Annex 1: Guió de pràctiques

PRÀCTICA 1: EXPERIMENTACIÓ DE PÈRDUES DE CÀRREGA I CAVITACIÓ

ÍNDEX

1. OBJECTIUS

2. PREPARACIÓ PRÈVIA

2.1 Anàlisi teòrica

2.2 Simulació Ansys Fluent

3. REALITZACIÓ AL LABORATORI

1.1 Pèrdues de càrrega

1.2 Cavitació

1.3 Buidatge d'un dipòsit

1.1. OBJECTIUS

Observació de l'evolució de pressions i velocitats en canviar les geometries

Aplicació del teorema de Bernouilli en un banc d'assaig real

Determinació de les pèrdues de càrrega lineals i singulars i els seus coeficients

Introducció a la simulació del comportament de fluids

Comprensió de les aplicacions del muntatge estudiat

1.2. PREPARACIÓ PRÈVIA

Realitzeu les següents tasques de preparació abans del dia de l'experiment.

1.2.1. Anàlisi teòrica

En aquesta pràctica s'estudiaran diferents conceptes estudiats a l'aula: el principi de Bernouilli, les pèrdues de càrrega i la cavitació.

Principi de Bernouilli

En un cas ideal, on les forces de fricció i les pèrdues de càrrega són nul·les, el teorema de l'Energia (també anomenat Equació de Bernouilli) ens demostra que l'energia es manté constant durant tot el circuit. Per tant, qualsevol variació de pressió, velocitat o altura seria compensada.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \qquad \text{(Eq. 1)}$$

En la realitat, fenòmens com la fricció o la viscositat impedeixen el comportament ideal i ocasionen pèrdues en l'energia del sistema que en la memòria es referenciaran com a pèrdues de càrrega. Per tant, l'Equació de Bernouilli queda modificada a la següent expressió:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_{f1-2} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

Pèrdues de càrrega

En el projecte es distingeixen dos tipus de pèrdues de càrrega diferents: lineals i singulars. Les primeres, i tal com s'intueix pel seu nom, es produeixen en els trams lineals de l'aparell i són ocasionades principalment per la fricció. En canvi, les singulars s'observen en regions de l'element on hi ha variacions geomètriques significatives.

$$h_f = f_{lin} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + K \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad \text{(Eq. 3)}$$

S'ha de tenir en compte que el valor de les pèrdues de càrrega difereix segons el sentit de circulació del fluid, ja sigui en sentit convergent o divergent. Per aquest motiu, es realitzaran els càlculs en ambdós sentits.

Cavitació

El fenomen de la cavitació consisteix en la formació de bombolles de vapor dins d'un fluid quan aquest pateix una baixada de pressió estant a temperatura constant. Per a entendre millor aquest fenomen cal haver comprès el diagrama de fases d'una substància.

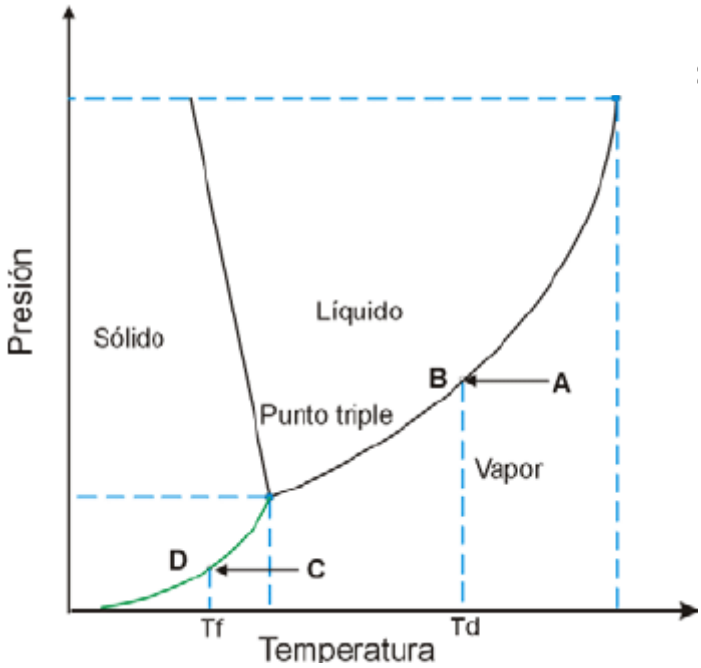

Figura 1. Diagrama de fases d'una substància

De forma gràfica, el diagrama descriu els diferents estats que pot prendre la substància en qüestió depenent de la pressió i de la temperatura. Dit això, mantenint la temperatura constant el líquid es pot convertir en vapor si es troba a un determinat valor de pressió.

Aquesta pressió s'anomena pressió de vapor i en les condicions de treball en les quals es treballa, és a dir, sent el fluid estudiat l'aigua i considerant una temperatura de l'entorn constant de 20ºC, la pressió absoluta de vapor és de 3169,9 Pa. Així doncs, quan s'assoleixen aquests valors de pressió el líquid es vaporitza, fet que ocasiona l'aparició de bombolles en el fluid.

Descripció del muntatge

L'element principal d'estudi té una geometria que recorda a la d'un venturi, malgrat tècnicament no ser-ho. El fabricant en el seu moment va descriure a la peça com a venturi, tal i com es pot veure a la Figura 1. Per tal d'evitar confusions, al llarg del treball es farà referència a l'element descrit com a venturi.

Figura 2. Element principal del banc d'assaig (Venturi)

El banc hidràulic disposa d'un dipòsit que conté un volum aproximat de 140 litres d'aigua acoblat a una bomba que impulsa el líquid pel circuit. Connectat a la bomba es troba un cabalímetre amb un rang de lectures de fins a 6000 dm^3/h. El banc d'assaig té com a element principal el venturi on es produeixen les variacions de pressió i velocitats necessàries per a la implementació dels fenòmens a estudiar. A l'entrada i a la sortida del venturi s'hi incorporen dos tubs cilíndrics. El primer connecta el cabalímetre del banc hidràulic i l'entrada del venturi i el segon s'utilitza per tancar el circuit i per tant uneix la sortida del venturi amb el dipòsit d'aigua. L'estructura incorpora un manòmetre per a la lectura de pressions positives, un vacuòmetre per a les pressions negatives i un conjunt de columnes manomètriques per a la visualització de les variacions de pressions entre els punts d'estudi. A més a més, hi ha dos petits dipòsits cilíndrics que únicament s'acoblaran al sistema en determinades ocasions.

Figura 3. Cabalímetre, venturi, columnes manomètriques amb rellotges de lectura del manòmetre i del vacuòmetre i dipòsits cilíndrics (Imatge esquerra). Banc hidràulic amb dipòsit, bomba i cabalímetre (Imatge dreta).

Dimensions del venturi

L'esquema del venturi mostra els punts d'estudi considerats. N'hi ha tants com forats té, sent la numeració d'aquests punts la corresponent a la Figura 3.

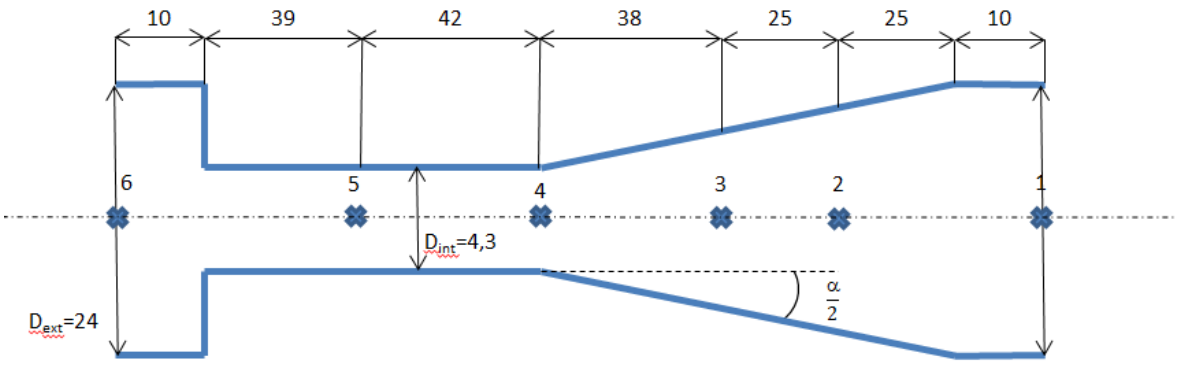

Figura 4. Dimensions del venturi del banc d'assaig (unitats de distància en mm) i numeració dels punts d'estudi

Exercici teòric

Es disposa del venturi del banc d'assaig col·locat en situació divergent i hi circula un cabal

de Q=600 dm^3/h. Coneixent les expressions dels coeficients de fricció i de singularitat, calcula el valor de les pressions en el punt 6 i en el punt 4. La pressió 1 de sortida del venturi es considera pressió atmosfèrica.

$$f_{lin} = \lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad ; \quad K_6 = 0{,}5 \cdot \left(1 - \frac{A_0}{A_1}\right) \quad ; \quad K_{con} = 0{,}2 \qquad \text{(Eq. 4)}$$

P_4 =

P_6 =

1.2.2. Simulació Ansys

En aquest apartat es realitzarà una simulació a partir de mètodes d'elements finits bidimensional. Entreu a la pàgina web de l'assignatura, busqueu el fitxer Venturi i obriu-lo amb el programa Ansys Fluent. Veureu que us apareix una finestra com la següent:

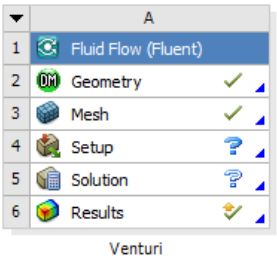

Figura 5. Finestra inicial Ansys

Cliqueu al botó set-up i s'obrirà una nova finestra on haureu de clicar acceptar. D'aquesta manera, Ansys obrirà una pantalla on hi haurà totes les característiques que haureu de modificar a banda esquerra i una representació del venturi mallat a la dreta.

A la pestanya General, on us hi portarà per defecte, premeu la condició *Axisymmetric* per tal que Ansys imposi la condició de contorn d'axisimetria.

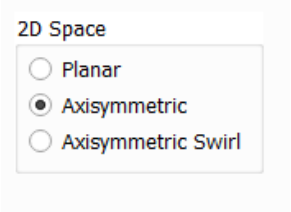

Figura 6. Condició d'axisimetria

Els fluxos amb els quals es realitzaran les experiències seran tots turbulents i s'ha d'especificar de la següent manera. Obriu la pestanya de *Models*, *Viscous* i seleccioneu l'opció *k-epsilon i a k-epsilon model* escolliu *realizable*. Tot seguit, aneu a *Materials* i definiu el fluid com a aigua. Per tal que aquest canvi sigui efectiu, a *Cell-Zone conditions* imposareu que el fluid a la superfície estudiada sigui *water-liquid.*

El següent a definir són les condicions de contorn, que trobareu a la següent pestanya.

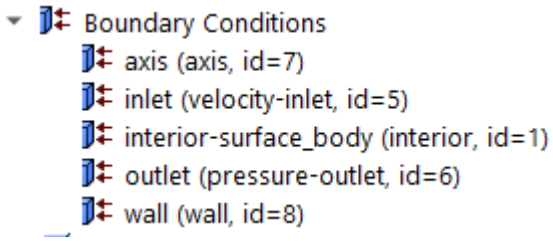

Figura 7. Condicions de contorn de la simulació

Hi ha dues condicions de contorn que no s'han d'imposar doncs Ansys ja l'has ha considerat. Aquestes són la condició d'axisimetria en el costat inferior de la geometria i la condició de velocitat nul·la a la paret. Sí que s'han de modificar les condicions de velocitat inicial a *inlet* i pressió de sortida a *outlet*. Inseriu una velocitat d'entrada al fluid de 0,4 m/s i una pressió de sortida de 0 Pa.

Acabada la definició, es procedeix a la solució de la simulació. És important monitoritzar el procés iteratiu per tal d'assegurar la convergència dels resultats. En començar la simulació, apareixen dues gràfiques, en la primera es veuen els residus entre les successives iteracions i en les segones apareix el valor calculat de la pressió d'entrada del venturi. A mesura que avancin el nombre d'iteracions, la simulació serà estable si els residus van disminuint i el valor de la variable de control *p-inlet* es manté en un valor constant. Un cop entès això, inicialitzeu la simulació a la pestanya *Initialization* mantenint el mètode *Hybrid.* Per a començar el procés iteratiu, entreu a *Run Calculation*, seleccioneu un nombre d'iteracions de 200 i premeu *Calculate*.

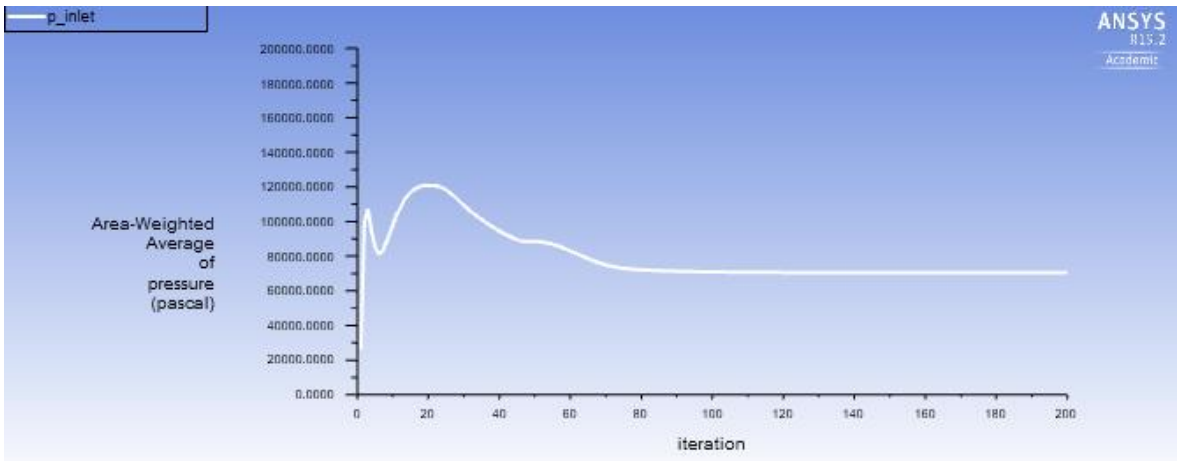

Figura 8. Exemple de simulació convergent

La solució ja ha estat calculada i podeu tancar la finestra i obrir *Results*. Ara haureu de dibuixar les línies de corrent amb la funció "*streamline*" i les distribucions de pressió i

velocitat amb el botó *contour* .

Obriu un document word i copieu les tres representacions. A continuació, expliqueu què hi veieu, quines velocitats i pressions s'assoleixen, on són màximes, què succeeix a les singularitats per canvi de secció, si hi ha diferència entre el tram cònic i el canvi de secció brusc, ...

Per la determinació de les velocitats i pressions mitjanes de cada punt, seleccioneu la pestanya *Calculators i Function Calculator*.

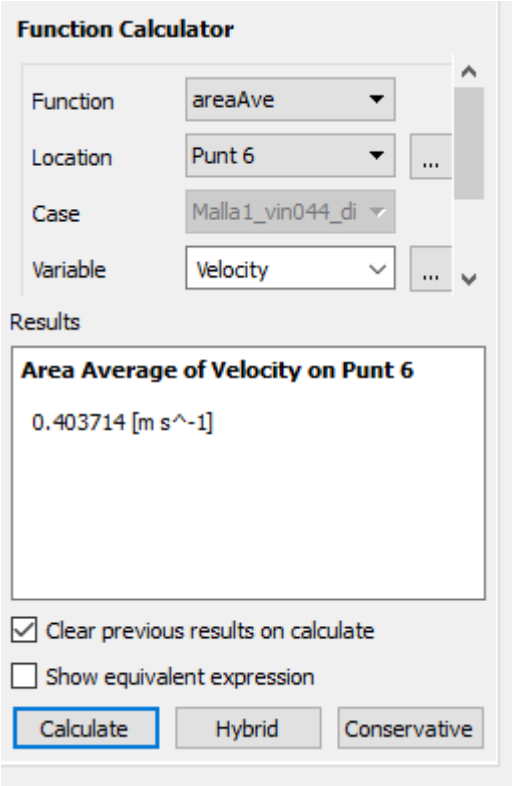

Figura 9. Exemple del càlcul de la velocitat mitjana del Punt 6

En el mateix fitxer Word, recolliu en una taula els valors de les pressions i les velocitats en els 4 punts i calculeu les pèrdues de càrrega a partir del principi de Bernouilli. A continuació, calculeu els coeficients de pèrdua de càrrega f_{lin}, K_6 i K_{con}. Són coherents aquests valors amb els calculats en l'estudi teòric?

1.3. REALITZACIÓ AL LABORATORI

Situeu-vos a la taula on es troba el banc d'assaig amb el venturi i verifiqueu que el venturi es troba en sentit divergent. Connecteu el tub del manòmetre (rellotge de l'esquerra) al punt 6 del venturi i el vacuòmetre al punts 5, 4 i 1 del venturi mitjançant els tubs i les vàlvules del banc d'assaig.

1.3.1. Pèrdues de càrrega

Abans d'encendre la bomba, verifiqueu que la vàlvula del cabalímetre està completament tancada girant-la en sentit horari. Un cop estigui fixa, obriu la bomba i gireu la vàlvula situada a sobre de la bomba en sentit horari. Augmenteu el cabal fins a situar-lo a un valor de 600 dm^3/h. Calculeu les velocitats a partir del cabal i mesures les pressions de cada un dels punts de l'estudi.

	Pressió	**Velocitat**
Punt 6		
Punt 5		
Punt 4		
Punt 1		

Apliqueu el teorema de Bernouilli tal i com heu fet en la preparació prèvia de la pràctica i calculeu les pèrdues de càrrega i els seus coeficients.

$$f_{lin}=$$

$$K_6=$$

$$K_{con}=$$

Compareu els valors amb els obtinguts en l'anàlisi experimental i en la simulació. En cas de ser diferents, quins són els possibles factors que alteren els valors en cada una de les metodologies?

1.3.2. Cavitació

Partint de la mateixa situació que en l'apartat anterior, obriu la vàlvula fins que el cabal assoleixi el seu màxim i observeu el venturi. S'escolta i es visualitza el conjunt de bombolles que s'han format. Mesureu la pressió en el punt on es produeix aquest fenomen i expliqueu què està passant.

1.3.3. Buidatge d'un dipòsit

En aquest apartat es verificarà l'aplicació del banc d'assaig per al buidatge d'un dipòsit. Per a mostrar-ho, connecteu un dels cables del dipòsit 2 a la base del dipòsit 1 i ompliu-lo d'aigua. Finalment, connecteu un dels tubs del dipòsit 2 del banc d'assaig al punt 4 del venturi i analitzeu el fenomen. Cap on es dirigeix el fluid? Per quin motiu?

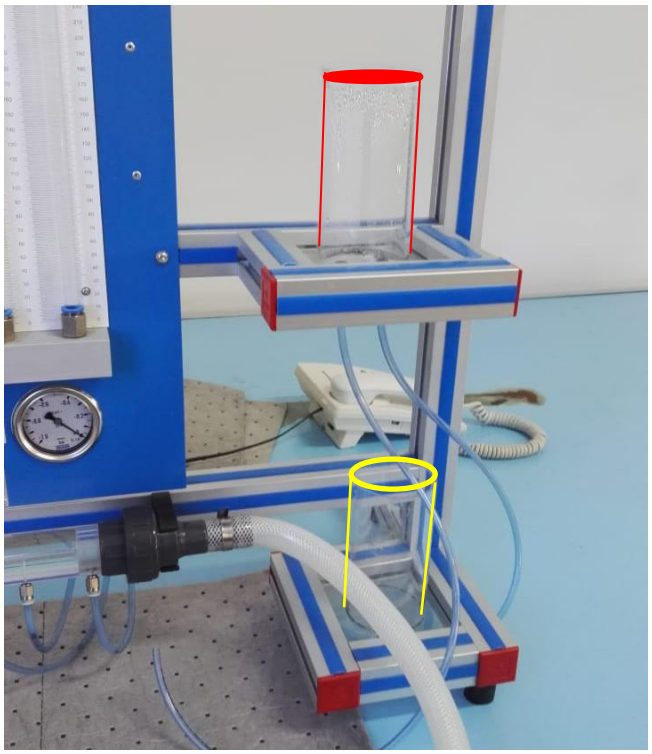

Figura 10. Dipòsit volumètric 1 (resseguit en groc) i dipòsit volumètric 2 (resseguit en vermell)