

## CONTENIDO

- I. OBJETIVOS.
- II. SÍNTESIS DE LA TEORÍA.
- III. EQUIPO Y ACCESORIOS UTILIZADOS.
- IV. DIAGRAMA DE FLUJO.
- V. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.
- VI. TABLA DE DATOS EXPERIMENTALES.
- VII. SECUENCIA DE CÁLCULOS.
- VIII. TABLA DE RESULTADOS.
- IX. DISCUSION.
- X. OBSERVACIONES
- XI. CONCLUSIONES.
- XII. BIBLIOGRAFÍA.



## I. OBJETIVOS.

- El alumno reforzara los conocimientos en el estudio del perfil de velocidades, reproduciendo el experimento de Osborne-Reynodls.
- El alumno observara los diferentes tipos de régimen laminar, de transición y turbulento.
- El alumno relacionara la velocidad y las propiedades físicas de un fluido.
- El alumno calculara el número de Reynolds y con él determinara que tipo de régimen se presenta en cada caso.

## II. SÍNTESIS DE LA TEORÍA.

### II.1 Número de Reynolds

El **número de Reynolds** es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido (Wikipedia, 2009).

Como todo número adimensional es un cociente, una comparación. En este caso es la relación entre los términos convectivos y los términos viscosos de las ecuaciones de Navier-Stokes que gobiernan el movimiento de los fluidos (Wikipedia, 2009).

Los diferentes regímenes de flujo y la asignación de valores numéricos de cada uno fueron reportados por primera vez por Osborne Reynolds en 1883. Este número recibe su nombre en su honor (UI).

Reynolds observó que el tipo de flujo adquirido por un líquido que fluye dentro de una tubería, depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería y de algunas propiedades físicas del fluido (UI).

Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y esta dado por siguiente fórmula:



MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNODLS



$$\text{Re} = \frac{D v \rho}{\mu} \quad (1.1)$$

Donde:

Re: Número de Reynolds. [=] Adimensional

$\rho$ : densidad del fluido. [=] Kg/m<sup>3</sup>

$v$ : velocidad media del fluido. Característica del fluido. [=] m/s

$D$ : Diámetro interno del conducto a través de la cual circula el fluido. [=] m

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido. [=] kg /m-s

La ecuación (1.1), señala que el carácter del flujo en un conducto redondo depende de 4 variables: la densidad del flujo  $\rho$ , la viscosidad del flujo  $\mu$ , el diámetro del conducto  $D$  y la velocidad promedio del flujo  $v$ . (UI).

Este es un número adimensional que caracteriza, en la dinámica de fluidos, la corriente del *fluido*. Se utiliza para estudiar su movimiento en el interior de una tubería, o alrededor de un obstáculo sólido (UI).

Es la relación entre la *fuerza de inercia* y la *fuerza de rozamiento* interna de un *líquido*. Se representa por **Re** (UI).

Muchos de los fluidos de interés en la ingeniería, entre los que se incluyen el aire y el agua, poseen un coeficiente de viscosidad cinemática tan pequeño, que el número de Reynolds, para la mayoría de los movimientos de estos fluidos, es mucho mayor que la unidad. El número de Reynolds mide la importancia relativa entre las fuerzas de inercia convectivas y las de viscosidad (Barrero y Pérez-Saborid, 2005).

Los flujos son especialmente importantes para los ingenieros. El flujo en un tubo circular es sin duda el flujo interno más común de fluidos, existe en las venas y arterias de un cuerpo, en el sistema de agua en una ciudad, en el sistema de riego de un agricultor, en los sistemas de tuberías que transportan fluidos en una fábrica, en las líneas hidráulicas de un avión y en el chorro de tinta de la impresora de una computadora (Potter y Wiggert, 1998).

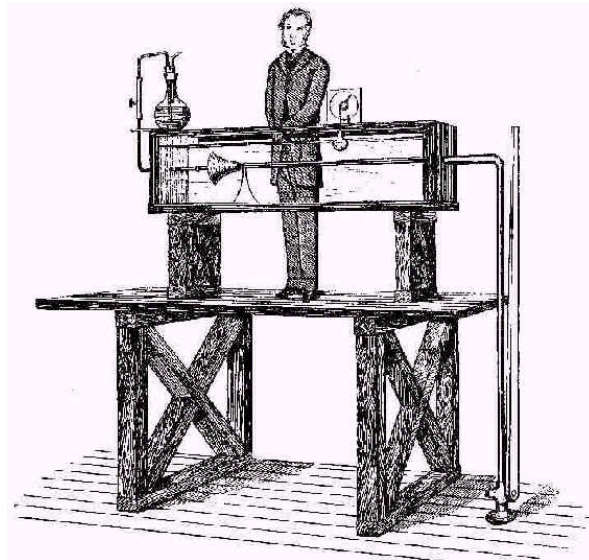
Los flujos que tienen un Número de Reynolds grande, típicamente debido a una alta velocidad o a una baja viscosidad, o ambas, tienden a ser turbulentos. Aquéllos fluidos que poseen una alta viscosidad y/o que se mueven a bajas velocidades tendrán un Número de Reynolds pequeño y como consecuencia tenderán a ser laminares (Cengel y Cimbala, 2006; Mott, 1996).



## II.2 Experimento del Número de Reynolds.

A mediados del siglo XIX, se fueron presentando avances fundamentales: El Físico Jean Poiseuille (1799-1869) había medido con exactitud el flujo en tubos capilares para múltiples fluidos, mientras que, en Alemania, Gothilf Hagen (1797-1884) había establecido la diferencia entre el flujo laminar y el turbulento en tubos. En Inglaterra, Lord Osborn Reynolds (1842-1912) continuó con este trabajo y desarrolló el número adimensional que lleva su nombre (Cengel y Cimbala, 2006).

En la Figura 1.1 se observa el experimento realizado por Osborne Reynolds en 1883.



**Figura 1.1. Experimento del número de Reynolds (fluidos.eia.edu.co., 2009).**

El experimento consiste en inyectar pequeñas cantidades de fluido coloreado en un líquido que circula por una tubería de cristal y Osborne Reynolds observó el comportamiento de los filamentos coloreados en diferentes zonas, después de los puntos de inyección.



### III.3. Características de cada uno de los Regímenes de Flujo de acuerdo al científico Osborne Reynolds.

Además el número de Reynolds permite predecir el carácter **turbulento** o **laminar** en ciertos casos. Así por ejemplo en conductos si el número de Reynolds es menor de 2100 el flujo será laminar y si es mayor de 4100 el flujo será turbulento. El mecanismo y muchas de las razones por las cuales un flujo es laminar o turbulento es todavía hoy objeto de especulación (Wikipedia, 2009).

- Para valores de  $Re \leq 2100$ , el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas o capas, que interactúan solo en base a esfuerzos tangenciales, por eso a este flujo se le llama **flujo laminar**. El colorante introducido en el flujo se mueve siguiendo una delgada línea paralela a las paredes del tubo como se muestra en la Figura 1.2 (Wikipedia, 2009).

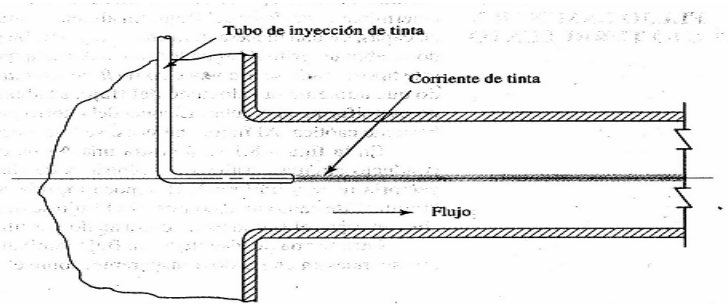
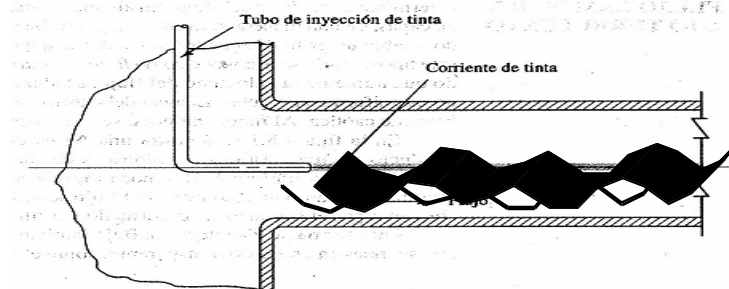


Figura 1.2. Corriente de tinta en un flujo laminar (Mott, 1996).

Para valores de  $2100 < Re < 4100$ , la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, es imposible de predecir que tipo de flujo existe, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de **Zona de Transición o Región Crítica**, como se muestra en la Figura 1.3 (Wikipedia, 2009).



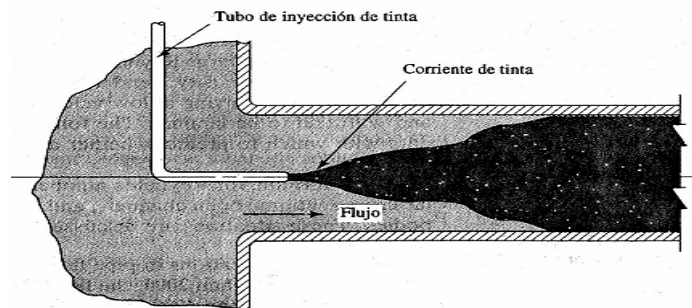
MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNOLDS



**Figura 1.3.** Corriente de tinta en un flujo de Transición (Mott,1996)..

Para valores de  $Re \geq 4100$ , después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forma corrientes cruzadas y remolinos, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado **flujo turbulento**

es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional, como se muestra en la Figura 1.4 (Wikipedia, 2009).



**Figura 1.4.** Corriente de tinta en un flujo turbulento (Mott,1996).

Este grupo adimensional es uno de los parámetros más utilizados en los diversos campos de la Ingeniería Química en los que se presentan fluidos en movimiento.

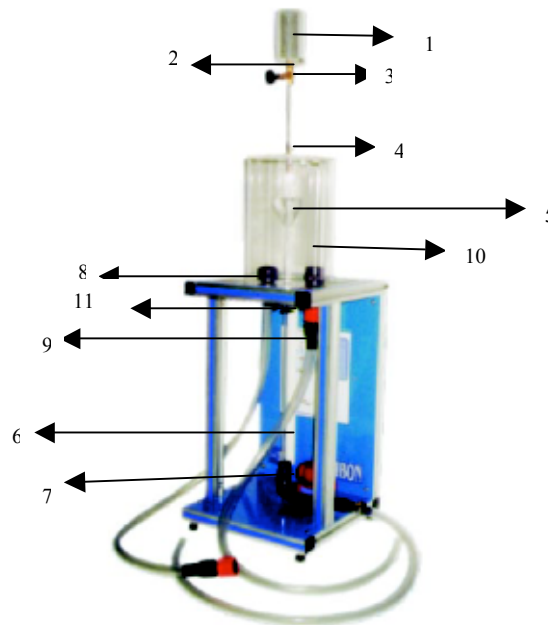
Si se tiene un flujo en régimen laminar, la velocidad del fluido es máxima en el eje de la tubería y disminuye rápidamente hasta anularse en la pared de la tubería. Pero, si es un flujo en régimen turbulento; a pesar de que existe un movimiento turbulento a través de la mayor parte del diámetro de la tubería, siempre hay una pequeña capa de fluido en la pared de la tubería, conocida como la **“capa periférica”** o **“subcapa laminar”**, que se mueve en régimen laminar (Wikipedia, 2009).



### III.- EQUIPO Y ACCESORIOS UTILIZADOS.

#### III.1 DESCRIPCIÓN

El módulo funciona en modo vertical, consiste en un depósito cilíndrico dotado por una tobera acoplada a un tubo de cristal, que permite la visualización del fluido. Como se muestra en la Figura 1.5.



**Figura 1.5.** Esquema del Aparato del número de Reynolds.

(1. Deposito de tinta, 2. Válvula de inyección de tinta, 3. Tornillo de ajuste, 4. Inyector, 5. Tobera, 6. Tubo visualizador de caudal, 7. Válvula de control de caudal, 8. Tubo de entrada, 9. Conector de salida, 10. Rebosadero, 11. Válvula de drene). (Manual del aparato,) (M. EDIBON).



La visualización del régimen laminar, transición o turbulento se puede regular mediante una válvula de control del flujo (M. EDIBON).

La velocidad del agua puede ser determinada entonces para permitir el cálculo del número de Reynolds (M. EDIBON).

El equipo utiliza una técnica de inyección de tinte, con el fin de permitir la observación de las condiciones de flujo (M. EDIBON).

### III.2. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE NÚMERO DE REYNOLDS.

- Diámetro interior del tubo: 10 mm.
- Diámetro exterior del tubo: 13 mm.
- Longitud de la tubería de visualización: 700 mm.
- Capacidad del depósito de colorante: 0.3 litros.
- Capacidad del depósito de ensayo: 10 litros.
- Válvula de control de flujo: tipo membrana.
- La inyección de colorante se regula con una válvula de aguja.
- Sistema de conexión rápida incorporado.
- Estructura de aluminio anodizado.
- DIMENSIONES Y PESO
- Dimensiones: 1250x450x450 mm. Aprox.
- Peso: 20 kg. aprox.

### III.3 SERVICIOS REQUERIDOS.

Colorante azul de metileno.  
Cronómetro.  
Probeta de 1 L

---





MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNOLDS



IV.- ESQUEMA DE FLUJO EN EL APARATO DE REYNOLDS.

Si se inyecta una corriente de algún líquido colorido en una tubería transparente que contiene otro fluido incoloro, se pueden observar los diversos comportamientos del líquido conforme varía la velocidad. Cuando el fluido se encuentra dentro del régimen laminar, el colorante aparece como una línea perfectamente definida, cuando se encuentra dentro de la zona de transición (velocidades medias), el colorante se va dispersando a lo largo de la tubería y cuando se encuentra en el régimen turbulento (velocidades altas) el colorante se difunde a través de toda la corriente (Figura 1.7), (ITTIQ).

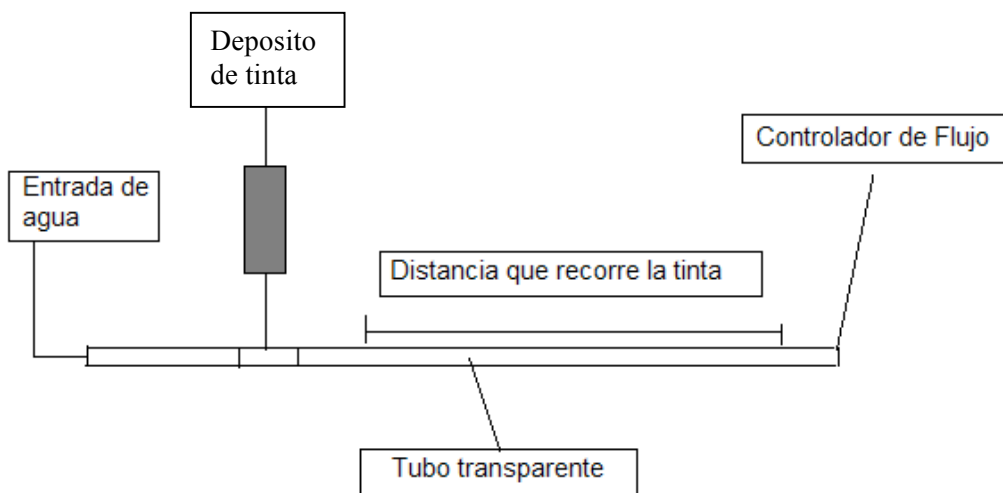


Figura 1.7. Esquema parcial del aparato de Reynolds. (ITTIQ).



MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNOLDS



## V. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.

1. Verificar que todas las válvulas estén cerradas.
  2. Alimentar el Depósito de tinta con azul de metileno.
  3. Coloque un recipiente en la salida de la toma de la muestra.
  4. Alimentar agua al Aparato del número de Reynolds, abriendo la válvula de alimentación al sistema (VC1).
  5. Espere que el Aparato del número de Reynolds este lleno y que empiece a descargar el rebosadero, (evitar que se formen remolino, esto causaría tener una mezcla de fluidos agua-aire).
  6. Abra las válvulas (VC3 y VC7), para descargar el gasto volumétrico hacia la recirculación del sistema.
  7. Abra la válvula de control del caudal del aparato de Reynolds (VC2), lentamente aproximadamente a un **cuarto** de vuelta de la válvula para controlar el gasto volumétrico y obtenga un flujo laminar.
  8. Ya que se encuentre a régimen permanente, cierre la válvula de descarga (VC3) y la válvula de recirculación del sistema (VC7), y abra la válvula del drenaje (VC8). y la válvula de muestreo (VC4).
  9. Adicionar gota a gota el colorante azul de metileno, abriendo la válvula del depósito de tinta (VC5) para comprobar que se trata de un flujo laminar.
  10. Determinar el gasto volumétrico por medio de una probeta de un litro y tome su tiempo de llenado, (se recomienda áselo por triplicado y sacar un promedio).
  11. Una vez observado el flujo, cerrar la válvula de depósito de la tinta (VC5), y la válvula de muestreo (VC4).
  12. Abra la válvula de descarga (VC3) esperar que salga toda el agua pintada.
  13. Cerrar la válvula del drenaje (VC8) y abra la válvula de recirculación del sistema (VC7).
  14. Abrir más la válvula de control del caudal del aparato de Reynolds (VC2), lentamente aproximadamente a la **mitad** de vuelta de la válvula para controlar el gasto volumétrico y obtenga un régimen de transición.
  15. Repetir los pasos 8 hasta el 13.
-





MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNODLS



VII. SECUENCIA DE CÁLCULOS.

a) Cálculo del gasto másico del agua en la operación.

$$G_m = G_v \rho \quad (1.2)$$

$$G_v = \frac{V}{\theta} \quad (1.3)$$

Donde:

$G_v$	= Gasto volumétrico del fluido	[=] l/min
$\theta$	= tiempo	[=] min.
$G_m$	= Gasto másico del fluido	[=] kg/h
$\rho$	= Densidad del fluido	[=] kg/l
$V$	= volumen	[=] l

b) Cálculo de la velocidad de flujo del fluido dentro de la tubería.

$$v = \frac{G_v}{A} \quad (1.4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1.5)$$

Donde:

$v$	= Velocidad del fluido dentro de la tubería	[=] m/h
$G_v$	= Gasto volumétrico del fluido dentro de la tubería	[=] l/h
$A$	= Sección transversal interna de la tubería	[=] m <sup>2</sup>
$D$	= Diámetro interior de la tubería	[=] m



MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNODLS



c) Cálculo del número de Reynolds.

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} \quad (1.6)$$

Donde:

Re =	Número de Reynolds	[=] adimensional
D =	Diámetro interior de la tubería	[=] m
v =	Velocidad de flujo del fluido	[=] m/h
$\rho$ =	Densidad del fluido	[=] kg/l
$\mu = 1.002 \times 10^{-3}$	Viscosidad del fluido (agua)	[=] kg/m-s

VIII. TABLA DE RESULTADOS.

En la Tabla 1.2, se muestran los resultados obtenidos, después de realizar los cálculos de esta práctica.

Tabla 1.2. Resultados

$G_v$ (l/h)	$G_m$ (kg/h)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	No. de Reynolds	Tipo de Flujo



MANUAL DE LABORATORIO DE FENOMENOS DE TRANSPORTE  
PRÁCTICA.  
NÚMERO DE REYNODLS



- IX. DISCUSION.
- X. OBSERVACIONES
- XI. CONCLUSIONES.
- XII.- BIBLIOGRAFÍA.

**BARRERO, R. A.; PÉREZ-SABORID, SÁNCHEZ-PASTOR, M. 2005. Fundamentos y Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill/Interamericana España. Madrid, 565 p.**

**CENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. 1996. Mecánica de Fluidos “Fundamentos y Aplicaciones”. McGraw-Hill/Interamericana Editores. México, 956p.**

**MOTT, R. L. 1996. Mecánica de Fluidos Aplicada. Prentice Hall Hispanoamericana. México, 580p.**

**POTTER, M. C.; WIGGERT, D. C. HONDZO, M.1998. Mecánica de Fluidos. Prentice Hall Hispanoamericana. Segunda Edición. México, 752p.**

PRÁCTICA # 7. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, Universidad Iberoamericana Laboratorio de Operaciones Unitarias, México D.F., 12 de marzo de 2008. (UI), Fuente: [Wikipedia, Flometrics](#)

PRÁCTICA #4. EXPERIMENTO DE REYNOLDS, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA INGENIERÍA QUÍMICA, METEPEC, MÉXICO, AGOSTO DE 2003, ING. TOMAS ISABEL PICHARDO ESQUIVEL, (ITTIQ). Obtenido de "[http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero\\_de\\_Reynolds](http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Reynolds)"

MANUAL: EDIBON, S.A DE C.V. EQUIPAMIENTO INTEGRAL DIDÁCTICO, C/ San José 11-13, 28921 ALCORCON (Madrid) ESPAÑA, E-mail: [edibon@edibon.com](mailto:edibon@edibon.com)

Obtenida en la INTERNET

[http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero\\_de\\_Reynolds](http://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Reynolds), (18 de agosto, 2009).

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/conceptosbasicosmfluidos/reynolds/numero.html>, (20 de Agosto, 2009).

