

Fonaments d'Enginyeria Química
MO70399

Pràctica 2:

Balanç d'energia calorífica

Grup B

Torn 2

Baldi Garcia, Isaac: 1667260
Barbens Calzadilla, Carla: 1666167
Belmonte Leiva, Marc: 1619451
Bujones Umbert, Jun Shan: 1549086
Franco Avilés, Eric: 1666739
Gómez Rubio, Miquel: 1668850
González Barea, Eric: 1672980
Jacas García, Eira: 1666616 I NOMBRE DE PÀGINES AAAAAA

Gener 2025

Índex

| | | |
|-----|---|---|
| 1 | Calibratge de la bomba i mesura del volum del tanc..... | 1 |
| 1.1 | Calibratge de la bomba..... | 1 |
| 1.2 | Mesura del volum del tanc | 1 |
| 1.3 | Mesures de temperatura | 2 |
| 2 | Resultats experimentals i discussió | 2 |
| 2.1 | Temperatures teòriques vs. experimentals | 2 |
| 2.2 | Representació semilogarítmica de les temperatures experimentals | 4 |
| 3 | Conclusions | 6 |
| A | Calibratge de la bomba d'entrada | 7 |
| B | Mesura del volum del tanc..... | 7 |
| C | Presa de dades experimentals..... | 7 |
| D | Enllaç al Repositori de <i>GitHub</i> | 7 |

Resum

En aquesta pràctica ens proposem estudiar els balanços d'energia calorífica aplicats tanc adiabàtic, en el qual no es produeix cap tipus d'intercanvi d'energia i/o matèria, i en concret de calor, amb l'entorn. Per tal de demostrar experimentalment això, mesurarem la temperatura de l'aigua que flueix per dins del reactor en diferents temps, comparant-los amb la temperatura del tanc pulmó.

1 Calibratge de la bomba i mesura del volum del tanc

1.1 Calibratge de la bomba

Abans de començar amb la part experimental cal que, prèviament, calibrem la bomba, per tal de conèixer quins cabals es corresponen amb cada valor de rpm's de la bomba, i mesurem el volum del tanc. S'han obtingut els següents valors.

Taula 1: Resultats obtinguts en el calibratge de la bomba.

| Revolucions per minut (rpm) | Volum (mL) | Cabal (mL/min) |
|-----------------------------|------------|----------------|
| 90 | 625 | 208.33 |
| 110 | 760 | 253.33 |
| 130 | 910 | 303.33 |

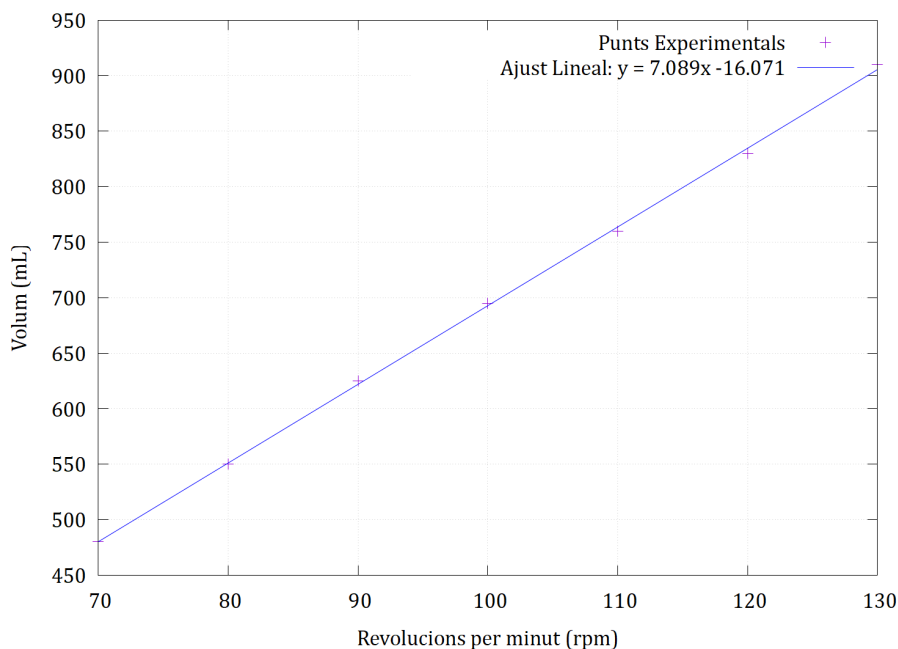


Figura 1: Corba de calibratge per la bomba

1.2 Mesura del volum del tanc

Els volums trobats trobats usant els dos mètodes proposats és¹:

- **Mètode 1:** El volum obtingut ha estat $\Rightarrow V = 1595.00 \text{ mL}$.
- **Mètode 2:** El volum obtingut ha estat $\Rightarrow V = 1637.98 \text{ mL}$.

¹A l'annex s'explica en què consisteix cadascun dels dos mètodes.

- **Volum promig:** El volum promig obtingut ha estat $\Rightarrow V = 1616.49 \text{ mL}$.

1.3 Mesures de temperatura

A continuació adjuntem les mesures de temperatura pels 3 cabals proposats. A l'annex C comentem la metodologia seguida per tal de fer la presa de dades.

Les temperatures inicials del tanc i del pulmó per a cada cas han estat:

Taula 2: Temperatures inicials del tanc i del pulmó per cada valor Q_L .

| | $Q_L = 203.33 \text{ mL/min}$ | $Q_L = 253.33 \text{ mL/min}$ | $Q_L = 303.33 \text{ mL/min}$ |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| T₀ al Tanc (K) | 362,0 | 364,1 | 364,6 |
| T del Pulmó (K) | 290,6 | 290,3 | 290,1 |

Tot seguit adjuntem 3 taules (una per cada cabal) amb totes les temperatures mesurades:

Taula 3: Resultats experimentals amb $Q_L = 203,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$.

| Temps (s) | T (°C) | T (K) |
|-----------|--------|-------|
| 0 | 88,8 | 362,0 |
| 30 | 88,4 | 361,6 |
| 60 | 87,2 | 360,4 |
| 90 | 85,7 | 358,9 |
| 120 | 82,7 | 355,9 |
| 150 | 78,3 | 351,5 |
| 180 | 73,2 | 346,4 |
| 210 | 69,0 | 342,1 |
| 240 | 65,3 | 338,5 |
| 270 | 61,2 | 334,4 |
| 300 | 57,9 | 331,1 |
| 330 | 54,5 | 327,7 |
| 360 | 51,2 | 324,4 |
| 390 | 48,3 | 321,5 |
| 420 | 46,1 | 319,3 |
| 450 | 43,7 | 316,9 |
| 480 | 41,5 | 314,7 |
| 510 | 39,4 | 312,6 |
| 540 | 36,7 | 309,9 |
| 570 | 35,6 | 308,8 |
| 600 | 34,0 | 307,2 |

Taula 4: Resultats experimentals amb $Q_L = 253,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$.

| Temps (s) | T (°C) | T (K) |
|-----------|--------|-------|
| 0 | 90,9 | 364,1 |
| 30 | 90,3 | 363,5 |
| 60 | 88,2 | 361,4 |
| 90 | 83,4 | 356,6 |
| 120 | 77,5 | 350,7 |
| 150 | 72,2 | 345,4 |
| 180 | 66,7 | 339,9 |
| 210 | 61,5 | 334,7 |
| 240 | 56,8 | 330,0 |
| 270 | 53,7 | 326,9 |
| 300 | 51,0 | 324,2 |
| 330 | 48,0 | 321,2 |
| 360 | 44,9 | 318,1 |
| 390 | 42,4 | 315,6 |
| 420 | 39,8 | 313,0 |
| 450 | 39,4 | 312,6 |
| 480 | 37,1 | 310,3 |
| 510 | 35,6 | 308,8 |
| 540 | 34,4 | 307,6 |
| 570 | 33,2 | 306,4 |
| - | - | - |

Taula 5: Resultats experimentals amb $Q_L = 303,33 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$.

| Temps (s) | T (°C) | T (K) |
|-----------|--------|-------|
| 0 | 91,4 | 364,6 |
| 30 | 86,2 | 359,4 |
| 60 | 82,8 | 356,0 |
| 90 | 77,5 | 350,7 |
| 120 | 71,0 | 344,2 |
| 150 | 64,5 | 337,7 |
| 180 | 61,1 | 334,3 |
| 210 | 56,4 | 329,6 |
| 240 | 53,7 | 326,9 |
| 270 | 50,4 | 323,6 |
| 300 | 47,4 | 320,6 |
| 330 | 45,0 | 318,2 |
| 360 | 42,5 | 315,7 |
| 390 | 40,5 | 313,7 |
| 420 | 38,6 | 311,8 |
| 450 | 36,7 | 309,9 |
| 480 | 35,0 | 308,2 |
| 510 | 33,4 | 306,6 |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |

2 Resultats experimentals i discussió

2.1 Temperatures teòriques vs. experimentals

En aquest apartat compararem, per a cada treball treballat, les temperatures experimentals respecte les teòriques, aquestes últimes calculades segons l'equació:

$$T(t) = T_1 + (T_0 - T_1) \exp\left(-\frac{Q_L}{V}t\right) \quad (1)$$

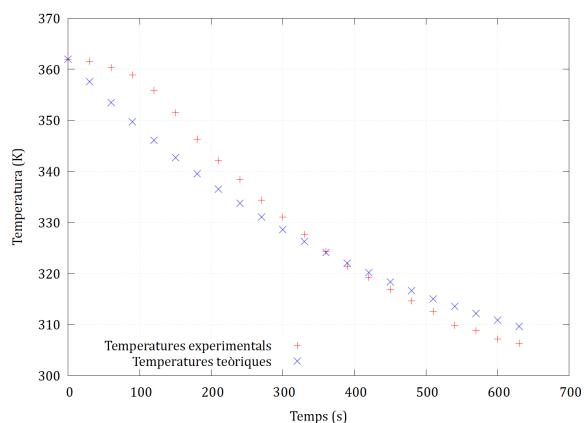


Figura 2: Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 203.33 mL/min.

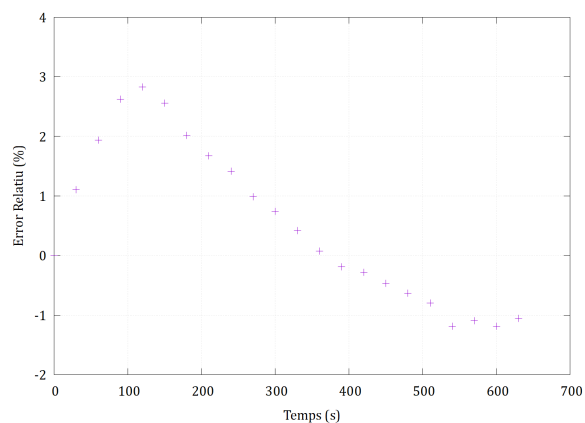


Figura 3: Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 203.33 mL/min.

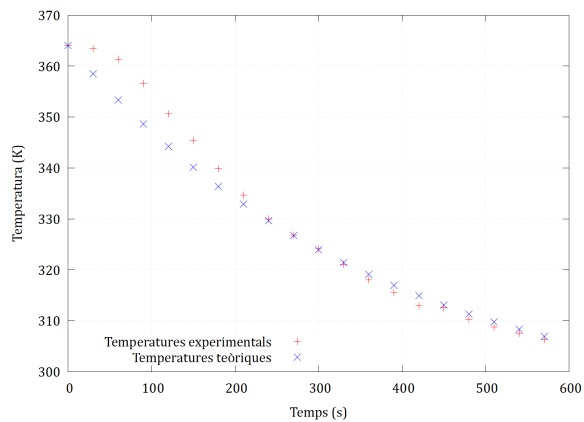


Figura 4: Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 253.33 mL/min.

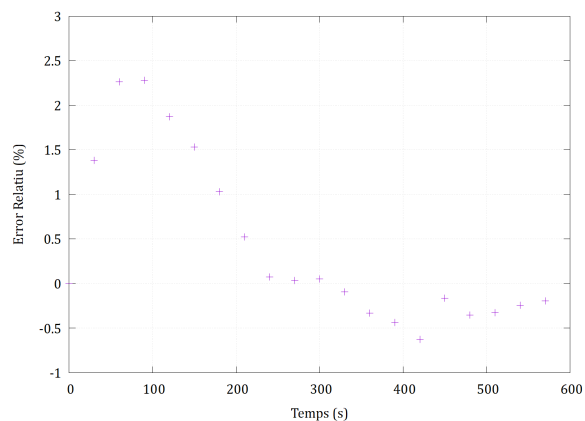


Figura 5: Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 253.33 mL/min.

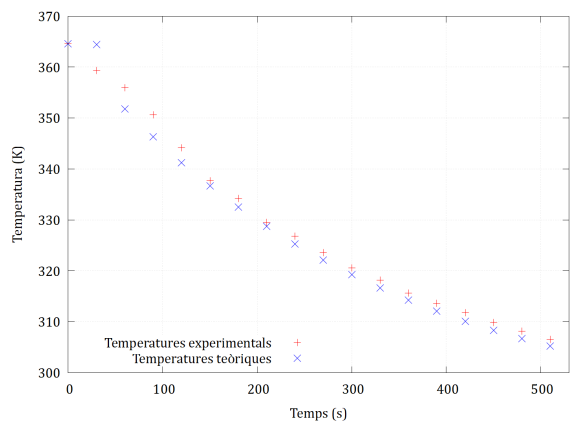


Figura 6: Evolució de les temperatures teòriques i experimentals pel cabal de 303.33 mL/min.

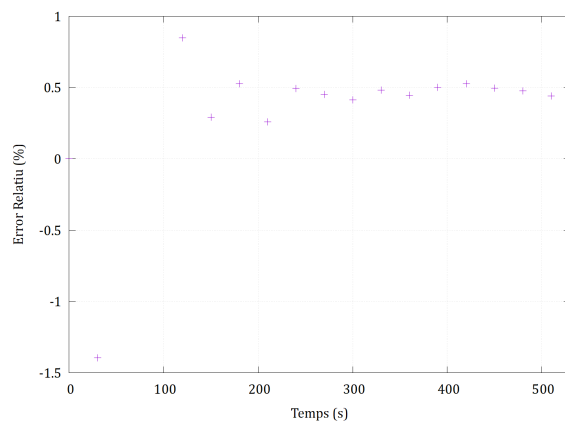


Figura 7: Error relatiu de la temperatura experimental respecte la teòrica pel cabal de 303.33 mL/min.

Observant les figures 2, 4 i 6 notem ràpidament que hem obtingut valors de temperatura experimentals semblants als esperats. Per corroborar-ho, podem fixar-nos en les figures 3, 5 i 7 que mostren l'error relatiu (en percentatge) comès a cada mesura, sent el màxim un 3%.

2.2 Representació semilogarítmica de les temperatures experimentals

Partint de l'equació linealitzada:

$$\log(T') = \log(T'_0) - \frac{Q_L}{2,303V}t \quad (2)$$

representem gràficament el logaritme de les temperatures experimentals menys la temperatura del tanc pulmó respecte el temps per cadascun dels cabals utilitzats durant l'experiment

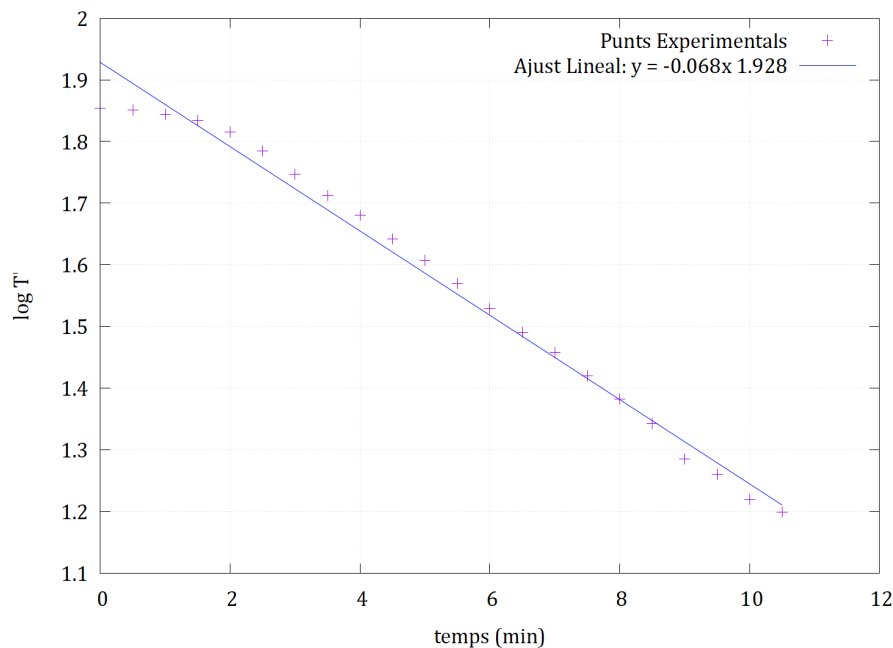


Figura 8: Gràfic semilogarítmic pel cabal 203,33 mL/min.

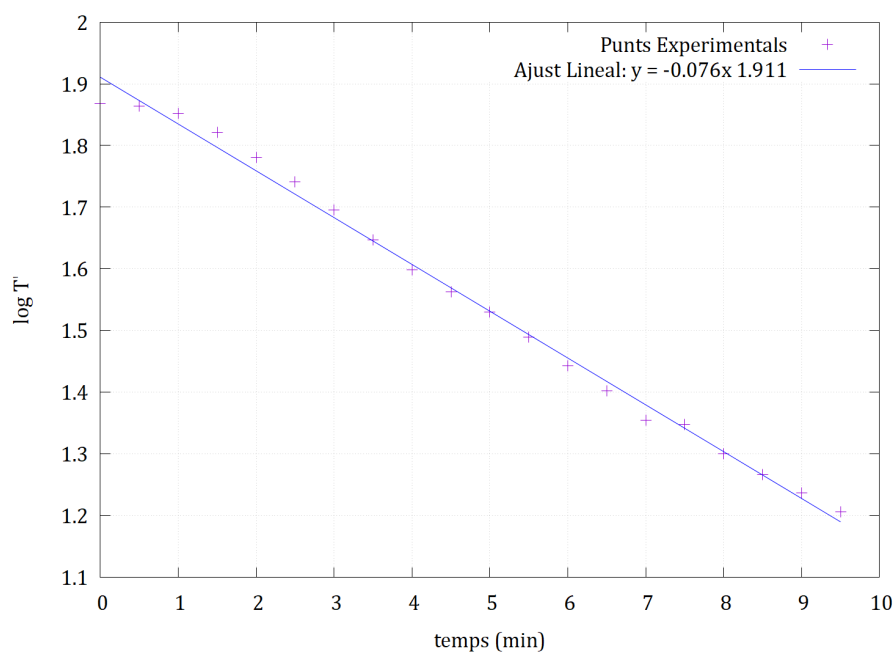


Figura 9: Gràfic semilogarítmic pel cabal 253,33 mL/min.

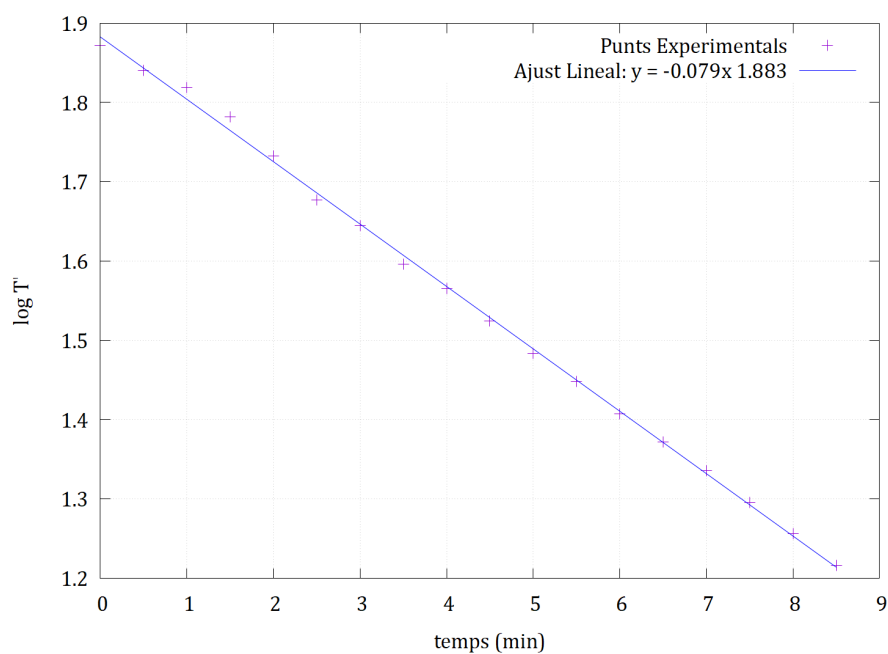


Figura 10: Gràfic semilogarítmic pel cabal 303,33 mL/min.

Observem que obtenim unes rectes prou bones, fet que ens indica que les dades experimentals es comporten de forma similar a la predicció teòrica. Si, a més a més, comparem els valors de les pendents amb el valor esperat $-Q_L/2, 303V$:

- **Cabal 203,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de $-0,0546 \text{ min}^{-1}$
- **Cabal 253,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de $-0,0680 \text{ min}^{-1}$

- **Cabal 303,33 mL/min:** Obtenim un pendent teòric de $-0,0815 \text{ min}^{-1}$

Així doncs, observem que els valors del pendent es desvien lleugerament dels esperats. Tanmateix, aquesta desviació la podem atribuir a errors experimentals i, donat que els valors reseguixen un comportament similar a l'esperat, podem assumir que les nostres dades segueixen la predicció teòrica.

3 Conclusions

Annexos

A Calibratge de la bomba d'entrada

L'objectiu del calibratge és trobar per quins valors de rpm aconseguim treballar a uns cabals de $200 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$, $250 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ i $300 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$.

Per calibrar la bomba hem fet un seguit de mesures dels volums omplits per aquesta corresponents a una serie de valors de revolucions per minut (rpm) en un temps $t = 3$ min. Els valors obtinguts es poden veure a 1.

L'equació obtinguda amb els nostres punts experimentals és $y = 7.0893x - 16.071$, amb una $R^2 = 0.9995$, valor que ens indica que les nostres mesures tenen una bona correlació lineal.

A partir d'aquí calculem els cabals corresponents a cada valor de revolucions per minut usant que

$$Q_L = \frac{V}{t} \quad (3)$$

on, de nou, $t = 3$ min. Amb això fàcilment es pot determinar que els valors de rpm de la bomba necessaris per treballar a uns cabals de $200 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$, $250 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ i $300 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$ són els donats a la taula 1.

B Mesura del volum del tanc

Per tal de mesurar el volum del tanc amb el que hem treballat hem usat dos mètodes distints, tenint cura que les condicions de mesura eren exactament les condicions d'operació del tanc (agitador connectat al 10% de la seva potència màxima, sense xocar amb les parets del recipient i a una alçada fixada). Les dues metodologies han estat:

1. Omplir el tanc amb aigua i connectar la bomba de sortida. Quan la quantitat d'aigua que surt pel cabal de sortida és zero, mesurar tot el volum contingut al recipient (usant material volumètric del laboratori).
2. Amb el tanc buit, connectar les bombes d'entrada i sortida. Mesurar el temps que triga a omplir-se el reactor. Amb aquest temps i el cabal (que és conegut, donat el valor de rpm de la bomba), es pot determinar V usant

$$V = Q_L \cdot t \quad (4)$$

El resultats obtinguts amb cada mètode es poden veure a la corresponent secció d'aquest informe.

C Presa de dades experimentals

Per tal de trobar les temperatures de sortida usant els diferents cabals proposats pel guió, hem efectuat mesures de la temperatura a dins del tanc, que prèviament havia estat omplert amb aigua a 90°C , cada 30 segons durant els primers 5 minuts i després cada minut, fins que la temperatura del tanc ha estat uns $10\text{-}15^\circ\text{C}$ superior a la del tanc pulmó.

D Enllaç al Repositori de *GitHub*

A continuació adjuntem l'enllaç al repositori de *GitHub* on podeu trobar el codi per representar les gràfiques usant *Fortran* i *Gnuplot*: <https://github.com/isaacbg25/labfeq>.