

## 1. DESKRIBAPENA

Ingeniaritzaren arlo bateko oinarria edo funtsa den irakasgai honetan lortu nahi dena hauxe da: ikasleak ezagutu, ulertu eta menpera ditzala solidoetatik guztiz ezberdinak diren fluidoaren propietateak eta portaera, bai geldirik bai mugimenduan, baita oinarritzko legeen aplikazioak.

Fisikatik eratorritako irakasgaia da eta ikaslearentzat berezko zailtasuna du ulermenean eta arrazoiketan, baina bizitza errealeko arazo praktiko eta ohikoak ebazteko baliagarria izatearen abantaila du.

## 2. HELBURUAK

Fluidoaren propietatez gain, bere portaera definitzen duten oinarritzko ekuazioak ere aztertuko dira eta esperimentazioan oinarrituriko analisia-mota, Fisikako arlo guztietan oso erabilgarria dena, Analisi dimentsionala deiturikoa. Hau da, ondorengo ekuazioak ikasiko dira:

- Estatika eta Hidrostatikaren ekuazioak eta bere aplikazioak.
- Jarraitasunaren edo masaren kontserbazioaren ekuazioa.
- Energiaren ekuazioa eta fluxu-neurgailuak.
- Higidura kantitatearen ekuazioa eta aplikazioak.
- Dimentsio-analisia eta antzekotasuna

Aplikazioen eremuan, fluxuen kalkulurako era ezberdinak aztertuko dira, bai hodi itxietan bai gainazal librean, fluxu iraunkorren kasuan. Transitorioak ere aztertuko dira laburki, bai kontzeptu bai kalkulu mailan.

Oro har, ikasleei gaitasuna doitzea da helburu nagusia, beren bizitza profesionalean oinarritzko baliabideak izan ditzaten fluidoaren inguruko arazoak aztertzeke eta arazoi horiei aurre egiteko.

## 3. GAITASUNAK

Proposatutako aurkezpenak eta ariketak erabiliz, hidraulikarekin lotutako oinarritzko gaitasunak lortzea nahi da, Fisikaren (masa, pisua, dentsitatea) zuzenean loturiko maila batekin hasita, eta pixkanaka Fluidoaren Mekanikaren berezkoak diren kontzeptu txikiak gehituz.

Irakasgaiaren gaitasun espezifikokoak ondorengoak dira:

- CE1: Fluidoaren mekanikako oinarrizko kontzeptuak ezagutu, ulertu eta aplikatu, fluidoaren alorreko ingeniariaren garapen profesionalerako.
- CE2: Fluidoaren mekanikan metodologia zientifikoaren estrategiak aplikatzea: arazoaren egoera kualitatiboki eta kuantitatiboki aztertzea, hipotesiak eta konponbideak proposatzea.
- CE3: Fluidoaren mekanikari buruzko ezagutzak, prozedurak, emaitzak, gaitasunak eta alderdiak ezagutaraztea, hiztegia eta terminologia espezifikoa eta bitarteko egokiak erabiliz.

#### 4. ALDEZ AURRETIKO BEHARREZKO EZAGUPENAK

- Fisikako oinarrizko ezagutzak, batez ere solidoen mekanikaz, eta aldagai fisikoen unitateen erabilera.
- Matematikako oinarrizko ezagutzak: trigonometria, integralen ebazpena, ekuazio diferentzialak eta ekuazioen ebazpenean erraztasuna.
- Kalkulagailuaren erabilera azkarra eta abila.

#### 5. PROGRAMA

##### 1. BLOKEA - PROPIETATEAK

##### **1. gaia.- FLUIDOEN MEKANIKARAKO SARRERA. ALDEZ AURREKO KONTZEPTUAK.**

- 1.1.- Fluidoaren mekanikaren aztergaia.
- 1.2.- Unitate - sistemak. Dimentsioak.
- 1.3.- Dentsitatea. Pisu espezifikoa eta bolumen espezifikoa.
- 1.4.- Aldagai termodinamikoak. Egoera - ekuazioak.
- 1.5.-Gradienteak eta Dibergentzia.

##### **2. gaia.- FLUIDOEN PROPIETATE FISIKOAK. DEFINIZIOAK.**

- 2.1.- Fluidoaren definizioa. Solidoak, likidoak eta gasak. Analogiak eta desberdintasunak.
- 2.2.- Fluidoaren ingurune jarraitu modura.
- 2.3.-Biskositatea.
- 2.4.-Elastikotasuna eta elastikotasun-modulu bolumetrikoa. Konprimagarritasun-koefizientea kubikoa.
- 2.5.- Gainazal - tentsioa. Kapilaritasuna.
- 2.6.- Bapore presioa.

## 2. BLOKEA - ESTATIKA

### 3. gaia.- FLUIDOEN ESTATIKAKO LEGE OROKORRAK.

- 3.1.- Sarrera. Fluidoaren gainean eragiten duten indarrak.
- 3.2.- Fluidoko puntu bateko presioa. Presioen isotropia printzipioa.
- 3.3.- Fluidoaren estatikaren funtsezko ekuazioa.

### 4. gaia.- FLUIDO KONPRIMAEZINEN ESTATIKA EREMU GRABITATORIOAN. HIDROSTATIKA.

- 4.1.- Hidrostatikaren funtsezko ekuazioa.
- 4.2.- Hidrostatikaren ondorioak.
- 4.3.- Pausagunean dagoen fluido konprimaezinaren presioaren aldakuntza.
- 4.4.- Pascal-en printzipioa. Prentsa hidraulikoak.
- 4.5.- Presio unitateak.
- 4.6.- Presio eskalak. Presio absolutua eta presio manometrikoa.
- 4.7.- Presio - neurgailuak. Manometroak eta mikromanometroak.

## 3. BLOKEA - INDARRAK

### 5. gaia.- GAINAZALEN GAINEKO INDARRAK.

- 5.1.- Gainazal lau horizontalen gaineko indarrak. Erresultantea. Presio zentroa.
- 5.2.- Gainazal lau inklinatuaren gaineko indarrak. Erresultantea. Presio zentroa
- 5.3.- Indarren kalkulua presio-prismaren bidez.
- 5.4.- Presio atmosferikoaren eragina indarren kalkuluan.
- 5.5.- Gainazal kurbatuaren gaineko indarrak. Osagai horizontala. Erresultantea. Presio zentroa.
- 5.6.- Gainazal kurbatuaren gaineko indarrak. Osagai bertikala. Erresultantea. Presio zentroa.
- 5.7.- Azpipresio fenomenoak.

### 6. gaia.- GORPUTZ ITXIEN GAINEKO INDARRAK.

- 6.1.- Osagai horizontala. Erresultantea.
- 6.2.- Osagai bertikala. Goranzko bultzada. Arkimedes-en printzipioa. Ekintza-zentroa.
- 6.3.- Trakzio tentsioak hodietan, biltegien hondoetan. Lodieren kalkulua, Barlow-en formula.

## 4. BLOKEA - BERNOULLI-REN APLIKAZIOAK

### 7. gaia.- FLUIDOEN HIGIDURAREN OINARRIAK.

- 7.1.- Sarrera.
- 7.2.- Fluxua. Fluxu motak.
- 7.3.- Lagrange-ren eta Euler-en metodoak higidura deskribatzeko.
- 7.4.- Korrante-lerroa, korrante-hodiak eta korrante sareak. Ibilbidea.
- 7.5.- Partikula fluidoaren azelerazioa. Azelerazio lokala eta konbektiboa.
- 7.6.- Fluxu bolumetrikoa eta fluxu masikoa.
- 7.7.- Sistema kontzeptua eta Kontrol bolumena.

## **8. gaia.- MASAREN KONTSERBAZIOAREN PRINTZIPIOA.**

8.1.- Jarraitutasunaren ekuazioa.

## **9. gaia.- FLUIDOEN DINAMIKAKO FUNTSEZKO EKUAZIOAK.**

9.1.- Fluidoaren gainean eragiten duten indarrak.

9.2.- Ibilbidean zeharreko higidurari dagokion Euler-en ekuazioa.

9.3.- Fluido perfektuen higiduraren ekuazio orokorrak.

9.4.- Fluido errealaren higiduraren ekuazio diferentzialak. Navier- Stokes-en ekuazioak.

## **10. gaia.- BERNOULLI-REN EKUAZIOA.**

10.1.- Bernoulli-ren ekuazioaren ondorioztapena Euler-en ekuaziotik abiatuta. Sinplifikaziorako hipotesiak.

10.2.- Bernoulli-ren ekuazioaren baliagarritasun baldintzak eta interpretazio fisikoa.

10.3.- Bernoulli-ren ekuazioaren sorpenean kontutan hartutako hipotesiak. Bernoulli-ren ekuazio orokortua.

## **11. gaia.- BERNOULLI-REN EKUAZIOAREN APLIKAZIOAK. NEURGAILUAK.**

11.1.- Presio estatiko, dinamiko eta totalaren kontzeptuak.

11.2.- Presio estatikoaren neurgailuak: piezometroa eta tutu estatikoa.

11.3.- Presio totalaren neurgailuak: Pitot-en tutua.

11.4.- Abiaduraren neurgailuak: Prandtl-en tutua eta Pitot-en tutua eta piezometroaren artean osatutako neurgailua.

11.5.- Ontzi baten neurketa zuloa. Torricelli-ren ekuazioa.

11.6.- Deposituen hustuketa erregimen iraunkorren.

11.7.- Aparatu deprimogenoak: Venturimetroa, tobera, diafragma eta ukondo-neurgailua.

11.8.- Isurgailuak.

## **5. BLOKEA - HIGIDURA KANTITATEAREN TEOREMA**

## **12. gaia.- HIGIDURA - KANTITATEAREN TEOREMA.**

12.1.- Higidura-kantitatearen teorema. Fluxu iraunkorra. Fluxu dimentsio bakarra. Fluxu konprimaezina.

### **13. gaia.- HIGIDURA - KANTITATEAREN TEOREMAREN APLIKAZIOAK.**

- 13.1.- Solido batetan fluido batek eragindako indarrak.
- 13.2.- Alabeen teoria orokorra eta Pelton turbina batetan aplikatua.

### 6. BLOKEA - DIMENTSION ANALISIA

### **14. gaia.- DIMENTSION ANALISIA ETA EREDU TEORIA.**

- 14.1.- Dimentsio analisia.
- 14.2.- Ereduen antzekotasuna.

### 7. BLOKEA - KARGA GALERAK

### **15. gaia.- BISKOSITATEAREN ERAGINA FLUXUETAN.**

- 15.1.- Sarrera.
- 15.2.- Fluxu motak.
- 15.3.- Reynoldsen esperientzia. Reynoldsen zenbakia.
- 15.4.- Muga-geruza.
- 15.5.- Fluxu laminar eta turbulenta barne-fluxuetan.

### **16. gaia.- HODI ITXIETAKO KARGA-GALEREN KALKULUA.**

- 16.1.- Fluxuarekiko erresistentzia hodi itxietan. Darcy-Weisbach-en ekuazioa.
- 16.2.- Hodi leun eta zimurtsuak ikuspegi hidraulikotik. Mugak.
- 16.3.- Igurtziera-koefizientearen kalkulurako adierazpenak.
- 16.4.- Moody-ren abakoa
- 16.5.- Moody-ren abakoaren erabilpena.

### **17. gaia.- HODI ITXIETAN FLUXU IRAUNKORRA. KONDUKZIOEN KALKULU PRAKTIKOA. SAREAK.**

- 17.1.- Garrantzi txikiko galerak. Luzera baliokidea eta igarotze-faktorea.
- 17.2.- Hodien zahartzea.
- 17.3.- Lerro piezometrikoa eta altuera totalen lerroa.
- 17.4.- Karga-galeren kalkulurako formula enpirikoak: Hazen-Williams.
- 17.5.- Hodiak seriean eta paraleloan.

### 8. BLOKEA - ARIETE KOLPEA ETA KANALAK

### **18. gaia.- ERREGIMEN ALDAKORRA HODIETAN. ARIETE-KOLPEA.**

- 18.1.- Sarrera.
- 18.2.- Presio uhinaren abiadura.
- 18.3.- Ariete-kolpearen balio maximoa. Allievi-ren adierazpena.
- 18.4.- Ixte graduala.
- 18.5.- Ariete kolpea hoditeri laburretan. Micheaud-en adierazpena.
- 18.6.- Soinuaren abiadura fluido batean zehar.

- 18.7.- Allievi-ren adierazpenerako k-ren balio orientagarriak.
- 18.8.- Ariete kolpea murrizteko gailuak.
- 18.9.- Hodiaren lodieran eragina. Hodiaren fijazioan eragina.

## **19. gaia.- FLUXUA HODI IREKIETAN. KANALAK.**

- 19.1.- Chezy-ren adierazpena.
- 19.2.- Chezy-ren koefizientea. Manningen adierazpena.
- 19.3.- Abiadura eta presio - banaketa zeharkako ebakidura batean.
- 19.4.- Ebakidura hidraulikorik hoberenak.
- 19.5.- Kanalen kalkulu praktikoa ebakidura ez zirkularretan.
- 19.6.- Kanalen kalkulu praktikoa ebakidura zirkularretan.

## **6. METODOLOGIA**

Ikastaro hau ahalik eta gehien aprobetxatzeko, ondorengo eskema jarraitzea proposatzen da:

- Ikasi gai bakoitza sakonean, kontzeptu desberdinen ulermena da garrantzitsuena.
- Bloke bakoitzeko proposatutako ariketak egin, emandako teoria erabiliz laguntza moduan. Ariketen emaitzak ematen dira, behar bezala egin diren egiaztatzeko.
- Auto-ebaluazioko proba egin, apunteak erabili gabe, 4 ordu inguruko denbora tartean, eta behin amaitutakoan, probaren ebaluazioa egin, kalifikazioa lortzeko.

## 7. KRONOGRAMA

Irakasgaiaren edukiak aztertzeko gomendatutako denbora 12 aste da, gutxienez 7 ordu/astean, honela banatuta:

1. Gaia. Sarrera.	2 h
2. Gaia. Propietateak.	7,5 h
3. eta 4. Gaiak. Hidrostatikaren ekuazioa.	10 h
5. eta 6. Gaiak. Indarrak gainazaletan. Bultzada.	12 h
7., 8. eta 9. Gaiak. Fluidoaren dinamikako sarrera.	3 h
10. eta 11. Gaiak. Energiaren kontserbazioaren ekuazioa. Aplikazioak.	12 h
12. eta 13. Gaiak. Higidura Kantitatearen kontserbazioaren Teorema. Aplikazioak.	7 h
14. Gaia. Dimentsio Analisia eta Ereduen Teoria.	4 h
15. Gaia. Biskositatearen eragina.	2 h
16. eta 17. Gaiak. Karga galerak.	18 h
18. Gaia. Ariete kolpea.	2 h
19. Gaia. Kanalak.	4,5 h

## 8. IRAKASLEAK

Ikastaro hau prestatu duten irakasle guztiak Ingeniaritza Nuklear eta Jariakinen Mekanika saileko irakasleak dira, eta honako hauek dira:

- Gorka Alberro Eguilegor, [gorka.alberro@ehu.eus](mailto:gorka.alberro@ehu.eus)
- Joseba Aranburu Aierbe, [ioseba.aranburu@ehu.eus](mailto:ioseba.aranburu@ehu.eus)
- Ganix Esnaola Aldanondo, [ganix.esnaola@ehu.eus](mailto:ganix.esnaola@ehu.eus)
- Maddi Garmendia Antín, [maddi.garmendiaa@ehu.eus](mailto:maddi.garmendiaa@ehu.eus)
- Estibalitz Goikoetxea Miranda, [estibalitz.goikoetxea@ehu.eus](mailto:estibalitz.goikoetxea@ehu.eus)

## 9. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Agüera Soriano, "Jariakin konprimaezinen mekanika eta turbomakina hidraulikoak". Ed. Universidad del País Vasco - 1994.
- [2] J. Almandoz, B. Mongelos, y I. Pellejero, *Ingenieritza Fluidomekanikako Apunteak*. Ed. Universidad del País Vasco: UPV/EHU.- E.U.Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2007.
- [3] J. Almandoz, B. Mongelos, I. Pellejero, F. Santos, *Fluidoan Mekanika ariketa-bilduma*. Ed. Elhuyar, 1998.
- [4] J. Almandoz, B. Mongelos, I. Pellejero, y D. Rebón, *Ingenieritza Fluidomekanikoa. Laborategiko Praktikak*. Ed. Universidad del País Vasco: UPV/EHU.- E.U.Politécnica de Donostia.San Sebastián, 2007.
- [5] M. Carlier, *Hydraulique générale et appliquée*. Eyrolles - EDF, 1998.
- [6] Y. Çengel y J. Cimbala, *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones (4a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2012.
- [7] J. Douglas, *Mecánica de los fluidos*. Ed. Bellisco, 1991, vol. I y II.
- [8] D. Escribá Bonafé, *Hidráulica para ingenieros*. Ed. Bellisco, 1998.
- [9] R. Fox y A. McDonald, *Introduction to Fluid Mechanics (8th Ed.)*. Wiley, 2011.
- [10] J. Franzini y E. Finnemore, *Mecánica de fluidos con aplicaciones en Ingeniería*. Ed. Mc. Graw-Hill, 1999.
- [11] R. H. French, *Hidráulica de canales abiertos*. Ed. Mc. Graw-Hill, 1993.
- [12] N. García Tapia, *Ingeniería Fluidomecánica*. Universidad de Valladolid, 2006.
- [13] C. Mataix, *Mecánica de fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Ed. del Castillo, 1986.
- [14] B. Munson, D. Young, y T. Okiishi, *Fundamentos de mecánica de fluidos*. Ed. Limusa Wiley, 1999.
- [15] P. Novak, *Estructuras hidráulicas*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2001.
- [16] M. Potter y D. Wiggert, *Mecánica de Fluidos*. Ediciones Paraninfo, 2002.
- [17] J. Roberson y C. Crowe, *Mecánica de fluidos*. Nueva Editorial Interamericana, 1983.
- [18] I. Shames, *Mecánica de Fluidos (3a Ed.)*. Ed. McGraw-Hill, 1995.
- [19] G. Sotelo Ávila, *Hidráulica general*. Ed. Limusa, 1995, vol. I.
- [20] V. Streeter y E. Wylie, *Mecánica de los fluidos (9a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2000.



[21] F. White, *Mecánica de los fluidos (6a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2008.

[22] G. Alberro, J. Aranburu, G. Esnaola, M. Garmendia, E. Goikoetxea, Fluidoen Mekanika (OCW ikastaroa): <https://ocw.ehu.eus/course/view.php?id=504#section-2>, UPV/EHU, 2019.