UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

CURSO: MECÁNICA DE FLUIDOS II

UNIDAD III

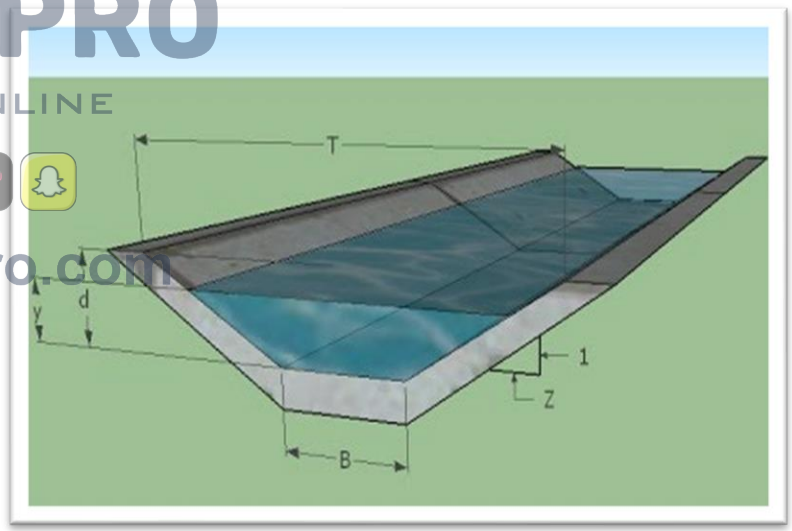
Flujo en canales abiertos

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

SEMANA 10

TEMAS :

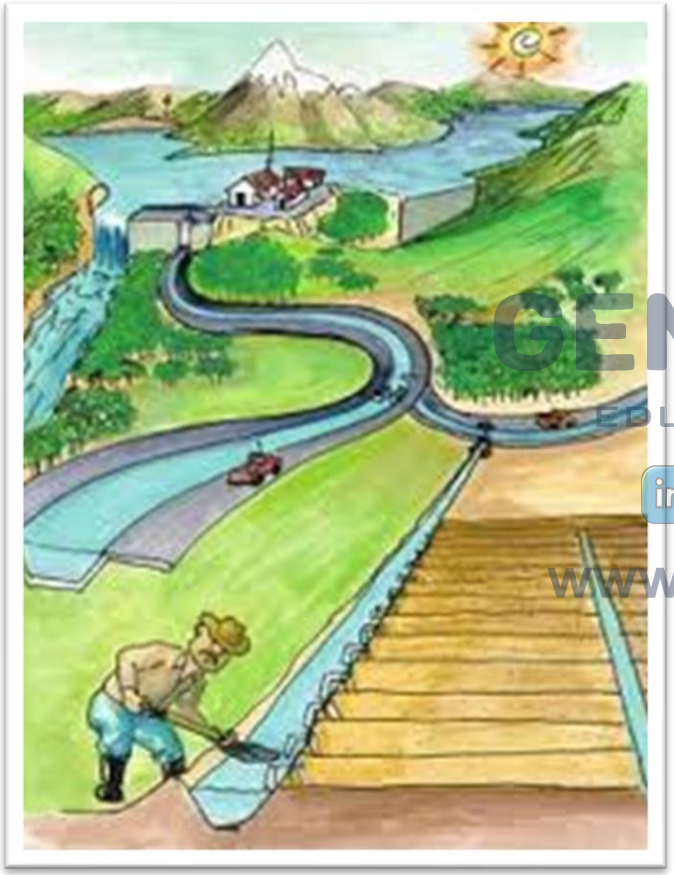
- Tipos de canales.
- Tipos de flujo en canales abiertos.



Docente: Ing. David Requena Machuca

Introducción

Las obras hidráulicas se han convertido en parte fundamental de la evolución del ser humano desde la Antigua Civilización Romana y griega, utilizando estructuras hidráulicas para el suministro y aprovechamiento del recurso hídrico.



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

10.- Flujo en Canales Abiertos

Un canal es un conducto en el que el agua fluye con una superficie libre.

Cuando **los líquidos fluyen por gravedad**, estando parcialmente envueltos por un **contorno sólido**; el líquido tiene superficie libre sobre el no actúa otra **presión más que la atmosférica** y la de su **propio peso**.

Este principalmente tiene lugar en la **naturaleza**: **ríos, arroyos**, entre otros con **cauces irregulares**; además de los **creados por el humano** como canales teniendo secciones rectangulares rectos, triangulares o trapezoidales o bien en conductos cerrados rectangulares cuando el flujo no es conducto lleno.

GENIOSPRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Diferencia entre canal (sistema a gravedad) y tubería (sistema a presión):

La diferencia entre un canal y una tubería no está en la forma de la sección transversal, sino en el comportamiento hidráulico del fluido transportado.

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

10.1.- Clasificación de los canales.

De acuerdo con su origen los canales se clasifican en:

a) Canales naturales:

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera **natural** en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, arroyos,

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

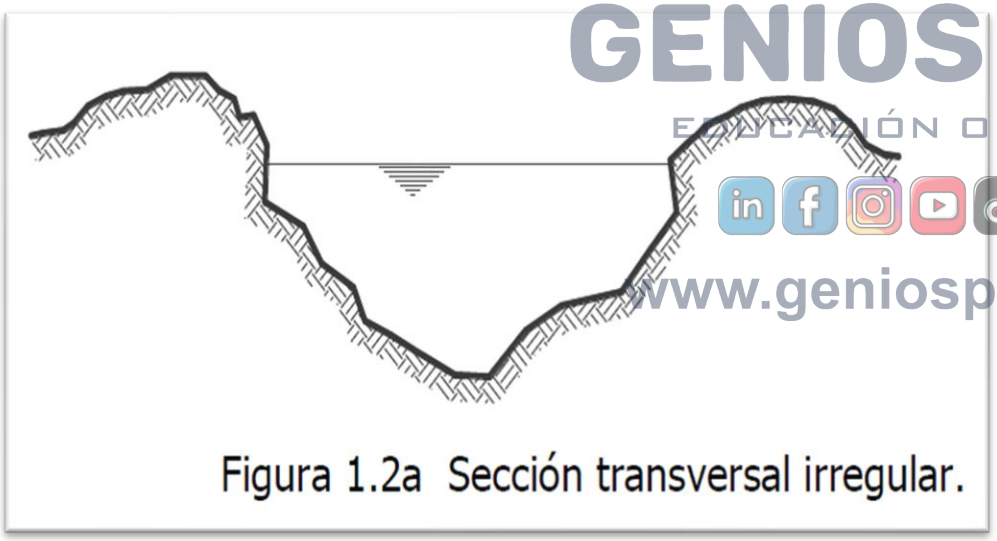
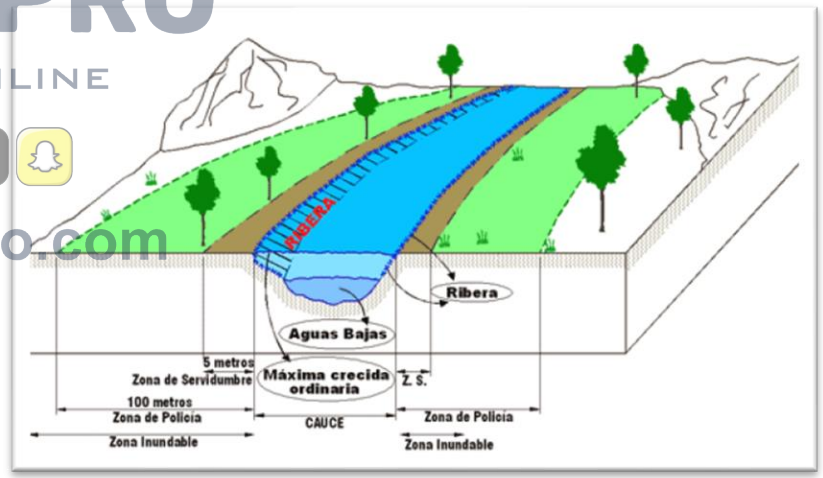


Figura 1.2a Sección transversal irregular.



b) Canales artificiales:

Los canales artificiales son todos aquellos **construidos o desarrollados** mediante el esfuerzo de la **mano del hombre**, tales como:

- Canales de navegación
- Canales de centrales hidroeléctricas
- Canales de irrigación
- Cunetas de drenaje
- Canales de desborde
- Canaletas de madera
- Cunetas a lo largo de carreteras
- Canales de modelos construidos en laboratorios con propósitos experimentales.

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

un canal construido con una **sección transversal invariable** y una **pendiente de fondo constante** se conoce como **canal prismático**.

CANALES NATURALES

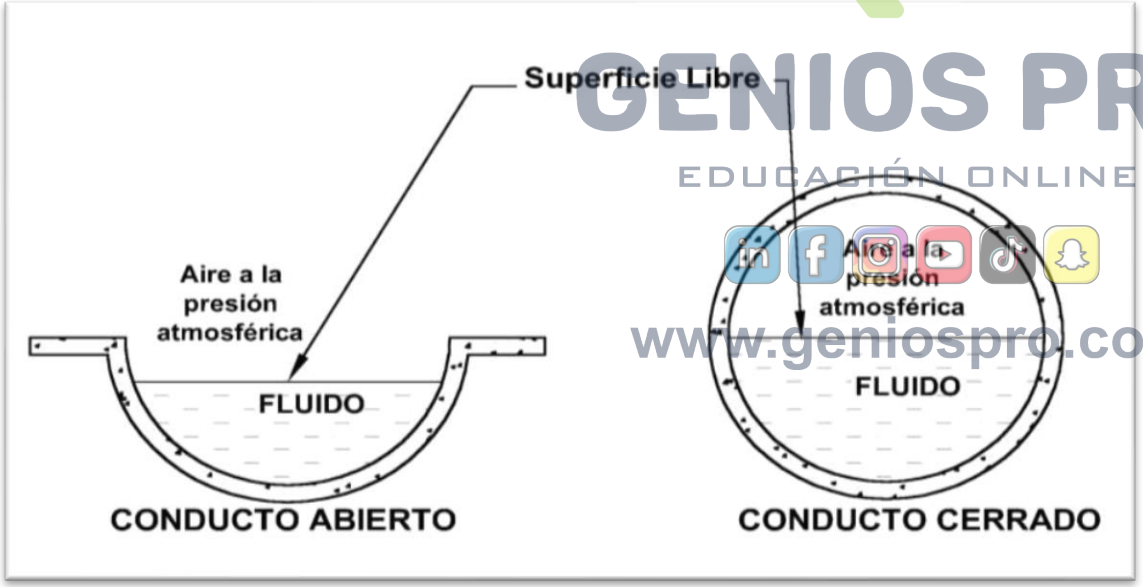
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

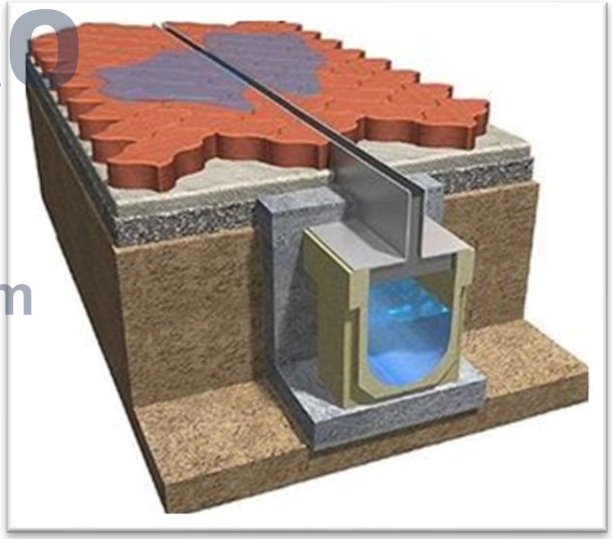
CANALES ARTIFICIALES

7

10.2.- Los canales son conductos abiertos o cerrados

Los canales son conductos **abiertos** o **cerrados** en los cuales el **agua circula** debido a la **acción de la gravedad** y sin ninguna presión, pues la **superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera**; esto quiere decir que el **agua fluye** impulsada por **la presión atmosférica y de su propio peso (RODRÍGUEZ, 2008).**

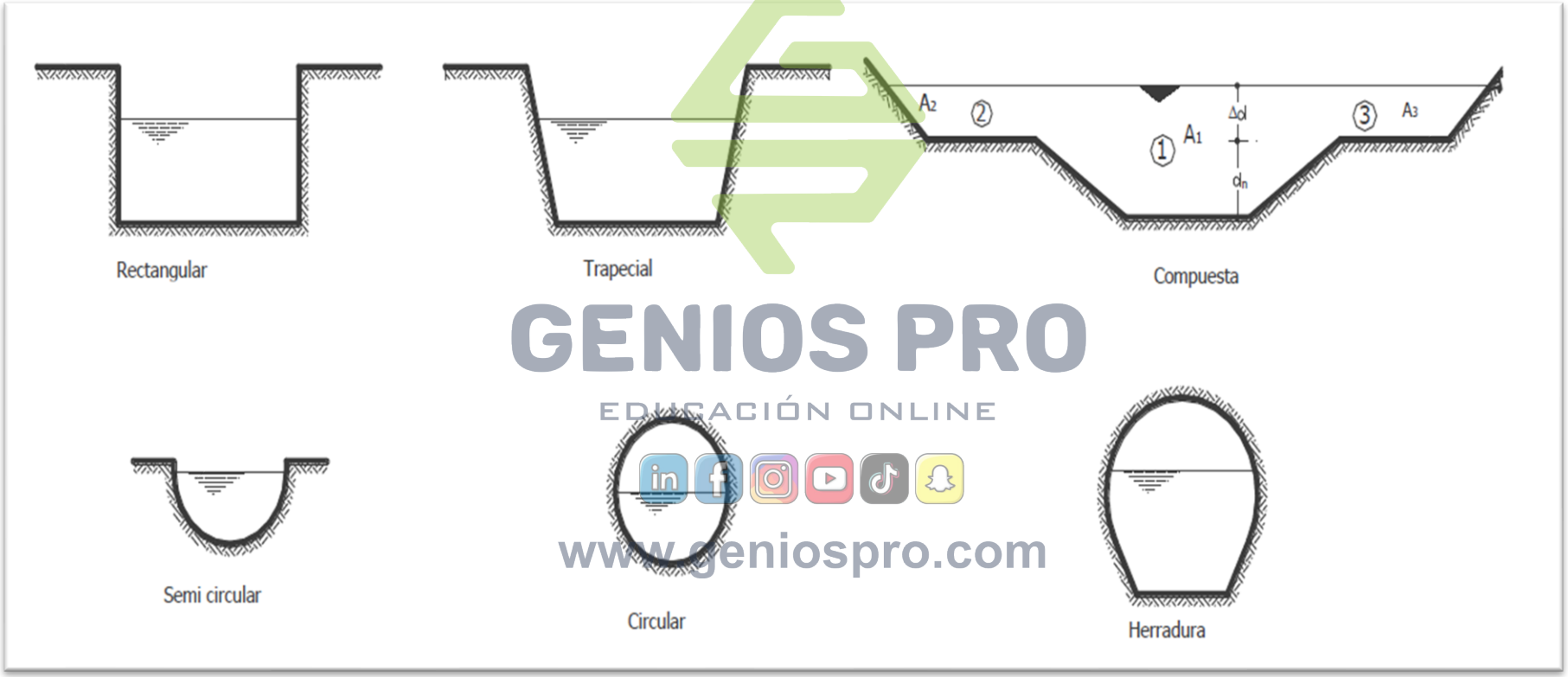




GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

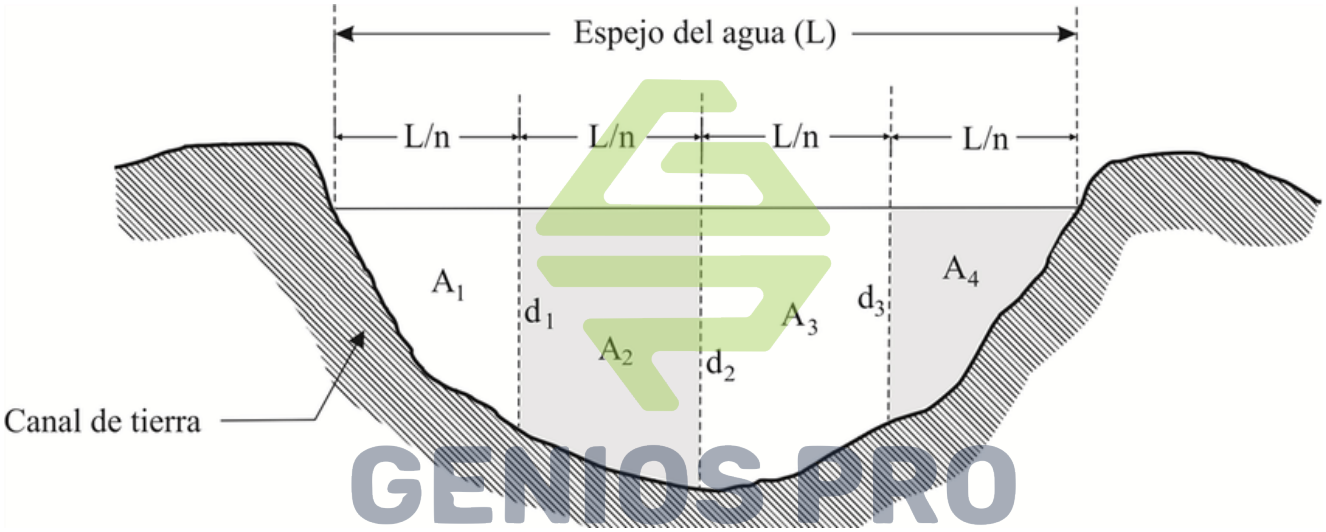
10.3.- Tipos de los canales.

a) Secciones regulares:



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

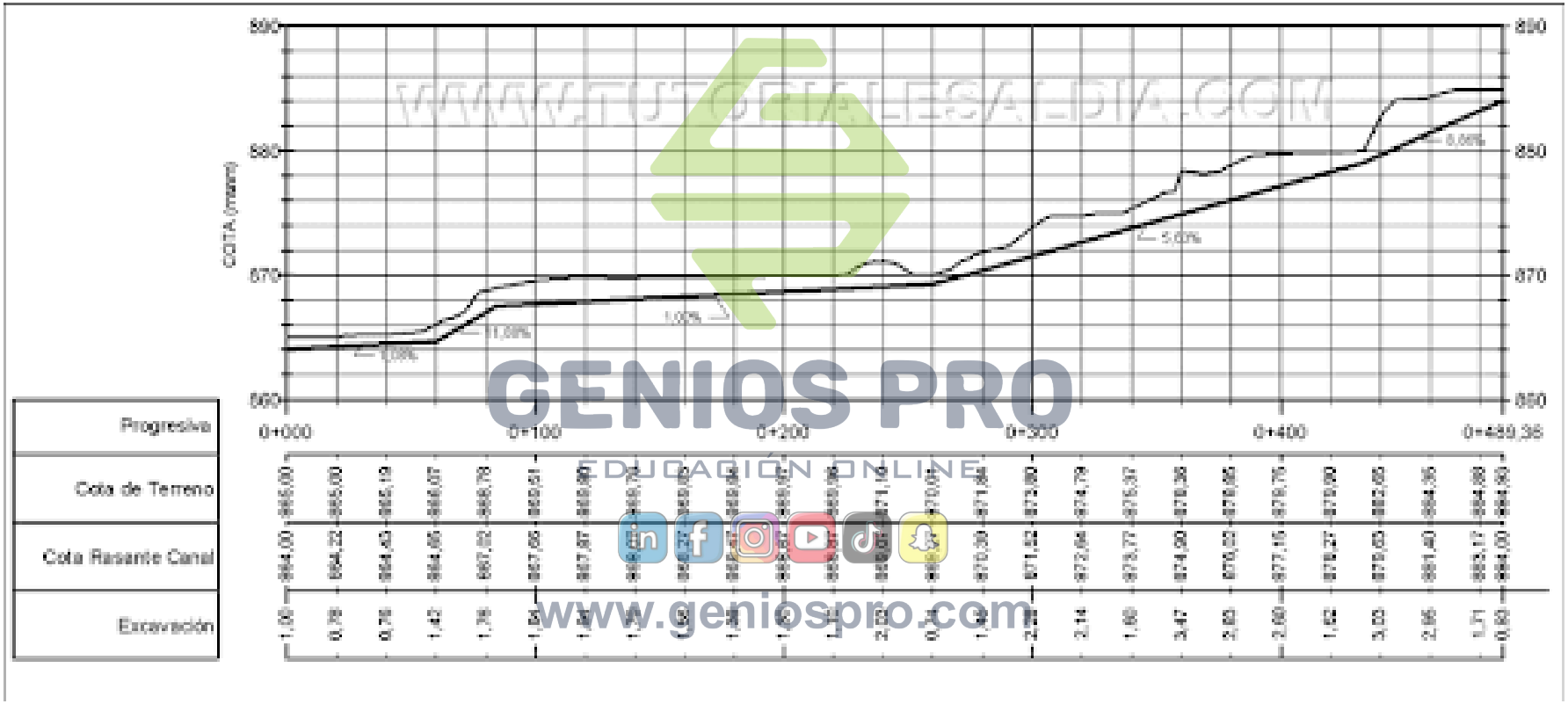
b) Secciones Iregulares:



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Canal natural irregular

PERFIL DE UN CANAL:

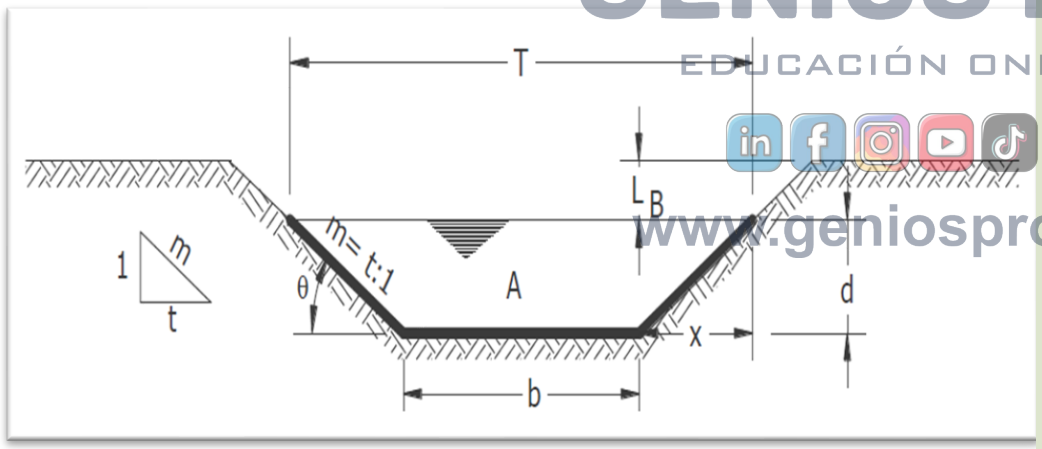


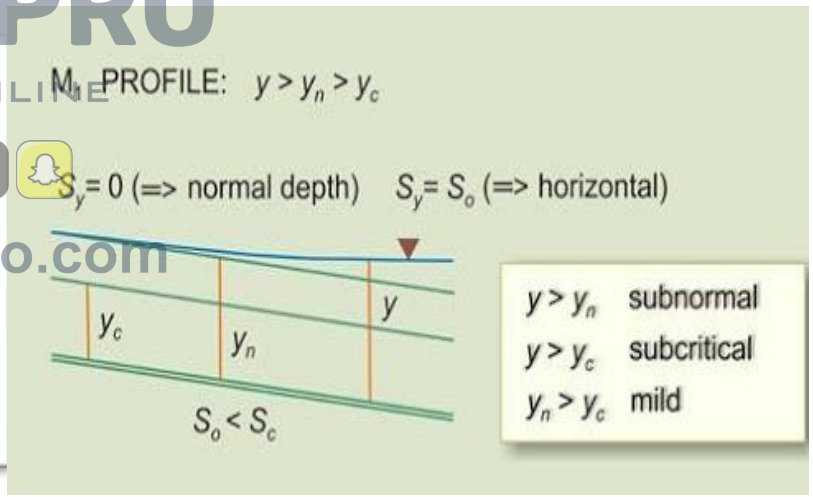
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

10.4.- Elementos geométricos de los canales:

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección (RODRÍGUEZ, 2008).

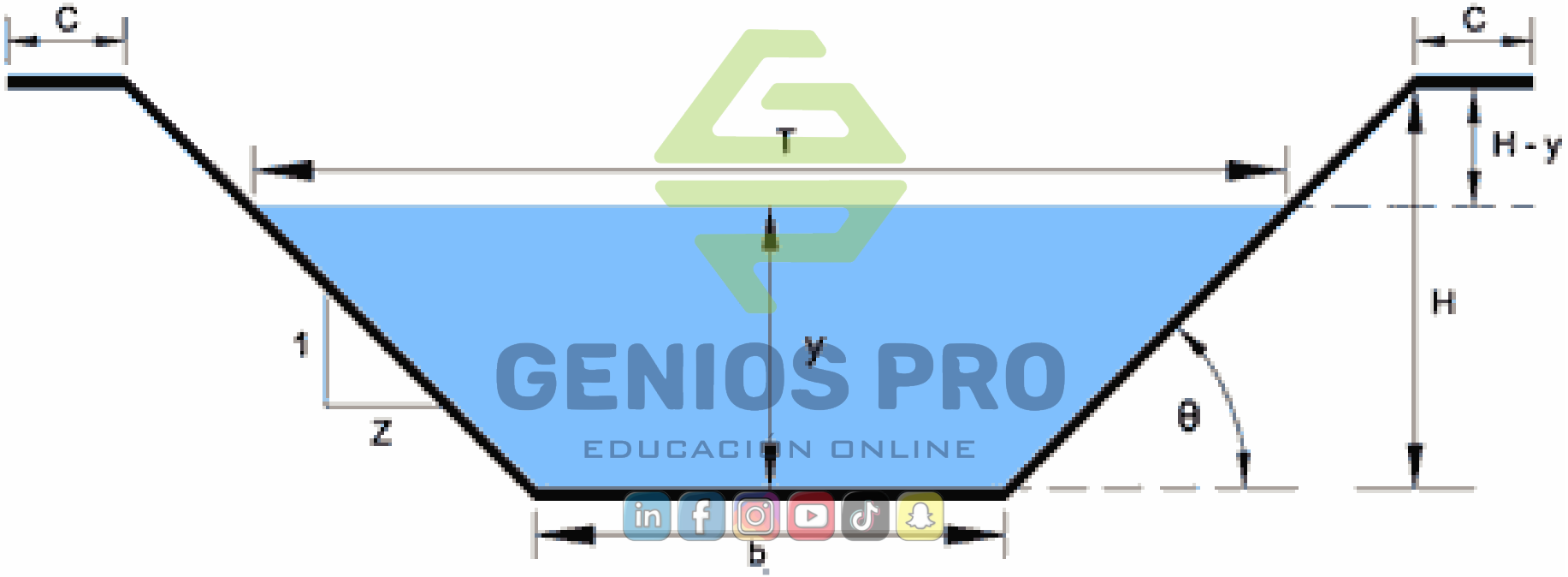
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com





- **Tirante de agua o profundidad de flujo “d o y”:** Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre.
- **Ancho superficial o espejo de agua “T”:** Es el ancho de la superficie libre del agua, en m.
- **Talud “m o Z”:** Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal).
- **Coeficiente de rugosidad (n):** depende del tipo de material en que se aloje el canal
- **Pendiente (s):** es la pendiente longitudinal de la rasante del canal.
- **Perímetro mojado (P):** es la longitud de la línea de contorno del área mojada entre el agua y las paredes del canal
- **Área hidráulica (A):** es la superficie ocupada por el agua en una sección transversal normal cualquiera
- **Radio hidráulico (Rh) :** es el cociente del área hidráulica y el perímetro mojado.

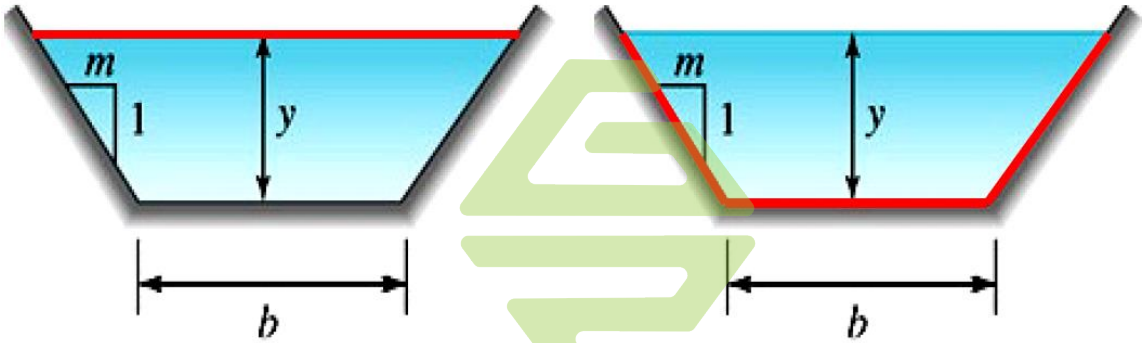
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Figura: Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.

- Ancho superficial (**T**):
- Perímetro mojado ($\mathbf{P_m}$):



❖ **Radio hidráulico (Rh):** es el cociente del área hidráulica y el perímetro mojado.

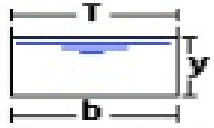
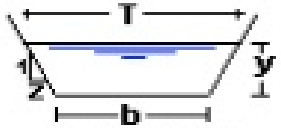
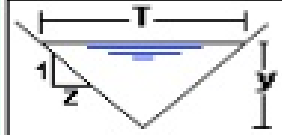
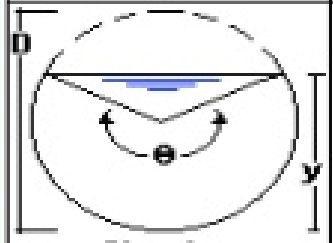
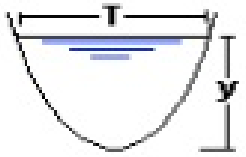
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

- Radio Hidráulico (R_h):

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

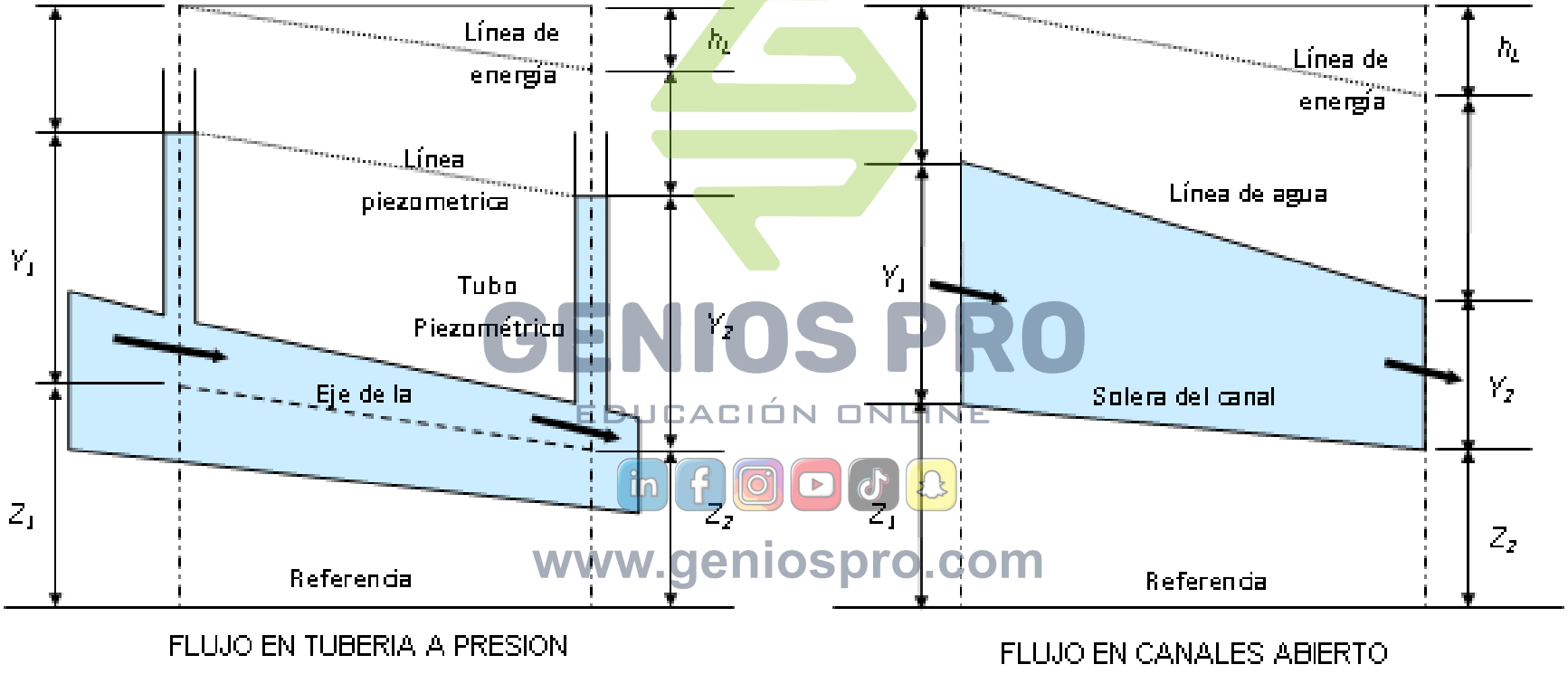
El eso del radio hidráulico.

El radio se emplea en el calculo de perdida de carga según la formula de Manning

Tipo de sección	Área A (m2)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\operatorname{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\operatorname{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\operatorname{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3\ Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

10.5.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL FLUJO A SUPERFICIE LIBRE.



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Figura: comparación entre flujo en tubería y flujo en canales abiertos.

10.6.- CLASIFICACIÓN DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS.

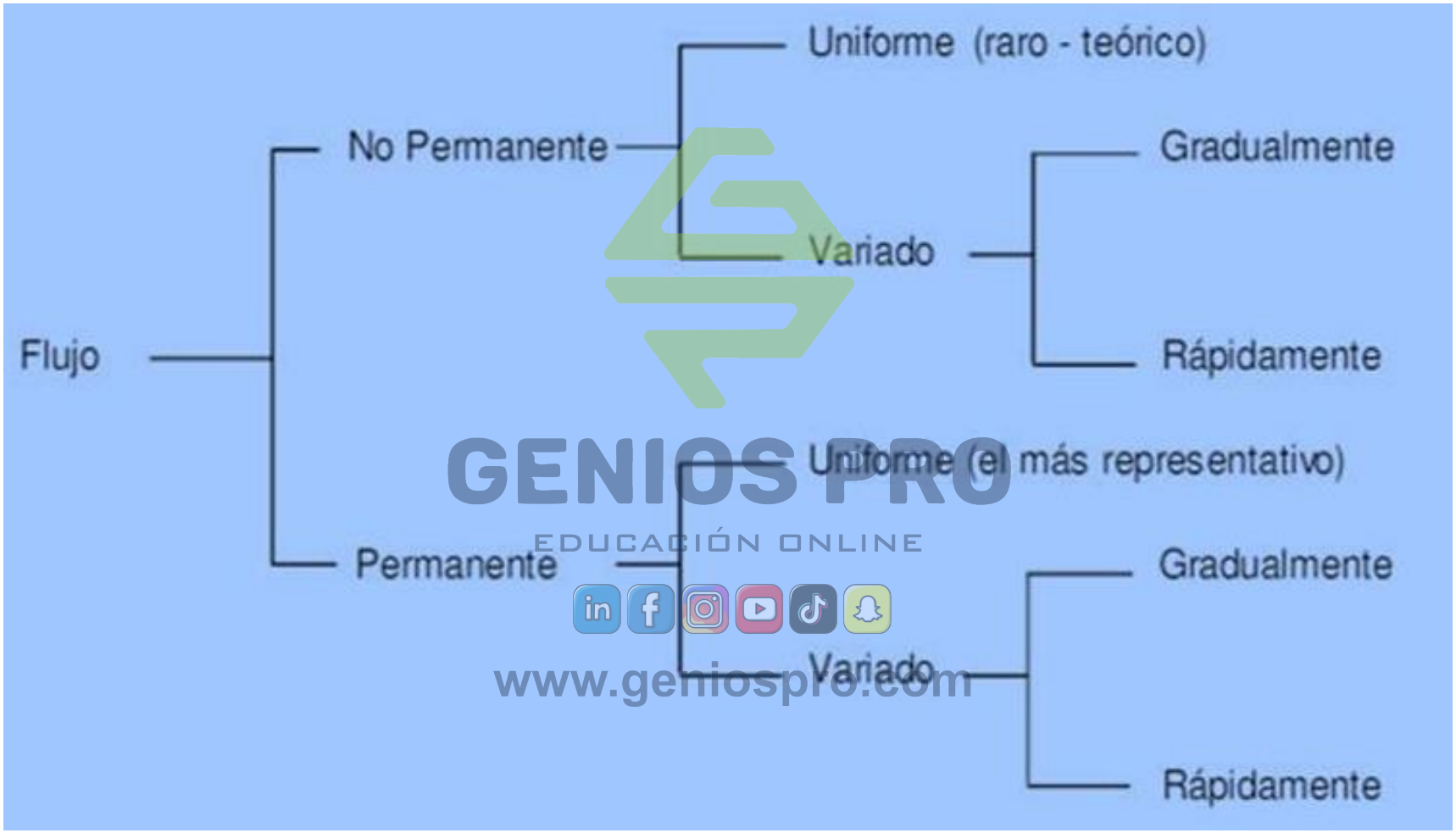
El **flujo en canales** abiertos puede clasificarse en muchos tipos y **describirse de varias maneras**. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con **el cambio de los parámetros** profundidad, velocidad, área etc. del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

La clasificación del flujo en canales abiertos se resume de la siguiente manera:

A. Flujo permanente
   1. Flujo uniforme
   2. Flujo variado
      a. Flujo gradualmente variado
      b. Flujo rápidamente variado

B. Flujo no permanente
   1. Flujo uniforme no permanente (raro)
   2. Flujo variado no permanente
      a. Flujo gradualmente variado no permanente
      b. Flujo rápidamente variado no permanente

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

A) Flujo permanente.

El flujo es permanente si **los parámetros** (tirante, velocidad, área, etc.), **no cambian con respecto al tiempo**, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos **los elementos** del flujo **permanecen constantes**. Matemáticamente se pueden representar:

$$\frac{dA}{dt} = 0; \qquad \frac{dV}{dt} = 0; \qquad \frac{dd}{dt} = 0;$$

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

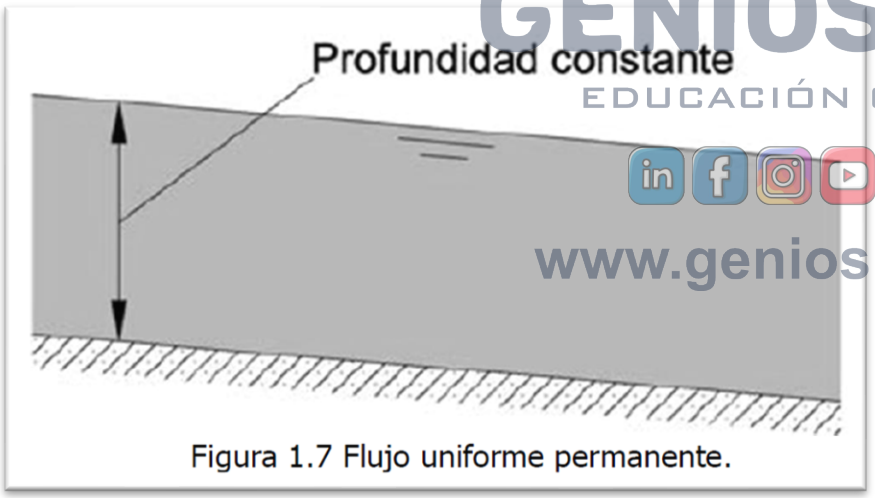
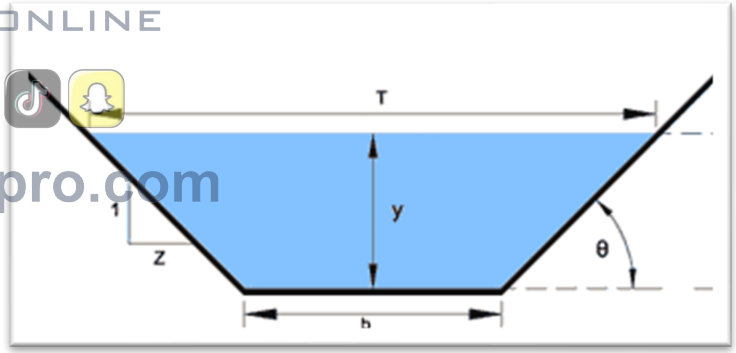


Figura 1.7 Flujo uniforme permanente.



B) Flujo no permanente.

Si **los parámetros cambian** con **respecto al tiempo** el flujo se llama no permanente, es decir:

$$\frac{dd}{dt} \neq o\ ; \qquad \frac{dv}{dt} \neq 0\ ; \qquad \frac{da}{dt} \neq 0\ ; \qquad \text{etc.}$$

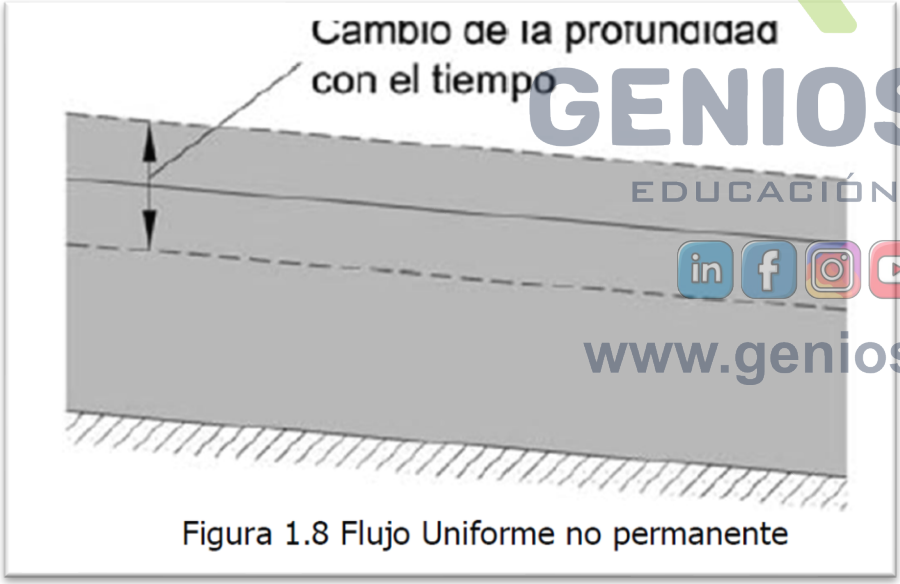


Figura 1.8 Flujo Uniforme no permanente

La superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal, Flujo uniforme no permanente es poco frecuente (raro).

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

1) Flujo Uniforme:

El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes.

$$\frac{dd}{dl} = 0; \qquad \frac{dv}{dl} = o; \qquad \frac{dA}{dl} = 0; \qquad \text{etc.}$$

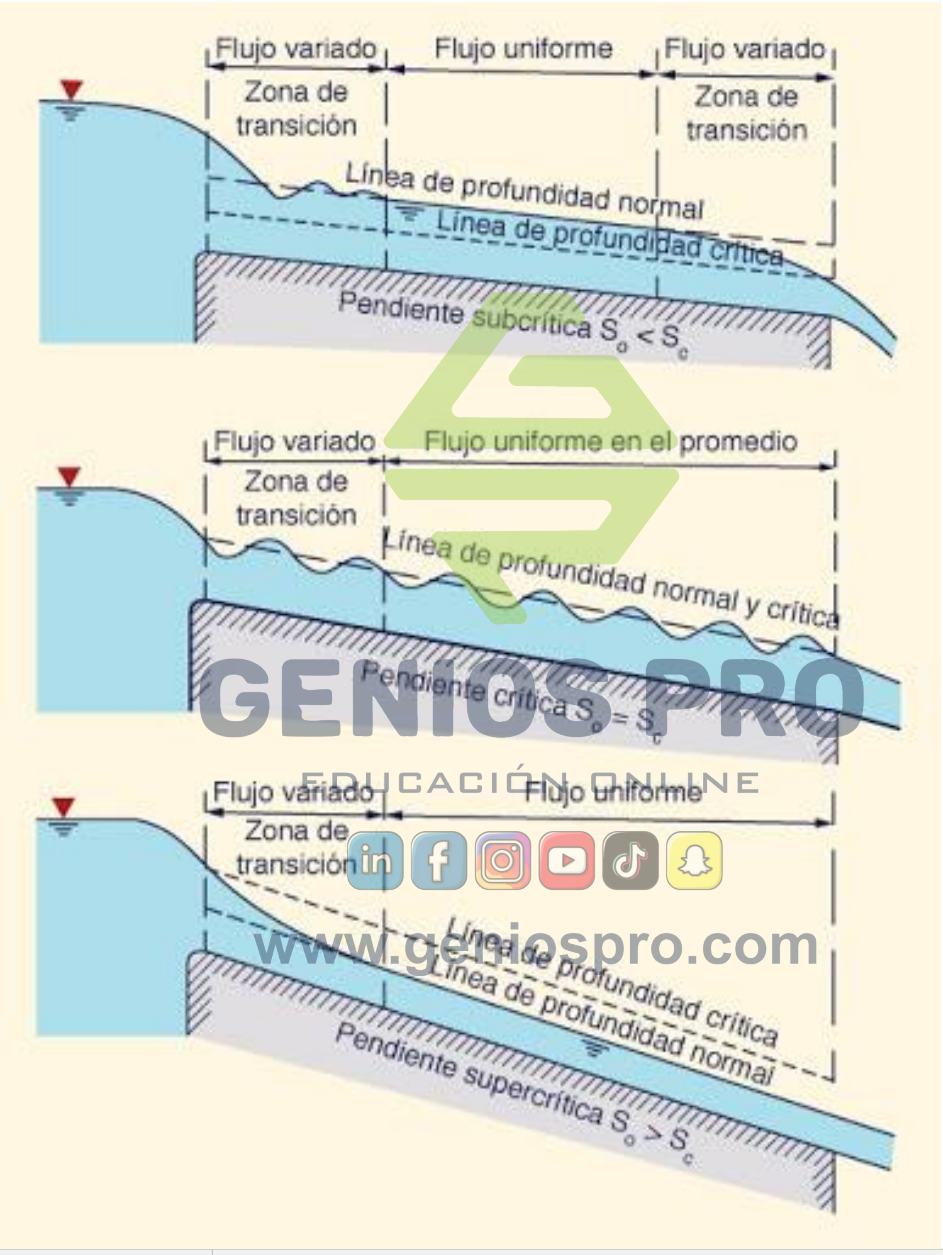
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

2) Flujo Variado

Si los parámetros varían de una sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado, es decir:

$$\frac{dd}{dl} \neq 0; \qquad \frac{dv}{dl} \neq o; \qquad \frac{dA}{dl} \neq 0; \qquad \text{etc.}$$

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

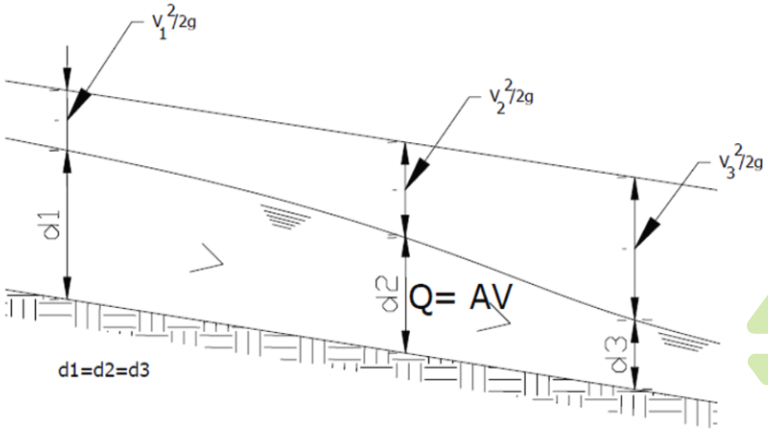


Fig. 1.12 FLUJO GRADUALMENTE ACELERADO

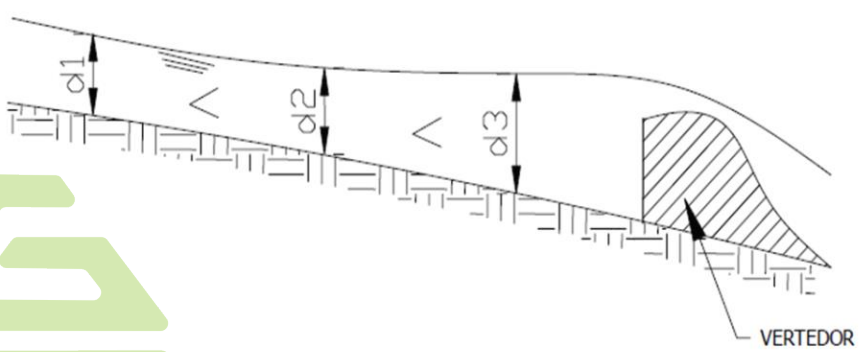


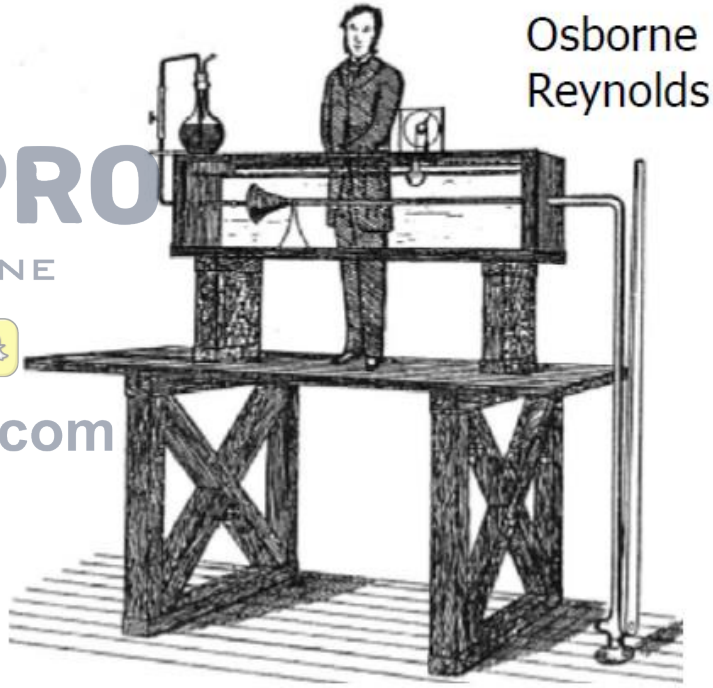
Fig. 1.13 FLUJO GRADUALMENTE RETARDADO

GENIOS PRO
TUTORIALES DE INGENIERÍA
www.geniospro.com

Criterio viscosidad

Laminar → $Re < 2000$

Turbulento → $Re > 4000$


Osborne Reynolds

Re= Número de Reynolds

$$Re = \frac{U\,D}{\nu}$$

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Fuente: Nakayama, 1999.

Según el número de Froude

$$F = \frac{U}{\sqrt{gD_h}}$$

Número de Froude

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

Subcrítico $F < 1$

Crítico $F = 1$

Supercrítico $F > 1$

Número de Froude en canales abiertos

El número de Froude en canales abiertos nos informa del estado del flujo hidráulico. El número de Froude en un canal se define como:

$$F_R = \frac{v}{\sqrt{gD_H}}$$

Siendo:

- v: velocidad media de la sección del canal [m/s]
- DH: profundidad hidráulica (A/T) [m], siendo A el área de la sección transversal del flujo y T el ancho de la lámina libre
- g: aceleración de la gravedad [m/s²]

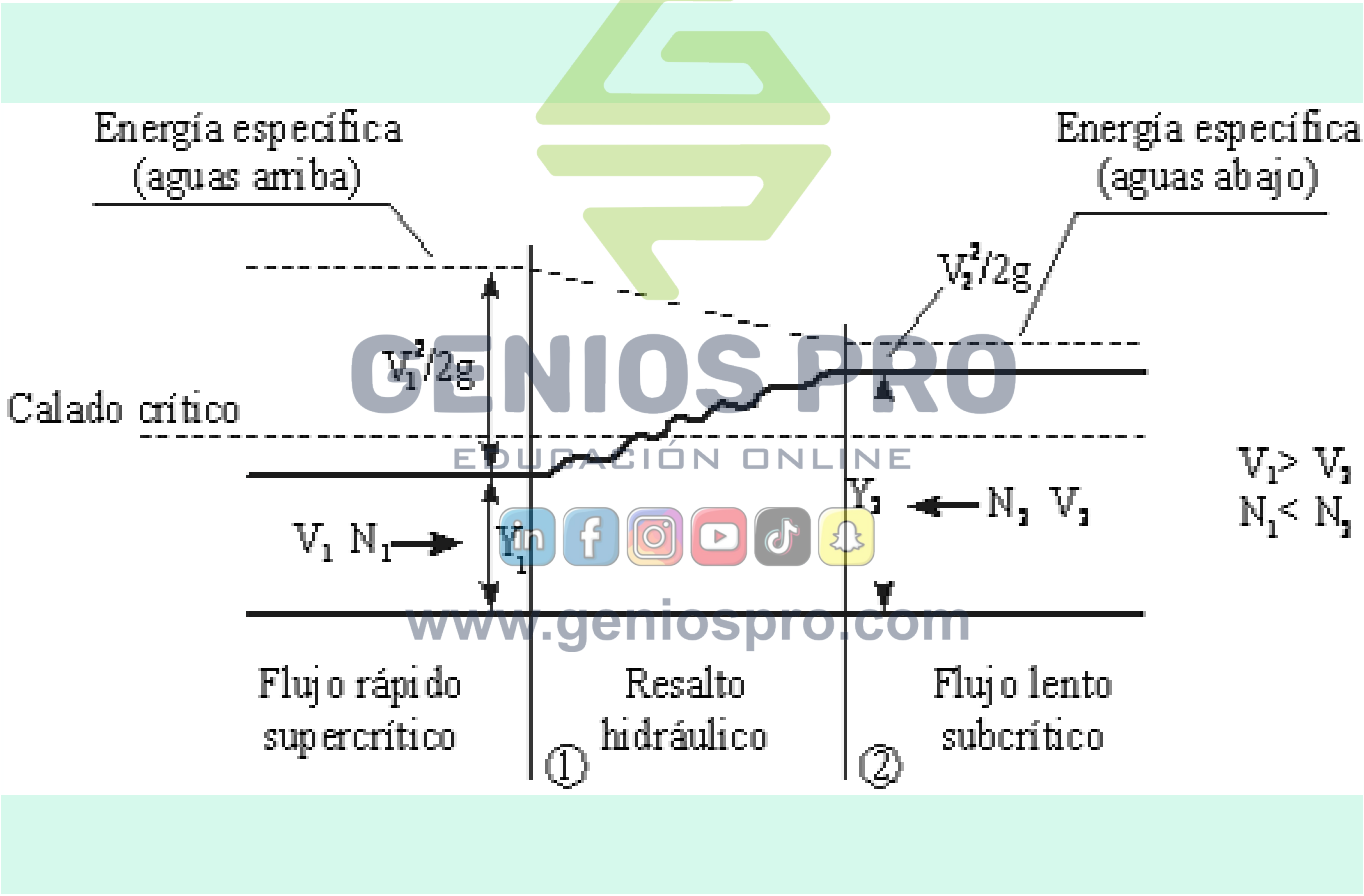
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

En el caso de que:

- Sea $F_R > 1$ el régimen del flujo será **supercrítico**
- Sea $F_R = 1$ el régimen del flujo será **crítico**
- Sea $F_R < 1$ el régimen del flujo será **subcrítico**

Número de Froude

El numero de Reynolds y los términos laminar y turbulentos no bastan para caracterizar todas las clases de flujo en los canales abiertos.



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

NÚMERO DE FROUDE

El número de Froude en hidráulica señala la relación que existe entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitatorias para un fluido. Por lo tanto, es una manera de designar el siguiente cociente:

$$N_F = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas de gravedad}} \qquad N_F = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

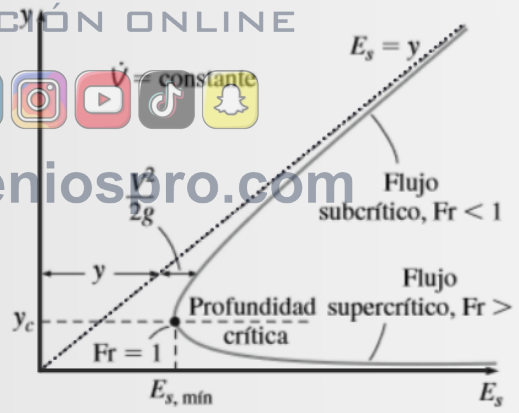
GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

CLASIFICACIÓN DEL FLUJO

$N_F < 1$ *Flujo es Subcrítico*

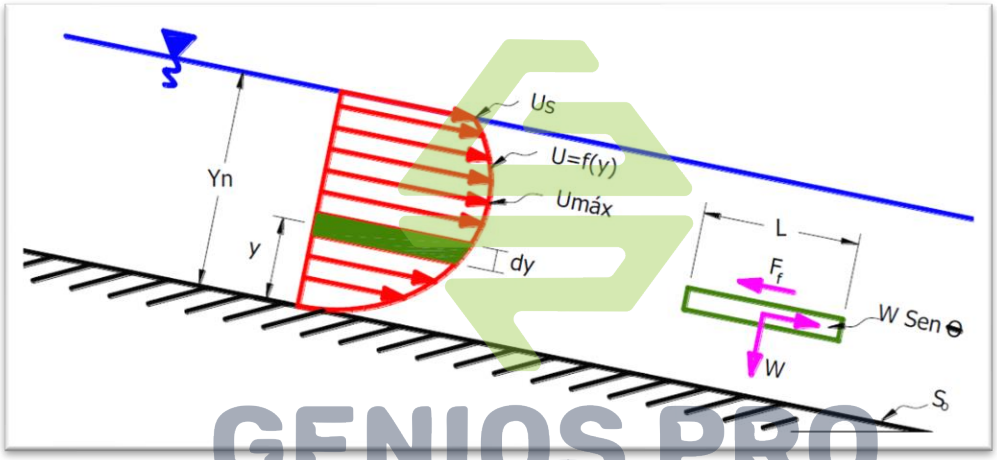
$N_F = 1$ *Flujo es Crítico*

$N_F > 1$ *Flujo es Supercrítico*

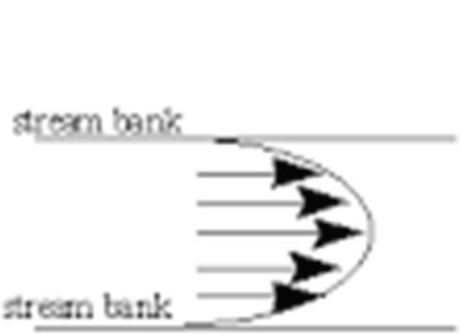


Sanitary Engineer

10.7.- PERFIL DE VELOCIDAD EN CANALES ABIERTOS.

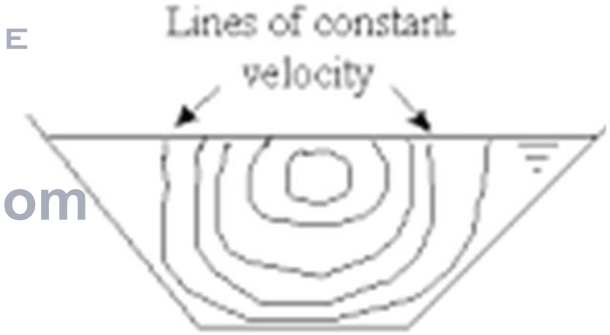


GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com



Velocity Profile
Plan View

Velocity Profile
Profile View



Velocity Profile
Cross-Sectional View

PROGRAMACION SEGUNDO BIMESTRE

TRABAJO Nº 4: Desarrollar una programación de diseño de canales (fecha por definir)

TRABAJO Nº 5: Trabajo de aforamiento de un Río Grupal (4 personas) (fecha por definir)

TRABAJO Nº 6: Ejercicios Prácticos.

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com

EXAMEN PRACTICO

SEGUNDO EXAMEN PARCIAL

...GRACIAS

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE
www.geniospro.com