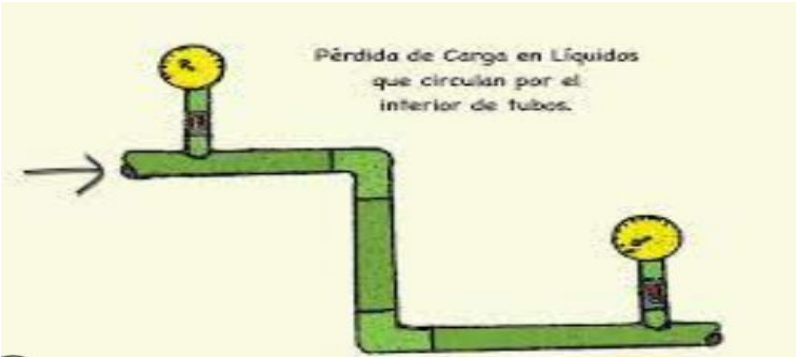




IPET 132 PARAVACHASCA
TRABAJO PRÁCTICO DE LA ESPECIALIDAD
CURSO: 5° "B" – CO INDUSTRIA DE PROCESOS
ASIGNATURA: OPERACIONES Y CONTROL DE PROCESOS II
PROFESOR: RONZA, ALEJANDRO
TEMA: Transporte de Fluidos Secuencia Didáctica N°2

FUNDAMENTACIÓN	Fundamentación: Los cálculos de diseño de tuberías y movimiento de fluidos dentro de las tuberías es una herramienta importante para el técnico en industria de procesos, ya que son la base para el diseño, desarrollo, análisis y optimización de líneas de servicios industriales, alimentación y salida de equipos industriales etc.
TEMA	Transporte de fluidos 
APRENDIZAJES Y CONTENIDOS	Mecanismo de la circulación de fluidos por tuberías. Perdidas de carga. Diámetro óptimo económico para una instalación.

OBJETIVOS	<p>Desarrollar curiosidad y apertura como bases del conocimiento científico.</p> <p>Desarrollo de actitudes de respeto por el entorno, que fomenten la conservación del medioambiente.</p> <p>Valoración del aporte de las ciencias duras en cuanto a la comprensión del funcionamiento de los procesos de producción.</p> <p>Confianza en las propias posibilidades para plantear y resolver actividades tanto individuales como grupales.</p> <p>Formar sujetos responsables, que sean capaces de utilizar el conocimiento como herramienta para comprender y transformar constructivamente su entorno social, económico, ambiental y cultural, y de situarse como participantes activos/as en un mundo en permanente cambio.</p> <p>Desarrollar y consolidar en cada estudiante las capacidades de estudio, aprendizaje e investigación, de trabajo individual y en equipo, de esfuerzo, iniciativa y responsabilidad, como condiciones necesarias para el acceso al mundo laboral, los estudios superiores y la educación a lo largo de toda la vida.</p>
ACTIVIDADES	<p>Actividad N° 1</p> <p>Explicación de conceptos y fundamentos teóricos correspondientes a cada tema.</p> <p>Análisis y comprensión grupal de los fundamentos teóricos, con ejemplos prácticos.</p> <p>Resolución de ejercicios y problemas en clase en forma individual o grupal, puesta en común de las metodologías utilizadas.</p> <p>Actividad N° 2:</p> <p>Formar grupos de trabajos de 2 o 3 alumnos y resolver ejercitación practica de problemas de transporte de fluidos. Realizar un informe sobre lo trabajado.</p>
Periodo y espacios	<p>Junio</p> <p>Espacios (aula, sala de producción, Pc. etc.)</p>
EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES	<ul style="list-style-type: none"> ● Tu correcta participación en los grupos de consulta. ● Comunicarte con tu docente para aclarar dudas. ● Prolijidad en la entrega de las actividades, pasar las actividades a la carpeta, colocar nombre y apellido en cada hoja. ● Resolución de las actividades de acuerdo a lo solicitado. ● Creatividad y originalidad en el diseño de la nube de palabras. ● Presentación de las actividades en las fechas acordadas.

CIERRE	Lograr que los estudiantes realicen cálculos básicos de circulación de fluidos por tuberías,
BIBLIOGRAFÍA	Perry, Manual del ingeniero químico. Revista científica. Diarios Enciclopedias. https://www.tlv.com/global/LA/calculator/water-pipe-sizing-velocity.html Apuntes y actividades diseñadas por el profesor. Cualquier otro material que se adecue al contenido de la asignatura. De consulta para docentes, alumnos; cuadernillos de trabajo.

Transporte de fluidos

Podemos definir al flujo laminar como:

El flujo laminar es un fluido que tiene una viscosidad muy alta, es un tipo de fluido que tiende a presentar una velocidad de flujo baja y con una resistencia al flujo dependiente, casi en su totalidad, de la viscosidad del fluido.

Podemos decir entonces, que el flujo laminar es aquel tipo de flujo que fluye con orden y suavidad dentro de un conducto, como es el caso de las tuberías o canales. El flujo laminar se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse, de modo, que las partículas individuales del fluido siguen una trayectoria que comúnmente suele llamarse línea de corriente. Cabe destacar, que en el flujo laminar el mecanismo de transporte lateral es exclusivamente molecular y se cumple la ley de viscosidad de Newton.

En el flujo laminar, la velocidad, la presión y otras propiedades del flujo tienden a permanecer constantes en cada punto del fluido. El flujo laminar sobre una superficie horizontal puede consistir en capas delgadas o láminas paralelas entre sí, el fluido en contacto con la superficie horizontal es estacionario, pero todas las demás capas se deslizan unas sobre otras.

El flujo laminar es común sólo en los casos en donde el canal de flujo es relativamente pequeño, la viscosidad es alta y el flujo se mueve lentamente.

Predicción del flujo laminar

Para poder predecir si el flujo que se está estudiando es laminar se utiliza un parámetro, el cual, es función de la viscosidad del fluido. Este parámetro es conocido como Número de Reynolds y lo definiremos a continuación:

La expresión matemática para estimar el Número de Reynolds en el caso de estudio más común, que es el flujo de fluido dentro de una tubería, es la siguiente:

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

- > ρ : Densidad del fluido.
- > v : Velocidad del fluido.
- > D : Diámetro de la tubería.
- > μ : Viscosidad dinámica del fluido.

¿Cómo sabemos si el flujo es laminar?

Cuando estamos en presencia de flujos lentos, las fuerzas viscosas son dominantes, manteniendo las partículas del fluido en línea recta. En este caso, podemos decir que el flujo es laminar. Matemáticamente, podemos estimar el tipo de flujo según el valor del Número de Reynolds. A valores menores de Reynolds, tendremos flujo laminar. Como punto de referencia, se tiene que para un valor de Número de Reynolds menor a 2000, podemos decir con certeza que estamos frente a un flujo laminar.

Para valores del Número de Reynolds que van entre 2000 y 3500, el fluido entra en una zona de transición en donde se puede apreciar la aparición de turbulencia, cambiando las condiciones hacia lo que sería el flujo turbulento, que generalmente, representa a la mayoría de los flujos con los que se trabaja en la industria.

Podemos resumir al flujo laminar en la siguiente lista:

Número de Reynolds menor a 2000.

Bajas velocidades de fluido.

Movimiento lineal de las partículas de fluido.

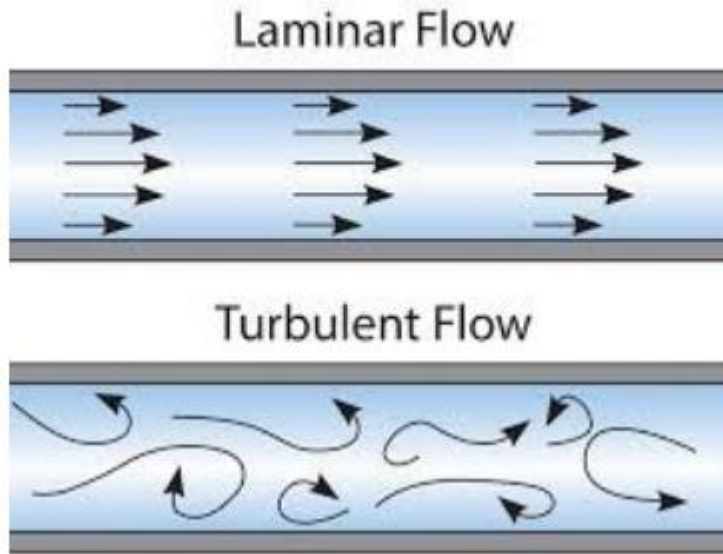
El fluido se mueve en capas unas sobre otras.

Casi no se presenta mezcla entre capas de fluido.

Perfil de velocidad parabólico en tuberías circulares.

La velocidad media del fluido es, aproximadamente, la mitad de la velocidad máxima que presenta el fluido dentro de la tubería.
Permite realizar análisis matemáticos simples.
El flujo laminar es muy raro en la práctica.

FLUJO LAMINAR O TURBULENTO



Régimen turbulento

Para régimen turbulento ($Re > 4000$) el factor de fricción se calcula en función del tipo de régimen.

Factor de fricción

El factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (f) es un parámetro adimensional que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción.

El cálculo del factor de fricción y la influencia de dos parámetros (número de Reynolds Re y rugosidad relativa ϵ_r) depende del régimen de flujo.

<u>Régimen</u>	<u>Coefficiente de fricción f</u>	<u>Dependencia</u>
Laminar	$f_{\text{laminar}} = \frac{64}{\text{Re}}$	$f_{\text{laminar}} = f(\text{Re})$
Turbulento liso	$f_{\text{turbulento liso}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{\text{Re}\sqrt{f}}\right)$	$f_{\text{turbulento liso}} = f(\text{Re})$
Turbulento intermedio	$f_{\text{turbulento intermedio}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \cdot \log\left(\frac{6,9}{\text{Re}} + \left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)^{1,11}\right)$	$f_{\text{turbulento intermedio}} = f(\text{Re}, \varepsilon_r)$
Turbulento rugoso	$f_{\text{turbulento rugoso}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)$	$f_{\text{turbulento rugoso}} = f(\varepsilon_r)$

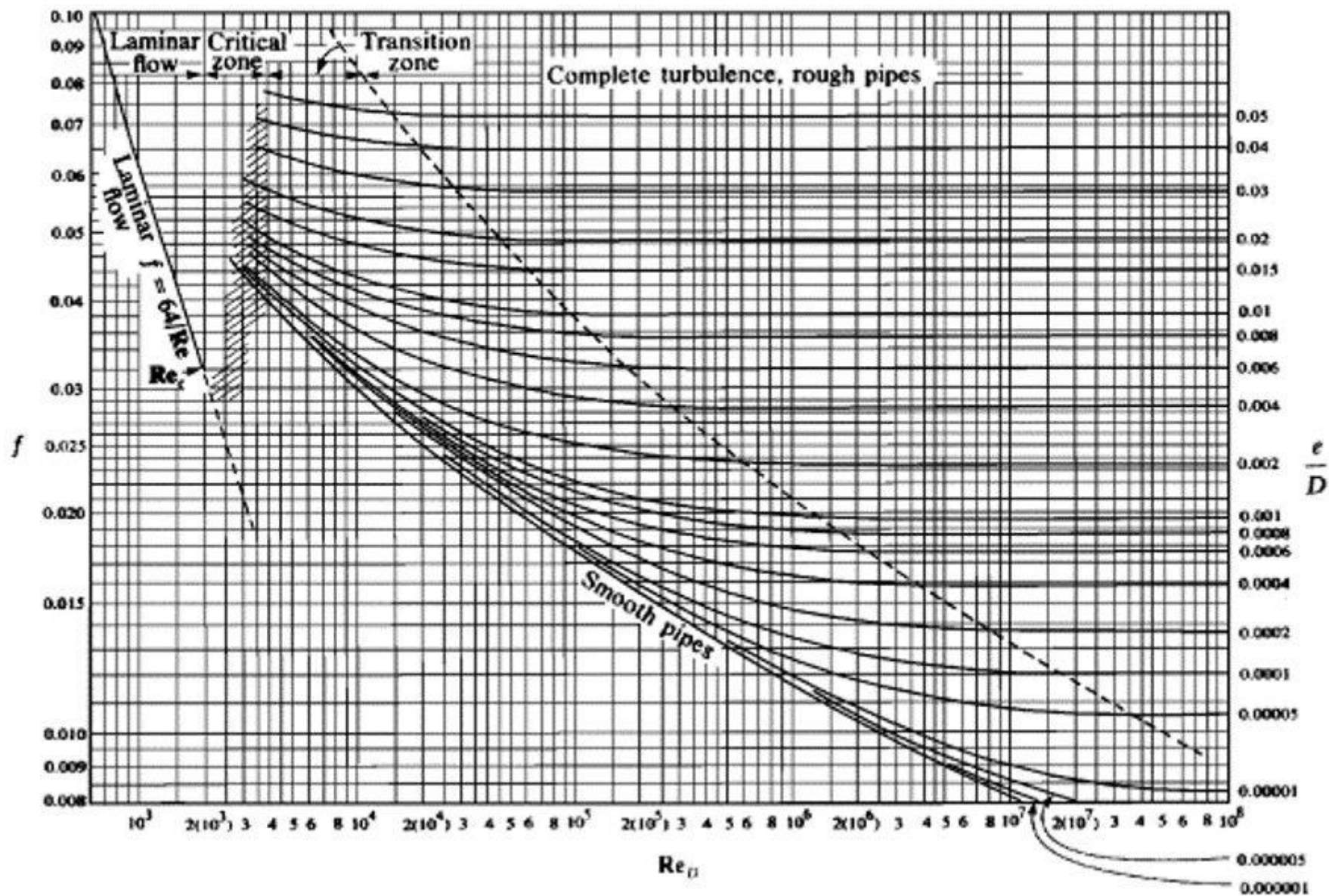
DIAGRAMA DE MOODY

Es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de una tubería. En la ecuación de Darcy-Weisbach aparece el término λ (f) que representa el factor de fricción de Darcy, conocido también como coeficiente de fricción. El cálculo de este coeficiente no es inmediato y no existe una única fórmula para calcularlo en todas las situaciones posibles.

Se pueden distinguir dos situaciones diferentes, el caso en que el flujo sea laminar y el caso en que el flujo sea turbulento. En el caso de flujo laminar se usa una de las expresiones de la ecuación de Poiseuille; en el caso de flujo turbulento se puede usar la ecuación de Colebrook-White.

Alternativamente a lo anterior, el coeficiente de fricción puede determinarse de forma gráfica mediante el Diagrama de Moody. Bien entrando con el número de Reynolds (régimen laminar) o bien con el número de Reynolds y la rugosidad relativa (régimen turbulento)

Diagrama de Moody



Una vez conocido el coeficiente de fricción se puede calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción mediante la ecuación de Darcy Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

donde:

h_f = pérdida de carga debida a la fricción.

f = factor de fricción de Darcy.

L = longitud de la tubería.

D = diámetro de la tubería.

v = velocidad media del fluido.

g = aceleración de la gravedad: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Perdida de carga en accesorios

Las pérdidas de carga por fricción en accesorio ocurren en tramos cortos, e hidráulicamente se consideran que ocurren en un punto y usualmente son conocidas como pérdidas de carga localizadas, locales o pérdidas menores. Para estas pérdidas de carga localizadas existen pocos resultados de validez, debido principalmente a que el carácter del flujo de los accesorios es bastante complicado y la forma para determinar el valor de las pérdidas es experimental.

La magnitud de la pérdida de carga local se expresa como una fracción de la carga de velocidad, inmediatamente aguas abajo del sitio donde se produjo la pérdida. La velocidad del flujo dentro del accesorio se estima en base al caudal y diámetro interno del accesorio.

$$h_i = K_i \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_i = es la pérdida local de carga hidráulica por accesorio (m)

K_i = es un factor que depende del accidente u obstrucción en el flujo (adimensional)

v : es la velocidad media en el tramo de tubería aguas abajo de la obstrucción (m/s)

g : es la aceleración de la gravedad (m/s^2).

Tabla de coeficientes k para distintos accesorios:

Pieza, conexión o dispositivo	K_c
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Diámetro de diseño óptimo de tuberías.

Si se pretende reducir el diámetro de la tubería estaremos obligados a incrementar la velocidad con el correspondiente incremento de pérdida de carga (caída de presión). Resumiendo, disminuir el diámetro de la tubería significa menos costo de la instalación y más pérdida de energía, más potencia instalada y mayores gastos operativos. Mientras que aumentar el diámetro de la tubería implica un mayor coste de la instalación y un menor coste operativo debido a una potencia instalada menor.

Ejercicios:

- 1) En una tubería de 1000 m de longitud y 45 cm de diámetro se transporta un fluido. Se ha determinado que el factor de fricción de la tubería es de 0,03 y que la velocidad media de flujo es de 2,5 m/s, si el valor de la gravedad se supone de 9,81 m/s² calcule la pérdida por fricción.

- 2) Calcular las pérdidas de carga en una tubería de fibrocemento de 400 m, de diámetro nominal 150mm (FC 150), por la que circula un caudal de 1 m³/h de agua a 20 °C.
- 3) Calcular las pérdidas de carga en una tubería de fibrocemento, de diámetro nominal 150mm (FC 150), por la que circula un caudal de 200 m³/h de agua a 20 °C.
Kfibrocemento = 0,025 mm