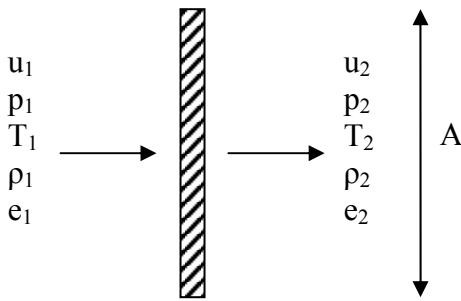


DINÁMICA DE GASES FLUJO UNIDIMENSIONAL



En la figura se encuentra en flujo de un fluido cualquiera, a través de un área transversal constante y de un volumen de control de estado estacionario. En el recuadro achurado se produce un proceso tal como una onda de choque, calentamiento, enfriamiento o roce con un superficie, o también puede darse un proceso isentrópico. En todo caso, eso trae como consecuencia que existan unas propiedades del fluido antes y después de ese volumen de control. La idea es entonces determinar estas propiedades. Para ello nos valemos de ciertas consideraciones y de las ecuaciones fundamentales (CONTINUIDAD, SEGUNDA LEY y ENERGÍA)

Por ser estado estacionario y área constante, la ecuación de continuidad queda:

$$\rho_1 u_1 = \rho_2 u_2$$

Además de lo dicho anteriormente y al no existir fuerzas en cuerpos y trabajamos con una sola dirección, entonces la ecuación de SEGUNDA LEY queda:

$$p_1 + \rho_1 u_1^2 = p_2 + \rho_2 u_2^2$$

Y la ecuación de energía quedaría de la siguiente forma:

$$h_1 + \frac{u_1^2}{2} + q = h_2 + \frac{u_2^2}{2}$$

Hay que recordar que estas ecuaciones funcionan muy bien para flujo unidimensional, pero que poseen ciertas restricciones como la no consideración de fuerzas en cuerpos y esfuerzos viscosos, trabajo, transferencia de calor por conducción y cambios en energía potencial (altura)

Velocidad del sonido: Es la velocidad con que se desplaza una onda débil (llamada onda de sonido) causada por una perturbación en un sistema cualquiera y que es percibida por nuestro sistema auditivo y cerebro en forma de sonido. Al paso de esta onda se produce una pequeña variación de energía, presión, temperatura, etc. Aplicando las ecuaciones fundamentales obtenemos una relación entre la variación de presión y densidad, de forma analítica es:

$$a^2 = \frac{dp}{d\rho}$$

Considerando un proceso isentrópico, con la relación $p v^k = \text{constante}$ y de los gases ideales, tenemos la expresión: $a^2 = kRT = kp / \rho$

Condición sónica: Al igual que las condiciones de estancamiento, en Dinámica de Gases se define una condición del fluido cuando éste se encuentra a velocidad sónica, con el fin de facilitar el estudio de los fenómenos y poder tabular los valores en función de otros parámetros. La condición a mach 1, también definida como CARACTERÍSTICA o CRÍTICA. Se le coloca el superíndice (*) para identificarlo. Especialmente en flujo con transferencia de calor y fricción se usara esta condición de referencia.

Habiendo introducido el concepto de condición Mónica y utilizando las ecuaciones fundamentales se presenta la Relación de Prandtl:

$$a^{*2} = u_1 u_2$$

Además el número de mach, de un fluido, luego de una onda de choque normal es:

$$M_2^2 = \frac{1 + \frac{k-1}{2} M_1^2}{k M_1^2 - \frac{k-1}{2}}$$

Dinámica de Gases – Preparaduría Docente – Flujo Unidimensional

Para una onda de choque normal, las siguientes características varían de la siguiente forma:

Temperatura total	=
Temperatura local	+
Presión	+
Presión total	-
Entropía	+
Numero de mach	-

Para que se produzca la onda de choque, el número de mach inicial debe ser supersónico, Es menester decir que la temperatura total se mantiene constante porque consideramos un gas termodinámicamente perfecto. En las siguientes páginas puede observar graficadas las relaciones.

En el caso que se produzca una transferencia de calor en el fenómeno ($q \neq 0$) aparece una nueva expresión, que es:

$$q = C_p (T_{02} - T_{01})$$

Esto nos dice, que va existir una variación de la temperatura total, ya sea por calentamiento $T_{02} > T_{01}$ o enfriamiento $T_{02} < T_{01}$.

A diferencia del choque normal donde solo conociendo las condiciones iniciales (k y M_1) era suficiente para conocer el fenómeno, en transferencia de calor las relaciones están en función tanto del mach inicial y final.

Cuando tenemos un flujo supersónico y le agregamos calor, esto hace que el flujo se desacelere, tanto que podría llegar a flujo sónico. Igualmente si tenemos flujo subsónico y le agregamos calor, este flujo se acelera, que podría llegar a flujo sónico. Cuando se llega al flujo sónico, el fluido se considera “topeado”, bloqueado o estrangulado (en inglés “choked”) Este fenómeno se puede ver gráficamente en un Diagrama de Mollier llamado Curva Rayleigh. A este flujo se le llama también Flujo Rayleigh.

Para un flujo Rayleigh, supersónico con introducción de calor:

Temperatura total	+
Temperatura local	+
Presión	+
Presión total	-
Velocidad	-
Numero de mach	-

Para un flujo Rayleigh, subsónico con introducción de calor:

Temperatura total	-
Temperatura local	*
Presión	-
Presión total	-
Velocidad	-
Numero de mach	+

* Para mach menor a $k^{-1/2}$ la temperatura aumenta y para mach mayor a $k^{-1/2}$ la temperatura disminuye. Para enfriamiento o extracción de calor las relaciones de las tablas son contrarias. En próximas páginas se tiene grafica de las relaciones.

Para un flujo con fricción, la ecuación de SEGUNDA LEY queda de la siguiente forma:

$$p_1 + \rho_1 u_1^2 - \frac{1}{A} \int_0^L \pi D \tau_w dx = p_2 + \rho_2 u_2^2$$

Debido a que se considera el esfuerzo cortante producido en la superficie que atraviesa el fluido.

Análogamente al flujo Rayleigh, el flujo con fricción, o también llamado Flujo Fanno, se produce una variación del número de Mach hasta un máximo de mach 1 (sonico) que es cuando el fluido se encuentra bloqueado.

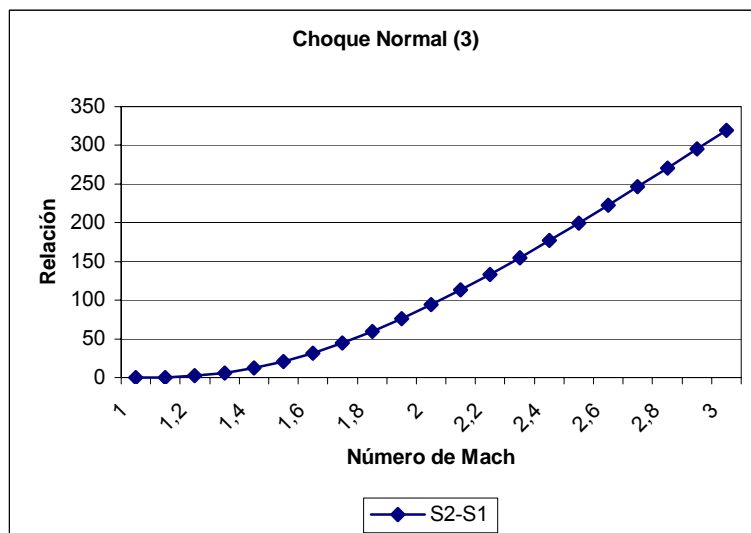
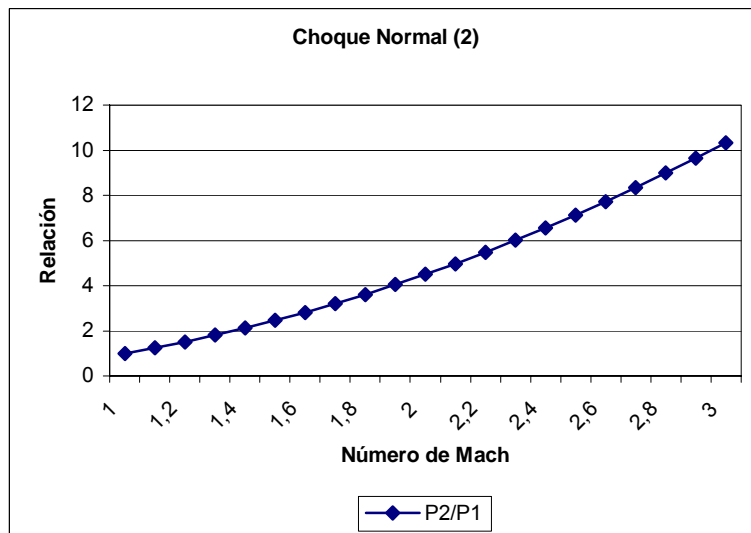
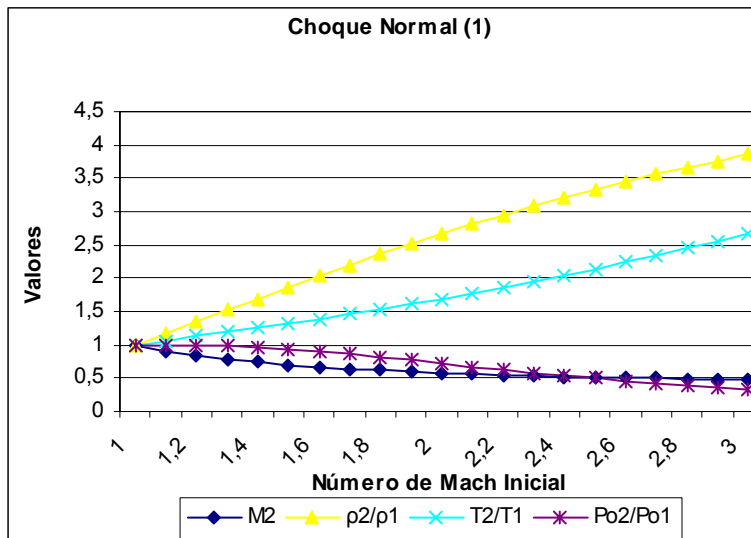
Es interesante destacar que cuando el fluido tiene flujo sonico con fricción, su velocidad aumenta hasta que cesa el fenómeno o hasta la velocidad Mónica, cuestión que a muchos de nosotros nos podrá parecer incongruente luego de hacer estudiado cinemática y dinámica en los cursos básicos. Esto es debido a que en el flujo se produce un gradiente de presión negativo, a la vez un gradiente de velocidad positivo (recordemos Bernoulli).

El flujo de fluido con fricción puede estudiarse gráficamente en un diagrama de Mollier cuya curva es la Curva Fanno. El flujo puede ser llamado Flujo Fanno.

Para un Flujo Fanno supersónico el efecto de la fricción a las características del flujo serán:

Temperatura total	=
Temperatura local	+
Presión total	-
Presión local	+
Velocidad	-
Numero de mach	-

GRAFICAS DE CHOQUE NORMAL



GRAFICAS DE FLUJO RAYLEIGH

