

Integración IV

Trabajo práctico N° 8: Diseño y simulación de sistemas de bombeo con HYSYS

1. Sistemas de bombeo – Bomba centrífuga

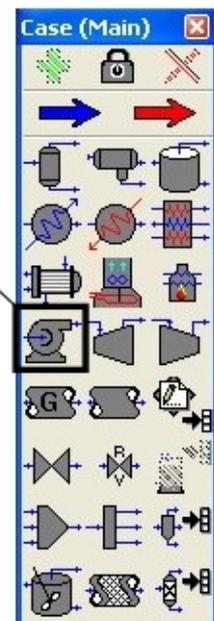
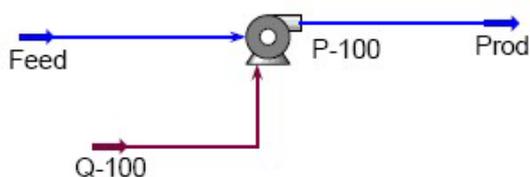
La operación de bombeo es empleada para incrementar la presión de la corriente líquida de entrada. Dependiendo de la información suministrada, el módulo del simulador calcula la presión desconocida, temperatura o eficiencia de la bomba. Recordemos que una vez completados los grados de libertad el sistema se simula automáticamente calculando los parámetros faltantes. De modo que se puede calcular la presión de descarga dada la potencia entregada, o dadas las presiones de entrada y salida, y la potencia, es posible calcular el flujo que se podría bombear, etc.

En la paleta de objetos, podemos ver el ícono que representa al módulo Bombas:

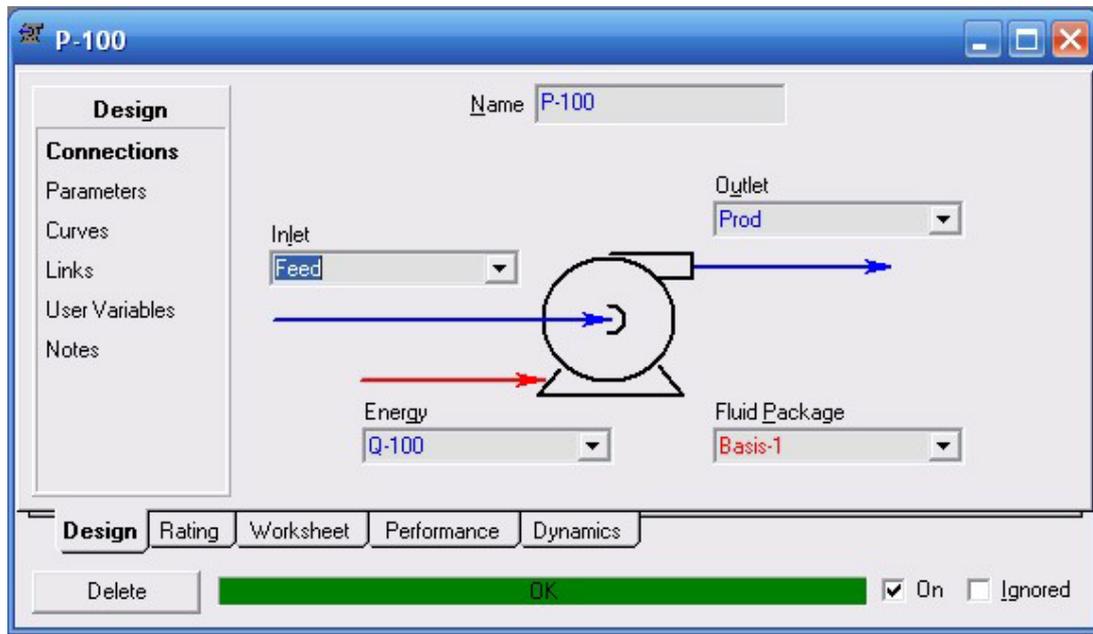
Bomba Centrífuga

A continuación se hace un recorrido por las diferentes opciones dentro de cada pestaña del módulo, mediante un ejemplo de aplicación.

Problema: Se desea bombear una corriente de agua a 25 °C, y 1 atm con un caudal de 50 m³/h hasta una nueva presión de 2 atm.

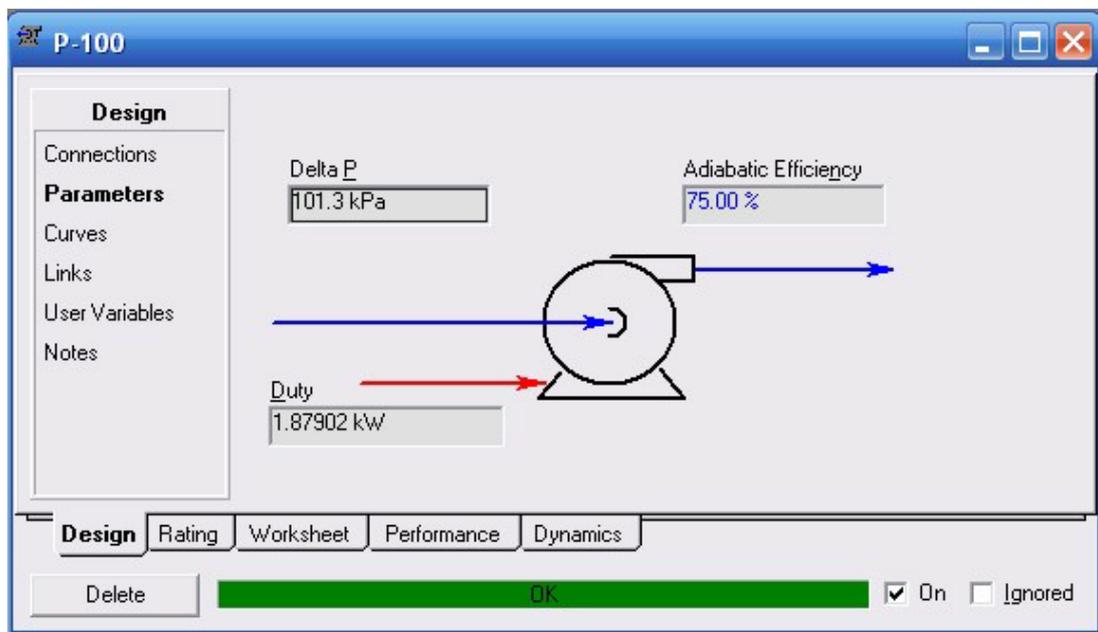


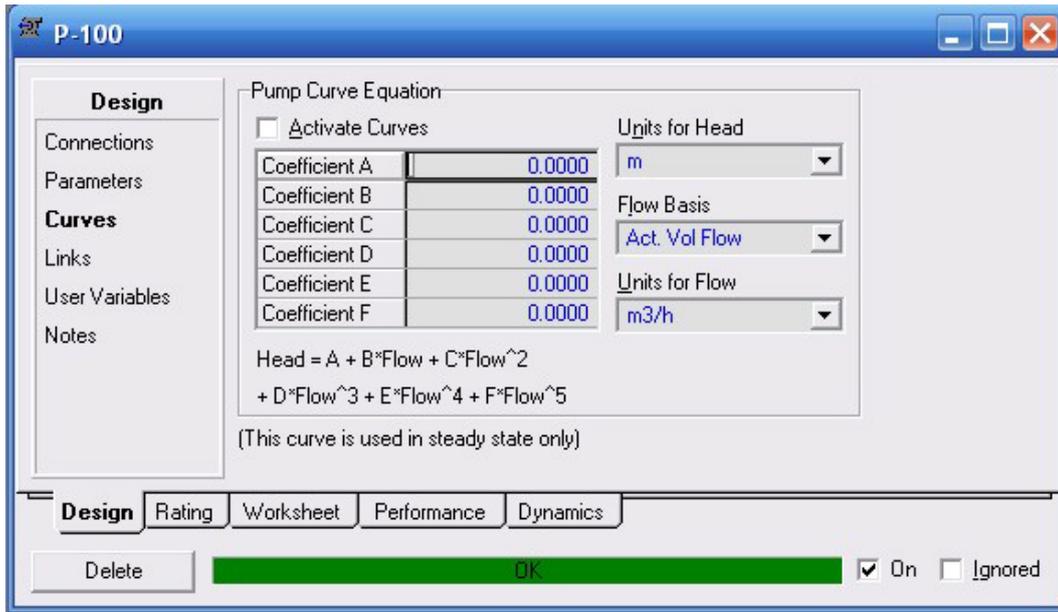
Insertamos el equipo, y mediante un doble click sobre el ícono accedemos a las propiedades de la bomba y le agregamos la información necesaria. En este caso:



Recordar que debemos especificar previamente los componentes (agua en este caso), paquetes de propiedades y condiciones de la corriente de alimentación y presión a la salida, según requiere el problema planteado.

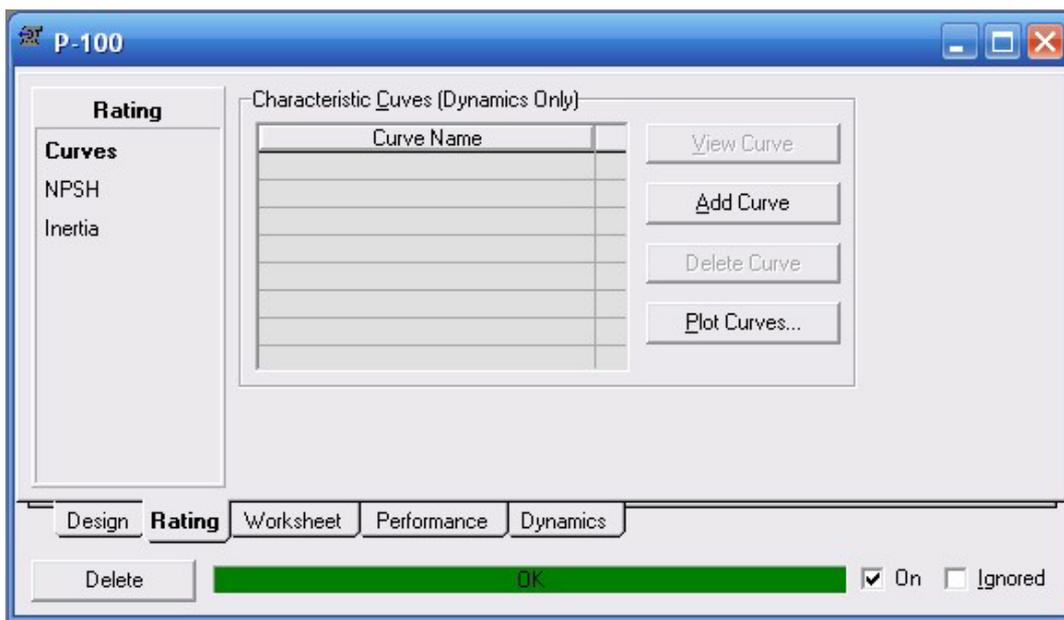
En la pestaña Design-Parameters puede leerse la potencia necesaria para dicha tarea de bombeo:





Resulta útil el uso de las curvas características para que el simulador reproduzca el comportamiento de una bomba real. En la pestaña Rating-Curves se pueden agregar puntos de la curva características, en forma de tabla, a través del ingreso de caudal, altura y rendimiento. Esta aplicación, lamentablemente, solo está disponible para el estado dinámico.

En estado estacionario, podemos utilizar la opción Curves de la pestaña Design para incorporar información de curvas reales. La diferencia radica que en este caso, lo que se ingresa es la expresión matemática que representa curva. Esto se verá con más detalle en la sección 3.



P-100

Rating

Curves
NPSH
 Inertia

NPSH Curves (Dynamics Only, maximum of 3 curves)

Enable NPSH curves

Curve Name	

View Curve
 Add Curve
 Delete Curve

NPSH required <empty>
 NPSH available <empty>

<< Calculate

Design **Rating** Worksheet Performance Dynamics

Delete OK On Ignored

P-100

Rating

Curves
 NPSH
Inertia

Inertia Parameters

Rotational Inertia [kg-m ²]	0.5000
Radius of Gyration [m]	0.1000
Mass [kg]	50.00

Friction Loss (Enter one of the two following values)

Friction Loss Factor [kg-m ² /s]	5.000e-002
First Order Time Constant	000:00:10.00

Design **Rating** Worksheet Performance Dynamics

Delete OK On Ignored

P-100

Worksheet

Name	Feed	Prod	Q-100
Vapour	0.0000	0.0000	<empty>
Temperature [C]	25.00	25.01	<empty>
Pressure [atm]	1.000	2.000	<empty>
Molar Flow [kgmole/h]	2770	2770	<empty>
Mass Flow [kg/h]	4.990e+004	4.990e+004	<empty>
Std Ideal Liq Vol Flow [m ³ /h]	50.00	50.00	<empty>
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.849e+005	-2.849e+005	<empty>
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	6.559	6.561	<empty>
Heat Flow [kcal/h]	-1.886e+008	-1.886e+008	1617

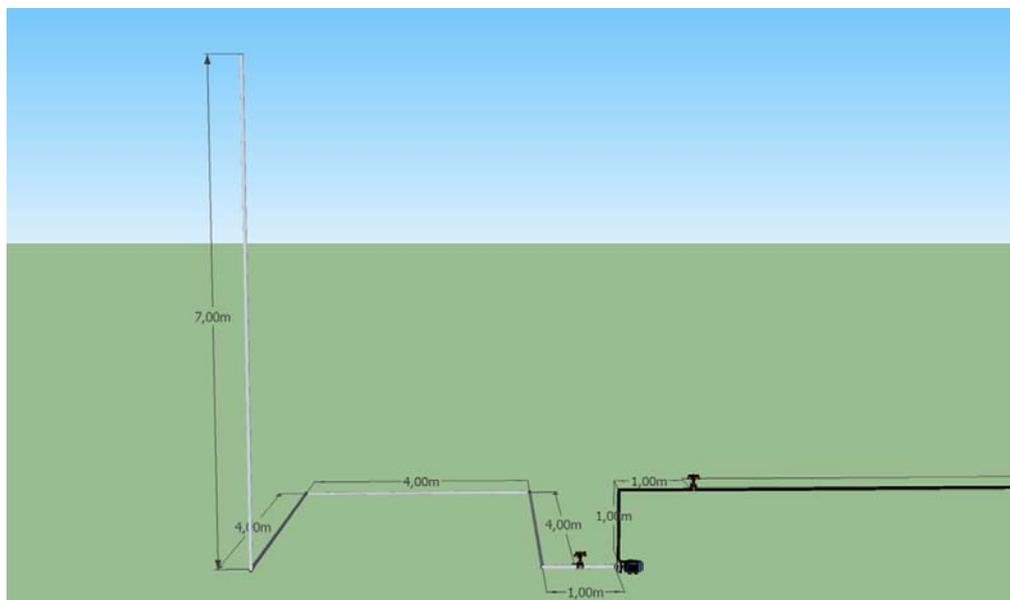
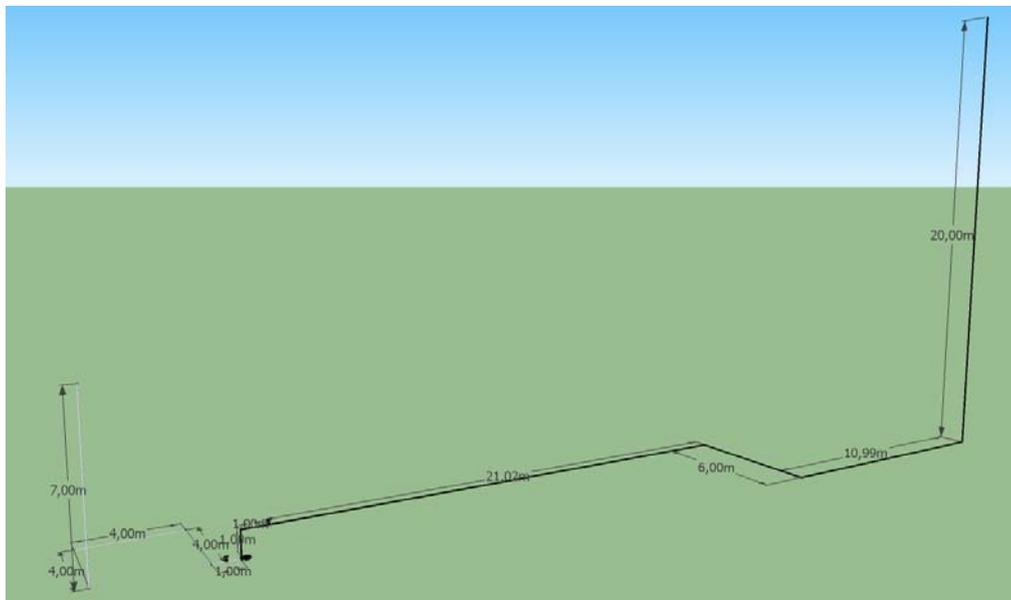
Design Rating **Worksheet** Performance Dynamics

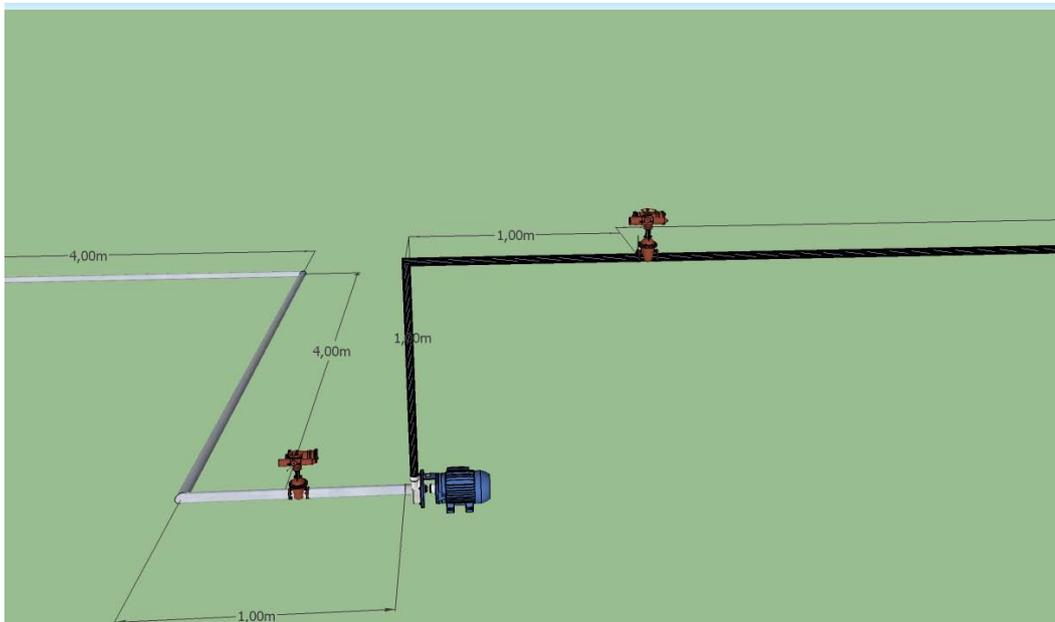
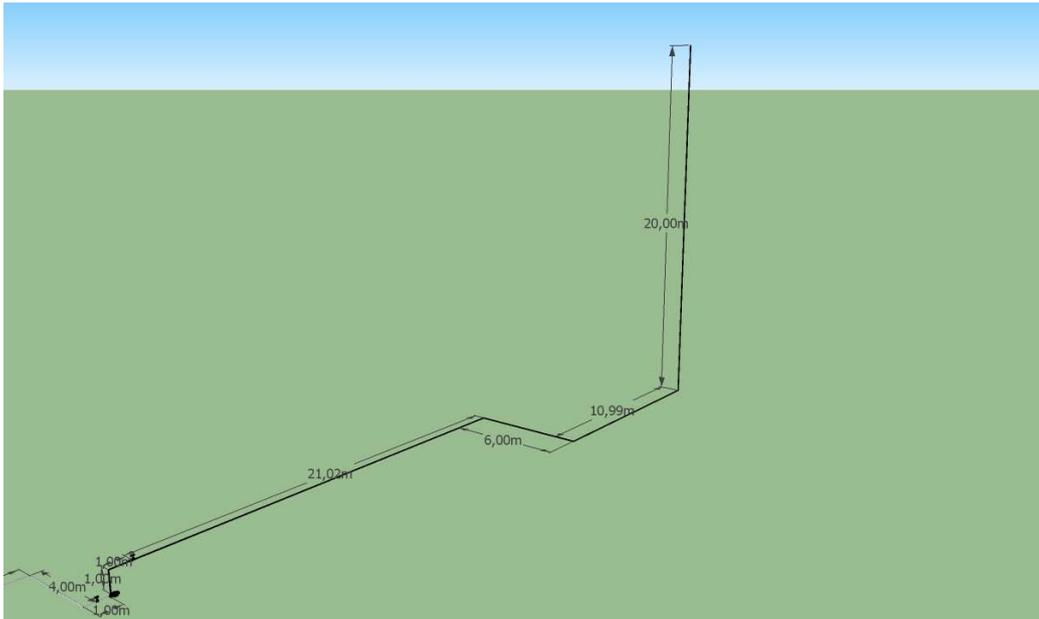
Delete OK On Ignored

2. Sistemas de bombeo – Bomba con tuberías y accesorios

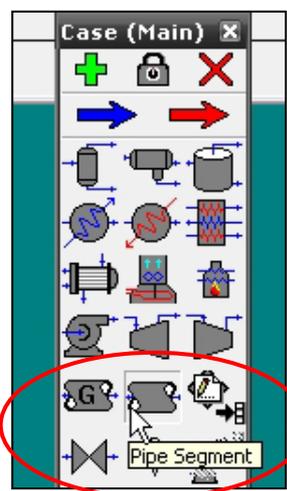
Se desea bombear agua con las siguientes características:

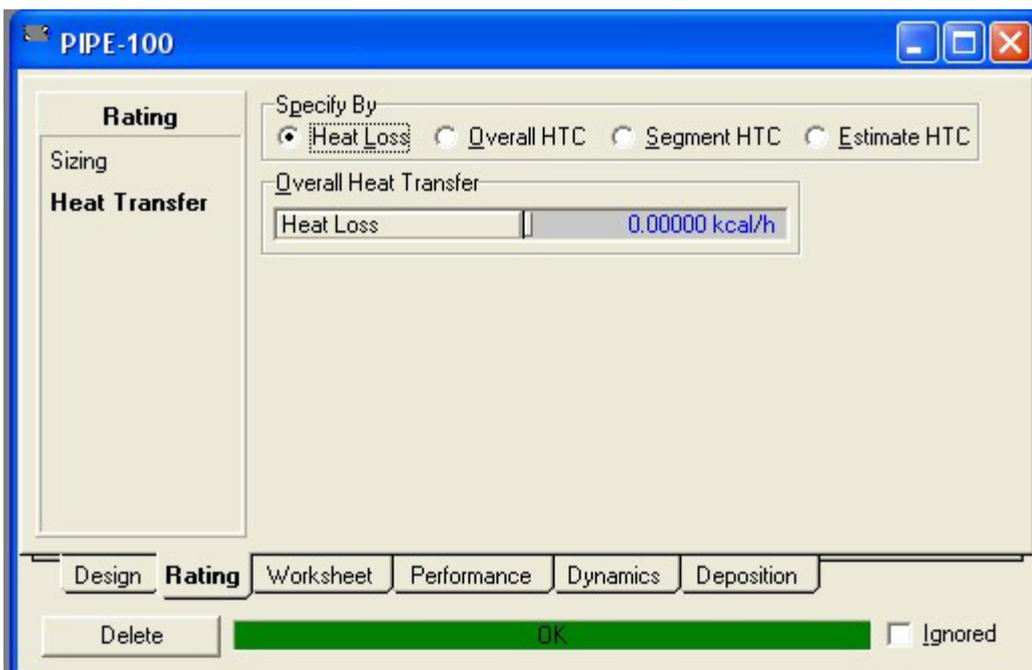
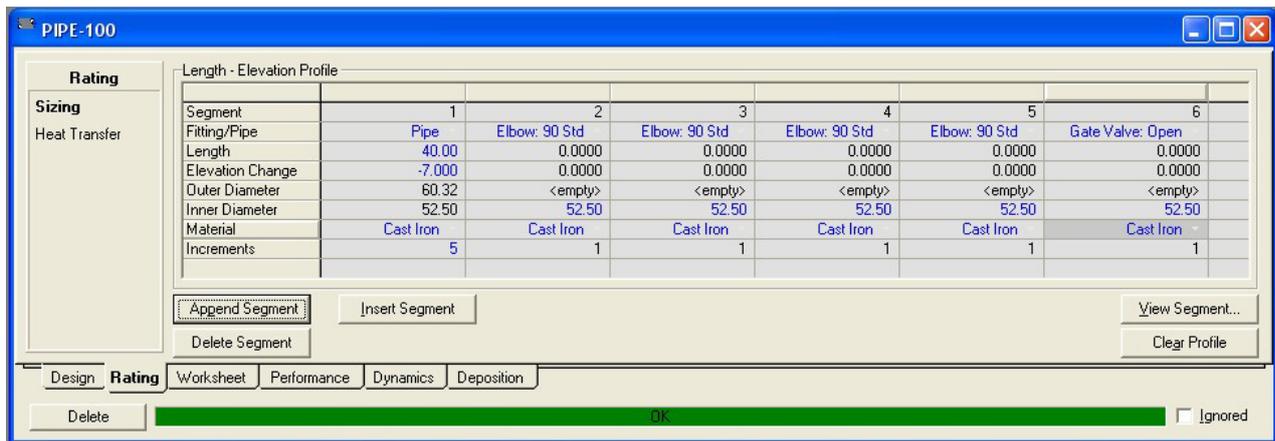
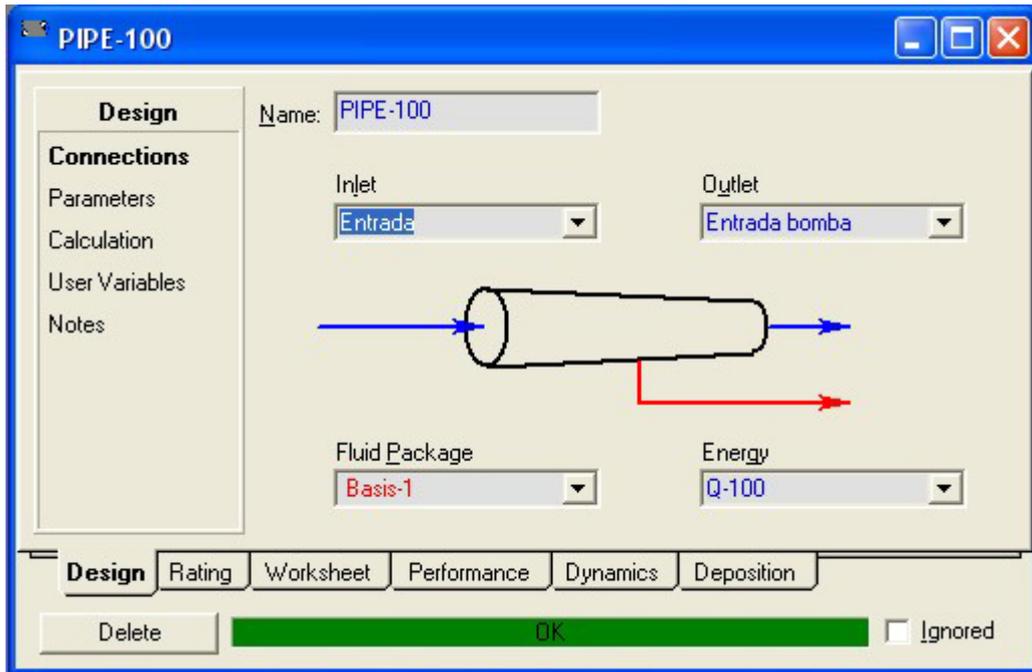
- ☐ Corriente de agua a 20 °C, presión de entrada a 1 atmósfera, 20 °C con un caudal de 20 m³/h.
- ☐ Línea de succión con declive de 7 m, tubería de 2", N° Schedule 40 con una longitud de 20 m, incluyendo 4 codos estándar de 90 ° y una válvula de compuerta abierta. No hay intercambio de calor con el medio ambiente.
- ☐ Línea de descarga a una columna con una presión de 20 psig y 20 m de elevación. La cañería tiene el mismo diámetro y material, y 60 m de longitud. Incluye 2 codos estándar de 90°, 2 Tees utilizadas como codos y una válvula de control. No hay intercambio de calor con el medio ambiente.



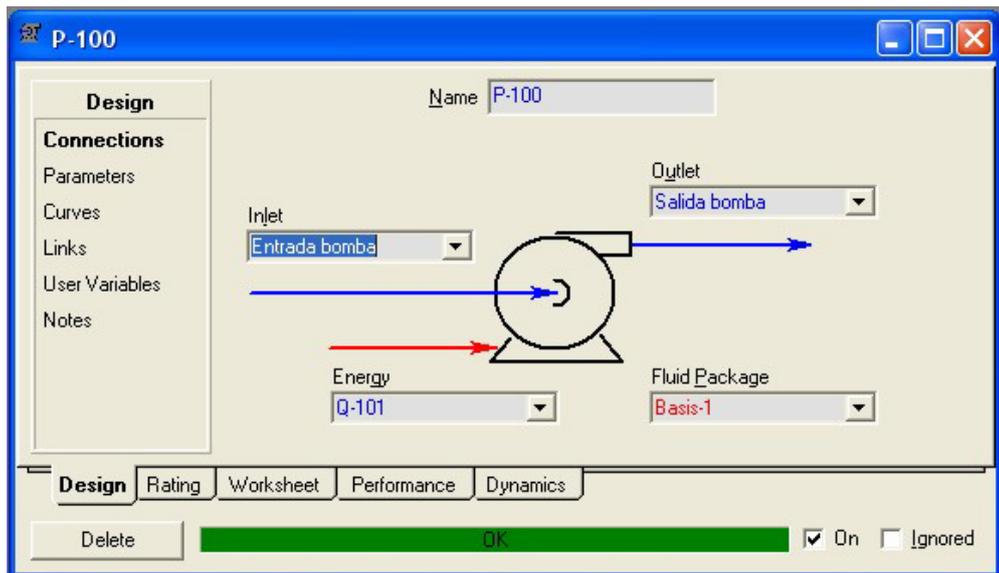


Para su implementación en Hysys agregar la corriente de entrada con las especificaciones del caso, y luego insertar un módulo tubería.

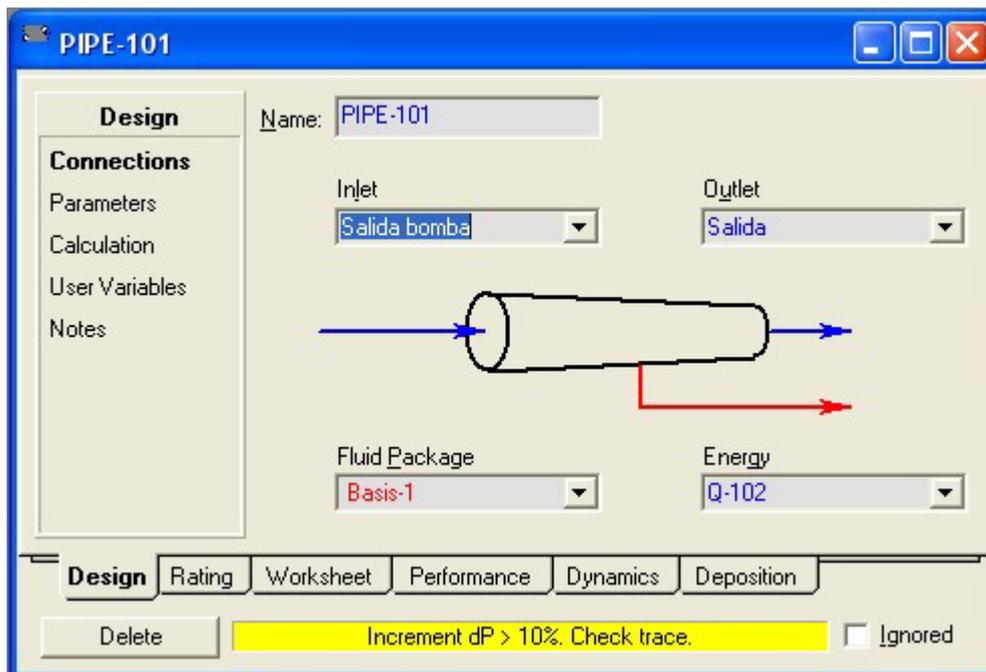




A la salida conectar una bomba:

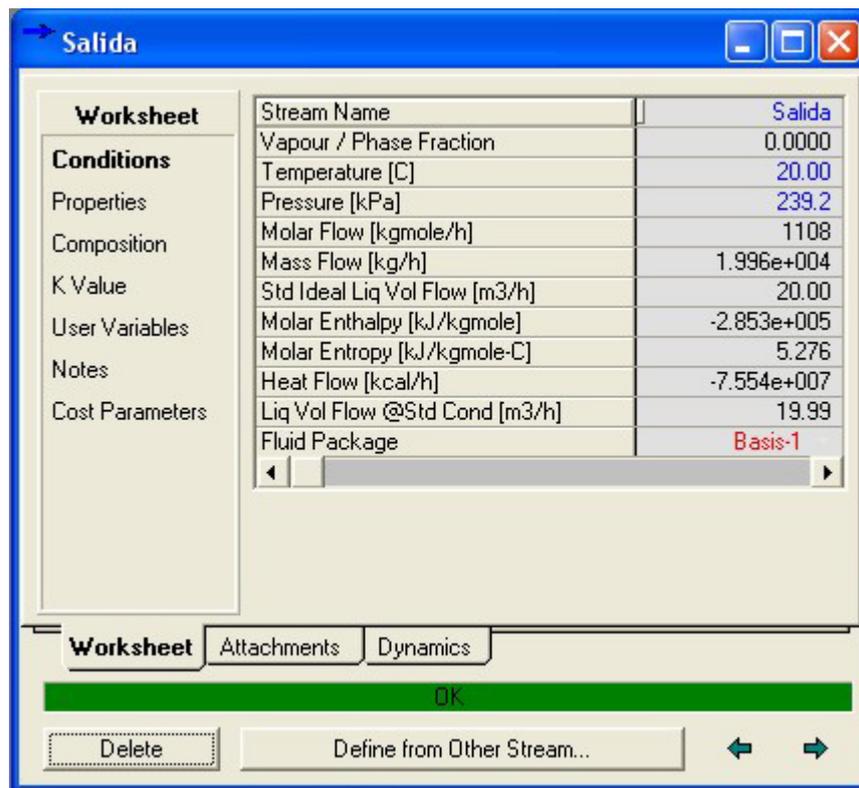


Luego de la bomba, añadir otro tramo de cañerías y accesorios:



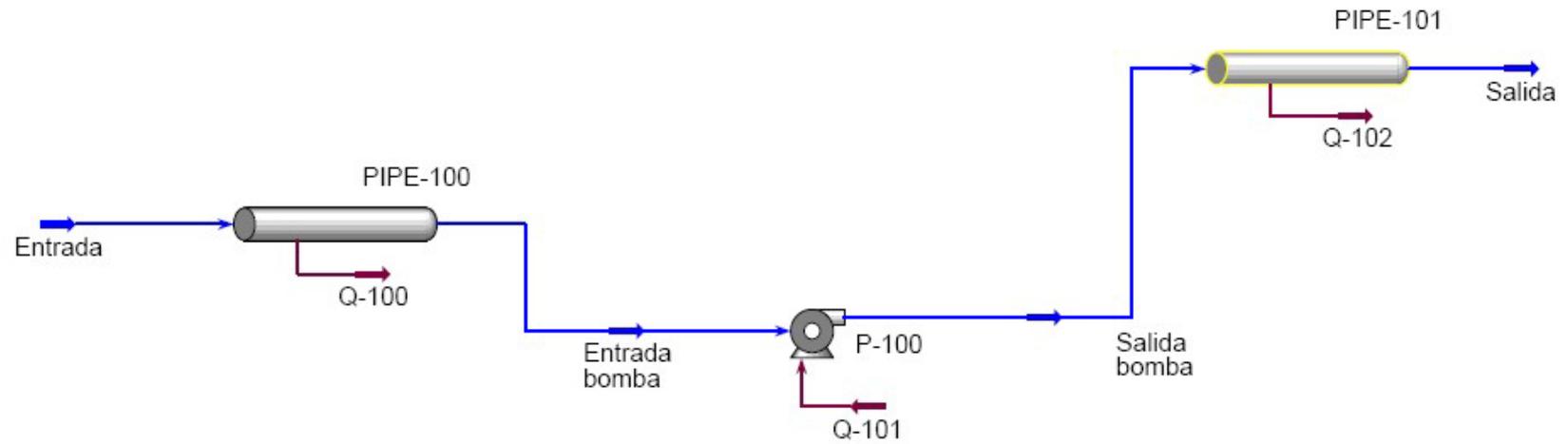
Length - Elevation Profile		1	2	3	4	5	6
Segment		1	2	3	4	5	6
Fitting/Pipe	Pipe	Elbow: 90 Std	Elbow: 90 Std	Tee: As Elbow	Tee: As Elbow	Diaphragm Valve: Open	
Length	60.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Elevation Change	20.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Outer Diameter	60.32	<empty>	<empty>	<empty>	<empty>	<empty>	<empty>
Inner Diameter	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50
Material	Cast Iron	Cast Iron	Cast Iron	Mild Steel	Mild Steel	Mild Steel	Mild Steel
Increments	5	1	1	1	1	1	1

Y finalmente las condiciones de salida: 20 psig (20 psig+14,7=34,7 psia), 20°C de temperatura.



Property	Value
Stream Name	Salida
Vapour / Phase Fraction	0.0000
Temperature [C]	20.00
Pressure [kPa]	239.2
Molar Flow [kgmole/h]	1108
Mass Flow [kg/h]	1.996e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	20.00
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.853e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	5.276
Heat Flow [kcal/h]	-7.554e+007
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	19.99
Fluid Package	Basis-1

El flow obtenido y los resultados se ven en la figura:



Entrada		
Temperature	20.00	C
Pressure	101.3	kPa
Std Ideal Liq Vol Flow	20.00	m3/h

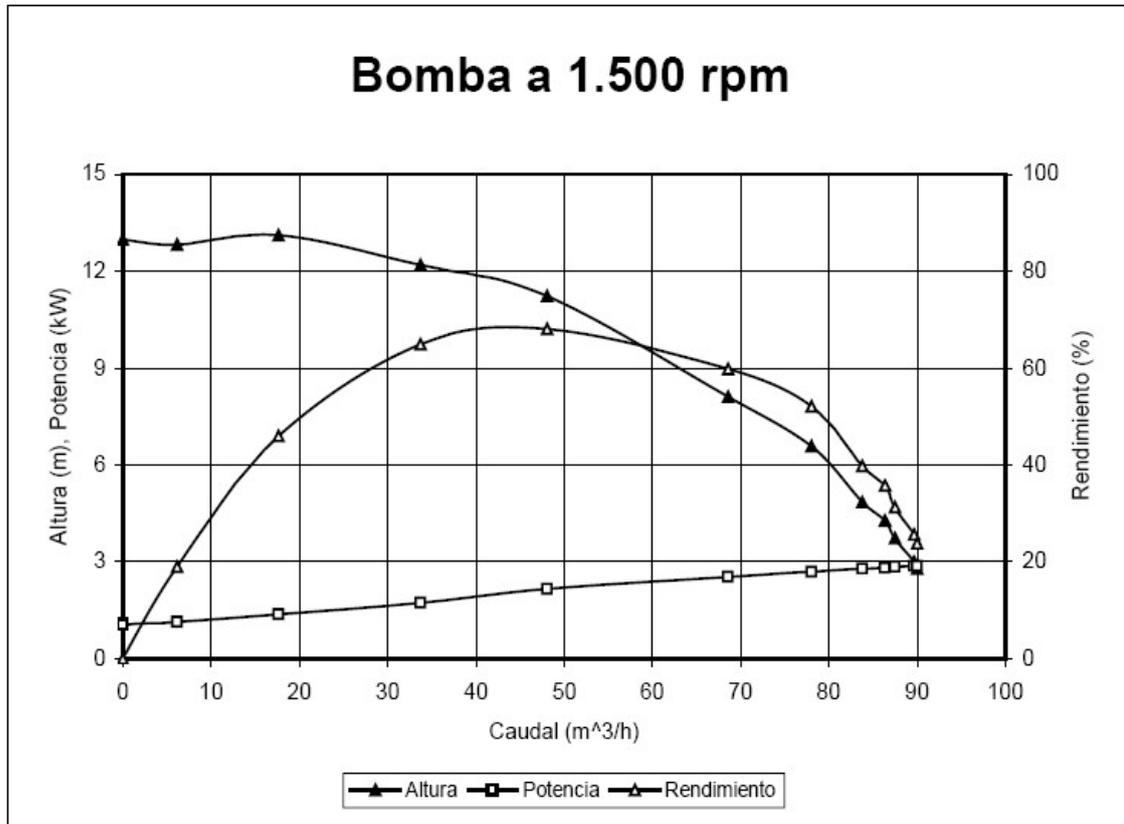
Entrada bomba		
Temperature	20.02	C
Pressure	79.30	kPa

Salida bomba		
Temperature	20.07	C
Pressure	573.0	kPa

Salida		
Temperature	20.00	C
Pressure	239.2	kPa

3. Uso de Curvas Características

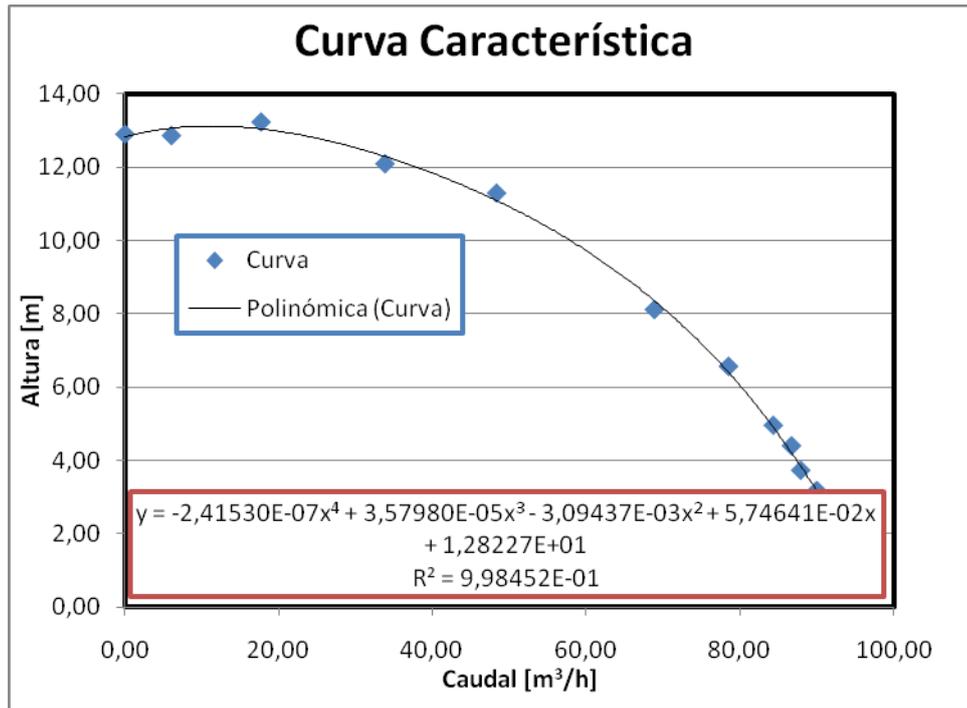
Sea el ejemplo de una curva característica de cierta bomba que se desea reproducir:



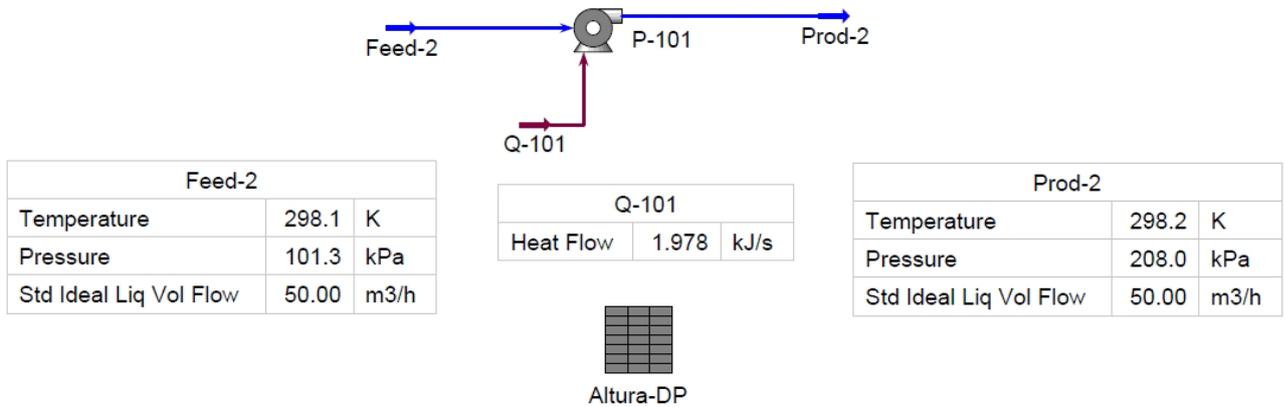
O en forma tabular:

Q	Altura	Rendimiento
[m ³ /h]	[m]	[%]
0,00	12,91	0,00
6,04	12,87	19,06
17,70	13,24	45,80
33,81	12,10	64,77
48,32	11,30	67,88
68,84	8,12	59,52
78,47	6,57	52,12
84,30	4,96	39,83
86,66	4,40	35,67
87,86	3,73	31,45
89,90	3,17	25,74
90,00	3,17	23,92

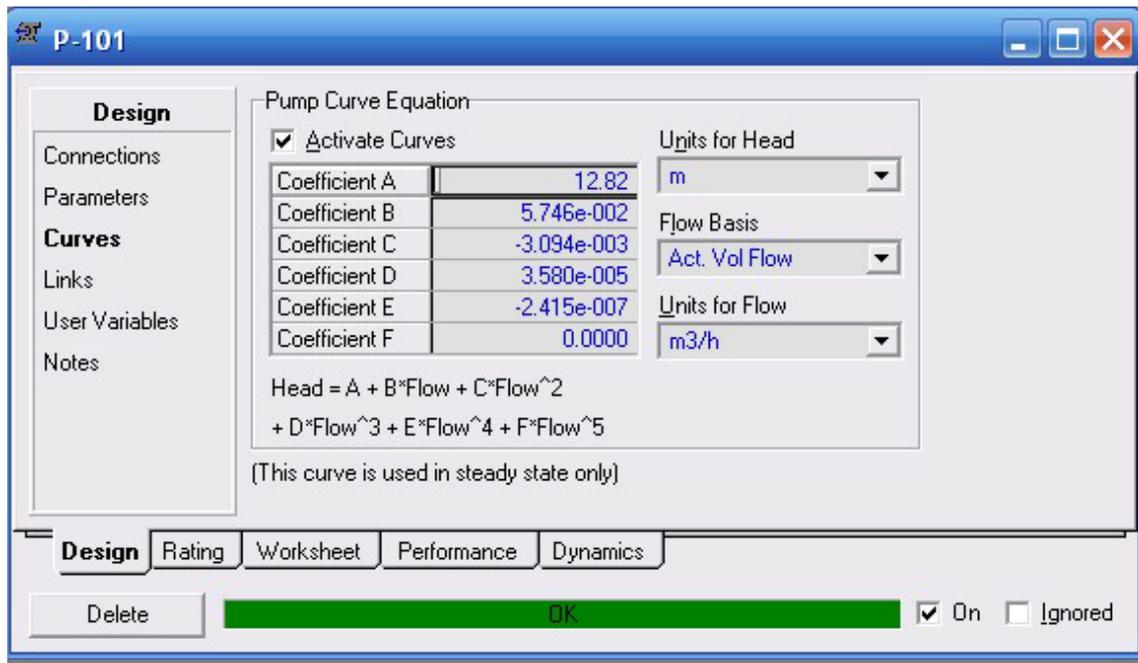
Para poder utilizar estos datos debemos correlacionarlos con un polinomio de no más de 5° orden. Empleando un polinomio de 4° orden se obtiene:



Ingresar los componentes, paquete de fluidos y módulo de bomba, con los datos de las corrientes que se indican a continuación:



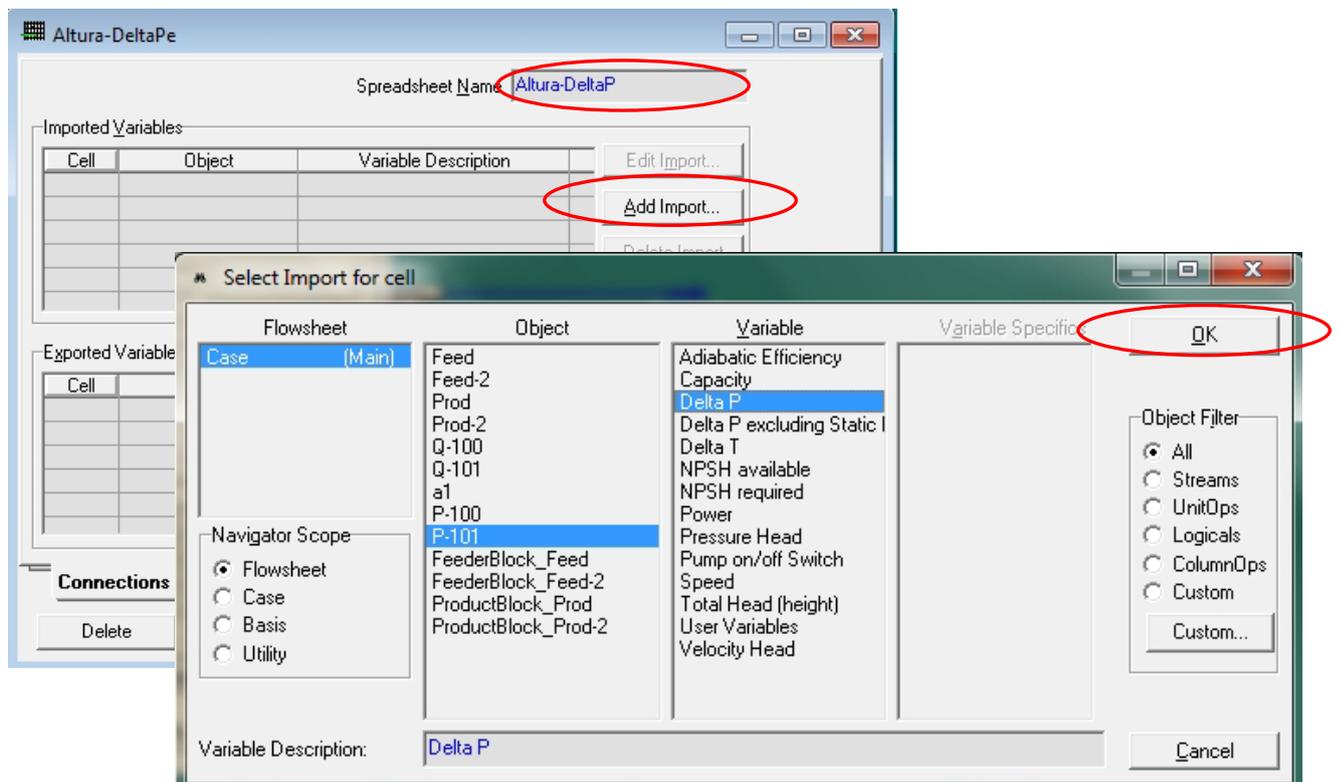
Luego ingresar los datos del polinomio, en la pestaña Design-Curves (disponible en estado estacionario):



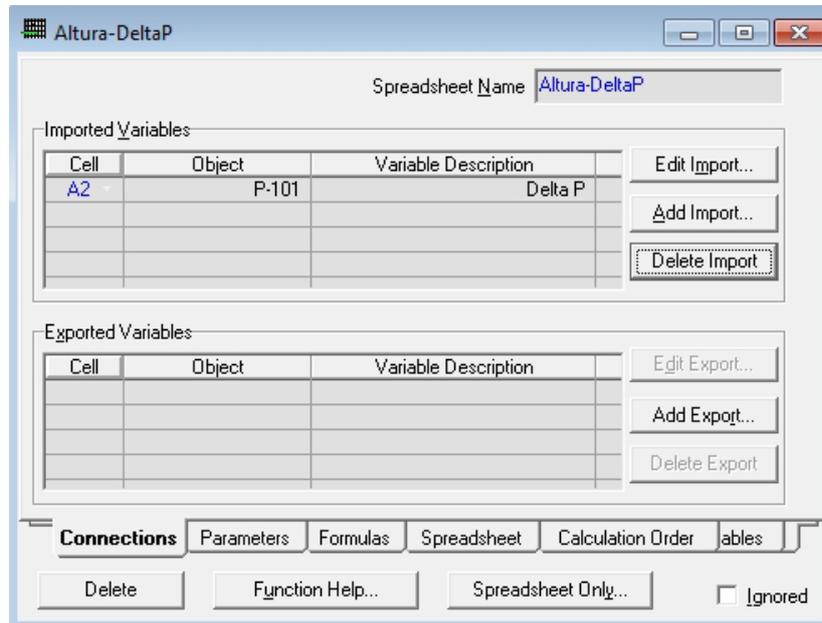
Mediante el uso de la *utility Databook* se puede obtener la gráfica de la altura alcanzada a partir del ΔP de la bomba (tubería de diámetro uniforme) para un caudal desde 0 a 90 [m³/h].

Para incorporar la ecuación de la altura en función del Delta P:
$$H [m] = \frac{\Delta P}{\rho \times g} \left[\frac{Pa}{\frac{Kg}{m^3} \left| \frac{m}{s^2} \right|} \right] = ,$$

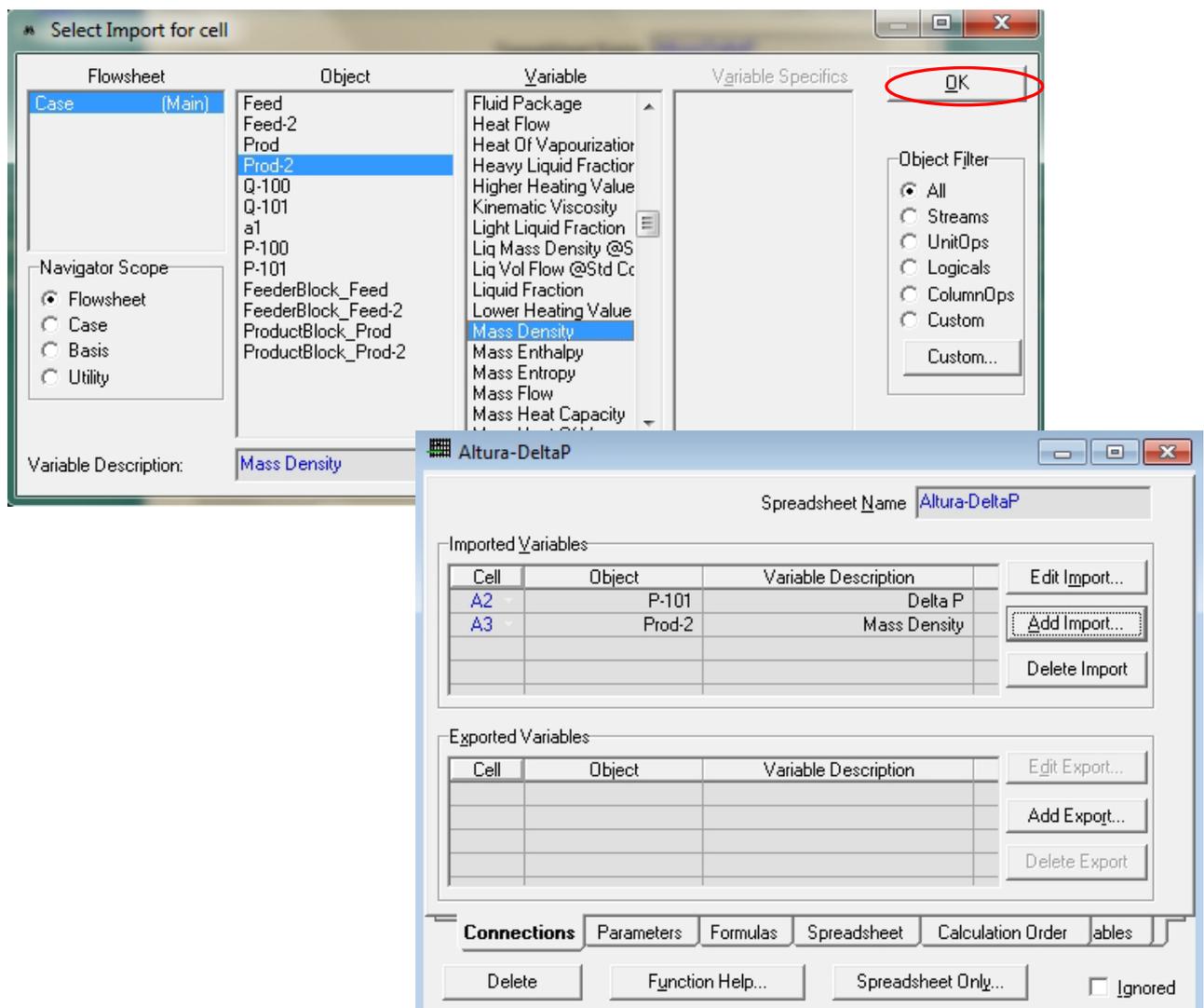
hacemos uso de una *hoja de datos* o *Spreadsheet* de la paleta de objetos.



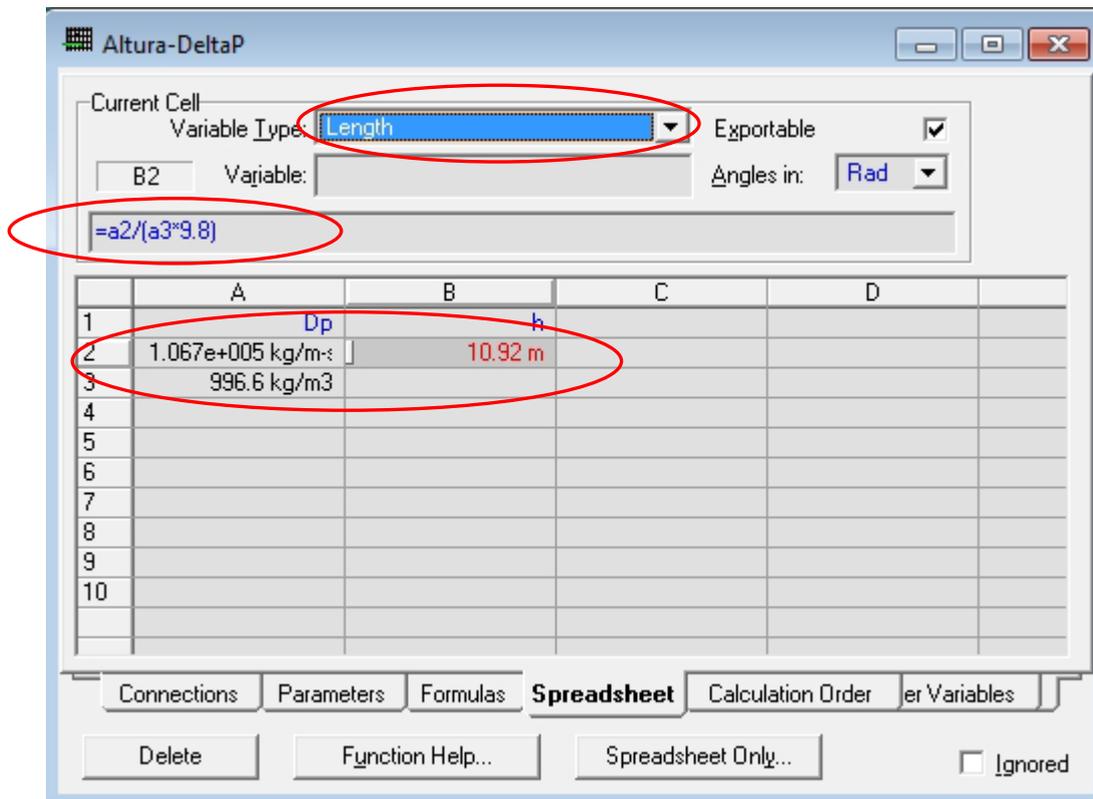
La pestaña Conection de la Spreadsheet queda:



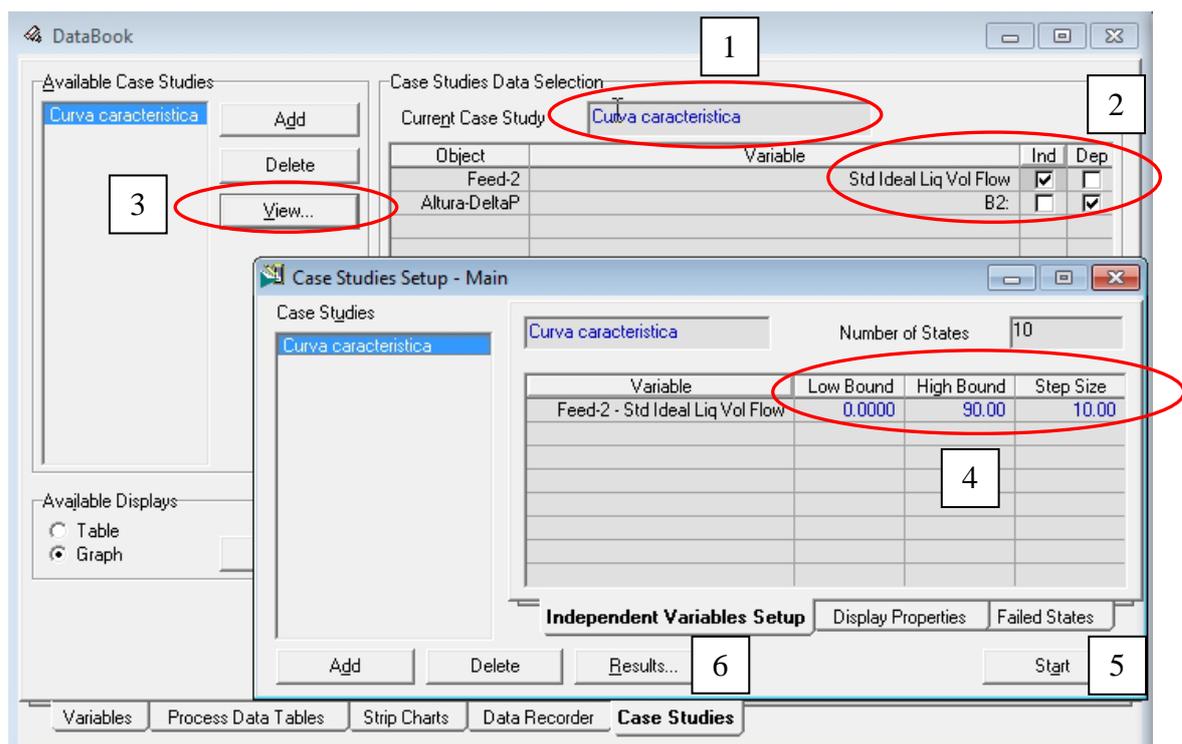
Agregamos la variable densidad másica de la corriente Prod-2:

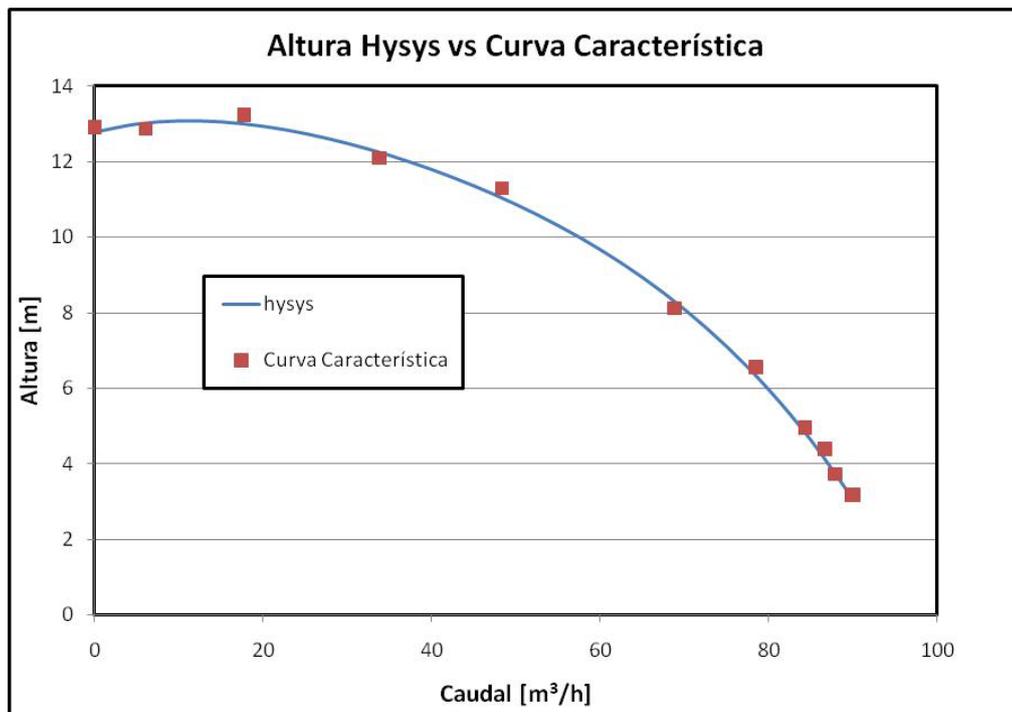
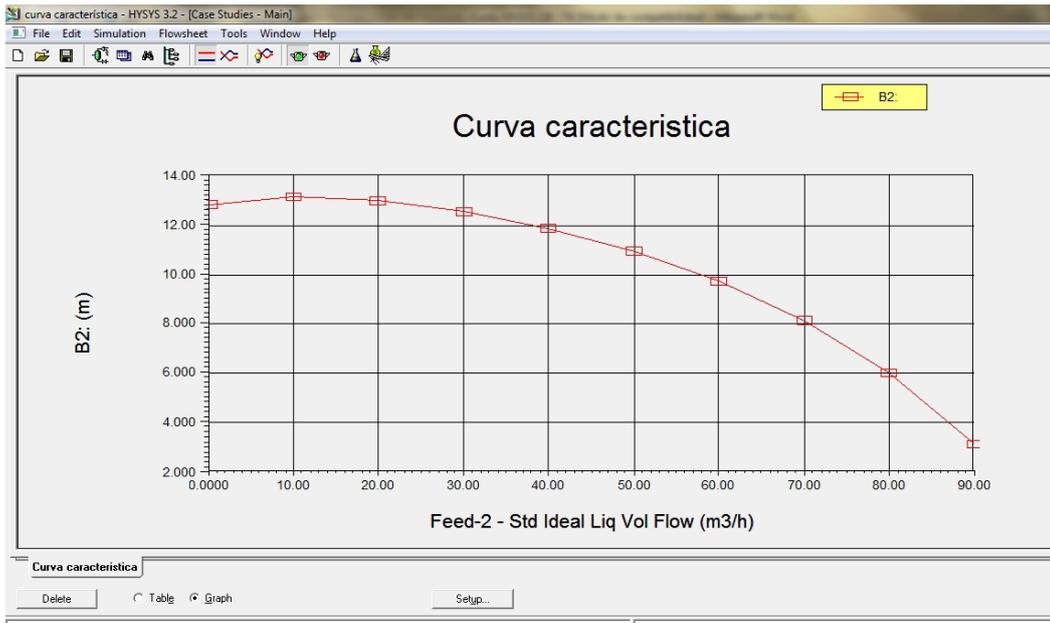


Ahora, en la celda B2, ingresamos la ecuación de la altura, y definimos el tipo de variable de dicha celda (Length), para que indique las unidades de la variable calculada.



Seguidamente, se cargan las variables en el databook y se indican en Case Study las dependientes e independientes, y se selecciona el rango de variación de la variable independiente (Mass Flow: 0 -90 m3/h).





Se puede apreciar que la curva calculada con Hysys se ajusta perfectamente a los puntos de la curva característica real de la bomba.