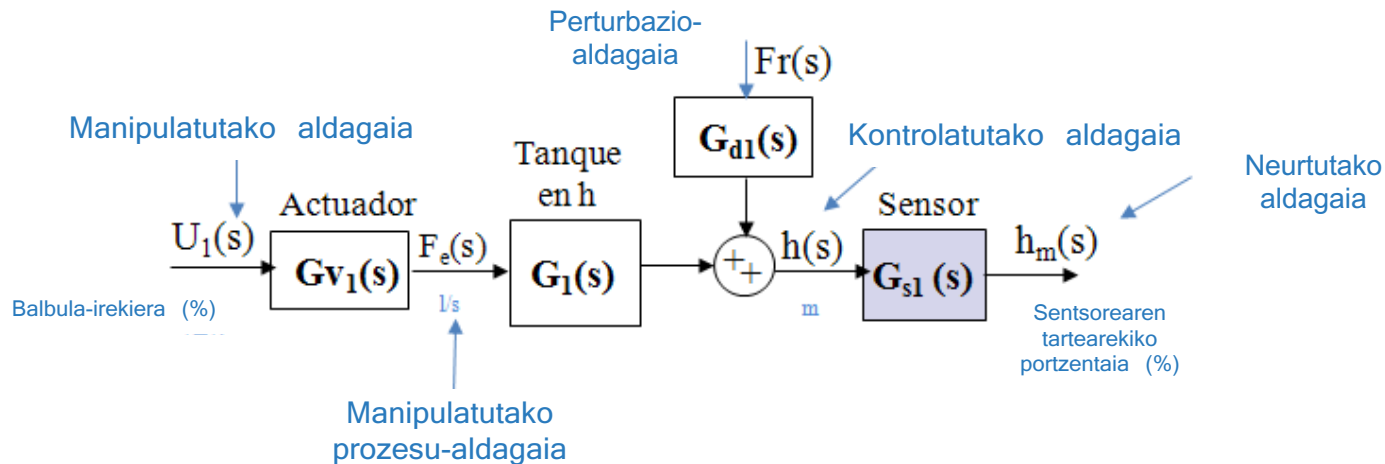
Kontrol-helburua: Likido-maila

Kontrolatutako aldagaia : $h(t)$ [m], likido-maila.

Manipulatutako aldagaia: $u_1(t)$ [irekitako %], ur hotzaren balbula

Manipulatutako prozesu-aldagaia: F_e [l/s] Ur hotzaren emaria.

Perturbazio-aldagaia: $F_r(t)$ [l/s], ur beroaren emaria.



□ Begizta irekiko kontrol-sistema:

2 Adibidea: Irabiatutako Tankea

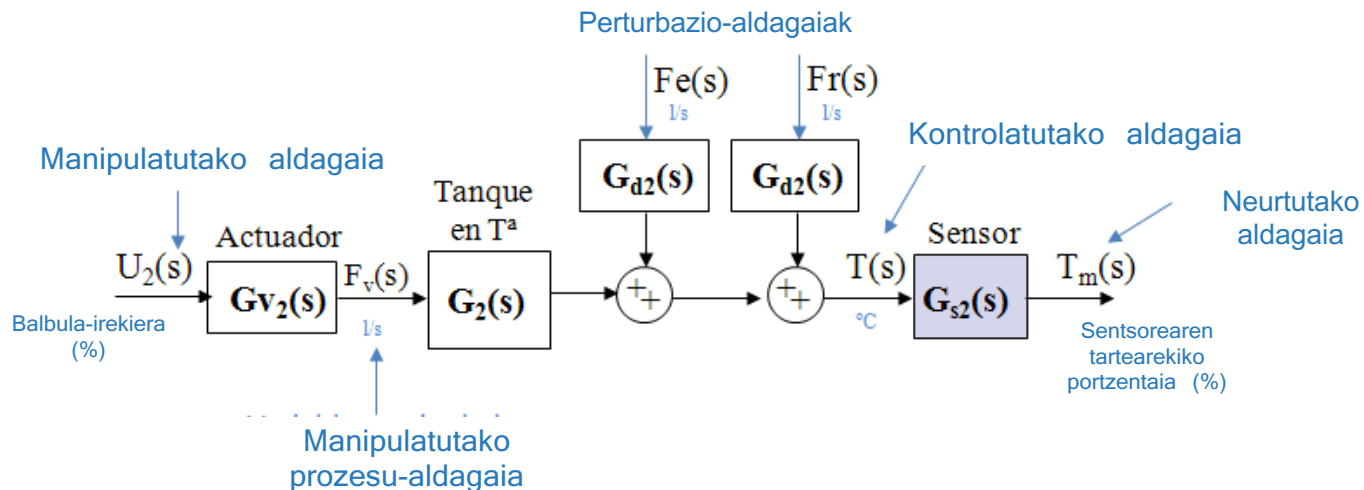
Kontrol Helburua: Tankeko likidoaren Temperatura

Kontrolatutako Aldagaia: $T(t)$ [$^{\circ}\text{C}$], Tankeko likidoaren tenperatura.

Manipulatutako Aldagaia : $u_2(t)$ [irekitako %], lurrina regulatzeko balbularen seinalea

Manipulatutako prozesuko Aldagaia : F_v [l/s] lurrin emaria.

Perturbazio Aldagaia: $F_e(t)$ eta $F_r(t)$ [l/s], emarietako aldaketak.

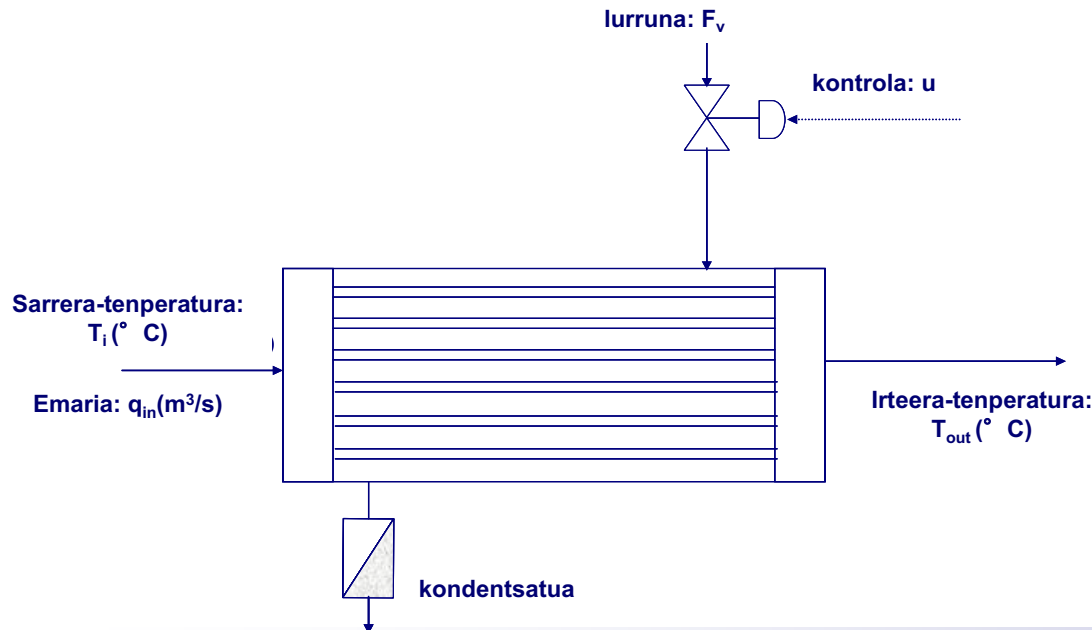


□ Begizta irekiko kontrol-sistema

2 Ariketa: Bero-trukagailua

Helburua:

Fluido bat T_i temperaturatik T_R temperaturara berotzea lurrin bitartez



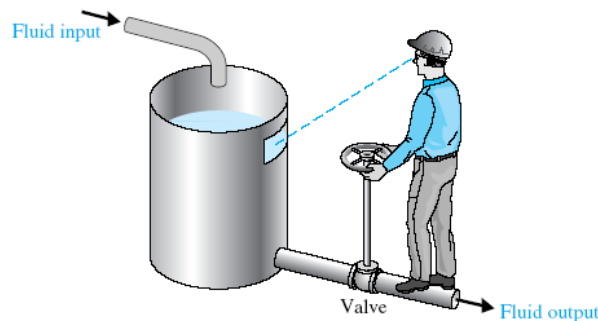
- ✓ Aldagai esanguratsuak identifikatu
- ✓ Zelan kalkulatu zenuke behar den F_v emaria?
- ✓ Zer gertatuko da T_i $3\text{ }^\circ\text{C}$ haunditzen bada? (marraz ezazu era hurbilduan T -ren denbora-bilakaera?)

□ Begizta itxiko kontrol-sistema (sistema berrelikatua)

- **Irteeraren** informazioa erabiltzen du **manipulatutako aldagaia** zelan aldatu behar duen erabakitzeko

- ✓ Aldagai esanguratsuak:

- Kontrolatua: h (H balioa lortu behar du)
- Manipulatua: Q_{out} (eskuzko balbularen bidez)
- Perturbazioa: Q_{in} aldaketak



Eskuzko kontrola (OPERADOREA)

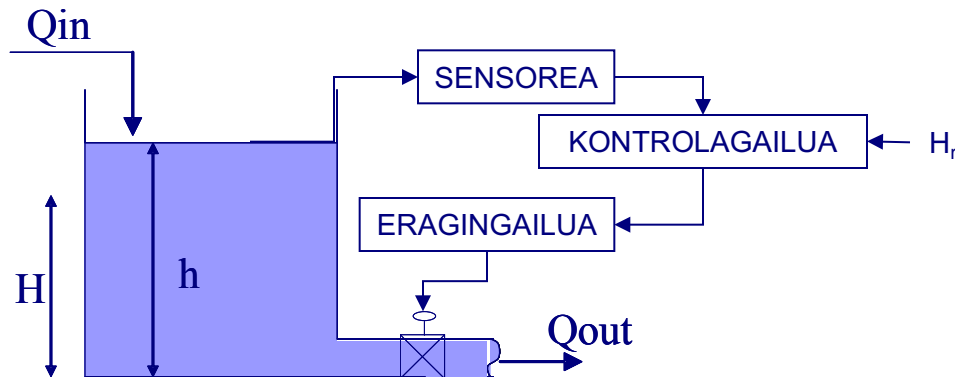
• Tankeko likido-maila desio denarekin konparatzen du

- ❖ $h > H_r$ bada: balbula zabalduko du
- ❖ $h = H_r$ bada: ez du ezer egingo
- ❖ $h < H_r$ bada: balbula itxiko du

□ Begizta itxiko kontrol-sistema (sistema berrelikatua)

Definizioa:

- **Irteeraren** informazioa erabiltzen du **manipulatutako aldagaia** zelan aldatu behar duen erabakitzeko
 - ✓ Kontrol automatikoa

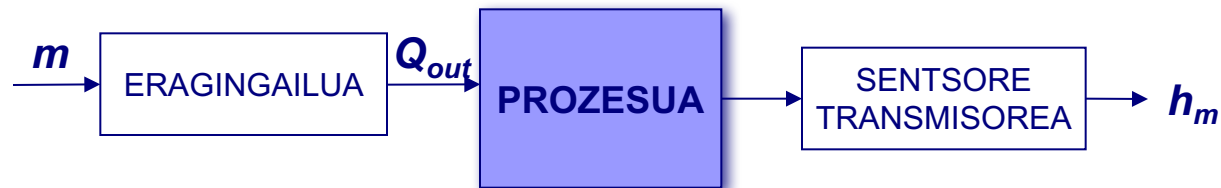


- ❖ Sentsore-transmisorea: h neurtzen du
- ❖ Kontrolagailua: h eta H_r konparatzen ditu eta balbulari bialdu beharreko seinalea igo edo jeisten du
- ❖ Eragingailua: irekiera aldatzean Q_{out} balioa aldatzen da eta ondorioz h ere.

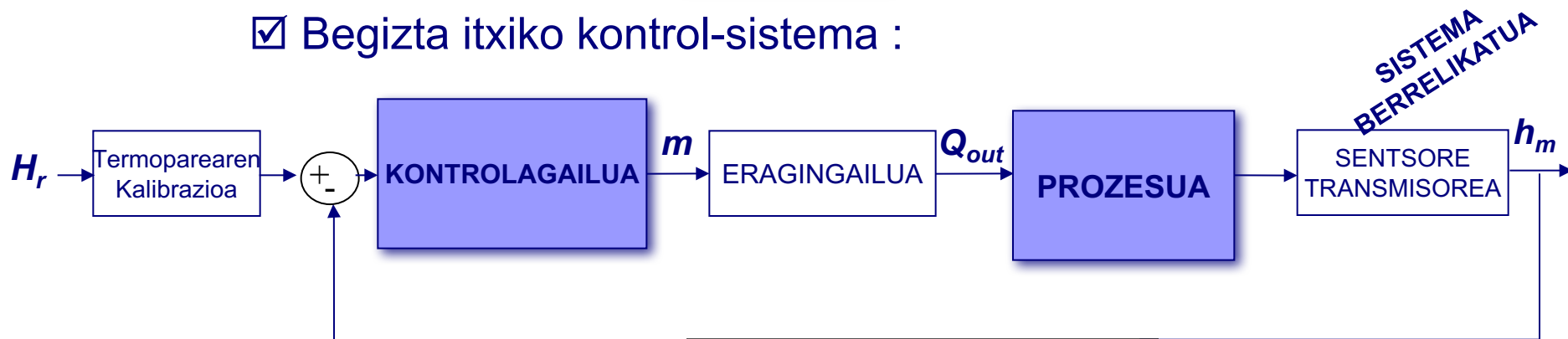
□ Begizta itxiko kontrol-sistema (sistema berrelikatua)

Bloke-diagrama

☑ Begizta irekiko kontrol-sistema:



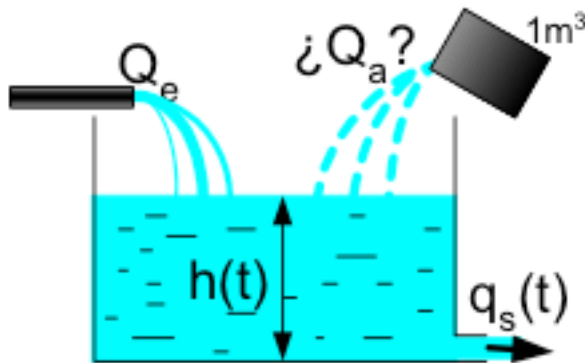
☑ Begizta itxiko kontrol-sistema :



□ Begizta itxiko kontrol-sistema

3 Ariketa: Irudiko tankean

Likido-maila balio konstante baten mantendu nahi da. Automatikoki erregula daitekeen balbula bat erabiliko da horretarako, sarrera-emia erregulatuko duena.

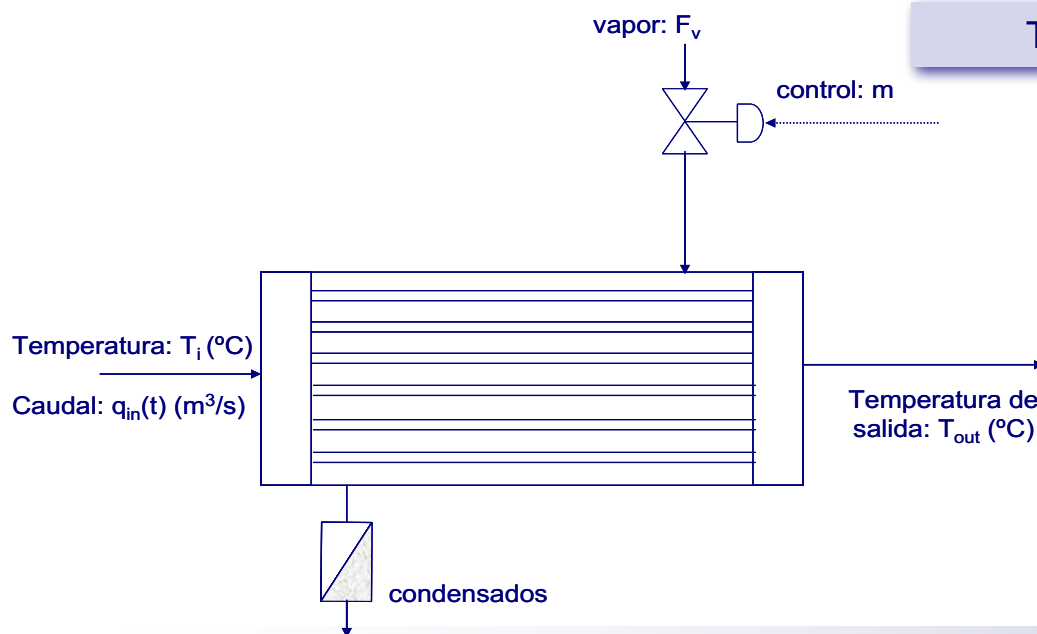


- ✓ Aldagia esanguratsuak identifikatu
- ✓ Begizta irekiko bloke-diagrama marraztu
- ✓ Begizta itxiko bloke-diagrama marraztu

□ Begizta itxiko kontrol-sistema

□ 4. Ariketa:

Lurrinaren bidezko trukagailua daukagu. Eman dezagun nabarmen alda daitezkeen prozesu-aldagaiak daudela:



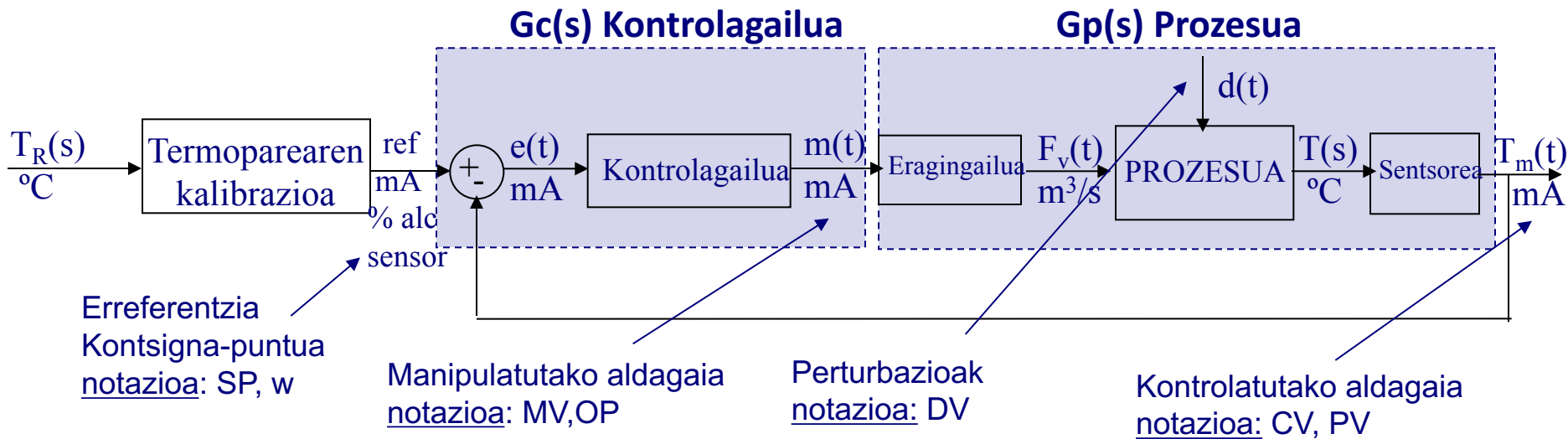
Tin, Qin, presio-galera lurrin-balbulan

- ✓ Aldagia esanguratsuak identifikatu
- ✓ Begizta irekiko bloke-diagrama marraztu
- ✓ Begizta itxiko bloke-diagrama marraztu

□ Begizta itxiko kontrol-sistema

□ Sistema berrelikatuaren osagaiak

Kontrol-sistema automatikoa bada, erabakiak eta aktuazioak giza esku-hartze barik ematen dira. Horretarako zenbait osagai behar dira: **sentsorea, transmisorea, kontrolagailua eta kontrol amaierako elementua**



□ Begizta itxiko kontrol-sistema

□ Sistema berrelikatuaren osagaiak

Kontrol estrategiaren independentziaz, kontrol-sistemaren implementazioak zer eskatzen du:

- ✓ Prozesu-aldagaiak **Neurtu** (mailak, tenperaturak, emariak, ...)
- ✓ Kontrol-ekintza **Kalkulatu**
- ✓ Kontrol-aldagaia **Manipulatu**

Horretarako behar dena:

- ✓ **Neurketa-gailuak**
- ✓ **Informazioa transmititzeko sistemak**
- ✓ **Kontrolagailuak**
- ✓ **Eragingailuak**

□ Begizta itxiko kontrol-sistema

□ Sistema berrelikatuaren osagaiak

☑ *Sentsorea*

Aldagaiak neurtzen dituzten gailuak (kontrolatutakoa gutxienez)

Neurtu nahi den aldagaiarekin erlazionatuta dagoen fenomeno fisiko baten erreprodukzioan oinarritzen da.

❖ Adibideak:

- ◆ termopareak eta termo-erresistentziak (temperatura)
- ◆ orifizio-plaka (emaria)
- ◆ Kromatografoa (composición)
- ◆ takometroa (abiadura)

□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

☑ **Sentsoreak:** Kontrolerako ezaugarriak

Irabazpen estatikoa: Orokorrean, tarte osoan linealak direla suposatuko dugu (besterik zehazten ez bada)

$K_s = 100\%$ (sentsorearen tarte) / neurtutako aldagaiaren tarte



Adibidea: Labe baten temperatura neurtzeko, 100 eta 500 °C bitarteko temperaturak neurtu ditzakeen sentsorea hautatuz:



□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

☑ *Sentsoreen oinarrizko ezaugarriak*

✓ Eremua:

Gailuak neur dezakeen aldagaiaren balio-multzoa. Goi eta behe-mugaren bidez adierazten da.

Adibidea: 50 - 150°C

✓ Tarte (span):

Neurketa-eremuaren goi eta behe-balioen arteko kenketa

Adibidea: 60-200°C eremua duen sentsorearen tarte 140°C da.

□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

☑ *Transmisorea*

Sentsorearen efektu fisikoaren magnitudea seinale estandar bihurtzen du.

- ✓ Erabilienak: elektrikoa (4-20 mA), Neumatikoa (3-15 psi), Digitala

☑ *Neurketaren transmisioa:*

- ✓ Neurketa-gailuak gehienetan prozesutik hurbil kokatuta egoten dira.
- ✓ Kontrolagailuak aldiz, hainbat tokitan egon daitezke: kontrol-armairuetan, kontrol-aretoan, beste eraikin baten, ...



□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

☑ ***Neurketa transmititzeko eremuak:***

☑ **Tutuak:**

Tutuetatik fluidoaren ezaugarriren bat transmititzen da (transmisio *neumatikoa*).

☑ **Kable elektrikoak:**

Ezaugarri elektriko bat transmititzen da (transmisio *elektrikoa*)

☑ **Espazioa:**

Uhinak transmititzen dira

☑ **Fibra optikoak:**

Uhin luminosoak transmititzen dituzten komunikazio-kanalak dira.

□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

☑ **Kontrolagailua**

Neurtutako aldagaiari dagokion seinalea jasotzen du eta, programatutako algoritmoaren arabera, kontrol ekintza kalkulatzen du.

Irteera (seinale estandarra) kontrol-amaierako elementura bialtzen da (eragingailua).

✓ Adibidea: PID

☑ **Eragingailua edo Kontrol-amaierako elementua**

Kontrolagailuak kalkulatu bezala, prozesuko aldagaia manipulatzeko du.

Manipulatutako aldagaiaren izaera eta tarte estandarizatuta daude ere.

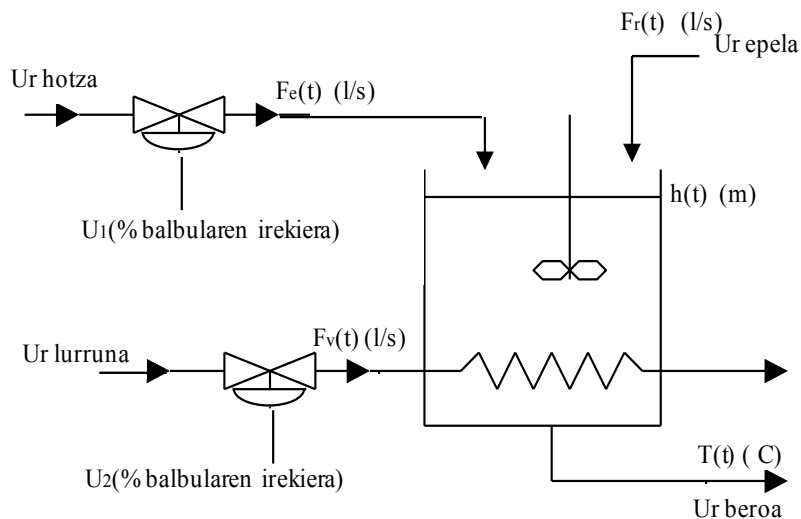
✓ Adibidea: balbulak, motoreak, ponpak, ...

□ Sistema Berrelikatua: osagaiak

2 Adibidea: Irabiatutako tankea

(2013-6-28 ezohizko azterketa)

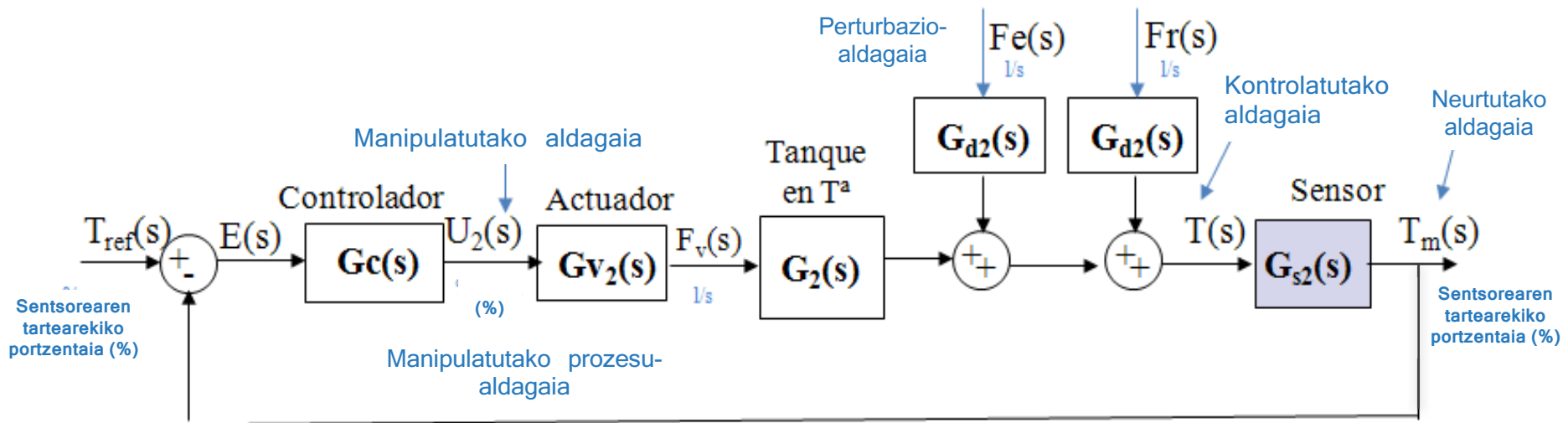
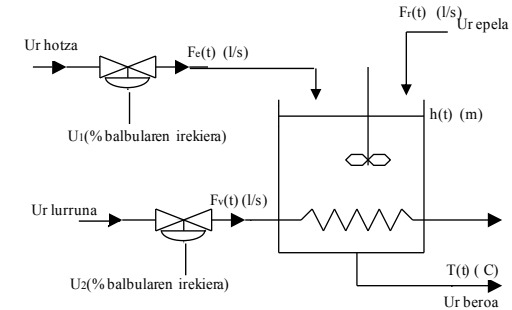
Irudiko tankera ur-korrante bi heltzen dira, bata hotza eta bestea epelagoa. Tankeko likidoak lortzen duen altuera eta tenperatura kontrolatu nahi dira. Likidoa berotzeko tanke barruan dagoen hodi-bihurretik ur-lurrina igaro arazten da. Manipula daitezkeen aldagaiak ur hotzaren emaria eta hodi-bihurrera sartzen den lurrin emaria dira. Ur beroaren emariak aldaketa sufri ditzake baina ezin daiteke manipulatu.



$G_c(s)$ kontroladorea duen tenperatura begiztako diagrama blokea marraztu. Bertan argi eta garbi adieraz itzazu aldagai esanguratsuak, unitateak eta bloke esanguratsuenak.

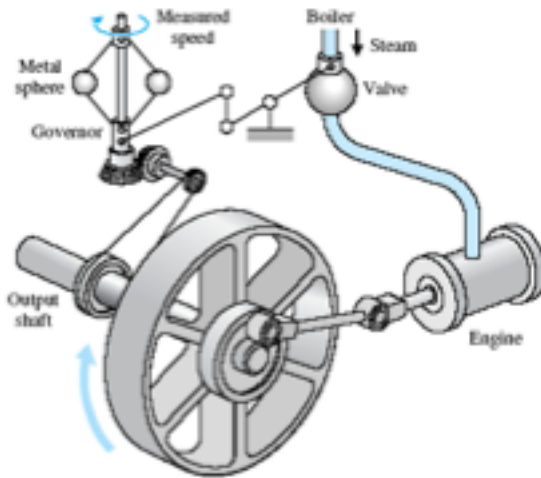
□ Begizta itxiko kontrol-sistema:

3. Adibidea: Irabiatutako tankea



□ Begizta itxiko kontrol-sistema

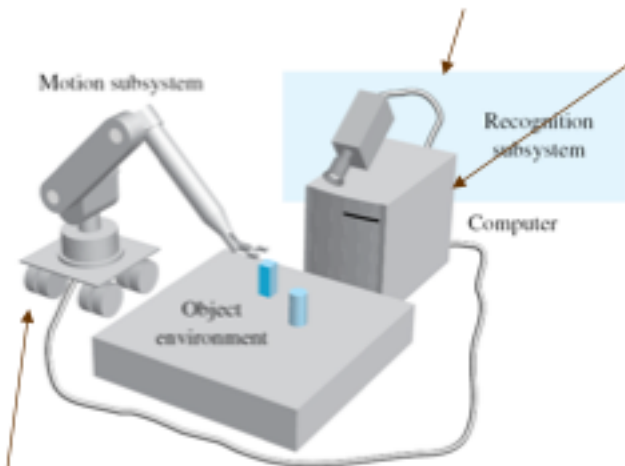
5. Ariketa: Ondorengo begizta itxiko sistema emanda



- ✓ *Aldagai esanguratsuak identifikatu*
- ✓ *Begizta irekiko kontrol-sistemaren bloke-diagrama marraztu*
- ✓ *Begizta itxiko kontrol-sistemaren bloke-diagrama marraztu*

□ Begizta itxiko kontrol-sistema

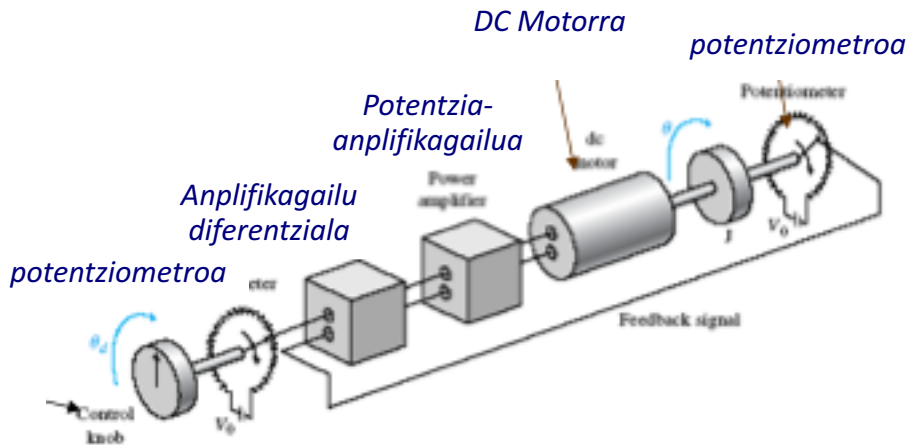
6. Ariketa: Ondorengo begizta itxiko sistema emanda



- ✓ *Aldagai esanguratsuak identifikatu*
- ✓ *Begizta irekiko kontrol-sistemaren bloke-diagrama marraztu*
- ✓ *Begizta itxiko kontrol-sistemaren bloke-diagrama marraztu*

□ Begizta itxiko kontrol-sistema

7. Ariketa: Ondorengo begizta itxiko sistema emanda



- ✓ *Aldagai esanguratsuak identifikatu*
- ✓ *Sistemaren osagaiak identifikatu*
- ✓ *Begizta itxiko kontrol-sistemaren bloke-diagrama marraztu*

Bibliografia

- ❑ “Sistemas de Control Moderno”. Dorf, Richard C., Bishop, Robert H. (2005). **1 atala.**
- ❑ “Sistemas de Control Automático” (7ª edición). Benjamín C. Kuo. Pearson (1996). **1. atala**
- ❑ “Sistemas Automáticos”. F.X. Blasco Ferragud. M.A. Martínez Iranzo, J.S. Senent Español, J. Sanchis Sáez. (2000). **1. atala**