

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS  
MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

## **Introducción.**

El principal objetivo del presente manual es el de facilitar el acceso a un programa para el cálculo de redes cerradas y/o ramificadas. Está dirigido a personas que tengan cuando menos un poco de experiencia en el manejo de una microcomputadora y de flujo en tuberías.

Se presentan algunos ejemplos resueltos con tres herramientas:

- A. Programa en código basic, Streeter\_2022, adaptado de Streeter y Wylie<sup>1</sup>.

Para poder ejecutar el presente sistema, se requiere descomprimir el archivo Streeter\_2022.zip y luego ejecutar el archivo ejecutable tecleando su nombre, Streeter\_2022.

- B. Epanet.

Programa de software libre que se puede instalar desde la red.

- C. WaterGEMS, de Bentley.

De Bentley Institute Press<sup>2</sup>.

A continuación, se resolverán algunos ejemplos.

---

<sup>1</sup> Streeter and Wylie, "Fluid Mechanics", Eighth Edition. Mc Graw-Hill, USA 1985.

<sup>2</sup> COMPUTER APPLICATIONS IN HYDRAULIC ENGINEERING, EIGHTH EDITION.

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

## Ejemplo 1.

Se quiere resolver la red mostrada en la figura 1.1<sup>1</sup>. En la misma se encuentra la información y en la figura 1.2 la curva de gasto-carga del fabricante de la bomba.

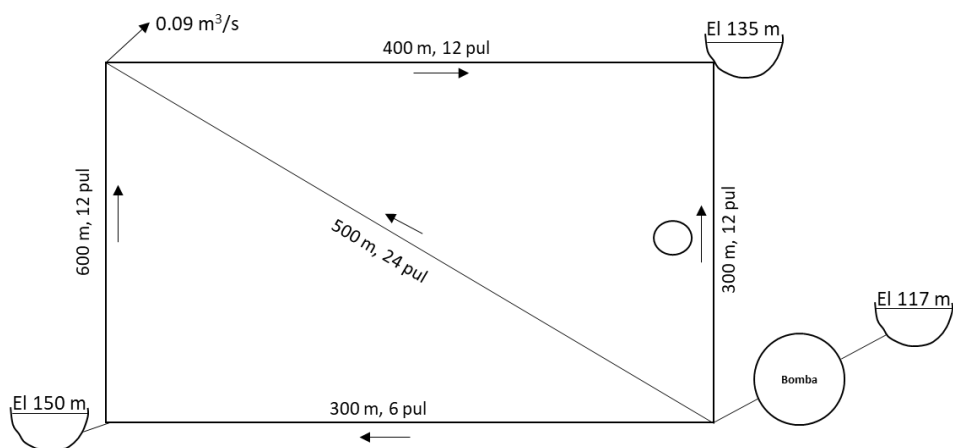


Figura 1.1

$h$	$Q$
30.00	0.00
29.00	0.03
26.00	0.06
20.00	0.09

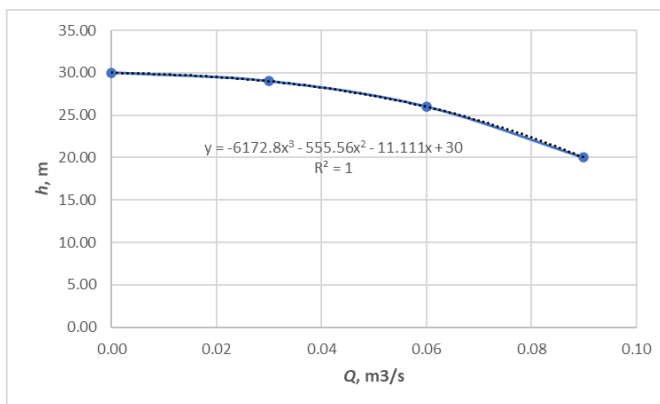


Figura 1.2

El presente ejemplo involucra todos los tipos de casos que se pueden presentar en los problemas resueltos por este programa [redes cerradas, abiertas y bomba(s)].

## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

### A. *Streeter\_2022.*

En la figura 1.3 se muestra la forma en que se arregló la red. Es muy importante notar en ella lo siguiente: se enumeraron los segmentos (con el sentido de los gastos iniciales supuestos, positivo en el sentido de las manecillas del reloj) y los nudos, se tienen tres nudos de carga constante (el 2, 3 y 5) y se han creado dos segmentos como seudocircuitos, el 6 y el 7, esto se hace siempre entre dos nudos de carga constante y sirve para tomar en cuenta las tuberías ramificadas (se debe notar que el sentido del gasto, aunque éste no exista, y del cálculo de la pérdida de carga en el seudocircuito se toma siempre en sentido positivo. Además, la pérdida de carga sigue el mismo criterio.). Con lo anterior, se crearon cuatro circuitos.

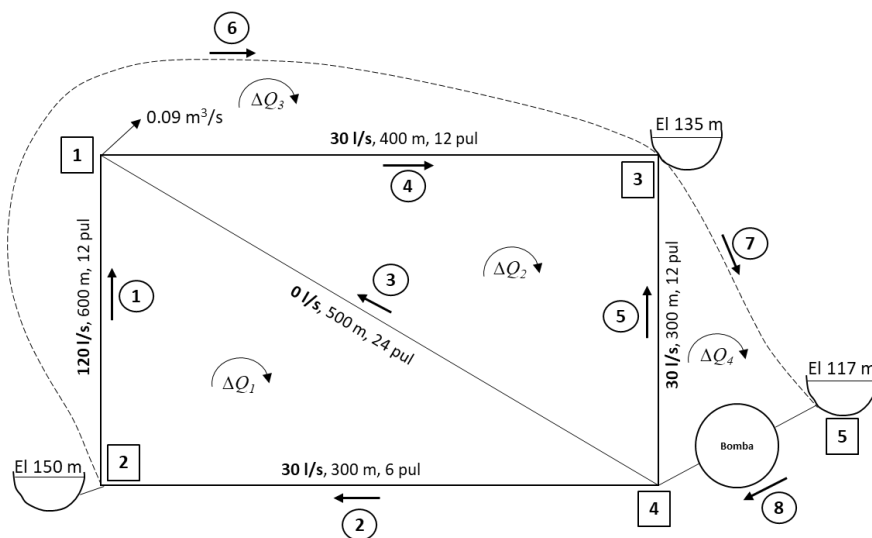


Figura 1.3

El archivo de datos para este caso se denominó EJEM1.DAT y a continuación se presenta y se explica su formato detenidamente:

```
EJEMPLO 11.12. Streeter
SI, 30, .001, .000001, 100.
5, HW
1, .12, 600., 0.3, .0
2, .03, 300., .15, .0
3, .0, 500., .6, .0
4, .03, 400., .3, .0
5, .03, 300., .3, .0
2, PS
6, 15.0
7, 18.0
1, PU
8, .06, .03, 30., 29., 26., 20.
16, IND
3, 2, 1, -3, 3, 4, -5, 3, 3, 6, -4, -1, 3, 5, 7, 8
```

## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

3, NODES  
2, 150.  
3, 135.  
5, 117.  
9, IX  
5, 8, 4, 2, 2, 1, 1, 4, 3

En la primera línea se tienen:

SI (Sistema Internacional) o USC (Sistema Inglés) = SI  
Iteraciones = 30  
Tolerancia = 0.001  
Viscosidad cinemática del fluido =  $0.000001 \text{ m}^2/\text{s}$   
Coeficiente de Hazen-Williams (global) = 100

Después, se colocan los elementos de la red en siguiente orden: tuberías, pseudoelementos y bombas. Para cada tipo de elemento, la primera línea proporciona el número de elementos de ese tipo, seguido de un identificador: HW o DW para tubería Hazen-Williams o Darcy-Weisbach, PS para pseudo elemento, PU para bomba. Luego se proporciona una línea de datos para cada elemento.

Entonces, en la segunda línea el número de segmentos, 5, y el tipo es Hazen-Williams, HW.

Después, de la línea 4 a la 8, están definidos cada elemento de la red:

En la cuarta línea se encuentran, **número de elemento**, **caudal** supuesto ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), **longitud** (m), **diámetro** (m), el **tipo** (en caso de que sea diferente del global inicial de 100, se ingresa el valor local. En este caso es igual a .0 porque se toma el global de 100).

El punto anterior se repite hasta la octava línea.

Posteriormente, en la línea novena se muestra el número de segmentos, 2, y su tipo "PS", pseudocircuito. En la décima línea el número de elemento y la diferencia de carga,  $150-135=15 \text{ m}$ . Aquí es importante notar que la pérdida de carga siempre es en sentido positivo del flujo supuesto.

Algo similar se hace en la onceava línea.

Finalmente, en este tipo de datos, se muestra en la línea doceava el **número de tipos** PU y el **tipo de elemento**, PU. el gasto supuesto,  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ , y de las curvas de funcionamiento de la bomba, específicamente de la curva Gasto vs Carga (figura 1.2), se obtiene con el  $\Delta Q$ ,  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ , los valores de las cargas  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  y  $H_3$ , que son 30, 29, 26 y 20 m, respectivamente. Aquí se debe aclarar que se tomaron las cargas cubriendo un intervalo entre 20 y 30 m. para la carga proporcionada por la bomba.

Enseguida aparece el número entero de un vector índice del circuito, 16, seguido de IND. La explicación es la siguiente: para el circuito I se tienen 3 segmentos (2, 1, -3, tomando el sentido de los gastos), para el II, 3 segmentos (4, -5, 3), para el III, 3 segmentos (6, -4, -1) y para el IV, 3 segmentos (5, 7,

## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

8). Es decir, en total se tienen 16 números, contando el número de segmentos por circuito y los segmentos según el sentido de sus gastos (positivo en el sentido de las manecillas del reloj, negativo en sentido contrario).

Luego viene el total de nudos con carga constante, 3, y NODES. El **número de nudo** y la **carga** de cada uno de ellos.

El archivo de datos termina con las direcciones de cálculo. Se tiene un 9 (seguido del índice IX) porque continúan ese número de valores, los cuales significan lo siguiente: el cálculo comenzará en nudo de carga constante 5, continuará por el segmento 8, el nudo 4, el segmento 2, el nudo 2, el segmento 1, el nudo 1, el segmento 4 y terminará en el nudo 3. Aquí es importante mencionar que cuando tenemos dos o más rutas para este cálculo, se deben separar con un 0 y recomenzar en un nudo, posteriormente se verá esto en otro ejemplo.

A continuación, se muestra el resultado arrojado por el programa Streeter\_2022.

Como comentario, en base a los resultados, se puede decir que la carga aportada por la bomba para las condiciones del problema fue de  $117 - 137.76 = -20.76$  m. (negativa porque es ganancia de energía) comprobando que se encuentra entre los 20 y 30 m. supuestos al principio, es decir, entre 137 y 147 m.

Cuando se manejen los datos de una bomba, se debe ser muy cuidadoso en que el sistema cumpla con las condiciones expresadas en el párrafo anterior. Es decir, que la bomba esté trabajando entre las cargas obtenidas de sus curvas de funcionamiento, gasto vs carga.

### EXAMPLE 11.12

```
SISTEMA INTERNACIONAL, Viscosidad en m^2/s = .000001
TOLERANCIA DESEADA = .001 NO. DE ITERACIONES = 30
TUBO Q(pie^2/s o m^3/s) L(pie o m) D(pie o m) HW C o EPS
1      0.120      600.000      0.300      100.00000
2      0.030      300.000      0.150      100.00000
3      0.000      500.000      0.600      100.00000
4      0.030      400.000      0.300      100.00000
5      0.030      300.000      0.300      100.00000
6 DIFERENCIA ELEV. RESERVORIO = 15
7 DIFERENCIA ELEV. RESERVORIO = 18
8 CURVA DE LA BOMBA, DQ= .03 H= 30      29      26      20
      COEF. EN LA BOMBA = 30 -11.11111 -555.5556 -6172.84
IND= 3 2 1 -3 3 4 -5 3 3 6 -4 -1 3 5 7 8
ITERACION NO. 1 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.1385

ITERACION NO. 2 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.1040

ITERACION NO. 3 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0372

ITERACION NO. 4 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0034
```

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

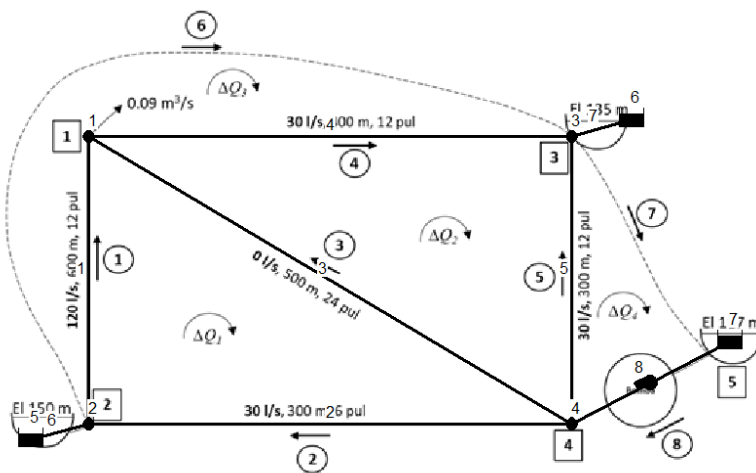
ITERACION NO. 5 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0006

ELEMENTO	FLUJO	VELOCIDAD
1	0.1435	2.0300
2	-0.0337	-1.9086
3	0.0266	0.0939
4	0.0800	1.1324
5	0.0940	1.3304
8	0.0869	

IX = 5 8 4 2 2 1 1 4 3

CARGA	UNION
1	137.811
2	150.044
3	135.044
4	137.797
5	117.000

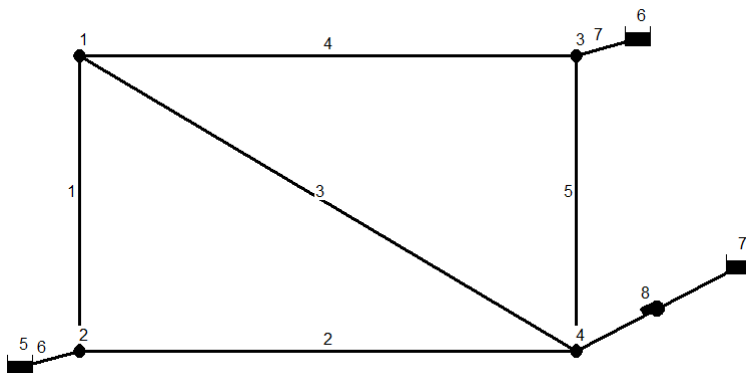
## B. Epanet.



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

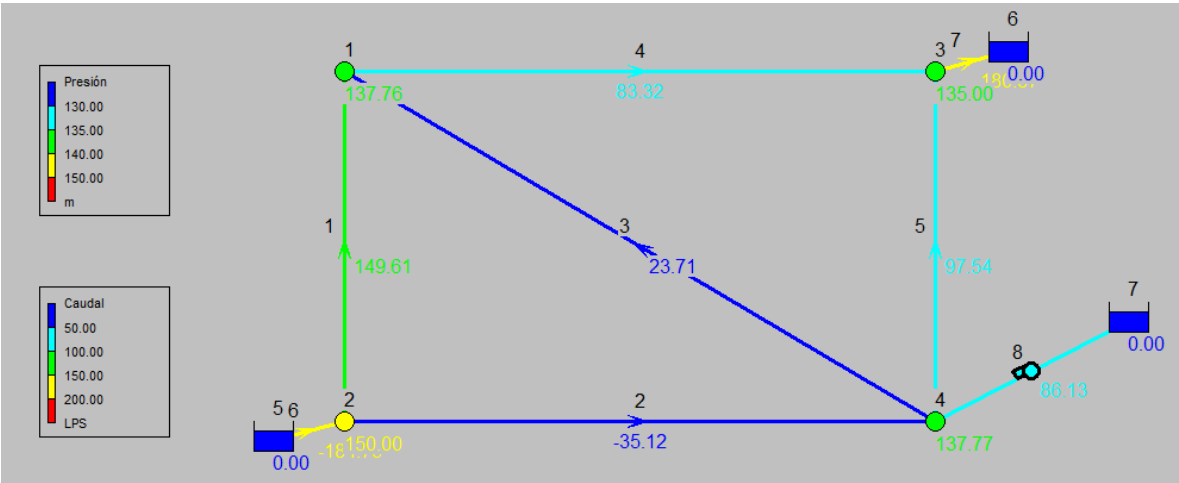
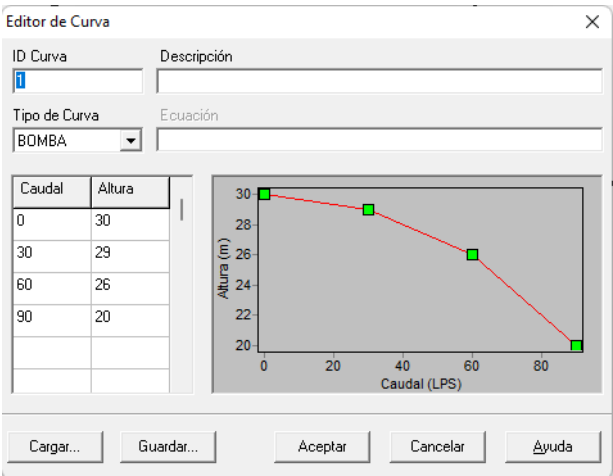


ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	Calidad	Estado
Tubería 1	600	304.8	100	149.61	2.05	20.39	0.029	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	300	152.4	100	-35.12	1.93	40.74	0.033	0.00	0.00	Abierto
Tubería 3	500	609.6	100	23.71	0.08	0.02	0.042	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	400	304.8	100	83.32	1.14	6.90	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	300	304.8	100	97.54	1.34	9.23	0.031	0.00	0.00	Abierto
Tubería 6	0.1	300	100	-184.73	2.61	32.56	0.028	0.00	0.00	Abierto
Tubería 7	0.1	300	100	180.87	2.56	31.25	0.028	0.00	0.00	Abierto
Bomba 8	No Disponible	No Disponible	No Disponible	86.13	0.00	-20.77	0.000	0.00	0.00	Abierto

ID Nudo	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 1	90	90.00	137.76	137.76	0.00
Conexión 2	0	0.00	150.00	150.00	0.00
Conexión 3	0	0.00	135.00	135.00	0.00
Conexión 4	0	0.00	137.77	137.77	0.00
Embalse 5	No Disponible	-184.73	150.00	0.00	0.00
Embalse 6	No Disponible	180.87	135.00	0.00	0.00
Embalse 7	No Disponible	-86.13	117.00	0.00	0.00

METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS  
MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



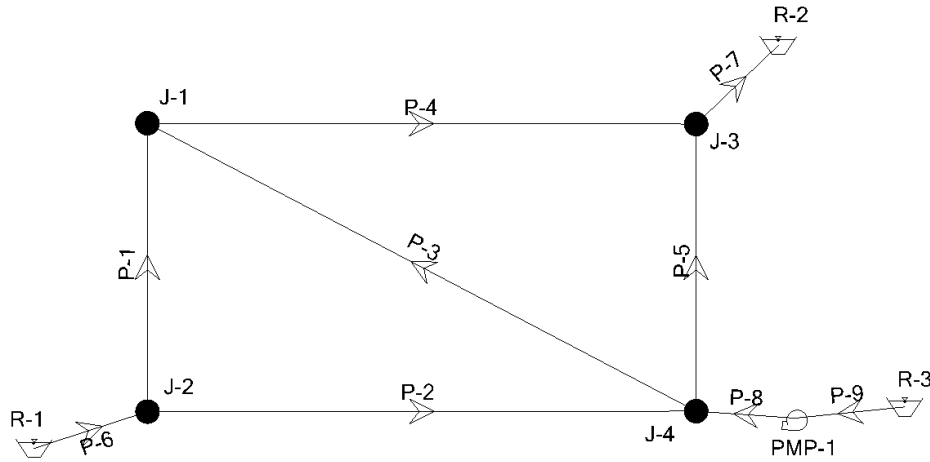


# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

### C. Bentley:



Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
1 All Time Steps(1)	True	5	0.0007618	262.65	90.00	172.65
0.00	True	5	0.0007618	262.65	90.00	172.65

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)
53: P-1	53	P-1	22.44	J-2	J-1	12.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	148.68	2.04	0.020	✓	600.00
52: P-2	52	P-2	43.22	J-4	J-2	6.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-34.90	1.91	0.040	✓	300.00
54: P-3	54	P-3	48.02	J-1	J-4	24.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-24.25	0.08	0.000	✓	500.00
48: P-4	48	P-4	42.35	J-1	J-3	12.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	82.93	1.14	0.007	✓	400.00
50: P-5	50	P-5	22.64	J-3	J-4	12.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-97.09	1.33	0.009	✓	300.00
60: P-6	60	P-6	8.40	R-1	J-2	6.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	183.58	10.06	0.872	✓	0.10
58: P-7	58	P-7	8.85	R-2	J-3	6.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-180.02	9.87	0.841	✓	0.10
64: P-8	64	P-8	7.73	PMP-1	J-4	6.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	86.44	4.74	0.216	✓	0.10
63: P-9	63	P-9	8.54	R-3	PMP-1	6.00	Ductile I...	100.0	<input type="checkbox"/>	0.000	86.44	4.74	0.216	✓	0.10

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (kPa)
46: J-1	46	J-1	0.00	<None>	<Collected...>	90.00	137.82	1,349
51: J-2	51	J-2	0.00	<None>	<Collected...>	0.00	149.91	1,467
47: J-3	47	J-3	0.00	<None>	<Collected...>	0.00	135.08	1,322
49: J-4	49	J-4	0.00	<None>	<Collected...>	0.00	137.83	1,349

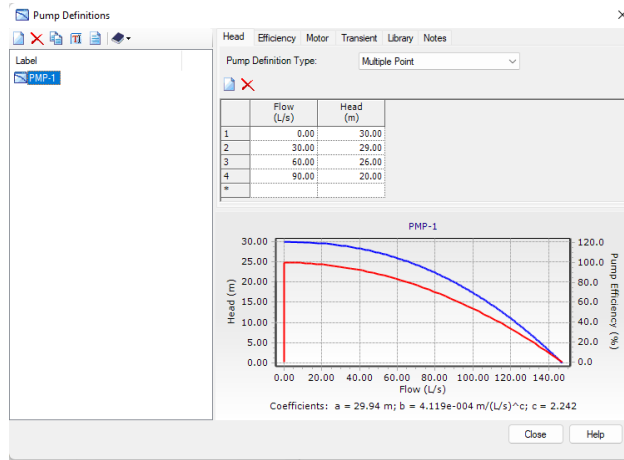
	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (m)
59: R-1	59	R-1	150.00	<None>	183.58	150.00
56: R-2	56	R-2	135.00	<None>	-180.02	135.00
61: R-3	61	R-3	117.00	<None>	86.44	117.00

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

	ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (L/s)	Pump Head (m)
62: PMP-1		PMP-1	0.00	PMP-1	On	116.98	137.85	86.44	20.87



### D. Comparando.

Elemento	Streeter_2022		Epanet		Bentley	
	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)
1	143.5	2.0300	149.61	2.05	148.68	2.04
2	33.7	1.9086	35.12	1.93	34.90	1.91
3	26.6	0.0939	23.71	0.08	24.25	0.08
4	80.0	1.1324	83.32	1.14	82.93	1.14
5	94.0	1.3304	97.54	1.34	97.09	1.33
8	86.9		86.13		86.44	

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

Unión	Streeter_2022 (m)	Epanet (m)	Bentley (m)
1	137.811	137.76	137.82
2	150.044	150.00	150.00
3	135.044	135.00	135.00
4	137.797	137.77	137.82
5	117.000	117.00	117.00

## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

### Ejemplo 2.

En la figura 4 se muestra el sistema a analizar en el presente ejemplo, en la 5 los datos de la bomba y en la 6 la red ya procesada.

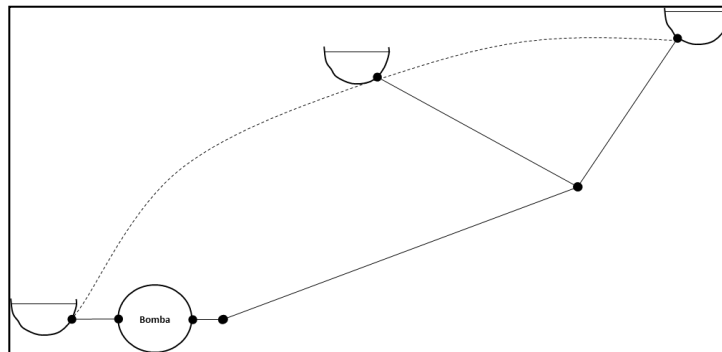


Figura 4

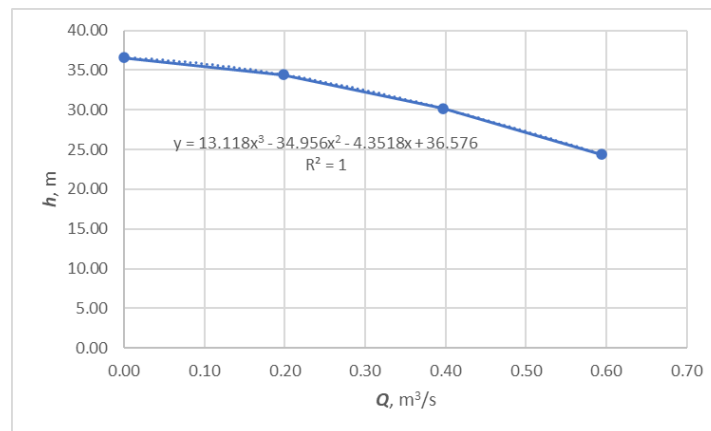


Figura 5

## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

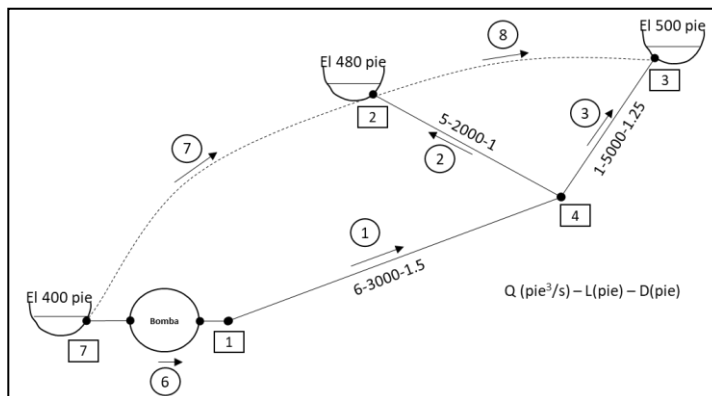


Figura 6

### A. *Streeter\_2022.*

El archivo de datos, denominado EJEM2.DAT, quedará:

```
FIGURA 11.21. Streeter.
USC, 20., .01, .00001, 120
3, HW
1, 6., 3000., 1.5, .0
2, 5., 2000., 1.0, .0
3, 1., 5000., 1.25, .0
2, PS
7, -80.
8, -20
1, PU
6, 6., 7., 120., 113., 99., 80
9, IND
4, 7, -2, -1, -6, 3, 8, -3, 2
1, NODES
7, 400.
11, IX
7, 6, 1, 1, 4, 2, 2, 0, 4, 3, 3
```

Lo más importante a notar en el archivo anterior son los 11 últimos números que representan la(s) ruta(s) del cálculo, las cuales son: nudo 1, segmento 1, nudo 2, segmento 2, nudo 3, segmento 3 y nudo 4 (esta es la 1er ruta); luego viene un número 0, es para separar las rutas de cálculo; después, nudo 3 (siempre se comienza una ruta con número de nudo, ya que ahí se localiza una carga) segmento 4, nudo 5 (completándose una 2da ruta de cálculo). Con lo anterior se cubren todos los nudos y, por lo tanto, también los segmentos.

Resultados de Streeter\_2022,

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

FIGURA 11.21. Streeter.

SISTEMA INGLES, Viscosidad en  $\text{pie}^2/\text{s} = .00001$

TOLERANCIA DESEADA = .01 NO. DE ITERACIONES = 20

TUBO Q( $\text{pie}^2/\text{s}$  o  $\text{m}^3/\text{s}$ ) L( $\text{pie}$  o  $\text{m}$ ) D( $\text{pie}$  o  $\text{m}$ ) HW C o EPS

1	6.000	3000.000	1.500	120.00000
2	5.000	2000.000	1.000	120.00000
3	1.000	5000.000	1.250	120.00000

7 DIFERENCIA ELEV. RESERVOIRIO = -80

8 DIFERENCIA ELEV. RESERVOIRIO = -20

6 CURVA DE LA BOMBA, DQ= 7 H= 120 113 99 80  
COEF. EN LA BOMBA = 120 -.4047619 -9.183674E-02 9.718173E-04

IND= 4 7 -2 -1 -6 3 8 -3 2

ITERACION NO. 1 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.5059

ITERACION NO. 2 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.5969

ITERACION NO. 3 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.2982

ITERACION NO. 4 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.1484

ITERACION NO. 5 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0738

ITERACION NO. 6 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0366

ITERACION NO. 7 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0182

ITERACION NO. 8 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0090

ELEMENTO FLUJO VELOCIDAD

1	6.7208	3.8032
2	4.7547	6.0538
3	1.9662	1.6022
6	6.7208	

IX = 7 6 1 1 4 2 2 0 4 3 3

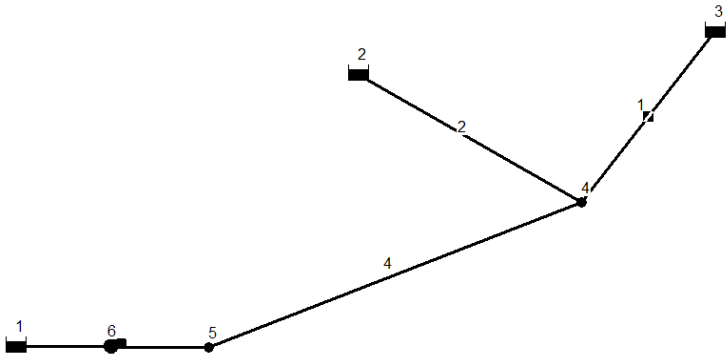
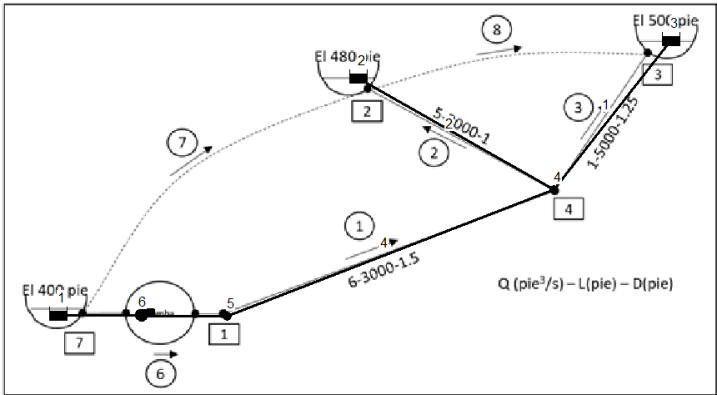
CARGA UNION

1	513.426
2	480.035
3	500.035
4	503.968
7	400.000

## B. Epanet.

METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS  
MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



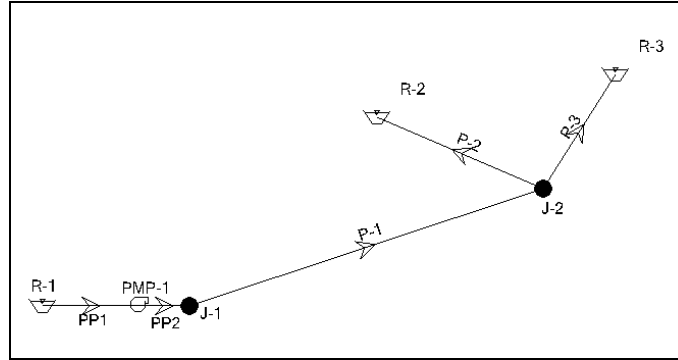
ID Línea	Longitud ft	Diámetro in	Rugosidad	Caudal CFS	Velocidad fps	Pérd. Unit. ft/Kft	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción mg/L/d	Calidad	Estado
Tubería 1	5000	15	120	1.95	1.59	0.78	0.025	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	2000	12	120	4.75	6.05	11.94	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	3000	18	120	-6.70	3.79	3.14	0.021	0.00	0.00	Abierto
Bomba 6	No Disponible	No Disponible	No Disponible	6.70	0.00	-113.30	0.000	0.00	0.00	Abierto

ID Nudo	Demanda Base CFS	Demanda CFS	Altura ft	Presión psi	Calidad
Conexión 4	0	0.00	503.89	218.33	0.00
Conexión 5	0	0.00	513.30	222.41	0.00
Embalse 1	No Disponible	-6.70	400.00	0.00	0.00
Embalse 2	No Disponible	4.75	480.00	0.00	0.00
Embalse 3	No Disponible	1.95	500.00	0.00	0.00

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

## C. Bentley.



	ID	Label	Length (Scaled) (ft)	Start Node	Stop Node	Diameter (ft)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (ft/ft)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (ft)
37: P-1	37	P-1	130.56	J-1	J-2	1.50	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	190.00	1.16	0.003	✓	3,000.00
39: P-2	39	P-2	63.36	J-2	R-2	1.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	134.55	1.84	0.012	✓	2,000.00
38: P-3	38	P-3	47.36	J-2	R-3	1.25	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	55.46	0.49	0.001	✓	5,000.00
33: PP1	33	PP1	33.93	R-1	PMP-1	0.50	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	190.00	10.42	0.663	✓	0.10
36: PP2	36	PP2	17.50	PMP-1	J-1	0.50	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	190.00	10.42	0.663	✓	0.10

	ID	Label	Elevation (ft)	Zone	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (ft)
29: R-1	29	R-1	400.00	<None>	190.00	400.00
30: R-2	30	R-2	480.00	<None>	-134.55	480.00
31: R-3	31	R-3	500.00	<None>	-55.46	500.00

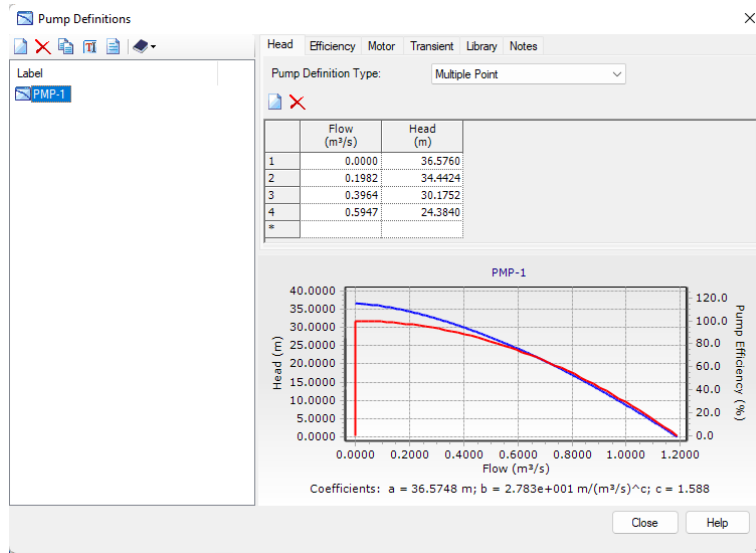
	ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (m³/s)	Pump Head (m)
32: PMP-1	32	PMP-1	0.0000	PMP-1	On	121.8998	156.4836	0.1900	34.58



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

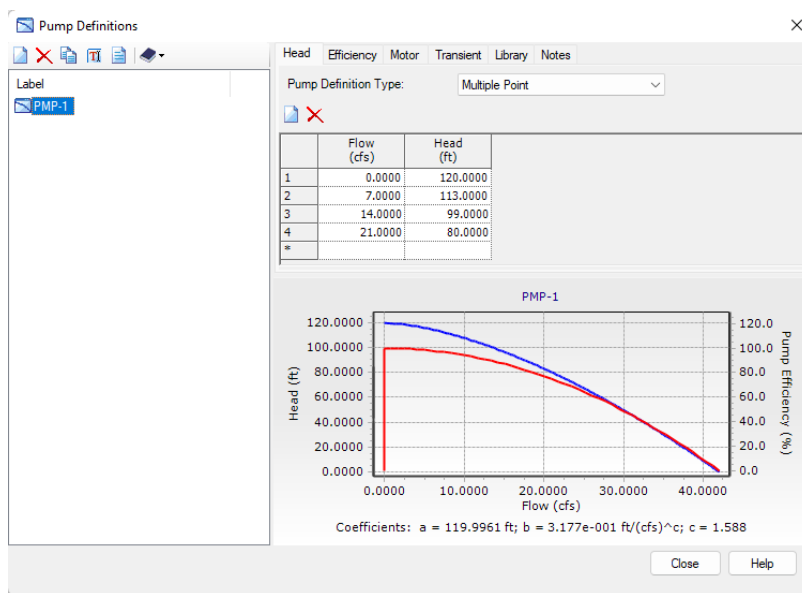


	ID	Label	Length (Scaled) (ft)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (cfs)	Velocity (ft/s)	Headloss Gradient (ft/ft)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (ft)
37: P-1	37	P-1	130.56	J-1	J-2	18.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6.7100	3.80	0.003	<input checked="" type="checkbox"/>	3,000.00
39: P-2	39	P-2	63.36	J-2	R-2	12.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4.7515	6.05	0.012	<input checked="" type="checkbox"/>	2,000.00
38: P-3	38	P-3	47.36	J-2	R-3	15.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1.9584	1.60	0.001	<input checked="" type="checkbox"/>	5,000.00
33: PP1	33	PP1	33.93	R-1	PMP-1	6.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6.7100	34.17	0.663	<input checked="" type="checkbox"/>	0.10
36: PP2	36	PP2	17.50	PMP-1	J-1	6.00	Ductile I...	120.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6.7100	34.17	0.663	<input checked="" type="checkbox"/>	0.10

	ID	Label	Elevation (ft)	Zone	Demand Collection	Demand (cfs)	Hydraulic Grade (ft)	Pressure (kPa)
34: J-1	34	J-1	0.0000	<None>	<Collected...>	0.0000	513.3315	1,531
35: J-2	35	J-2	0.0000	<None>	<Collected...>	0.0000	503.9037	1,503

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



## D. Comparando.

Elemento	Streeter_2022		Epanet		Bentley	
	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)
1	6.7208	3.8032	6.71	3.80	6.70	3.79
2	4.7547	6.0538	4.75	6.05	4.75	6.05
3	1.9662	1.6022	1.96	1.60	1.95	1.59
6	6.7208					

Unión	Streeter_2022 (m)	Epanet (m)	Bentley (m)
1	137.811	137.76	137.82

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

2	150.044	150.00	150.00
3	135.044	135.00	135.00
4	137.797	137.77	137.82
5	117.000	117.00	117.00

Salvador Díaz Maldonado

En la figura 7 se muestra el sistema a resolver y en la figura 8 listo para ser procesado con Mi-Cross.

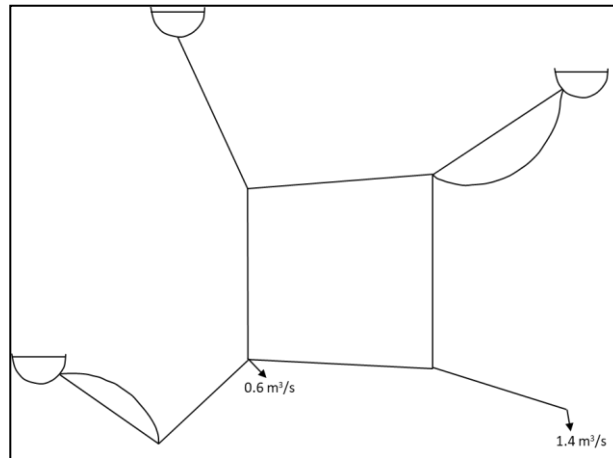
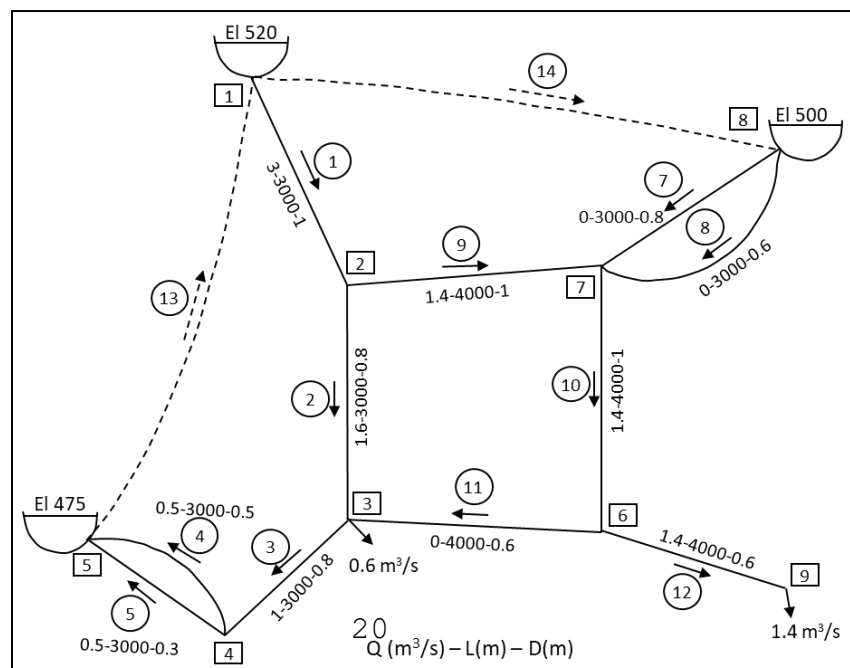


Figura 7

A. *Streeter\_2022.*



**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

Figura 8

Entonces, según los datos el archivo, que se denominará EJEM3.DAT quedará de la siguiente manera:

```
FIGURA 11.22. Streeter.
SI,30,.002,.0000012,.0005
11,DW
1,3.,3000.,1.,.0
2,1.6,3000.,0.8,.0
3,1.,3000.,0.8,.0
4,.5,3000.,0.5,.0
5,.5,3000.,0.3,.0
7,0.,3000.,0.8,.0
8,0.,3000.,0.6,.0
9,1.4,4000.,1.0,.0
10,1.4,4000.,1.0,.0
11,0.,4000.,0.6,.0
12,1.4,4000.,0.6,.0
2,PS
13,-45
14,20.0
0,PU
22,IND
5,1,2,3,4,13,4,9,10,11,-2,2,-7,8,2,-4,5,4,14,7,-9,-1
1,NODES
1,520
21,IX
1,1,2,2,3,3,4,4,5,0,3,-11,6,12,9,0,2,9,7,-8,8
```

A continuación, se muestran los resultados de Streeter\_2022:

```
FIGURA 11.22. Streeter.
SISTEMA INTERNACIONAL, Viscosidad en m^2/s = .0000012
TOLERANCIA DESEADA = .001 NO. DE ITERACIONES = 30
TUBO Q(pie^2/s o m^3/s) L(pie o m) D(pie o m) HW C o EPS
1      3.000      3000.000      1.000      0.00050
2      1.600      3000.000      0.800      0.00050
3      1.000      3000.000      0.800      0.00050
4      0.500      3000.000      0.500      0.00050
5      0.500      3000.000      0.300      0.00050
```

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

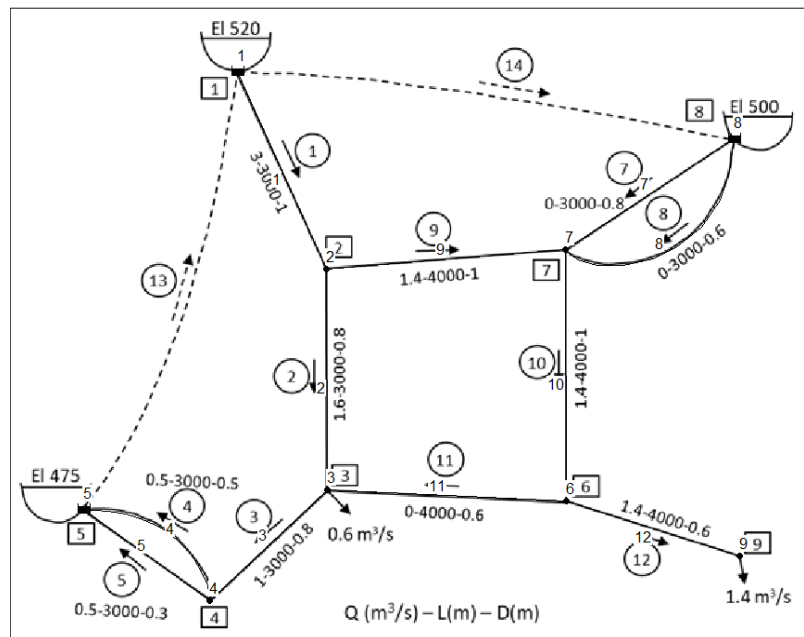
7	0.000	3000.000	0.800	0.00050	
8	0.000	3000.000	0.600	0.00050	
9	1.400	4000.000	1.000	0.00050	
10	1.400	4000.000	1.000	0.00050	
11	0.000	4000.000	0.600	0.00050	
12	1.400	4000.000	0.600	0.00050	
13 DIFERENCIA ELEV. RESERVOIRIO = -45					
14 DIFERENCIA ELEV. RESERVOIRIO = 20					
IND= 5 1 2 3 4 13 4 9 10 11 -2 2 -7 8 2 -4 5 4 14 7 -9 -1					
ITERACION NO. 1		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			1.1158
ITERACION NO. 2		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.5832
ITERACION NO. 3		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.3278
ITERACION NO. 4		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.1862
ITERACION NO. 5		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0874
ITERACION NO. 6		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0382
ITERACION NO. 7		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0158
ITERACION NO. 8		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0064
ITERACION NO. 9		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0026
ITERACION NO. 10		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0010
ITERACION NO. 11		SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO =			0.0004
ELEMENTO FLUJO VELOCIDAD					
1	1.9556	2.4900			
2	1.0287	2.0465			
3	0.3546	0.7055			
4	0.2814	1.4331			
5	0.0732	1.0357			
7	0.2717	0.5405			
8	0.1273	0.4502			
9	0.9270	1.1802			
10	1.3259	1.6882			
11	-0.0741	-0.2620			
12	1.4000	4.9515			
IX = 1 1 2 2 3 3 4 4 5 0 3 -11 6 12 9 0 2 9 7 -8 8					
CARGA UNION					
1	520.000				
2	503.865				

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

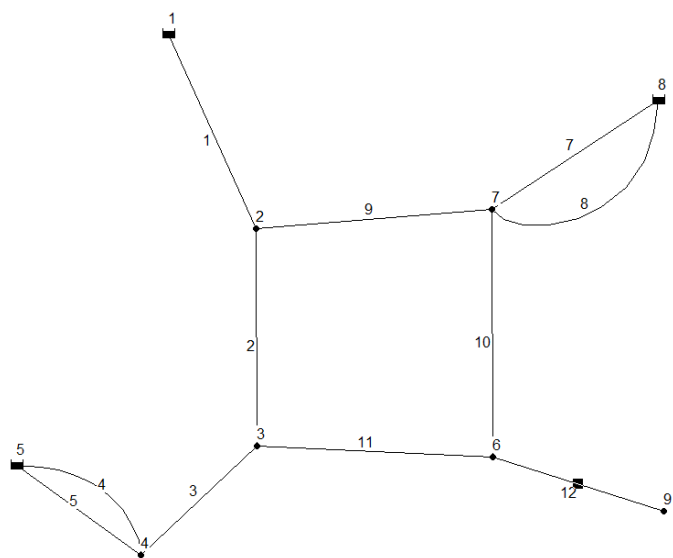
3	489.481
4	487.715
5	474.993
6	488.987
7	498.950
8	500.001
9	330.779

## B. Epanet.



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO


Salvador Díaz Maldonado





**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

<div>                      Tabla de Red - Líneas                 </div>			
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm
Tubería 1	3000	1000	0.5
Tubería 2	3000	800	0.5
Tubería 3	3000	800	0.5
Tubería 4	3000	500	0.5
Tubería 5	3000	300	0.5
Tubería 7	3000	800	0.5
Tubería 8	3000	600	0.5
Tubería 9	4000	1000	0.5
Tubería 10	4000	1000	0.5
Tubería 11	4000	600	0.5
Tubería 12	4000	600	0.5

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

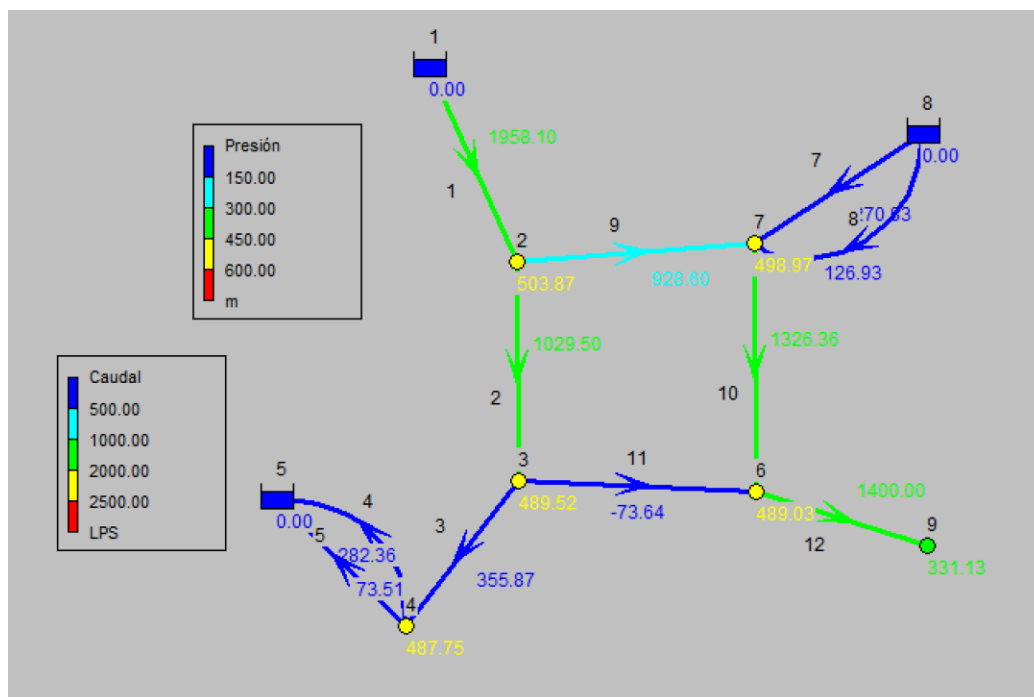
Tabla de Red - Nudos		
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS
Conexión 2	0	0
Conexión 3	0	600
Conexión 4	0	0
Conexión 6	0	0
Conexión 7	0	0
Conexión 9	0	1400
Embalse 1	520	No Disponible
Embalse 5	475	No Disponible
Embalse 8	500	No Disponible

Tabla de Red - Líneas					
ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Estado
Tubería 1	1958.10	2.49	5.38	0.017	Abierto
Tubería 2	1029.50	2.05	4.79	0.018	Abierto
Tubería 3	355.87	0.71	0.59	0.018	Abierto
Tubería 4	282.36	1.44	4.25	0.020	Abierto
Tubería 5	73.51	1.04	4.25	0.023	Abierto
Tubería 7	270.83	0.54	0.34	0.019	Abierto
Tubería 8	126.93	0.45	0.34	0.020	Abierto
Tubería 9	928.60	1.18	1.23	0.017	Abierto
Tubería 10	1326.36	1.69	2.48	0.017	Abierto
Tubería 11	-73.64	0.26	0.12	0.021	Abierto
Tubería 12	1400.00	4.95	39.48	0.019	Abierto

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 2	0	0	0.00	503.87	503.87
Conexión 3	0	600	600.00	489.52	489.52
Conexión 4	0	0	0.00	487.75	487.75
Conexión 6	0	0	0.00	489.03	489.03
Conexión 7	0	0	0.00	498.97	498.97
Conexión 9	0	1400	1400.00	331.13	331.13
Embalse 1	520	No Disponible	-1958.10	520.00	0.00
Embalse 5	475	No Disponible	355.87	475.00	0.00
Embalse 8	500	No Disponible	-397.76	500.00	0.00



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

### C. Bentley.

FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (Streeter\_3.wtg)

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Rugosidad Darcy-Weisbach (m)	Length (User Defined) (m)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (m³/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Headloss (Friction) (m)
55: P-1	55	P-1	12.34	J-2	R-2	1.00	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-1.9583	2.49	0.005	16.13
51: P-2	51	P-2	9.51	J-3	J-2	0.80	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-1.0296	2.05	0.005	14.36
54: P-3	54	P-3	10.60	J-4	J-3	0.80	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-0.3560	0.71	0.001	1.77
53: P-4	53	P-4	12.48	R-1	J-4	0.50	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-0.2825	1.44	0.004	12.75
69: P-5	69	P-5	10.80	R-1	J-4	0.30	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-0.0735	1.04	0.004	12.75
70: P-7	70	P-7	10.28	J-7	R-3	0.80	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-0.2707	0.54	0.000	1.03
56: P-8	56	P-8	12.22	J-7	R-3	0.60	Ductile I...	0.5000	3,000.00	0.000	-0.1270	0.45	0.000	1.03
48: P-9	48	P-9	15.33	J-2	J-7	1.00	Ductile I...	0.5000	4,000.00	0.000	0.9287	1.18	0.001	4.91
49: P-10	49	P-10	14.95	J-7	J-6	1.00	Ductile I...	0.5000	4,000.00	0.000	1.3264	1.69	0.002	9.93
50: P-11	50	P-11	15.31	J-6	J-3	0.60	Ductile I...	0.5000	4,000.00	0.000	-0.0736	0.26	0.000	0.48
58: P-12	58	P-12	9.52	J-6	J-9	0.60	Ductile I...	0.5000	4,000.00	0.000	1.4000	4.95	0.020	81.50

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (Streeter\_3.wtg)

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (m³/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (kPa)
44: J-2	44	J-2	0.0000	0.0000	503.8739	4,931
45: J-3	45	J-3	0.0000	0.6000	489.5185	4,791
52: J-4	52	J-4	0.0000	0.0000	487.7533	4,774
46: J-6	46	J-6	0.0000	0.0000	489.0379	4,786
47: J-7	47	J-7	0.0000	0.0000	498.9667	4,883
57: J-9	57	J-9	0.0000	1.4000	407.5403	3,989

FlexTable: Reservoir Table (Current Time: 0.000 hours) (Streeter\_3.wtg)

	ID	Elevation (m)	Flow (Out net) (m³/s)	Hydraulic Grade (m)
41: R-1	41	475.0000	-0.3560	475.0000
42: R-2	42	520.0000	1.9583	520.0000
43: R-3	43	500.0000	0.3977	500.0000

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

*D. Comparando.*

Elemento	Streeter_2022		Epanet		Bentley	
	Flujo (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)	Flujo (l/s)	Velocidad (m/s)	Flujo (m <sup>3</sup> /s)	Velocidad (m/s)
1	1.9556	2.4900	1,958.1	2.49	1.9583	2.49
2	1.0287	2.0465	1,029.5	2.05	1.0296	2.05
3	0.3546	0.7055	355.9	0.71	0.3560	0.71
4	0.2814	1.4331	282.4	1.44	0.2825	1.44
5	0.0732	1.0357	73.5	1.04	0.0735	1.04
7	0.2717	0.5405	270.8	0.54	0.2707	0.54
8	0.1273	0.4502	126.9	0.45	0.1270	0.45
9	0.9270	1.1802	928.6	1.18	0.9287	1.18
10	1.3259	1.6882	1,326.4	1.69	1.3264	1.69
11	0.0741	0.2620	74.6	0.26	0.0736	0.26
12	1.4000	4.9515	1,400.0	4.95	1.4000	4.95

Unión	Streeter_2022 (m)	Epanet (m)	Bentley (m)
1	520.000	520.00	
2	503.865	503.87	503.8739
3	489.481	489.52	489.5185

**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

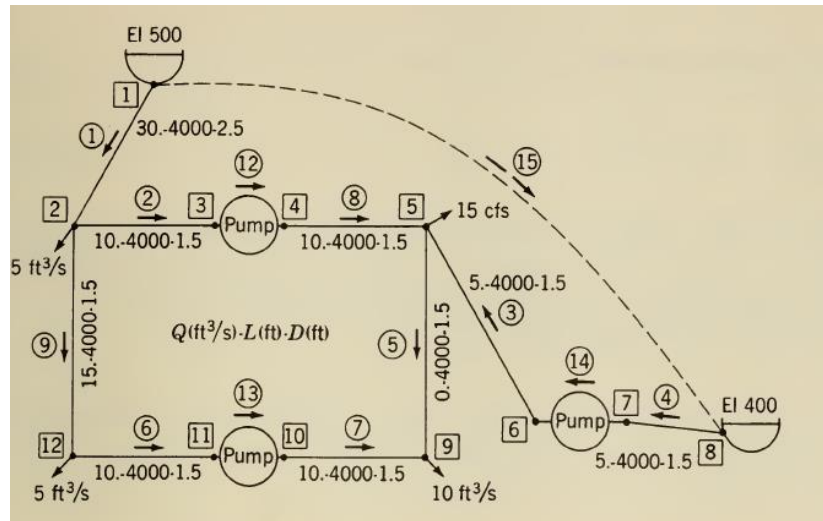
4	487.715	487.75	487.7533
5	474.993	475.00	475.0000
6	488.987	489.03	489.0379
7	498.950	498.97	498.9667
8	500.001	500.00	500.0000
9	330.779	331.13	407.5403

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

## Ejemplo 4.

En las figuras 9 y 11 se presentan redes cerradas, abiertas, así como bombas; con lo cual se tienen todas las posibilidades que cubre el presente programa.



### A. *Streeter\_2022.*

A continuación, se muestra el archivo de datos, el cual se denominó EJEM4.DAT.

```
FIGURE 11.23. Streeter
EN, 30, .02, .00001, 120
9, HW
1, 30., 4000., 2.5, .0
2, 10., 4000., 1.5, .0
3, 5.0, 4000., 1.5, .0
4, 5.0, 4000., 1.5, .0
5, 0.0, 4000., 1.5, .0
6, 10., 4000., 1.5, .0
7, 10., 4000., 1.5, .0
8, 10., 4000., 1.5, .0
9, 15., 4000., 1.5, .0
1, PS
15, 100.
```

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

3, PU  
 12, 10., 7., 100., 93., 79., 55.  
 13, 10., 7., 110., 103., 89., 65.  
 14, 5., 7., 150., 143., 129., 105.  
 18, IND  
 8, 2, 12, 8, 5, -7, -13, -6, -9, 8, 15, 4, 14, 3, -8, -12, -2, -1  
 2, NODES  
 1, 500.  
 8, 400.  
 23, IX  
 1, 1, 2, 2, 3, 12, 4, 8, 5, 5, 9, -7, 10, -13, 11, -6, 12, 0, 8, 4, 7, 14, 6

### Resultados,

FIGURE 11.23. Streeter

SISTEMA INGLES, Viscosidad en  $\text{pie}^2/\text{s} = .00001$

TOLERANCIA DESEADA = .02 NO. DE ITERACIONES = 30

TUBO Q( $\text{pie}^2/\text{s}$  o  $\text{m}^3/\text{s}$ ) L( $\text{pie}$  o  $\text{m}$ ) D( $\text{pie}$  o  $\text{m}$ ) HW C o EPS

1	30.000	4000.000	2.500	120.00000
2	10.000	4000.000	1.500	120.00000
3	5.000	4000.000	1.500	120.00000
4	5.000	4000.000	1.500	120.00000
5	0.000	4000.000	1.500	120.00000
6	10.000	4000.000	1.500	120.00000
7	10.000	4000.000	1.500	120.00000
8	10.000	4000.000	1.500	120.00000
9	15.000	4000.000	1.500	120.00000

15 DIFERENCIA ELEV. RESERVORIO = 100

12 CURVA DE LA BOMBA, DQ= 7 H= 100 93 79 55

COEF. EN LA BOMBA = 100 -.6428571 -4.081633E-02 -1.457726E-03

13 CURVA DE LA BOMBA, DQ= 7 H= 110 103 89 65

COEF. EN LA BOMBA = 110 -.6428571 -4.081633E-02 -1.457726E-03

14 CURVA DE LA BOMBA, DQ= 7 H= 150 143 129 105

COEF. EN LA BOMBA = 150 -.6428571 -4.081633E-02 -1.457726E-03

IND= 8 2 12 8 5 -7 -13 -6 -9 8 15 4 14 3 -8 -12 -2 -1

ITERACION NO. 1 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 3.0182

ITERACION NO. 2 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.9814

ITERACION NO. 3 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.2293

ITERACION NO. 4 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0536

ITERACION NO. 5 SUMA DE CORRECCIONES DE FLUJO = 0.0125

ELEMENTO	FLUJO	VELOCIDAD
1	28.0410	5.7125



# MANUAL DE USUARIO

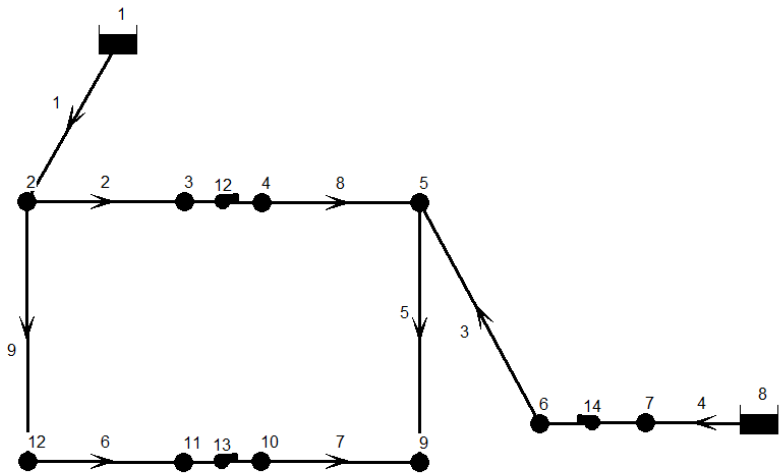
# Salvador Díaz Maldonado

6

METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS  
MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

B. Epanet:



Valores por Defecto

Etiquetas ID	Propiedades	Opciones Hidráulicas
Opción	Valor Predeterminado	
Unidades de Caudal	CFS	
Ecuación de Pérdidas	H/W	
Peso Específico	1	
Viscosidad Relativa	1	
Iteraciones Máx.	40	
Precisión	0.001	
Sistema no equilibrado	Continuar	
Patrón predeterminado	1	
Factor de Demanda	1.0	

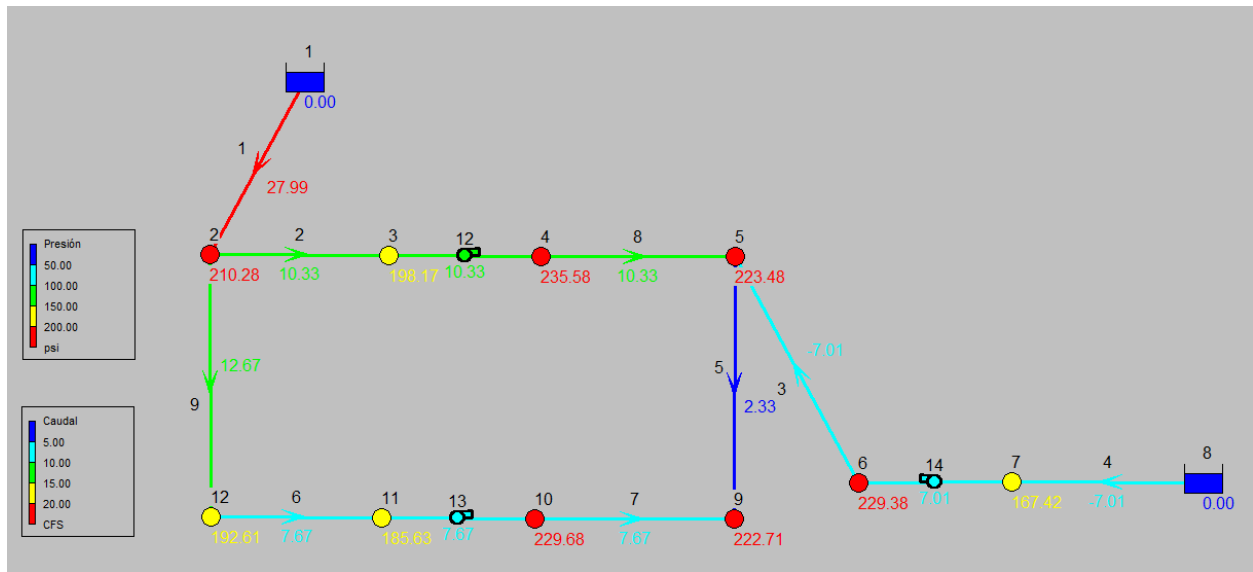
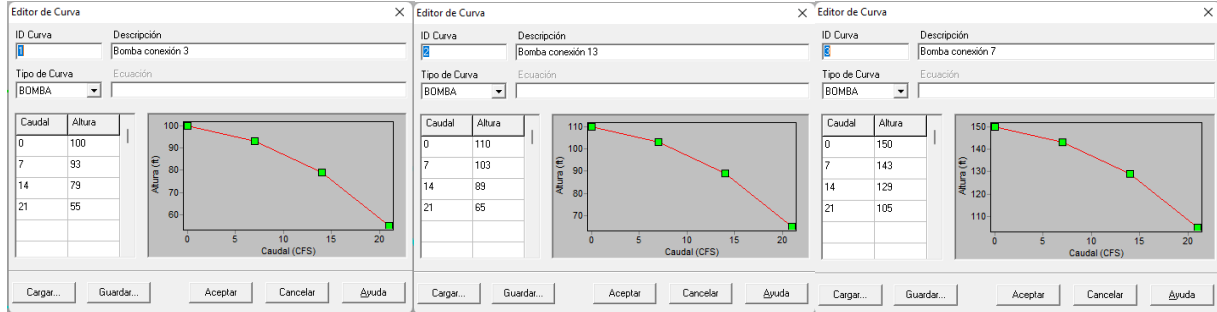
☐ Guardar como predeterminado

Aceptar Cancelar Ayuda

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



ID Línea	Longitud ft	Diámetro in	Rugosidad	Caudal CFS	Velocidad fps	Pérd. Unit. ft/Kft	Factor de Fricción	Estado
Tubería 1	4000	30	120	27.99	5.70	3.68	0.018	Abierto
Tubería 5	4000	18	120	2.33	1.32	0.44	0.025	Abierto
Tubería 9	4000	18	120	12.67	7.17	10.20	0.019	Abierto
Tubería 3	4000	18	120	-7.01	3.96	3.40	0.021	Abierto
Tubería 4	4000	18	120	-7.01	3.96	3.40	0.021	Abierto
Tubería 2	4000	18	120	10.33	5.84	6.98	0.020	Abierto
Tubería 8	4000	18	120	10.33	5.84	6.98	0.020	Abierto
Tubería 6	4000	18	120	7.67	4.34	4.02	0.021	Abierto
Tubería 7	4000	18	120	7.67	4.34	4.02	0.021	Abierto
Bomba 12	No Disponible	No Disponible	No Disponible	10.33	0.00	-86.35	0.000	Abierto
Bomba 14	No Disponible	No Disponible	No Disponible	7.01	0.00	-142.99	0.000	Abierto
Bomba 13	No Disponible	No Disponible	No Disponible	7.67	0.00	-101.66	0.000	Abierto

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

Tabla de Red - Líneas								
	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
ID Línea	ft	in		CFS	fps	ft/Kft		
Tubería 1	4000.00	30.00	120	27.99	5.70	3.68	0.018	Abierto
Tubería 2	4000.00	18.00	120	10.33	5.84	6.98	0.020	Abierto
Tubería 3	4000.00	18.00	120	-7.01	3.96	3.40	0.021	Abierto
Tubería 4	4000.00	18.00	120	-7.01	3.96	3.40	0.021	Abierto
Tubería 5	4000.00	18.00	120	2.33	1.32	0.44	0.025	Abierto
Tubería 6	4000.00	18.00	120	7.67	4.34	4.02	0.021	Abierto
Tubería 7	4000.00	18.00	120	7.67	4.34	4.02	0.021	Abierto
Tubería 8	4000.00	18.00	120	10.33	5.84	6.98	0.020	Abierto
Tubería 9	4000.00	18.00	120	12.67	7.17	10.20	0.019	Abierto
Bomba 12	No Disponible	No Disponible	No Disponible	10.33	0.00	-86.35	0.000	Abierto
Bomba 13	No Disponible	No Disponible	No Disponible	7.67	0.00	-101.66	0.000	Abierto
Bomba 14	No Disponible	No Disponible	No Disponible	7.01	0.00	-142.99	0.000	Abierto

Tabla de Red - Nudos						
ID Nudo	Cota ft	Demanda Base CFS	Demanda CFS	Altura ft	Presión psi	
Conexión 2	0	5	5.00	485.29	210.28	
Conexión 5	0	15	15.00	515.76	223.48	
Conexión 9	0	10	10.00	513.99	222.71	
Conexión 12	0	5	5.00	444.51	192.61	
Conexión 6	0	0	0.00	529.38	229.38	
Conexión 7	0	0	0.00	386.39	167.42	
Conexión 3	0	0	0.00	457.35	198.17	
Conexión 4	0	0	0.00	543.70	235.58	
Conexión 11	0	0	0.00	428.42	185.63	
Conexión 10	0	0	0.00	530.08	229.68	
Embalse 1	500	No Disponible	-27.99	500.00	0.00	
Embalse 8	400	No Disponible	-7.01	400.00	0.00	

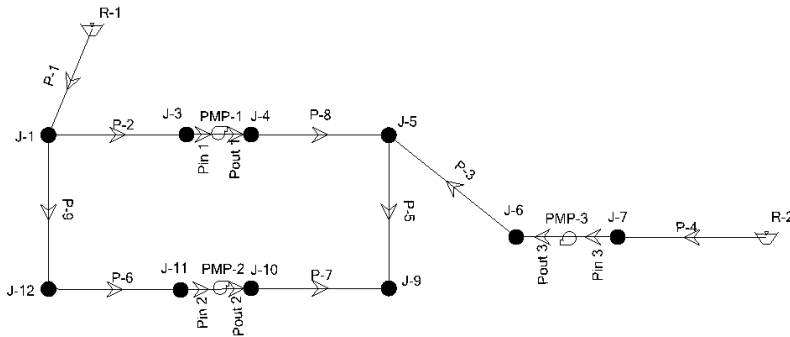
# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

Tabla de Red - Nodos					
	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	ft	CFS	CFS	ft	psi
Embalse 1	500.00	No Disponible	-27.99	500.00	0.00
Conexión 2	0.00	5	5.00	485.29	210.28
Conexión 3	0.00	0	0.00	457.35	198.17
Conexión 4	0.00	0	0.00	543.70	235.58
Conexión 5	0.00	15	15.00	515.76	223.48
Conexión 6	0.00	0	0.00	529.38	229.38
Conexión 7	0.00	0	0.00	386.39	167.42
Embalse 8	400.00	No Disponible	-7.01	400.00	0.00
Conexión 9	0.00	10	10.00	513.99	222.71
Conexión 10	0.00	0	0.00	530.08	229.68
Conexión 11	0.00	0	0.00	428.42	185.63
Conexión 12	0.00	5	5.00	444.51	192.61

### C. Bentley:



ID	Label	Length (Scaled) (ft)	Start Node	Stop Node	Diameter (ft)	Material	Hazen-Williams	Length (User Defined) (ft)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (cfs)	Velocity (ft/s)	Headloss Gradient (m/m)	Headloss (Friction) (m)
41: P-1	41 P-1	44.8	R-1	J-1	2.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	28.02	5.71	0.004	4.49
60: P-2	60 P-2	54.2	J-1	J-3	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	10.35	5.86	0.007	8.55
86: P-3	86 P-3	64.0	J-5	J-6	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	-6.98	3.95	0.003	4.12
87: P-4	87 P-4	58.4	J-7	R-2	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	-6.98	3.95	0.003	4.12
44: P-5	44 P-5	60.0	J-5	J-9	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	2.33	1.32	0.000	0.54
67: P-6	67 P-6	51.9	J-12	J-11	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	7.67	4.34	0.004	4.91
70: P-7	70 P-7	54.1	J-10	J-9	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	7.67	4.34	0.004	4.91
62: P-8	62 P-8	54.0	J-4	J-5	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	10.35	5.86	0.007	8.55
47: P-9	47 P-9	60.3	J-12	J-1	1.5	Ductile I...	120.0	4,000.0	0.000	-12.67	7.17	0.010	12.43
63: Pin 1	63 Pin 1	13.0	J-3	PMP-1	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	10.35	5.86	0.007	0.00
68: Pin 2	68 Pin 2	16.0	J-11	PMP-2	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	7.67	4.34	0.004	0.00
95: Pin 3	95 Pin 3	19.4	PMP-3	J-7	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	-6.98	3.95	0.003	0.00
64: Pout 1	64 Pout 1	12.4	PMP-1	J-4	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	10.35	5.86	0.007	0.00
69: Pout 2	69 Pout 2	11.7	PMP-2	J-10	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	7.67	4.34	0.004	0.00
94: Pout 3	94 Pout 3	20.4	J-6	PMP-3	1.5	Ductile I...	120.0	0.1	0.000	-6.98	3.95	0.004	0.00

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (Sreeter\_4.wtg)

	ID	Label	Elevation (ft)	Demand (cfs)	Hydraulic Grade (ft)	Pressure (psi)
30: J-2	30	J-2	0.00	5.00	485.27	210
58: J-3	58	J-3	0.00	0.00	457.23	198
59: J-4	59	J-4	0.00	0.00	544.70	236
34: J-5	34	J-5	0.00	15.00	516.66	224
83: J-6	83	J-6	0.00	0.00	530.19	229
84: J-7	84	J-7	0.00	0.00	386.47	167
37: J-9	37	J-9	0.00	10.00	514.89	223
66: J-10	66	J-10	0.00	0.00	530.99	230
65: J-11	65	J-11	0.00	0.00	428.37	185
31: J-12	31	J-12	0.00	5.00	444.48	192

FlexTable: Reservoir Table (Current Time: 0.000 hours) (Sreeter\_4.wtg)

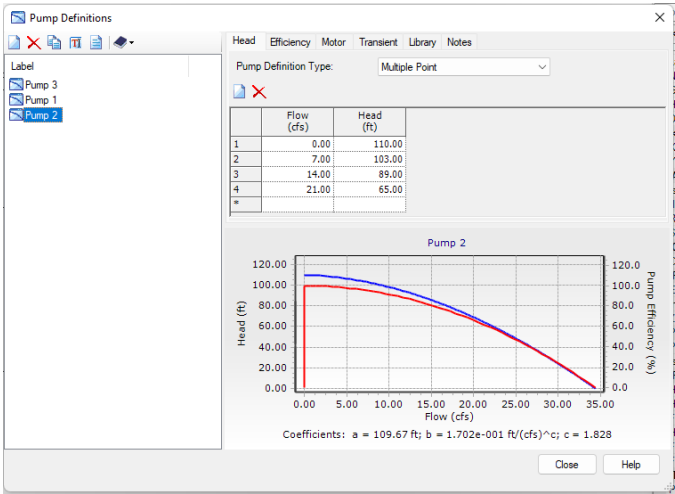
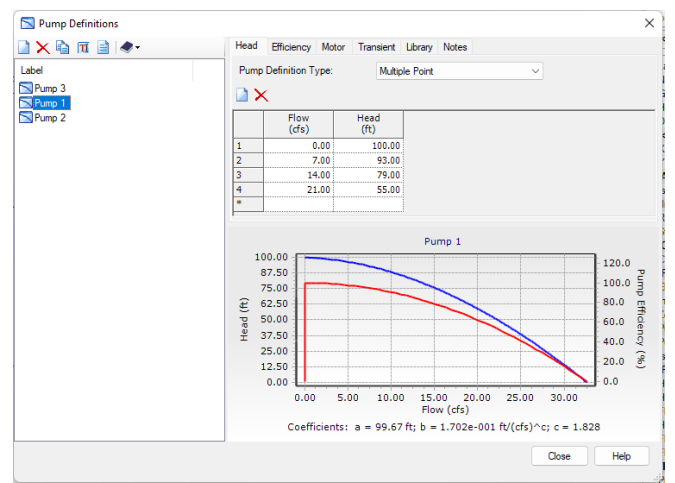
	ID	Label	Elevation (ft)	Zone	Flow (Out net) (cfs)	Hydraulic Grade (ft)
29: R-1	29	R-1	500.00	<None>	28.02	500.00
40: R-2	40	R-2	400.00	<None>	6.98	400.00

FlexTable: Pump Table (Current Time: 0.000 hours) (Sreeter\_4.wtg)

	ID	Label	Elevation (ft)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (ft)	Hydraulic Grade (Discharge) (ft)	Flow (Total) (cfs)	Pump Head (ft)
49: PMP-1	49	PMP-1	0.00	Pump 1	On	457.23	544.70	10.35	87.47
50: PMP-2	50	PMP-2	0.00	Pump 2	On	428.37	530.99	7.67	102.62
93: PMP-3	93	PMP-3	0.00	Pump 3	On	386.47	530.19	6.98	143.73

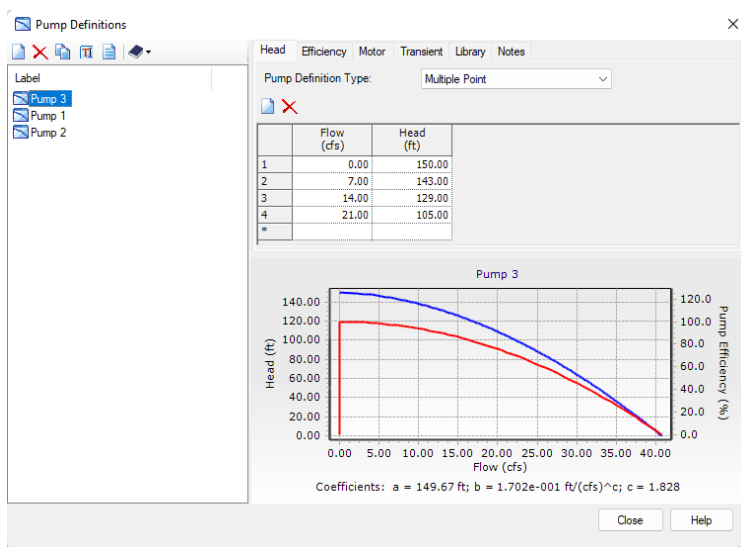
METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS  
MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



## METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



### D. Comparando

Elemento	Streeter_2022		Epanet		Bentley	
	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)	Flujo (pie <sup>3</sup> /s)	Velocidad (pie/s)
1	28.0410	5.7125	27.99	5.70	28.02	5.71
2	10.3771	5.8722	10.33	5.84	10.35	5.86
3	6.9590	3.9380	7.01	3.96	6.98	3.95
4	6.9590	3.9380	7.01	3.96	6.98	3.95
5	2.3360	1.3219	2.33	1.32	2.33	1.32
6	7.6640	4.3369	7.67	4.34	7.67	4.34
7	7.6640	4.3369	7.67	4.34	7.67	4.34



**METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS**  
**MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

8	10.3771	5.8722	10.33	5.84	10.35	5.86
9	12.6640	7.1663	12.67	7.17	12.67	7.17

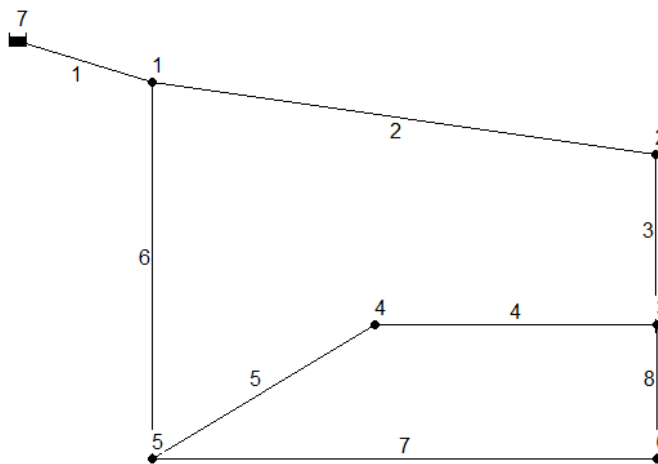
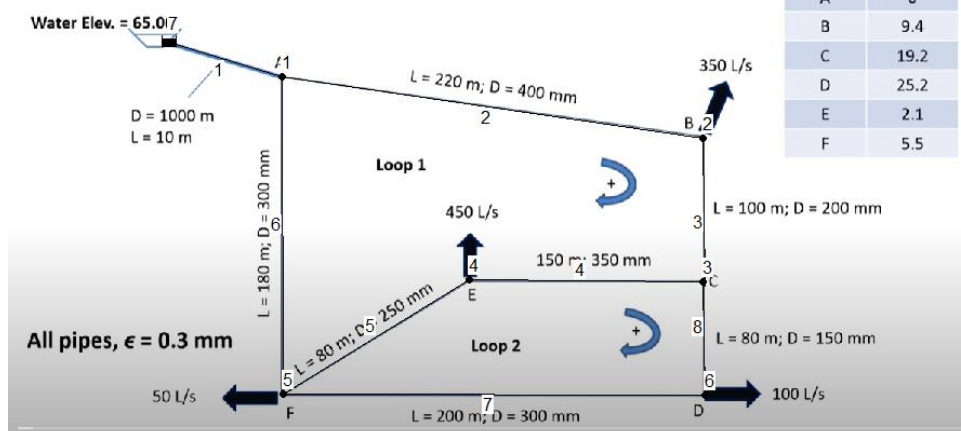
Unión	Streeter_2022 (m)	Epanet (m)	Bentley (m)
1	500.000	500.00	500.00
2	485.237	485.29	485.27
3	457.044	457.35	457.23
4	544.349	543.70	544.70
5	516.156	515.76	516.66
6	529.607	529.38	530.19
7	386.549	386.39	386.47
8	400.000	400.00	400.00
9	514.375	513.99	514.89
10	530.458	530.08	530.99
11	428.438	428.42	428.37
12	444.522	444.51	444.48

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

## Hardy-Cross (MS Excel) and EPANET Example:

1. Determine the flow rate in each pipe.
2. Calculate the pressure head at each node.



# **METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS** **MANUAL DE USUARIO**

Salvador Díaz Maldonado

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm
Tubería 1	10	1000	0.3
Tubería 2	220	400	0.3
Tubería 3	100	200	0.3
Tubería 4	150	350	0.3
Tubería 5	80	250	0.3
Tubería 6	180	300	0.3
Tubería 7	200	300	0.3
Tubería 8	80	150	0.3

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS
Conexión 1	0	0
Conexión 2	9.4	350
Conexión 3	19.2	0
Conexión 4	2.1	450
Conexión 5	5.5	50
Conexión 6	25.2	100
Embalse 7	65	No Disponible

Resultados,

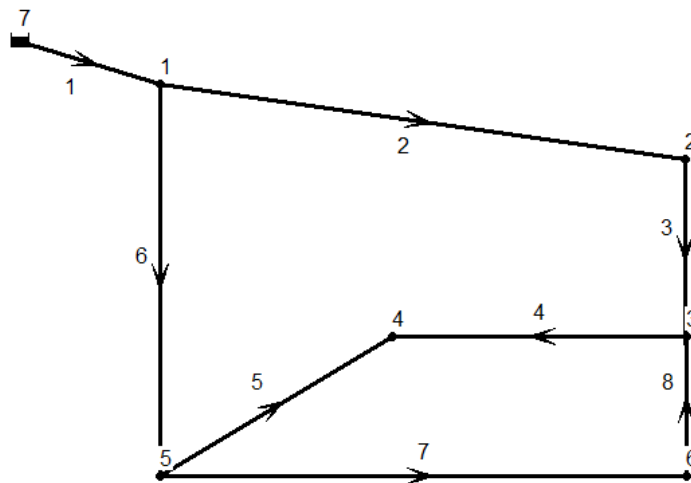
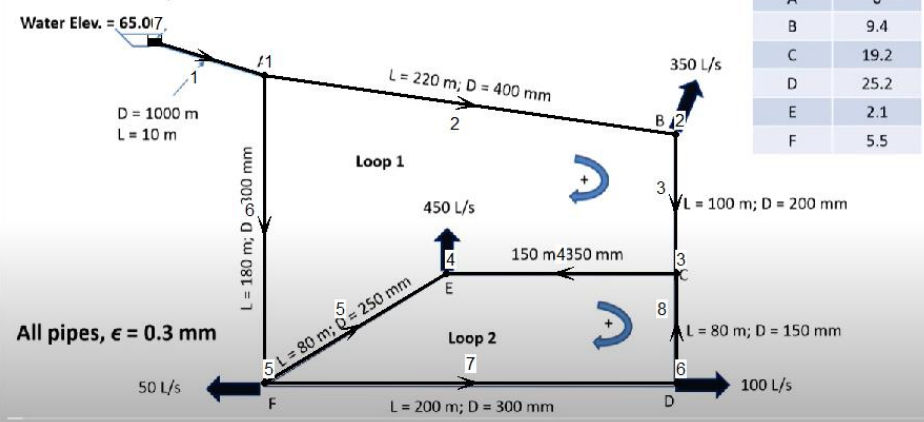
# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

### Hardy-Cross (MS Excel) and EPANET Example:

1. Determine the flow rate in each pipe.
2. Calculate the pressure head at each node.



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

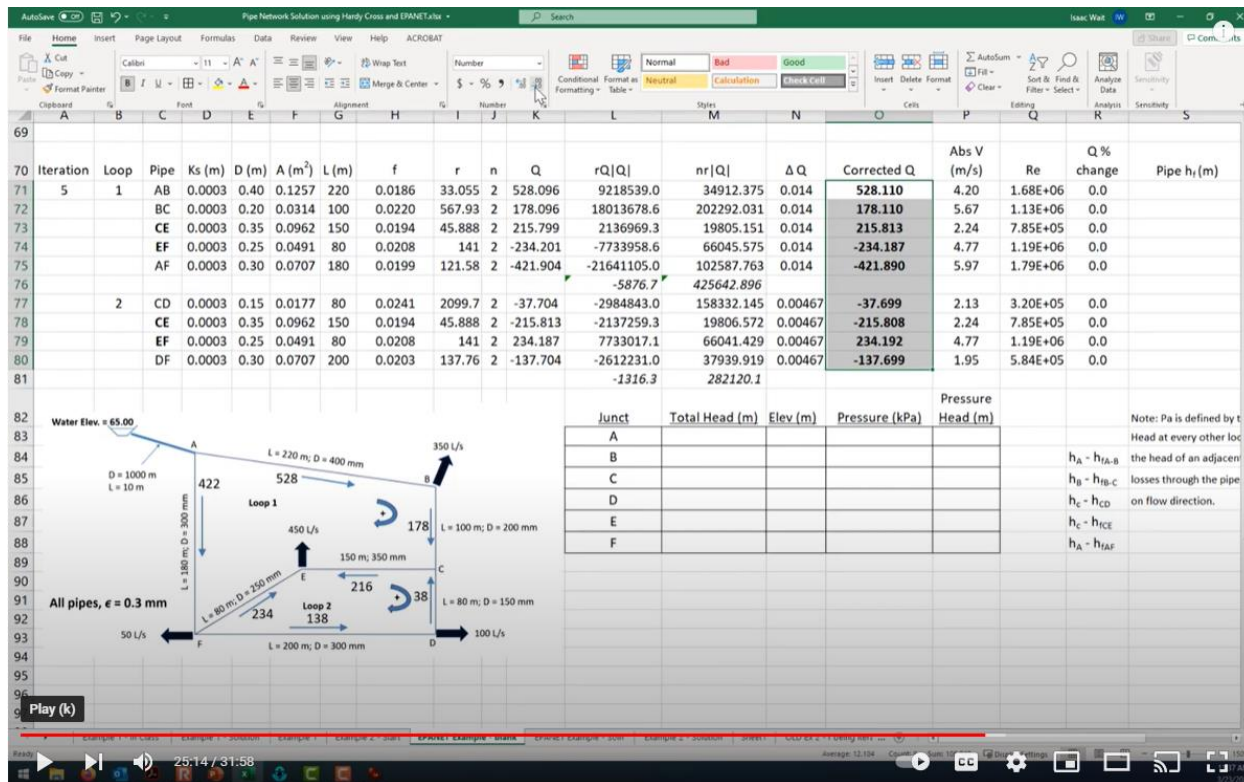
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Estado
Tubería 1	10	1000	0.3	950.00	1.21	1.17	0.016	Abierto
Tubería 2	220	400	0.3	528.11	4.20	41.91	0.019	Abierto
Tubería 3	100	200	0.3	178.11	5.67	180.19	0.022	Abierto
Tubería 4	150	350	0.3	215.80	2.24	14.25	0.019	Abierto
Tubería 5	80	250	0.3	-234.20	4.77	96.69	0.021	Abierto
Tubería 6	180	300	0.3	-421.89	5.97	120.23	0.020	Abierto
Tubería 7	200	300	0.3	137.69	1.95	13.06	0.020	Abierto
Tubería 8	80	150	0.3	37.69	2.13	37.30	0.024	Abierto

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión 1	0	0	0.00	64.99
Conexión 2	9.4	350	350.00	46.37
Conexión 3	19.2	0	0.00	18.55
Conexión 4	2.1	450	450.00	33.51
Conexión 5	5.5	50	50.00	37.85
Conexión 6	25.2	100	100.00	15.53
Embalse 7	65	No Disponible	-950.00	0.00

# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado



# METODO DE HARDY-CROSS PARA REDES CERRADAS Y/O RAMIFICADAS

## MANUAL DE USUARIO

Salvador Díaz Maldonado

