



XVIII Reunión del FoDAMI

8 y 9 de Mayo de 2009

**Foro de Docentes del Área de
Mecánica**

UTN-Facultad Regional Bs. As.



**Tema: Dictado de la materia
“TRANSPORTE DE FLUIDOS POR
TUBERIAS”
(una metodología contemporánea)**

**Expositores: Ing. Remo
FRABOTTA e Ing. Gustavo
CAVALLO**



CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MATERIA

- **Ámbito:** Departamento de Mecánica – UTN Reg. Bs. As.
- **Tipo de Materia:** Electiva 5to. nivel de la Carrera de Ingeniería Mecánica
- **Régimen:** Anual – 4 horas/cátedra por semana
- **Conocimientos previos:** Mecánica de Fluidos, Termodinámica, Resistencia de Materiales.



CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MATERIA (cont.)

- **Dictado:** pizarrón, proyecciones, uso intensivo de PC, cálculos, visita a instalaciones
- **Evaluación de Cursada:** Presencial con trabajos prácticos grupales promocionales
- **Evaluación Final:** Examen sobre PC



OBJETIVO PROGRAMATICO

- Orientar al alumno próximo a egresar a enfocar el tema con una visión integradora; esto es la utilización de los conocimientos adquiridos a efectos de realizar proyectos técnicos-económicos de sistemas de transporte de fluidos por tuberías.



OBJETIVO PROGRAMATICO (cont.)

- Entrenamiento que permita el manejo de información actualizada, especialmente en lo que respecta a herramientas matemáticas computacionales, materiales disponibles y normas vigentes, con el fin de optimizar los proyectos con óptica multidisciplinaria.



OBJETIVO MEDIAMBIENTAL

- Introducir al alumnado una visión responsable del deterioro ambiental que producen los proyectos partiendo de una visión integradora considerando materiales y energía, como principales insumos a optimizar.



OBJETIVO MEDIAMBIENTAL (cont.)

- Entrenamiento de los alumnos que permita mostrarles en concreto como pasar del declamado cuidado del ambiente a hechos reales bajo el principio:

optimización de sistemas = mínimo deterioro ambiental.



OBJETIVO LABORAL

- Brindar a los alumnos proyectos a resolver con utilización de herramientas modernas de elaboración propia (software) para su aplicación a los sistemas analizados.
- Insistir hacia los casi profesionales que cursan la materia, sobre la utilización adecuada de los programas “enlatados” y la interpretación de sus resultados.



OBJETIVO LABORAL (cont.)

- Facilitar una salida laboral en el rubro de la empresas energéticas transmitiendo conocimientos generalmente reservados a cursos de post-grado.



UNIDADES del PROGRAMA

- 1) Síntesis de las leyes fundamentales de la mecánica de los fluidos, termodinámica y resistencia de los materiales.
- 2) Transportes de fluidos incomprensibles
- 3) Transporte de fluidos comprensibles
- 4) Transporte de fluidos en estado multifásico
- 5) Planteo y resolución de problemas integrados



METODOLOGIA

(válida para todas las unidades)

- Se exponen en clase los fundamentos teóricos y prácticos y su aplicación a problemas concretos induciendo al alumno a utilizar los conocimientos adquiridos y a su vez articularlos con el aspecto económico.



METODOLOGIA **(cont.)**

- El tratamiento de los problemas por su complejidad requiere el uso permanente de computadoras personales (PC) mediante programas de cálculo desarrollados en clase.



METODOLOGIA (cont.)

- Sobre la base de los problemas explicados y resueltos en clase, los alumnos desarrollan los trabajos prácticos, que luego deberán exponerlos para su evaluación.



**Generalidades sobre los aspectos
técnicos de la materia
“OPTIMIZACION DEL PROYECTO DE
DUCTOS
(metodología aplicable a
Oleoductos, Poliductos y
Gasoductos)”**



INTRODUCCION

- Todo proyecto destinado al transporte a gran distancia de fluidos (petróleo, productos múltiples en secuencia, gas o derivados por cañerías, etc.), debe cumplir con las premisas impuestas en las bases del diseño.



- Considerando estas condiciones y utilizando formulaciones matemáticas y programas de cálculo, se asegura que el proyecto es apto para transportar el caudal de fluido (y a la presión prevista) en las bases de diseño.
- Sin embargo, esto no es suficiente, puesto que este método de cálculo no da información acerca del costo de transporte.



- El general objetivo final de este tipo de proyectos debería ser transportar el fluido a un “costo mínimo”
- La metodología desarrollada en el curso permite justamente buscar el proyecto de mínimo costo, llamado “Proyecto Optimo”



OPTIMIZACION Y MEDIO AMBIENTE (cont.)

- Toda vez que un proyecto de ducto para un determinado caudal y longitud debe desarrollarse, las variables principales a considerar son:
 - diámetro
 - presiones máxima y mínima
 - efectos fluido-dinámicos y térmicos
 - distancia entre las plantas
 - relación de presiones de estas ultimas.



METODO de OPTIMIZACION (cont.)

- El curso trata sobre las interrelaciones entre las variables del ducto:
 - caudal a transportar y ,
 - condiciones de flujo.



METODO de OPTIMIZACION (cont.)

- Concluyéndose con la presentación de formulaciones matemáticas que con adopción de coeficientes de mercado, permiten para un proyecto (oleoducto, poliducto, o gasoducto), determinar los valores óptimos.



OPTIMIZACION y MEDIO AMBIENTE (cont.)

- Es fundamental destacar que todos los productos realizados por la industria son tomados básicamente de la naturaleza (materiales y energía) los cuales son transformados para encontrar un objetivo cierto.



OPTIMIZACION y MEDIO AMBIENTE (cont.)

- Estas transformaciones son, desde un punto de vista termodinámico irreversibles con algún deterioro ecológico o ambiental resultante.

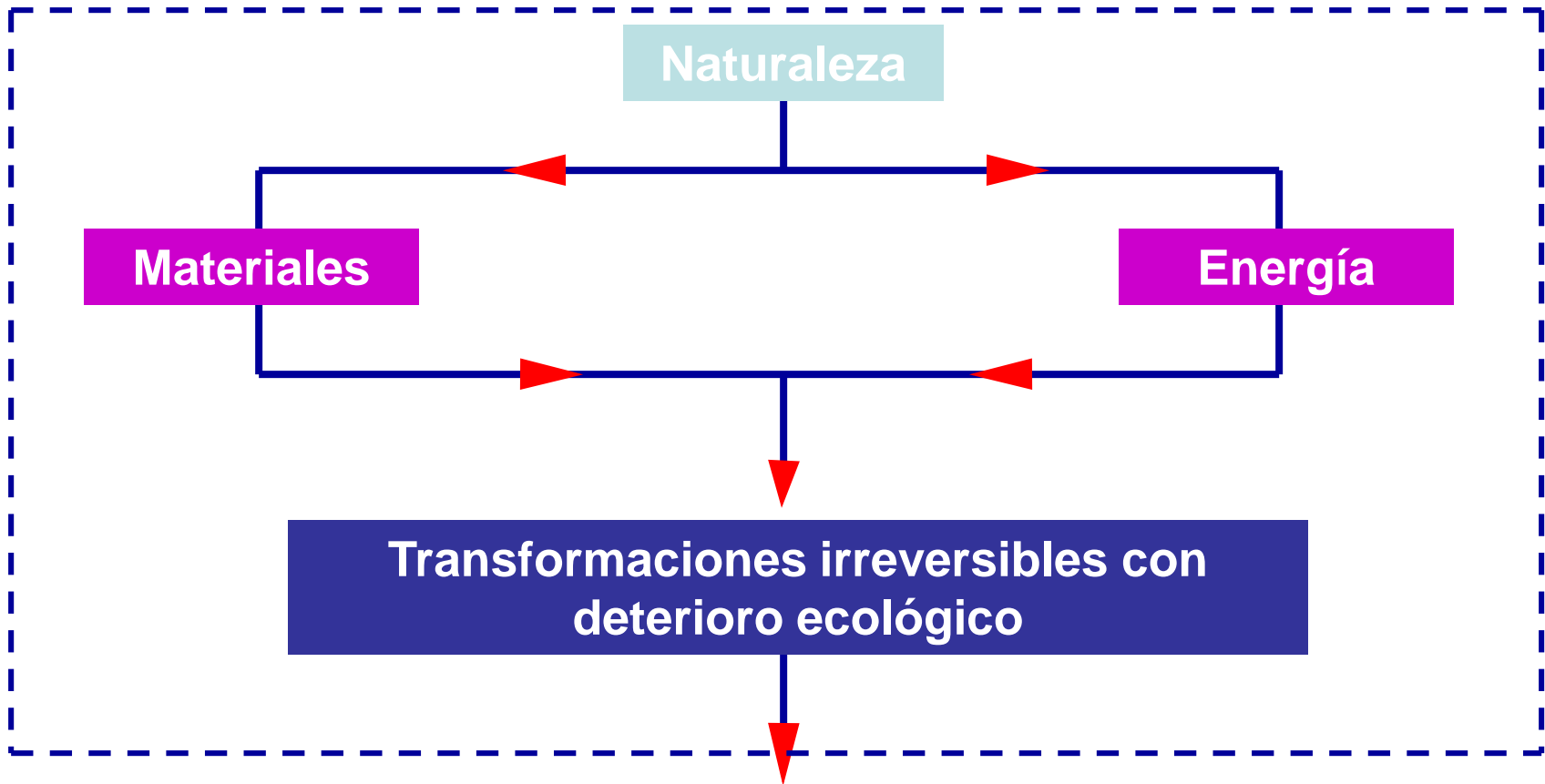


OPTIMIZACION Y MEDIO AMBIENTE (cont.)

- En términos generales la optimización de los sistemas significa costo mínimo y consumo de energía mínimo, lo cual significa transformaciones irreversibles mínimas por ende mínimo deterioro ecológico.

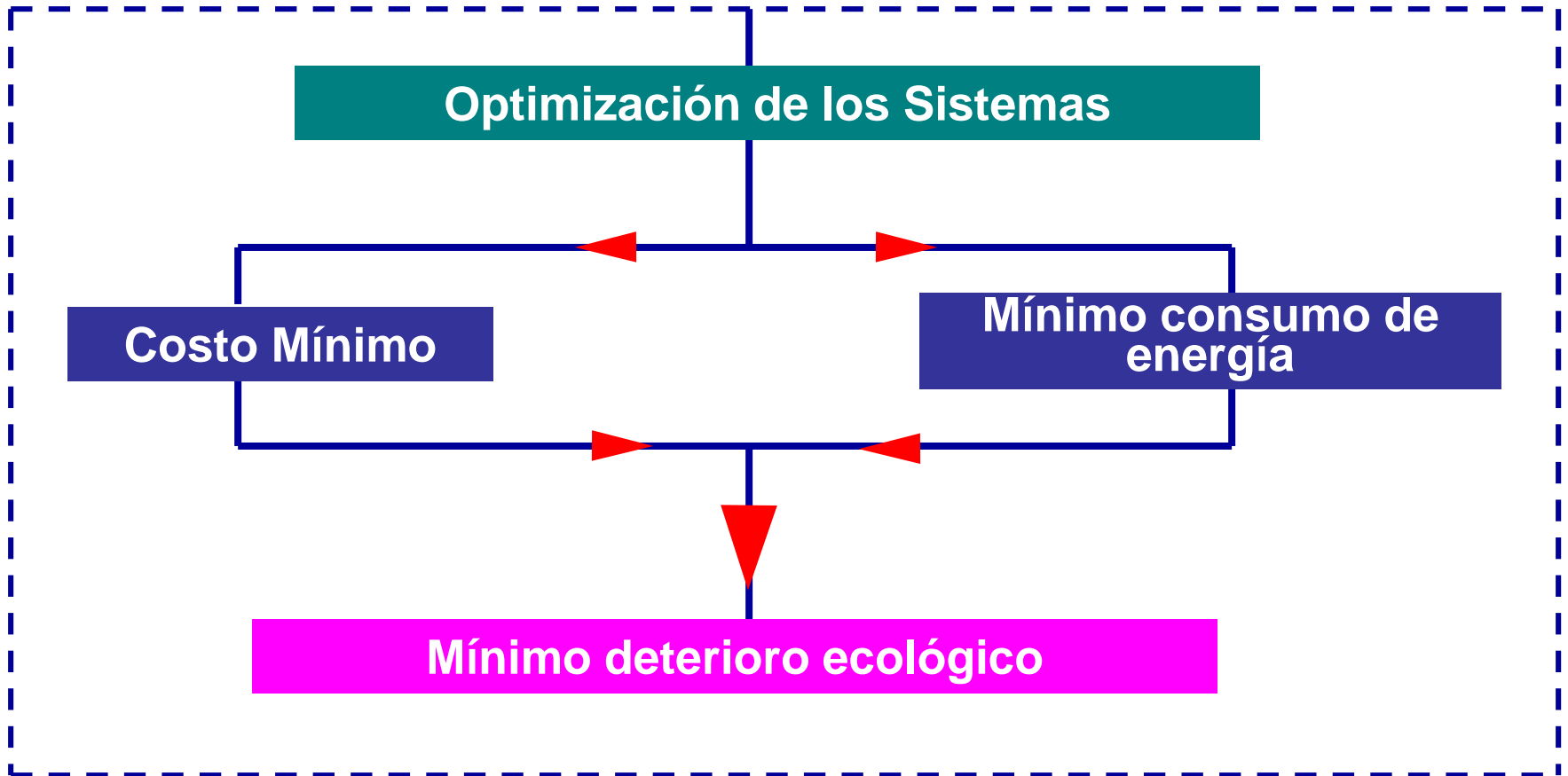


Objetivo Fundamental de la Optimización de los Sistemas



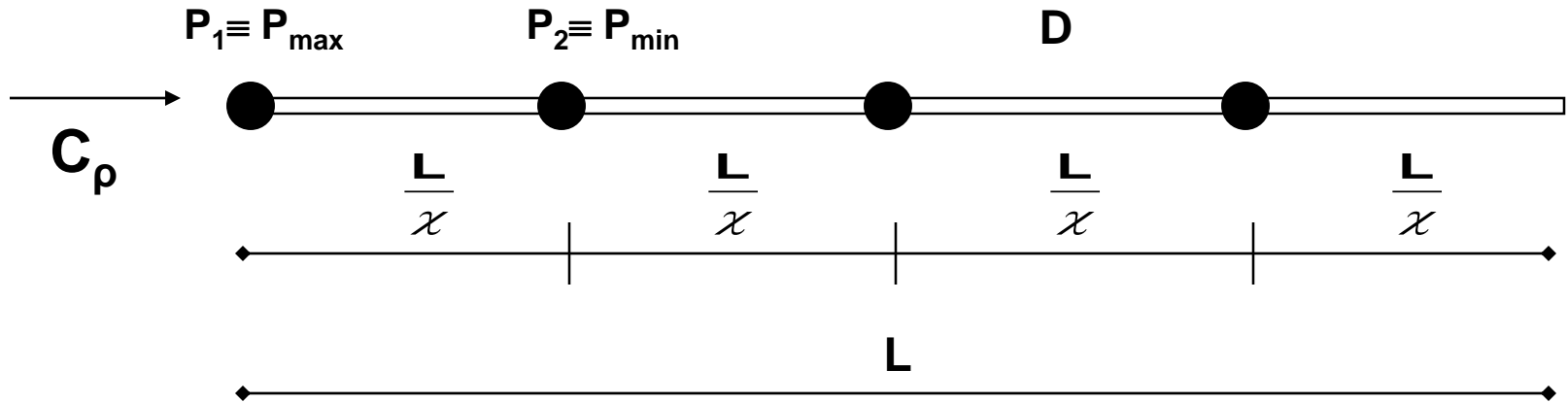


Objetivo Fundamental de la Optimización de los Sistemas





Variables fundamentales de un ducto



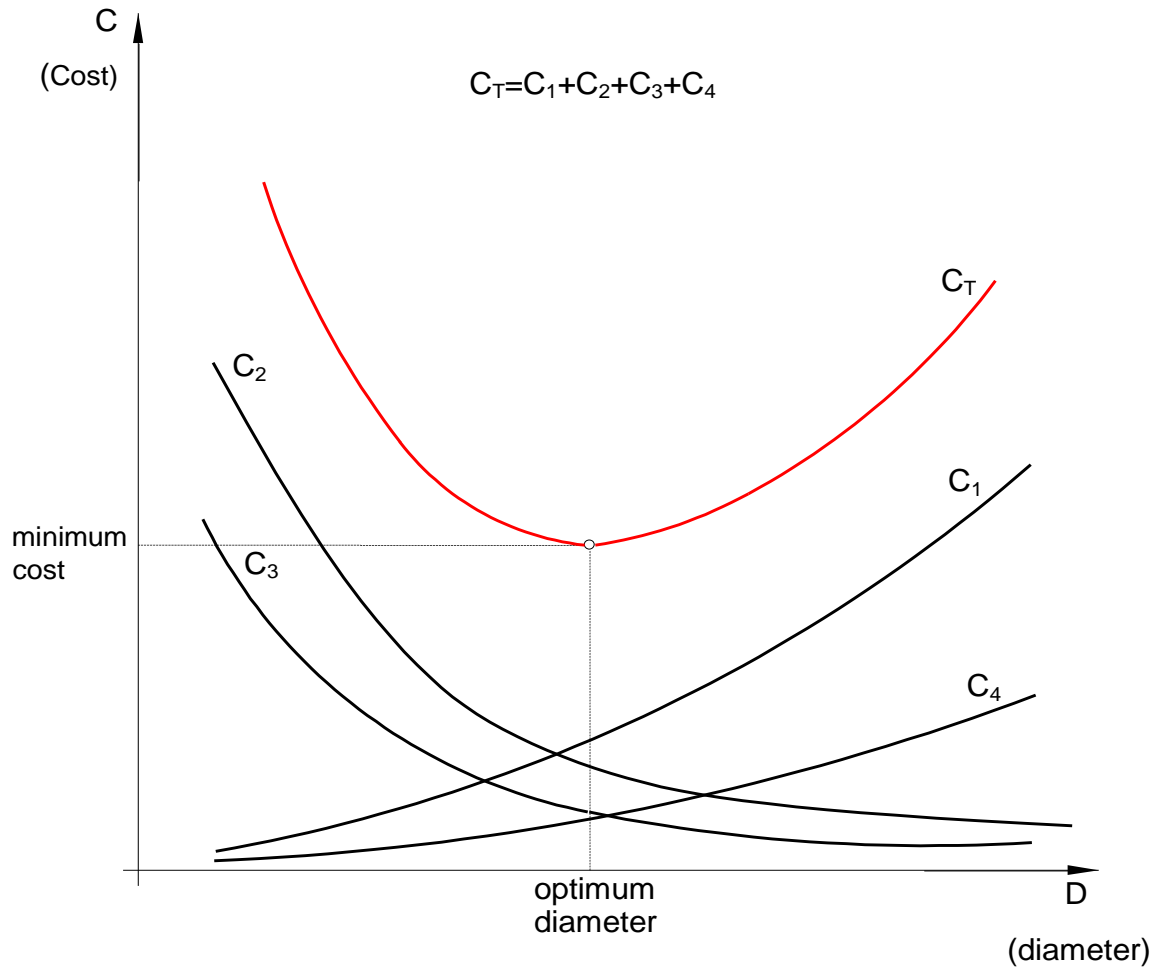


Funciones de costo

- $C_1 = f_1(D)$, costo de la cañería y accesorios.
- $C_2 = f_2(D)$, costo de la energía consumida de las plantas de compresión / bombeo (valor actual).
- $C_3 = f_3(D)$, costo de las plantas de compresión / bombeo.
- $C_4 = f_4(D)$, costo del producto para el llenado del ducto (valor actual).
- $C_T = f(D) = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$, costo total.



Gráfico de las Funciones de Costos





Ejemplo de Ecuaciones Básicas (Oleoductos / Poliductos)

$$(I) \quad C\rho = \rho.V.A = \rho_1.V_1.A_1 = \rho_2.V_2.A_2$$

$$(II) \quad P_1 = P_2 + \rho g \frac{H}{\chi} + \frac{8f}{\pi^2} \frac{C_\rho^2}{\rho D_i^5} \bullet \frac{L}{\chi}$$

$$(III) \quad N = \frac{C_\rho}{\eta_B} \left(\frac{P_1 - P_2}{\rho} \right) \chi$$



Ej.: Oleoductos - Solución Matemática

$$(I) \left(\frac{1+K_D}{2} K_{11} \frac{\pi}{\sigma} P_1 \gamma_F + K_{04} K_4 K_D^2 \frac{\pi}{2} \right) D + (K_{12} + K_{13}) \pi - \left(\frac{K_{02} K_2 t}{\eta_B \eta_m} + \frac{K_3}{\eta_B} \right) \frac{40 f C_\rho^3}{\pi^2 \rho^2 K_D^5 D^6 \chi} + \lambda \frac{40 f C_\rho^2}{\pi^2 \rho K_D^5 \chi} = 0$$

$$(II) \frac{1+K_D}{2} K_{11} D^2 \gamma_f L \frac{\pi}{2\sigma} + \lambda = 0$$

$$(III) K_{03} + \frac{\lambda}{\chi^2} \left(\rho g H + \frac{8 f C_\rho^2 L}{\pi^2 \rho K_D^5 D^5} \right) = 0$$

$$(IV) P_1 = P_2 + \rho g \frac{H}{\chi} + \frac{8 f C_\rho^2}{\pi^2 \rho K_D^5 D^5} \frac{L}{\chi}$$



Ej.: Oleoductos – Solución Matemática (con espesor mínimo)

$$(I) \quad \frac{e}{D} = \frac{1 - k_D}{2}$$

$$(II) \quad P_1 = (1 - K_D)\sigma$$

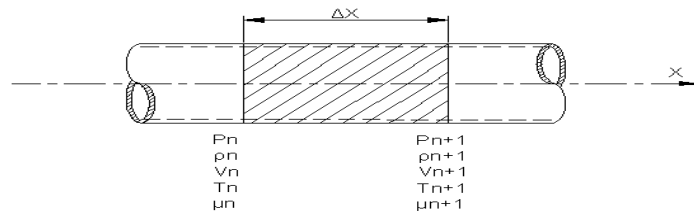
$$(III) \quad \left[\frac{1 - K_D^2}{2} K_{11} \gamma_F + \pi K_{04} K_4 K_D^2 \right] D^7 + [(K_{12} + K_{13})\pi] D^6 - \left[\left(\frac{K_{02} K_2 t}{\eta_B \eta_m} + \frac{K_3}{\eta_B} \right) \frac{40 f C_\rho^3}{\pi^2 \rho^2 K_D^5} + \frac{K_{03}}{[(1 - K_D)\sigma - P_2]} \frac{40 f C_\rho^2}{\pi^2 \rho K_D^5} \right] = 0$$

$$(IV) \quad \chi = \frac{1}{P_1 - P_2} \left(\rho g H + \frac{8 f C_\rho^2 L}{\pi^2 \rho K_D^5 D^5} \right)$$



Ajuste Final del Proyecto

- A partir de la definición de las variables, se realiza un cálculo detallado (por tramos) del ducto para verificar los parámetros del proyecto y definir con exactitud las condiciones de operación.













Conclusiones

- Se brinda un nuevo enfoque de los métodos de optimización en la transporte de fluidos a gran distancia, (cantidad de variables optimizadas simultáneamente).



Conclusiones (cont.)

- El modelo es aplicable a distintos tipos de sistemas de transmisión de fluidos y adaptado a las condiciones locales en términos de unidades, normas, valores usuales, etc.



Conclusiones (cont.)

- **Se requiere realizar una investigación en el mercado, a los efectos de obtener los costos de los elementos intervinientes en la instalación, para obtener las funciones de costo.**



Conclusiones (cont.)

- Luego de plantearse la ecuación que condiciona el proyecto, con la función de costo total se busca el mínimo costo, (utilizando el método de Lagrange), y de este modo se obtienen las soluciones buscadas.



Conclusiones (cont.)

- Una vez obtenidos los valores óptimos, se ajustan estos a valores prácticos (o sea diámetro comercial, espesor comercial, número entero de estaciones de impulsión y máxima presión operativa).



Resultados Académicos

- Los alumnos se entrenan en una metodología de resolución adecuada a la realidad laboral contemporánea.
- Los alumnos participan activamente del desarrollo de sus propios software los que facilita el entendimiento lógico del proceso de diseño ingenieril.



Resultados Académicos (cont.)

- **Los alumnos entienden con consideraciones fácticas (y no solo declamatorias) sobre como participar activamente desde su rol de futuros ingenieros en el cuidado del medio ambiente.**



Reflexión Final

Dada la importancia mayúscula que tienen los sistemas de transporte por ductos dentro de la industria de hidrocarburos líquidos y gaseosos actual, nunca serán suficientes los esfuerzos que se hagan para lograr la mayor racionalidad económica y medio-ambiental al momento de proyectar un nuevo sistema.



Preguntas??

(Muchas Gracias por vuestra Atencion!!!!.)