

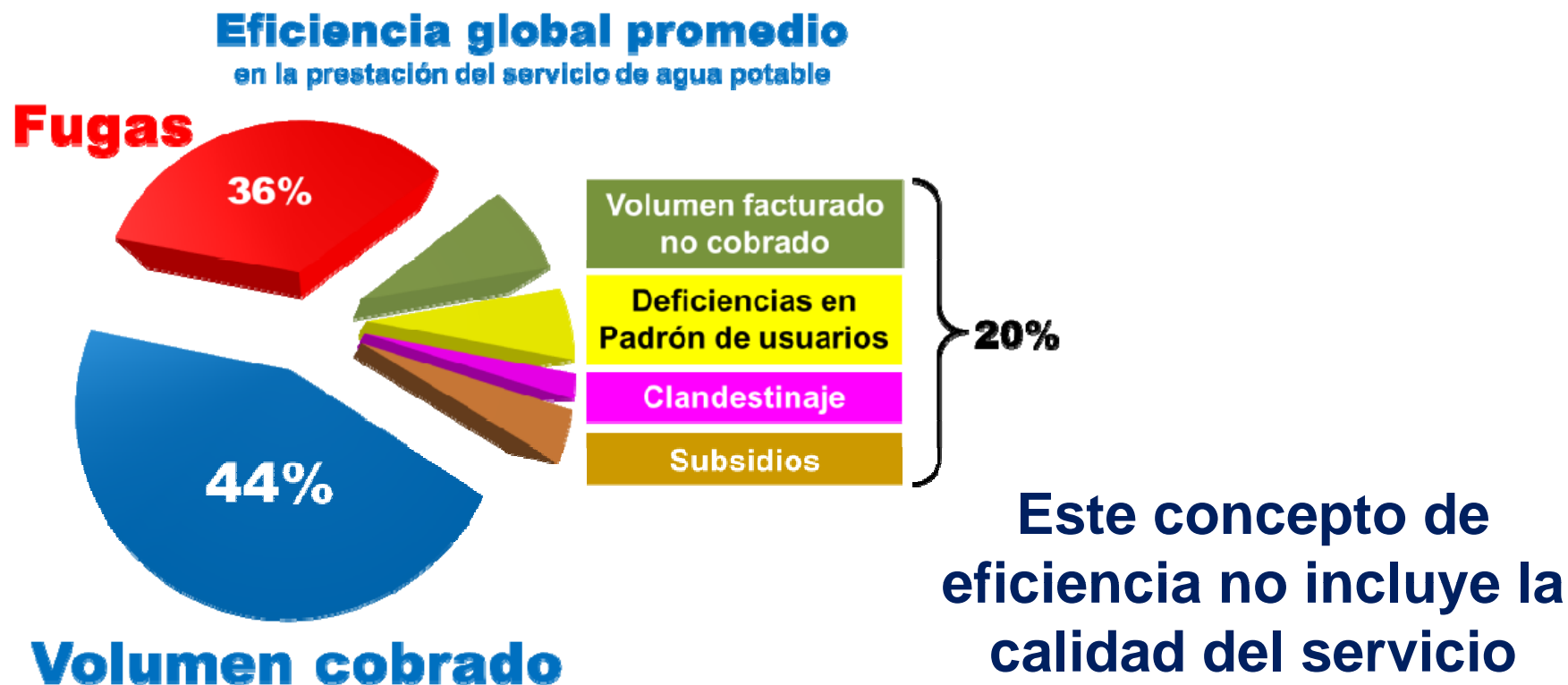
**Jornadas del Agua**  
UNAM, 2013

# Distribución eficiente en redes de agua potable

Luis M. Salmones Hernández

# Antecedentes

En México, la Eficiencia global se estima como la relación entre el volumen de agua cobrado y el volumen producido



# Antecedentes

## Eficiencia en redes de agua potable

### Distribución:

ofrecer a todos los usuarios la misma oportunidad de recibir un servicio de calidad.

### Pérdidas:

Minimizar el agua no contabilizada (fugas y usos no autorizados).



# Problemática

Las redes de agua potable se diseñan con cálculos teóricos que parten de ecuaciones empíricas



El proyecto debe adaptarse a los diámetros comerciales

El constructor hace algunas adecuaciones al proyecto



La red original va creciendo para llevar agua a nuevos usuarios

## Problemática

Llega el momento en que el operador no conoce su red de distribución

La red, por sí misma, no logra distribuir uniformemente el agua

Los operadores abren y cierran válvulas en forma “**estratégica**” para distribuir el líquido de la mejor manera, dando lugar a los “tandeos”.

**Los usuarios pueden estar sin servicio varios días.**

**La infraestructura “sufre” los paros y arranques.**



# Problemática

En 1990 se inician en México los Estudios de Evaluación de pérdidas de agua

**27 ciudades**  
**promedio de**  
**pérdidas:**  
**39%**

Los prestadores de servicios (los que podían), salieron a detectar y reparar fugas **¡pero nunca terminan!**



# Problemática

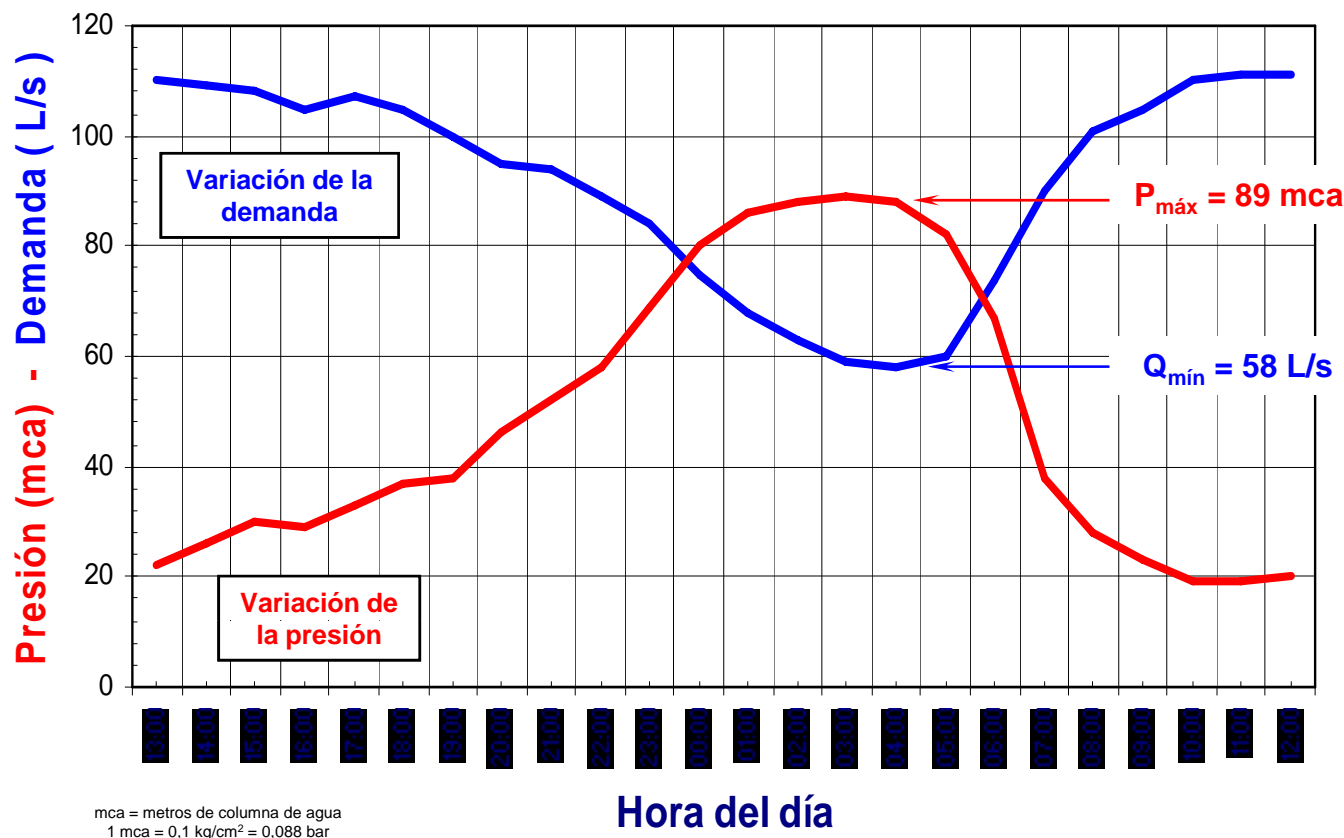
## Ejemplo típico

Es común que los consumos decaigan durante la madrugada, lo que ocasiona un incremento en la presión.

**Gasto mínimo nocturno**  
**58 L/s**

**Presión máxima nocturna**  
**89 mca**  
**(7,84 bar)**

Sector Santa Lucía 1  
Ciudad de México\*



\* Capella Vizcaíno, A. Control de presiones y reducción de fugas en el sector Sta. Lucía 1, D.F., junio 2002, México

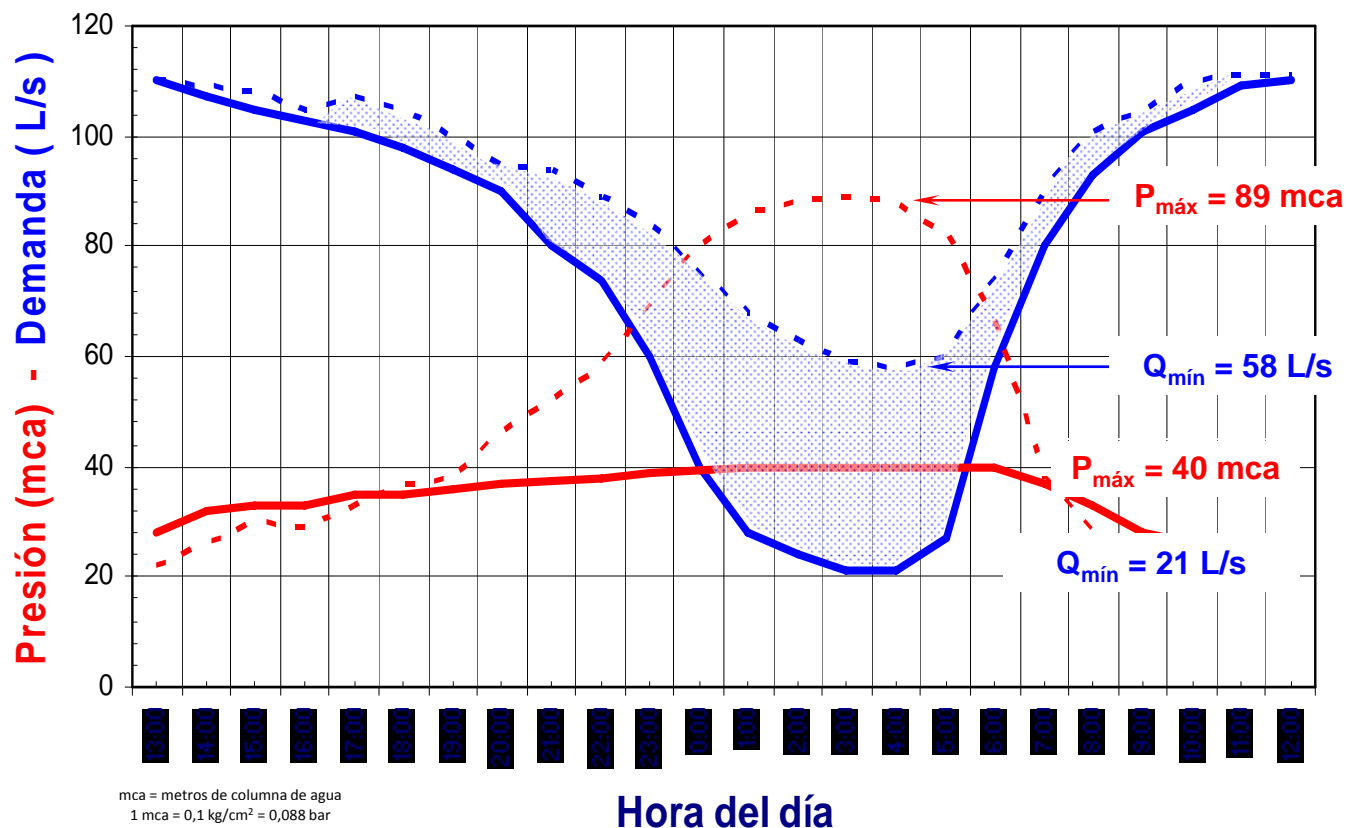
# Problemática

La instalación de válvulas reguladoras de presión (VRP) ayuda al control de presiones.

**Gasto mínimo nocturno**  
21 L/s

**Presión máxima nocturna**  
40 mca  
(3,52 bar)

Sector Santa Lucía 1  
Ciudad de México\*

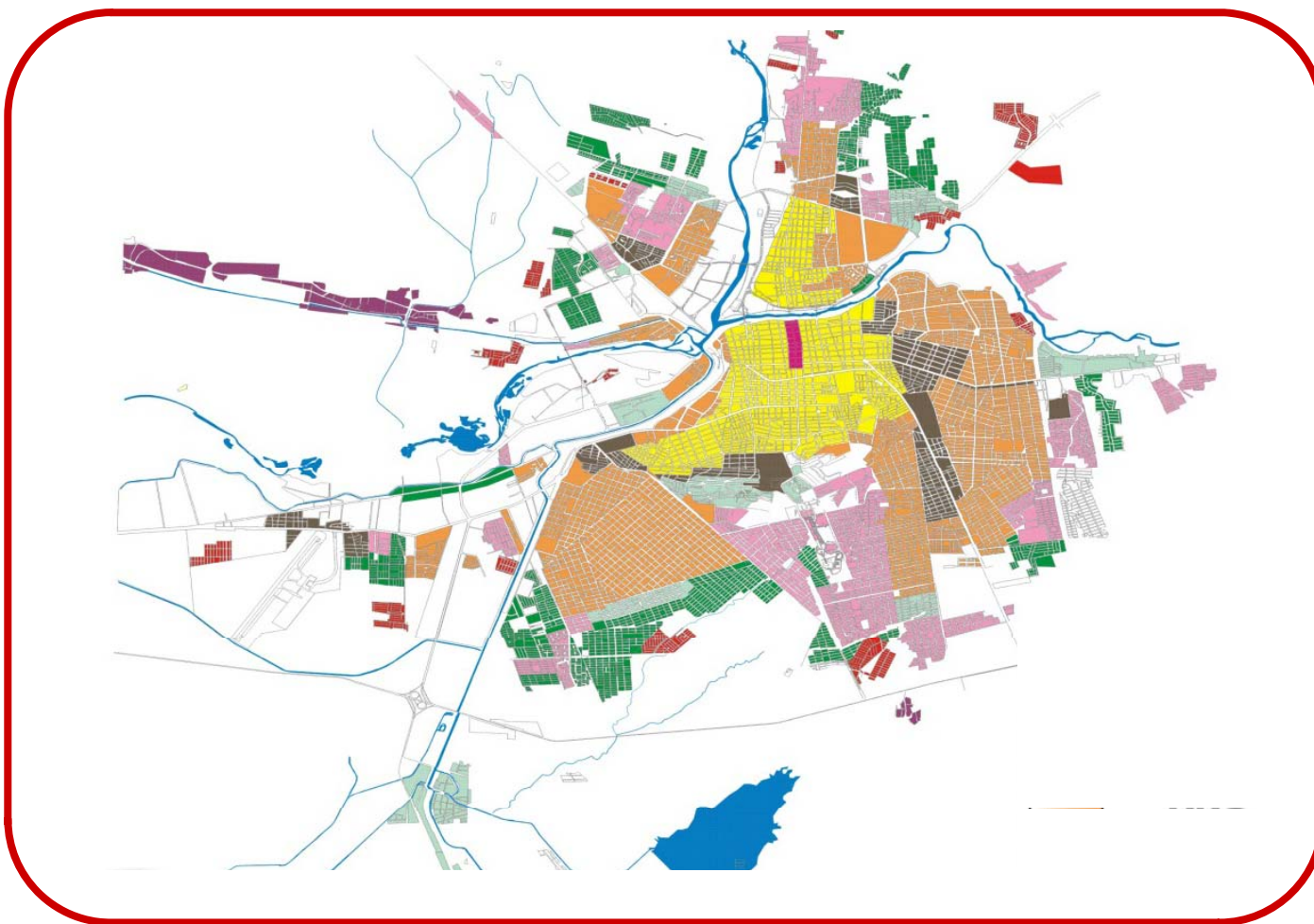


Volumen de agua recuperada en un día.

\* Capella Vizcaíno, A. Control de presiones y reducción de fugas en el sector Sta. Lucía 1, D.F., junio 2002, México



# Sectorización



## Sectorización

Aparece como una alternativa que permite dividir las grandes redes de distribución en sectores aislados que faciliten su operación y control.

Se ha “puesto de moda” y muchos organismos operadores **“la quieren”**

Sin embargo, algunos de ellos:

- No tienen un **catastro** actualizado y confiable
- No miden los **caudales** de suministro
- No miden las **presiones** en la red
- No conocen los **consumos** de los usuarios
- No saben cuánta agua pierden (**fugas**).

# Ejercicio



Estudio de la problemática de las acciones de reducción de fugas en las redes de agua potable y propuesta para mejorar su eficiencia.

Convenio de Colaboración CNA-SGIHU-GEP-001/2006  
Proyecto 5125. México, 2006.

# Ejercicio

Con fines didácticos, a fin de reflejar las consecuencias de diversas acciones sobre una red de distribución.

Red propuesta (plana) :

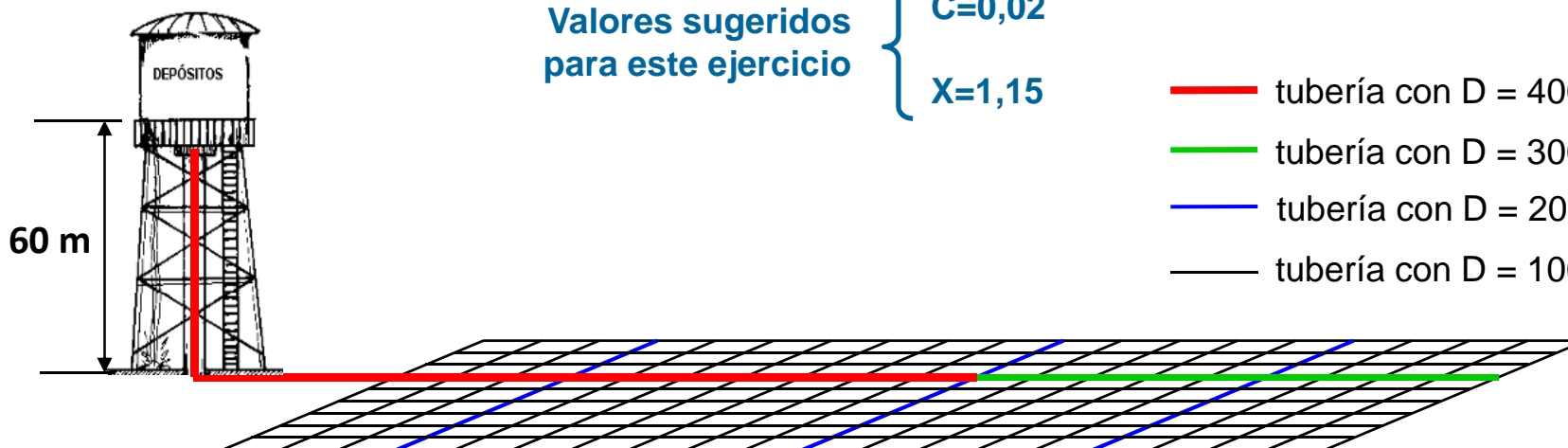
**Demanda: 200 L/s**

200 nudos { Consumo por nudo: 1 L/s  
Fugas en los nudos\*:  $Q = 0,02 H^{1.15}$

Valores sugeridos  
para este ejercicio

{ C=0,02  
X=1,15

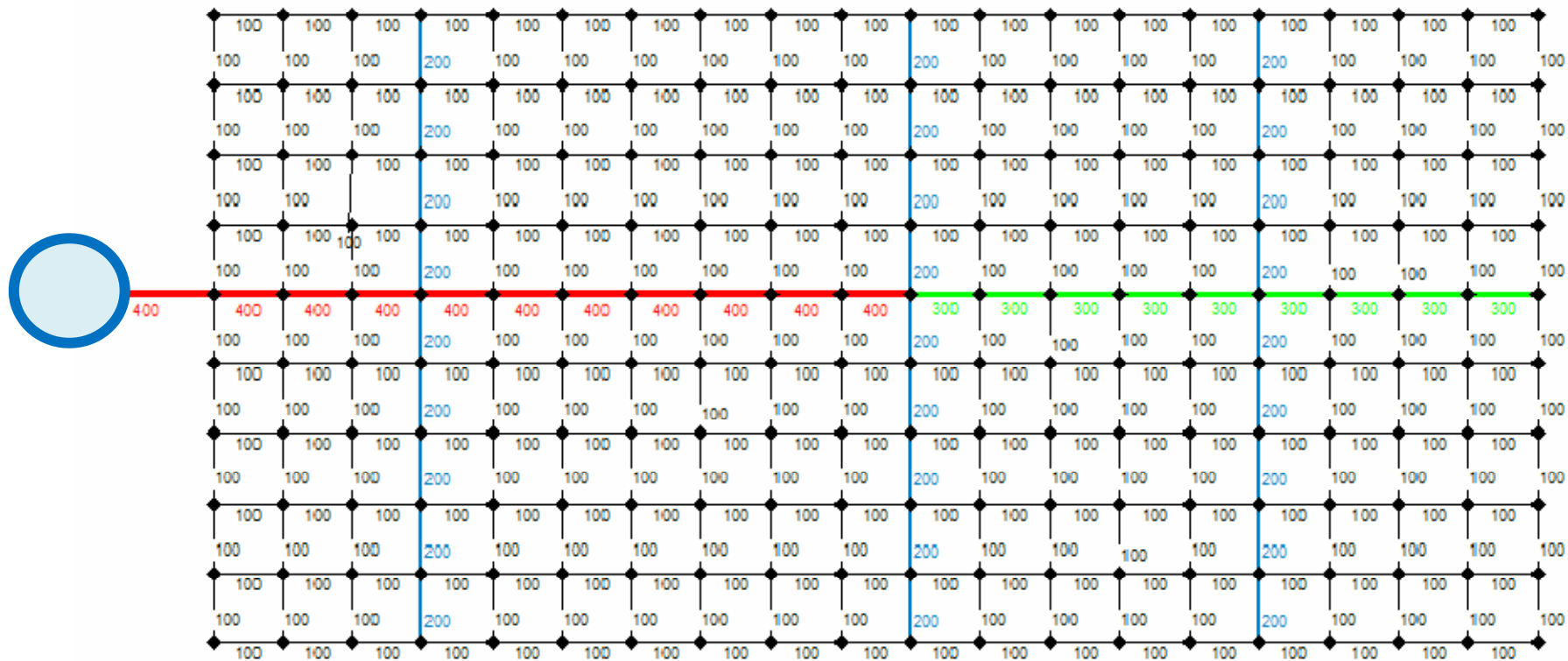
- tubería con D = 400 mm
- tubería con D = 300 mm
- tubería con D = 200 mm
- tubería con D = 100 mm



\*Las experiencias documentadas de diversos países relacionan la presión con el caudal de fugas. Estudio de la problemática de las acciones de reducción de fugas en las redes de agua potable y propuesta para mejorar su eficiencia. Convenio de Colaboración CNA-SGIHU-GEP-001/2006. Proyecto 5125. México, 2006.

# Ejercicio

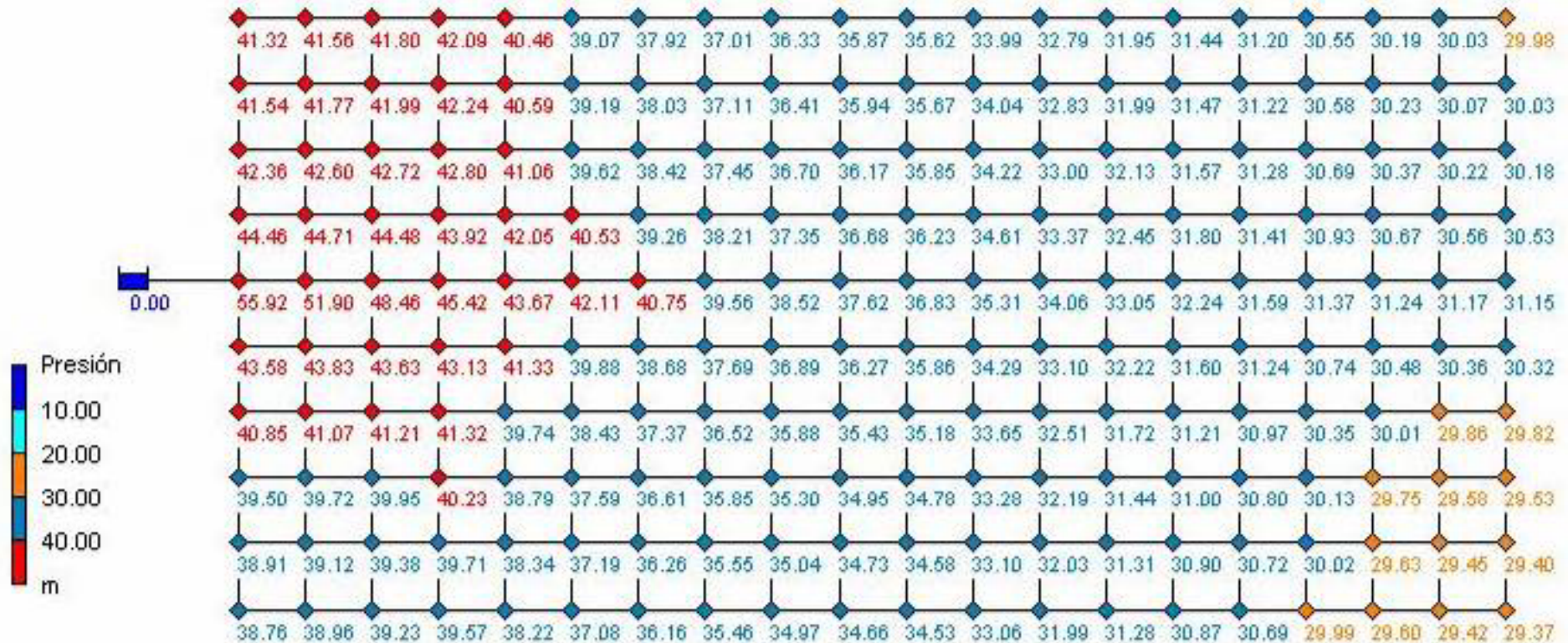
## Configuración de la red en planta



Diámetros en mm

# Ejercicio

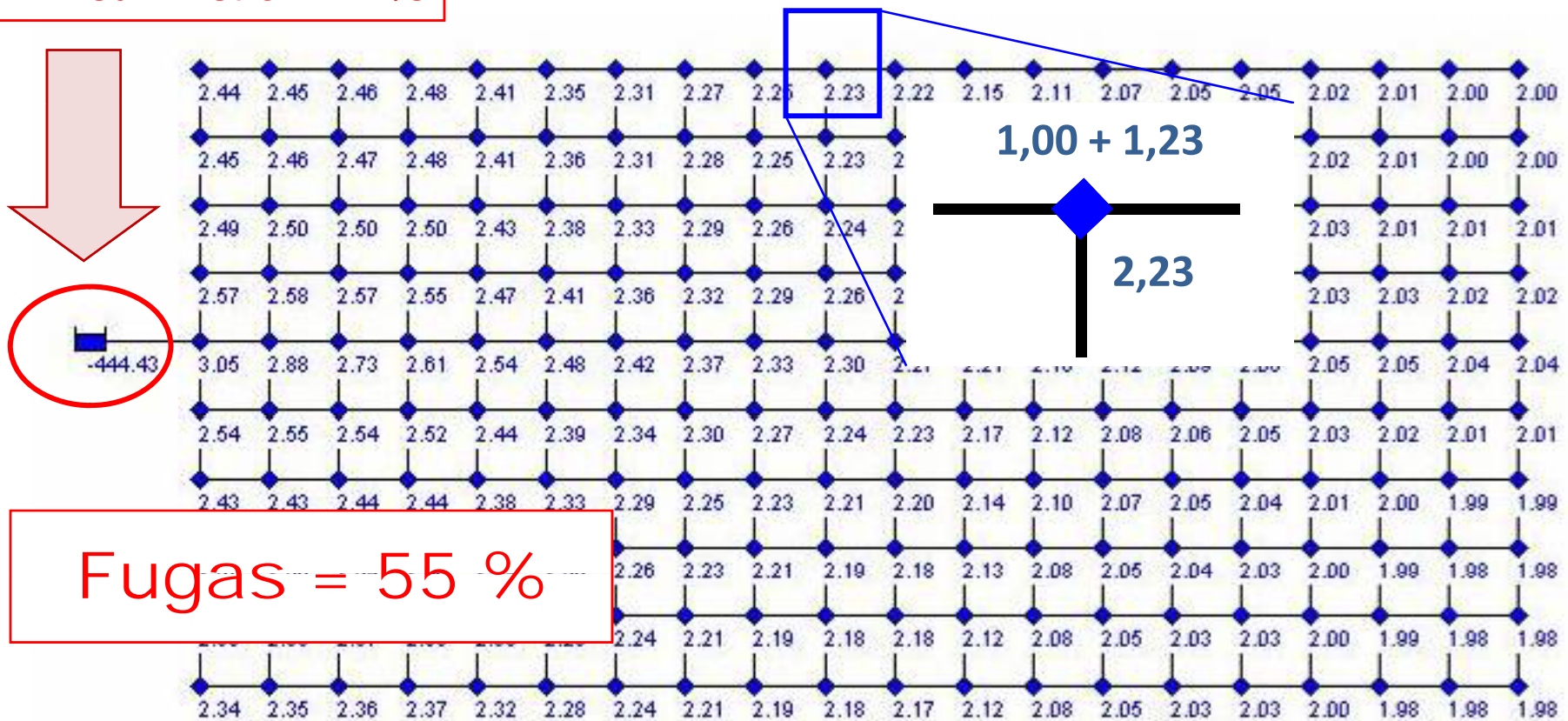
Al hacer la simulación hidráulica, se obtienen las presiones en los nudos



# Ejercicio

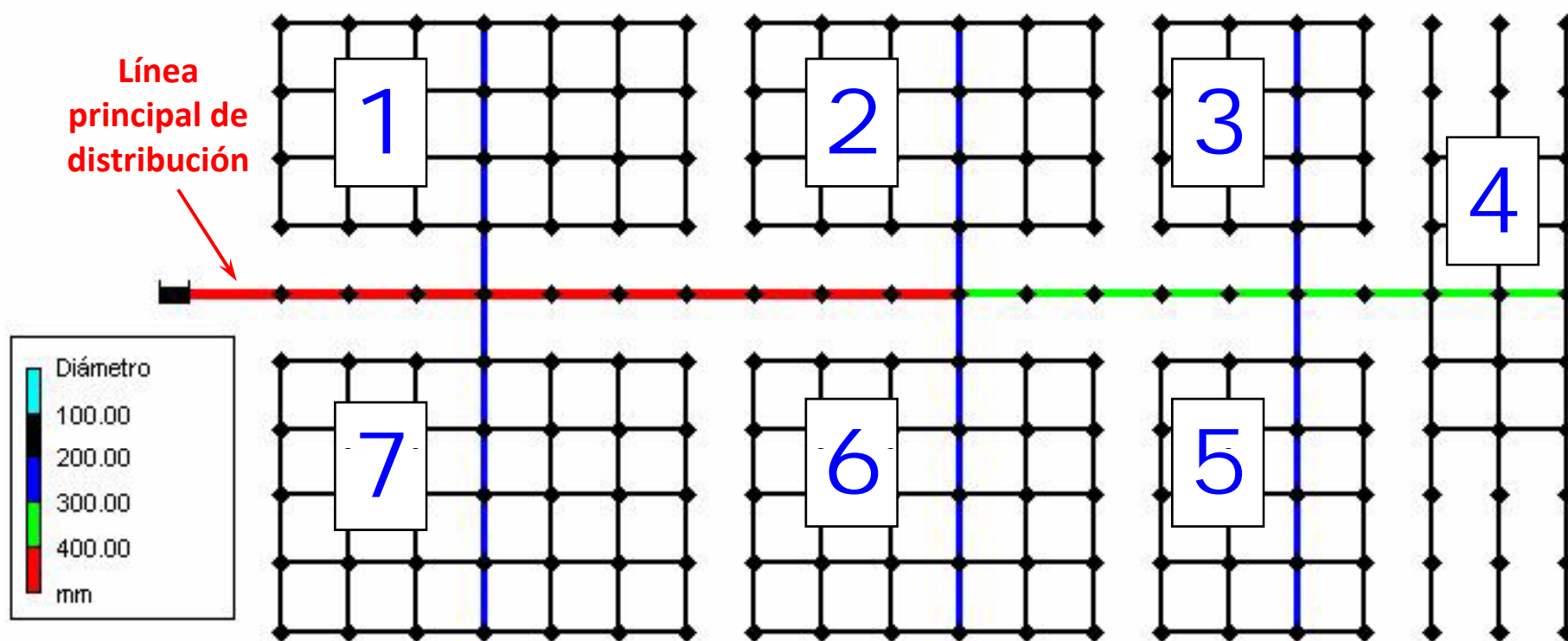
Al hacer la simulación hidráulica, se obtienen los gastos en los nudos

consumo 200 L/s  
fugas 244 L/s  
suministro 444 L/s



# Ejercicio

Ante la magnitud de las fugas, se opta por sectorizar la red de la siguiente forma:



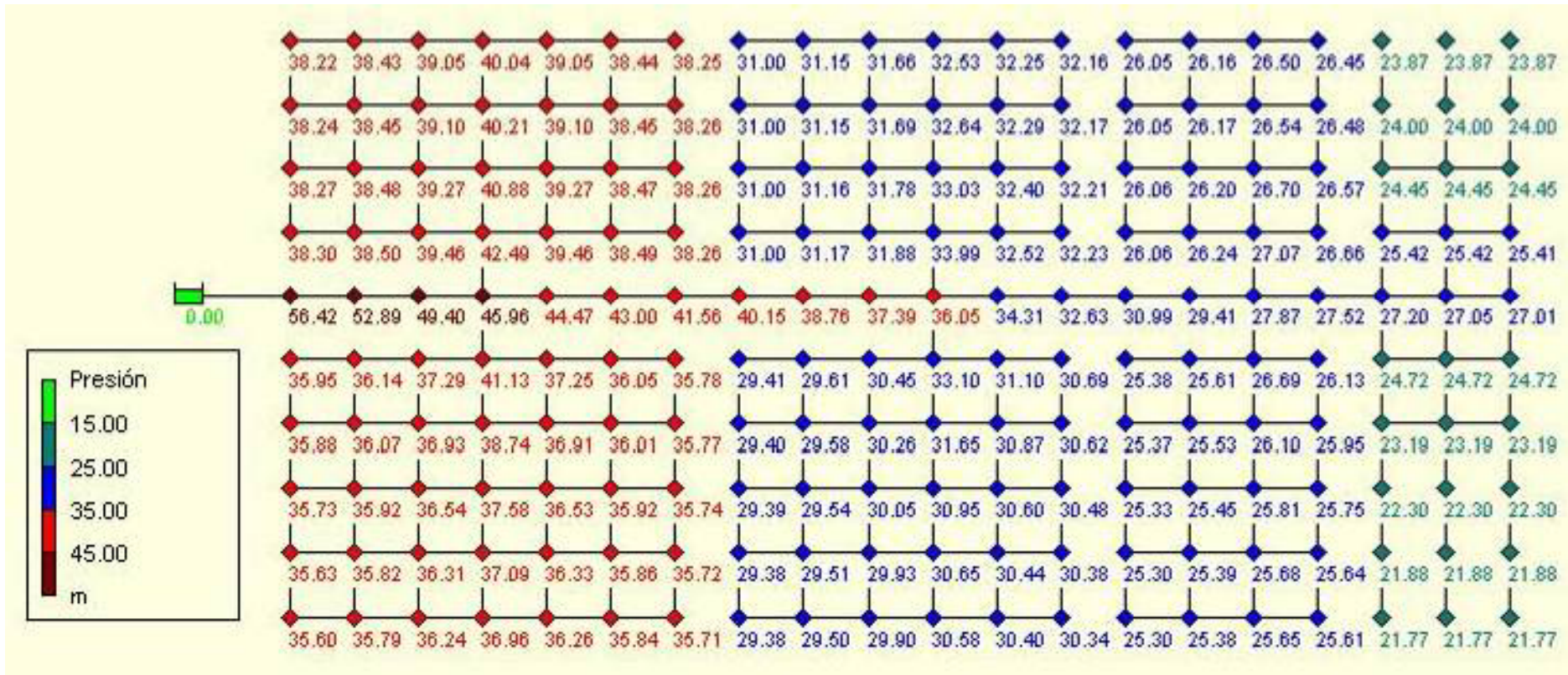


# Ejercicio

Al hacer la simulación hidráulica, se obtienen las presiones en los nudos

Red sectorizada

Presiones en los nudos



# Ejercicio

Al hacer la simulación hidráulica,  
se obtienen los caudales en los nudos

Red sectorizada

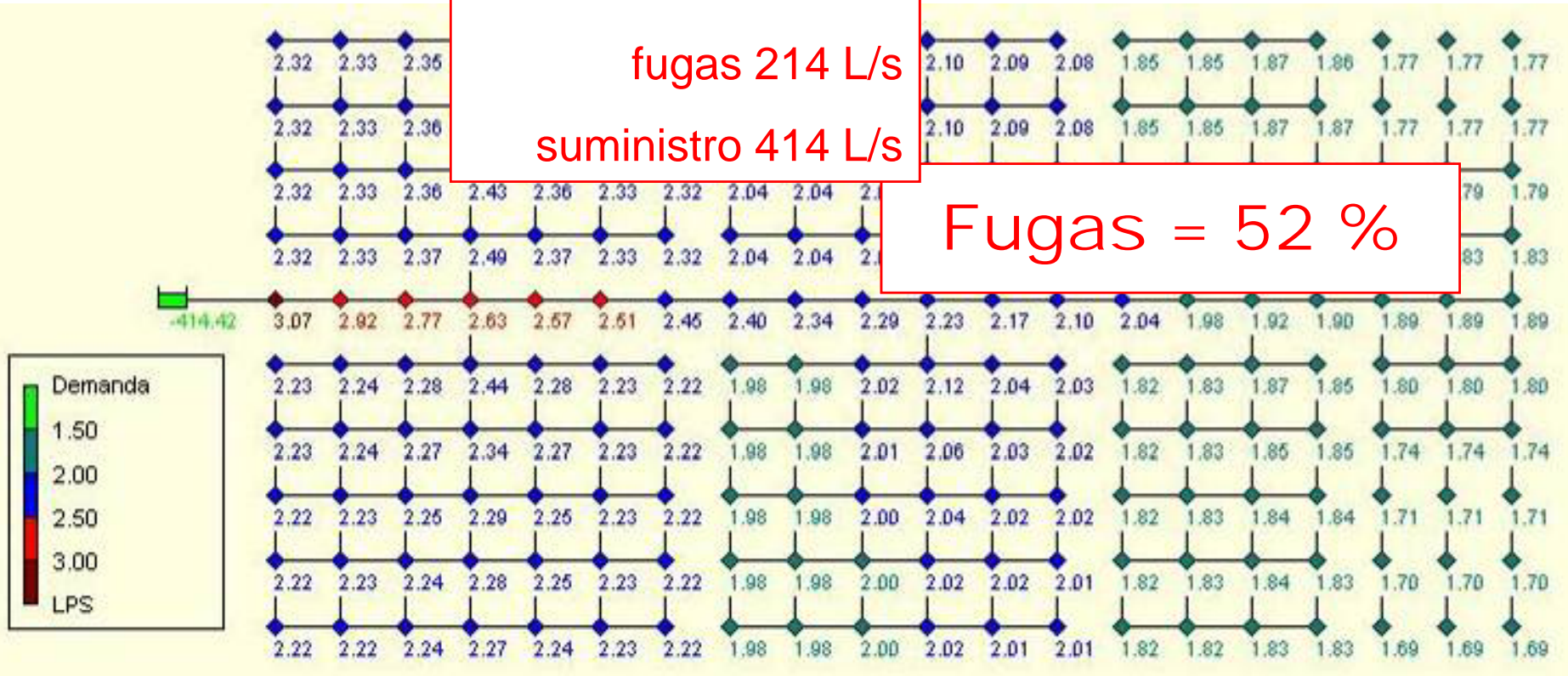
consumo 200 L/s

Caudales en los nudos

fugas 214 L/s

suministro 414 L/s

Fugas = 52 %



# Ejercicio

## Reparación de la red

El ejercicio simula el proceso de reparación a través de la eliminación de fugas\*; esto es, utilizando un valor del coeficiente  $C = 0$

$$Q_{\text{fugas}} = C H^x = 0$$

Se supone la reparación de la siguiente forma:

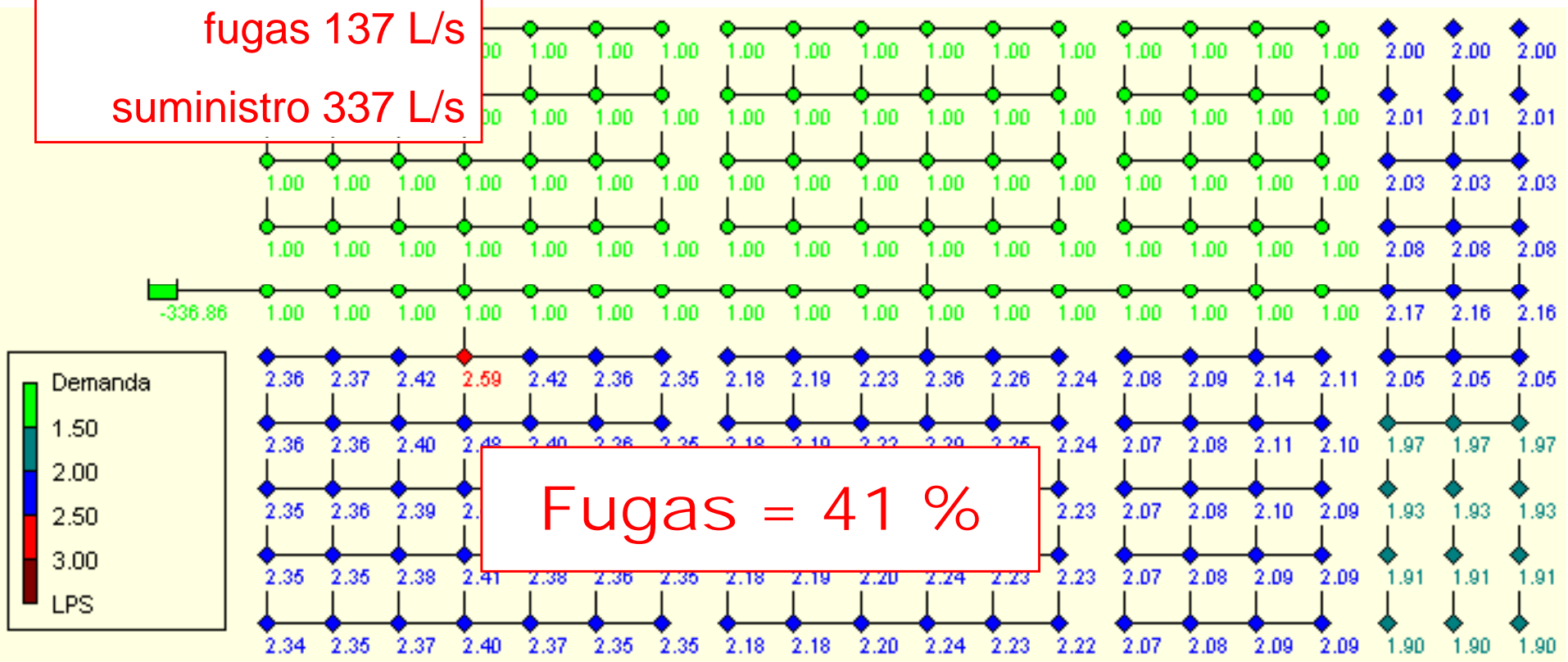
- primero la línea principal de distribución y
- después cada sector en el orden de su numeración.

\* Sin olvidar el carácter didáctico de este ejercicio, y la imposibilidad de reducir a cero las fugas en una red real.

# Ejercicio

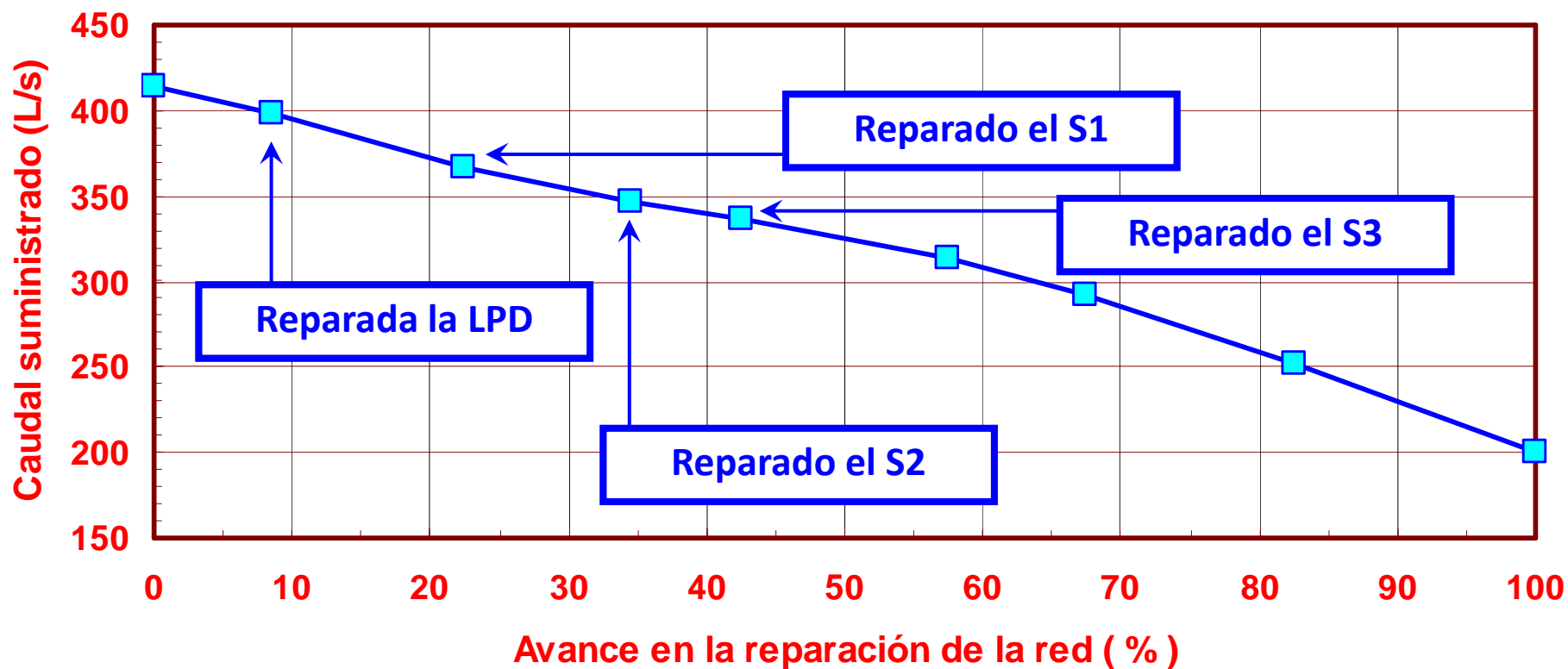
Simulación hidráulica, después de reparar la línea principal de distribución y los 3 primeros sectores

consumo 200 L/s  
fugas 137 L/s  
suministro 337 L/s



# Ejercicio

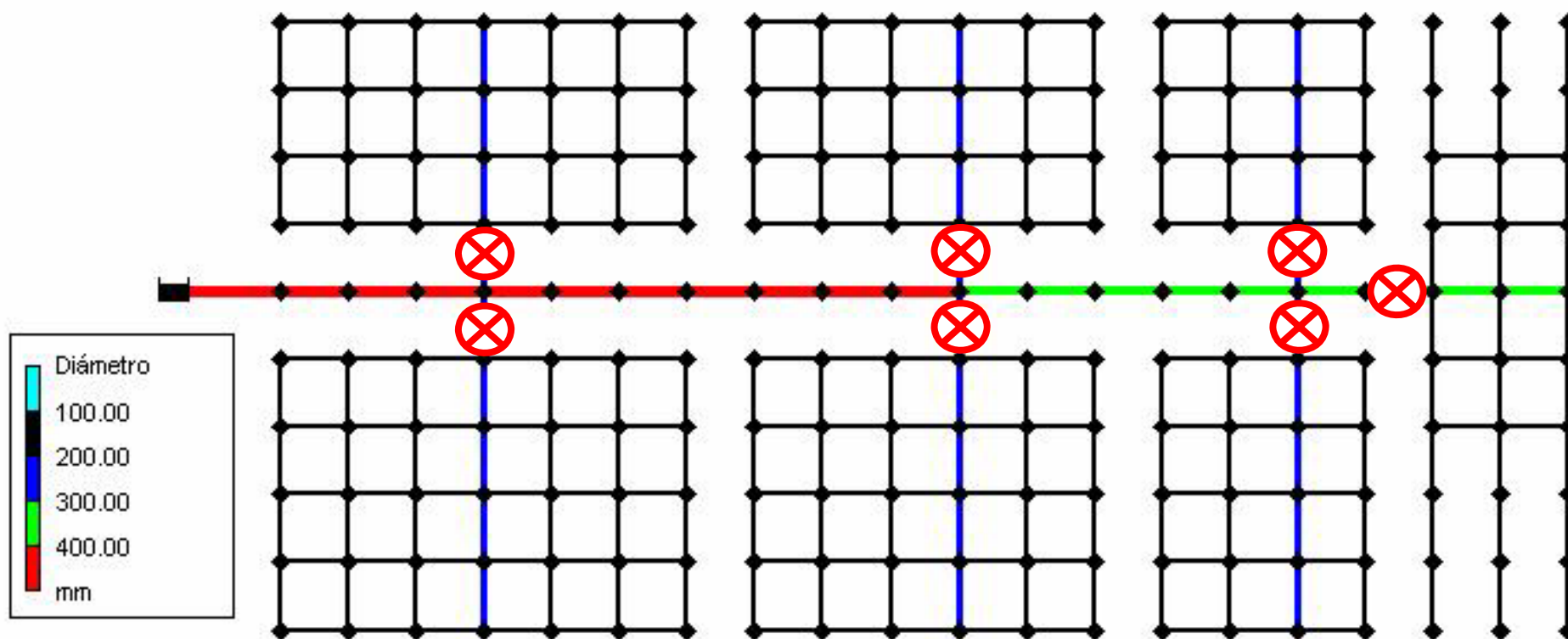
## Evolución de la red sectorizada reparada



# Ejercicio

## Control de presiones

Se instalan ahora 7 válvulas reductoras de presión a fin de reducir las fugas (calibradas a una presión de salida de 15 mca)

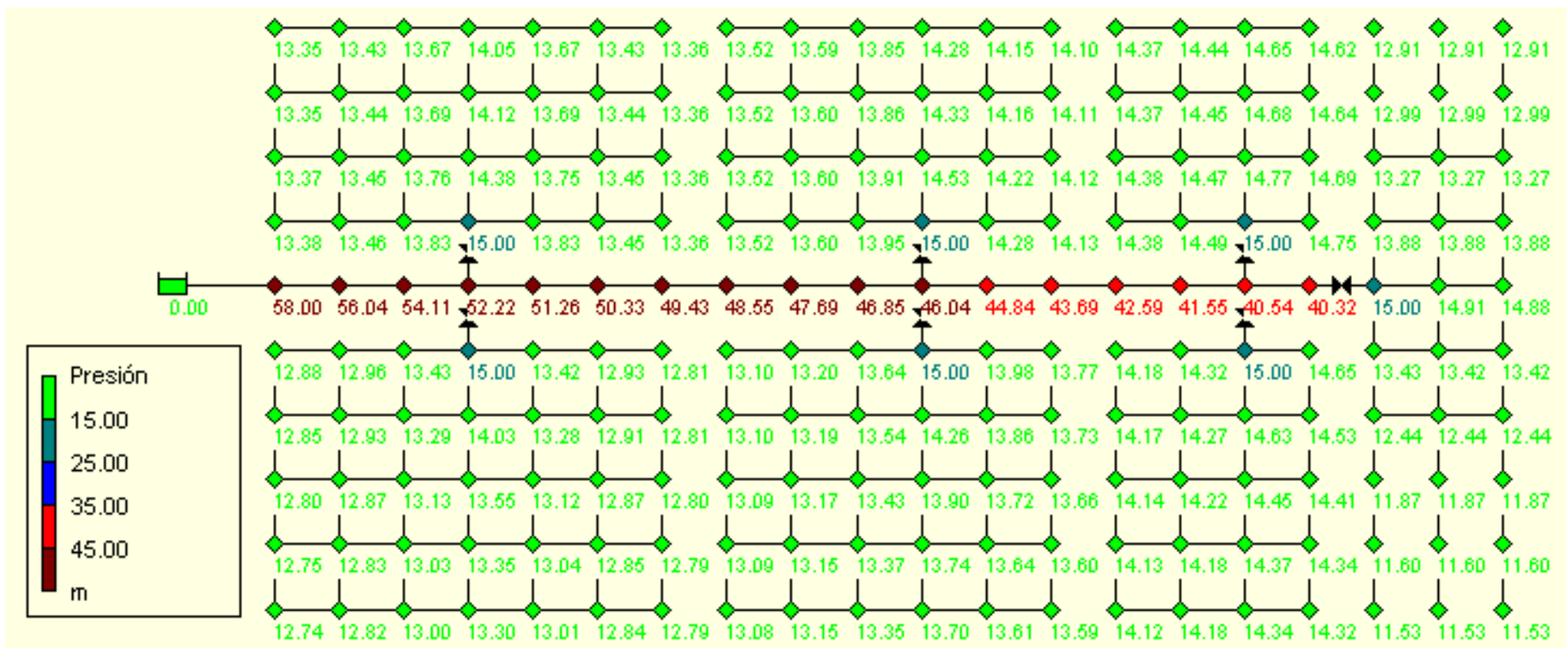


# Ejercicio

## Simulación hidráulica

Red sectorizada y bajo control de presiones

Presiones en los nudos

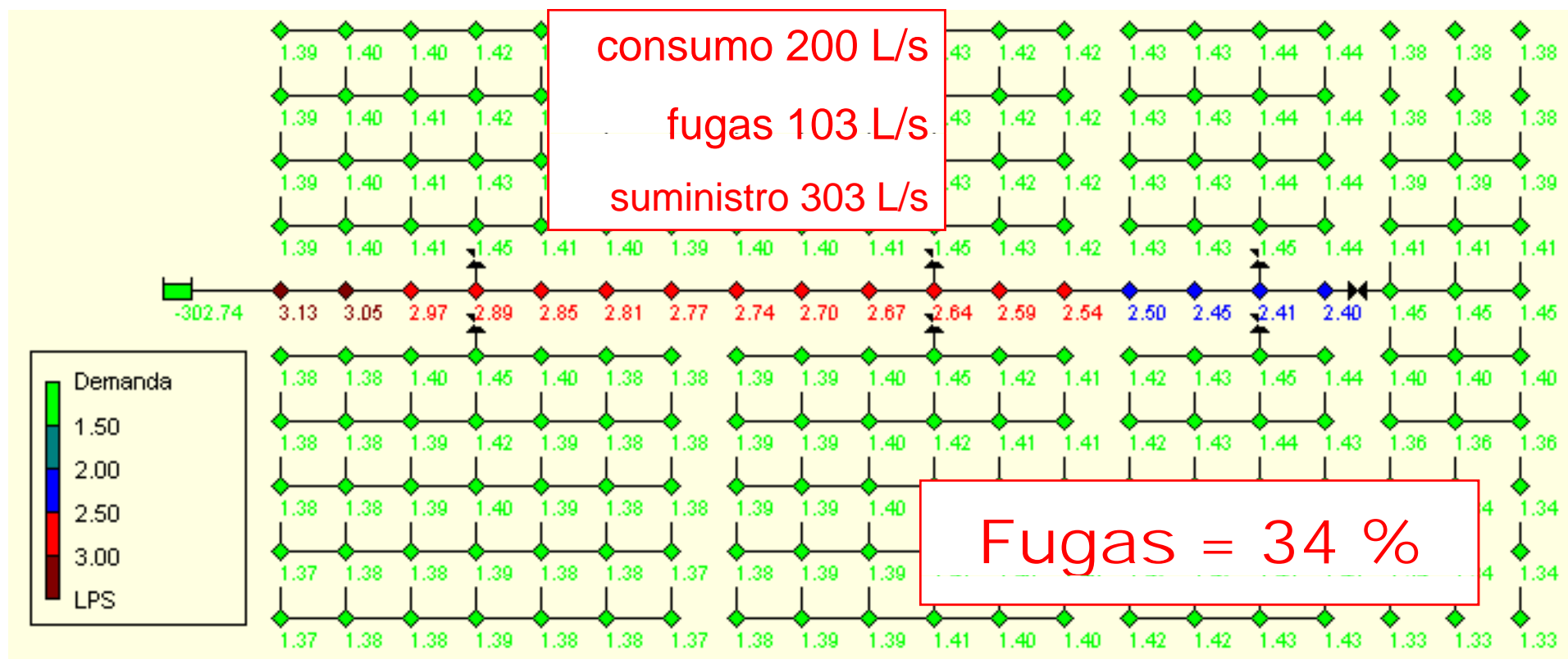


# Ejercicio

## Simulación hidráulica

Red sectorizada y bajo control de presiones

Caudales en los nudos





## Ejercicio

# Reparación de la red sectorizada y controlada

El ejercicio simula el proceso de reparación a través de la eliminación de fugas\*; esto es, utilizando un valor del coeficiente  $C = 0$

$$Q_{\text{fugas}} = C H^x = 0$$

Se supone la reparación de la siguiente forma:

- primero la línea principal de distribución y
- después cada sector en el orden de su numeración.

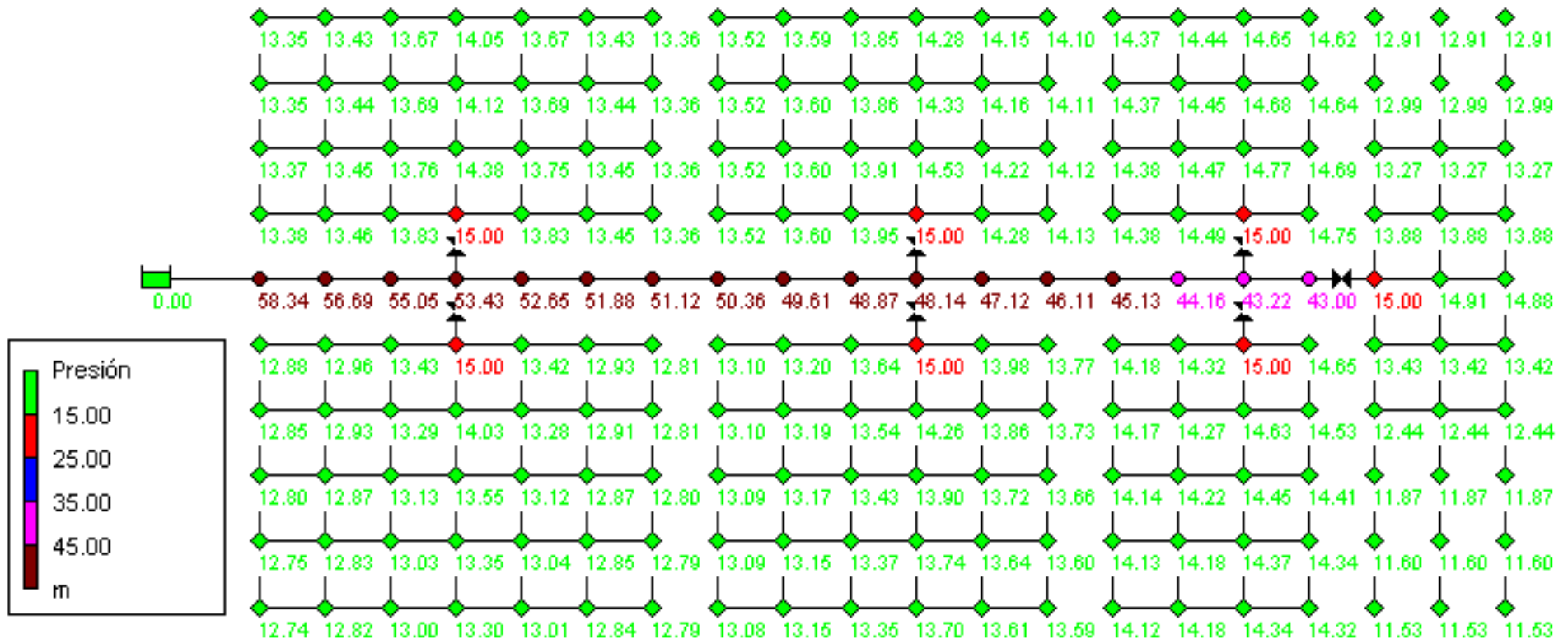
\* Sin olvidar el carácter didáctico de este ejercicio, y la imposibilidad de reducir a cero las fugas en una red real.

# Ejercicio

## Simulación hidráulica

Red sectorizada y bajo control de presiones,  
reparada la línea principal de distribución

Presiones en los nudos

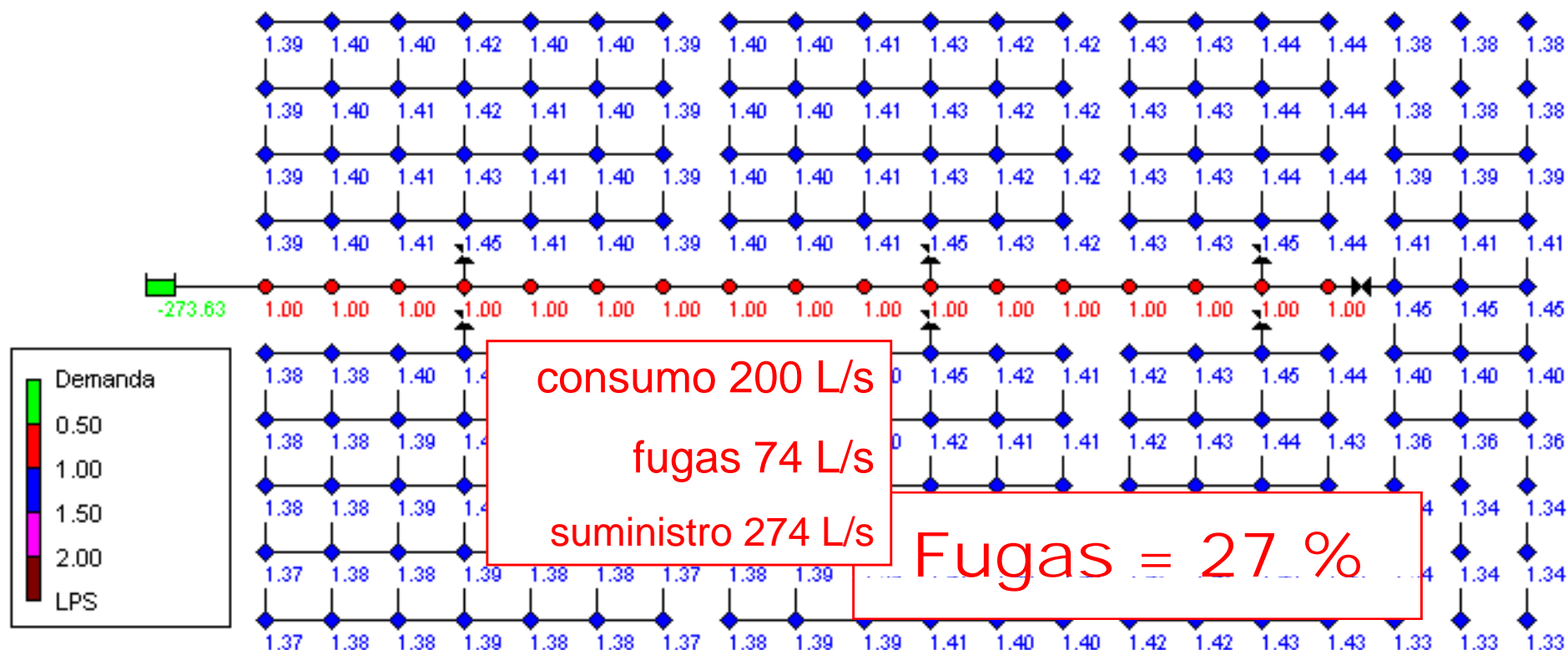


# Ejercicio

## Simulación hidráulica

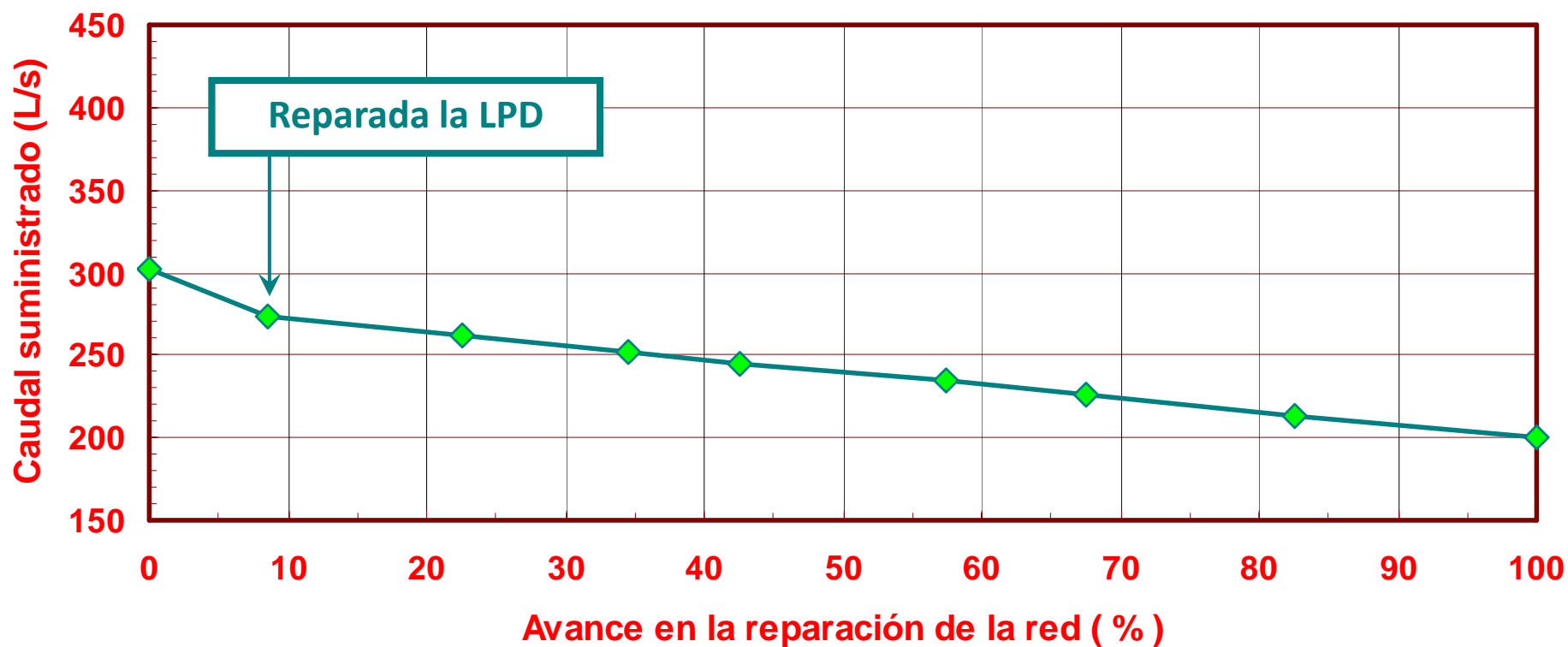
Red sectorizada y bajo control de presiones,  
reparada la línea principal de distribución

Caudales en los nudos



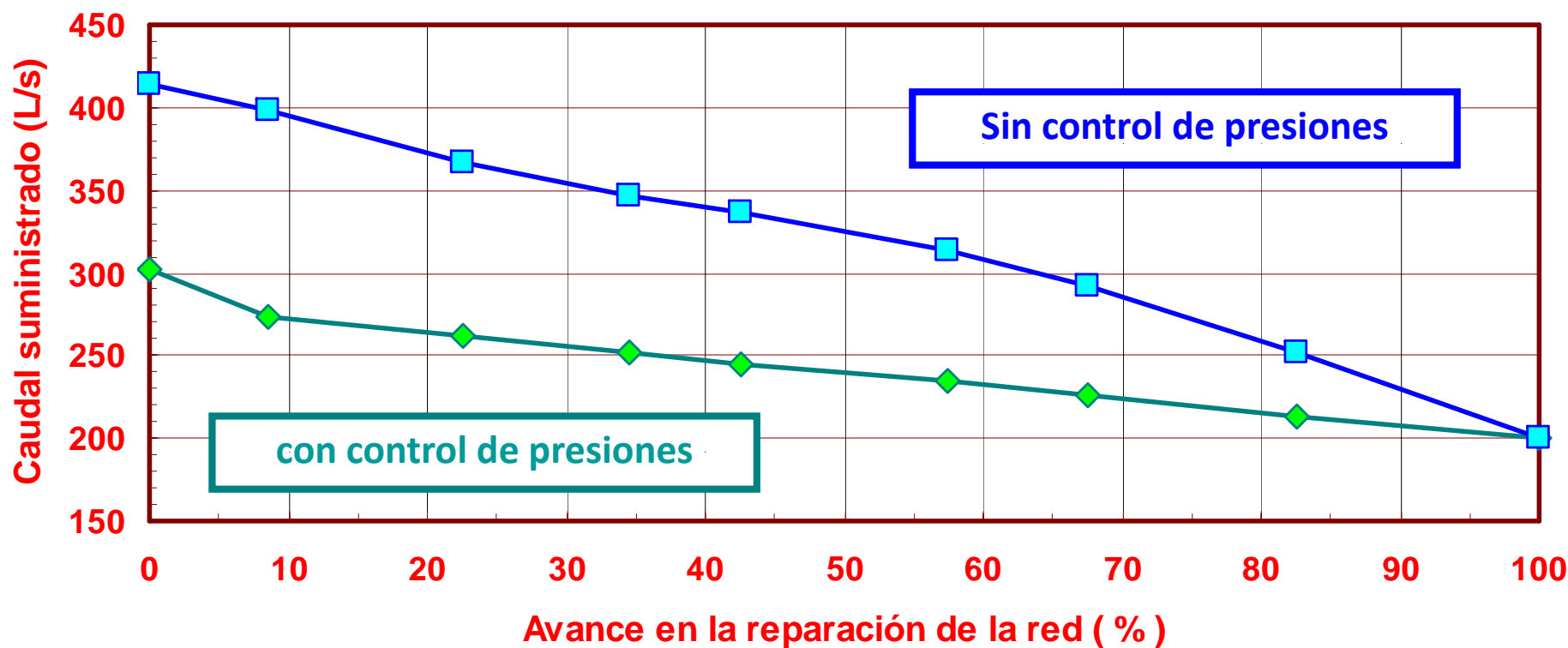
# Ejercicio

## Evolución de la red sectorizada, **controlada** y reparada



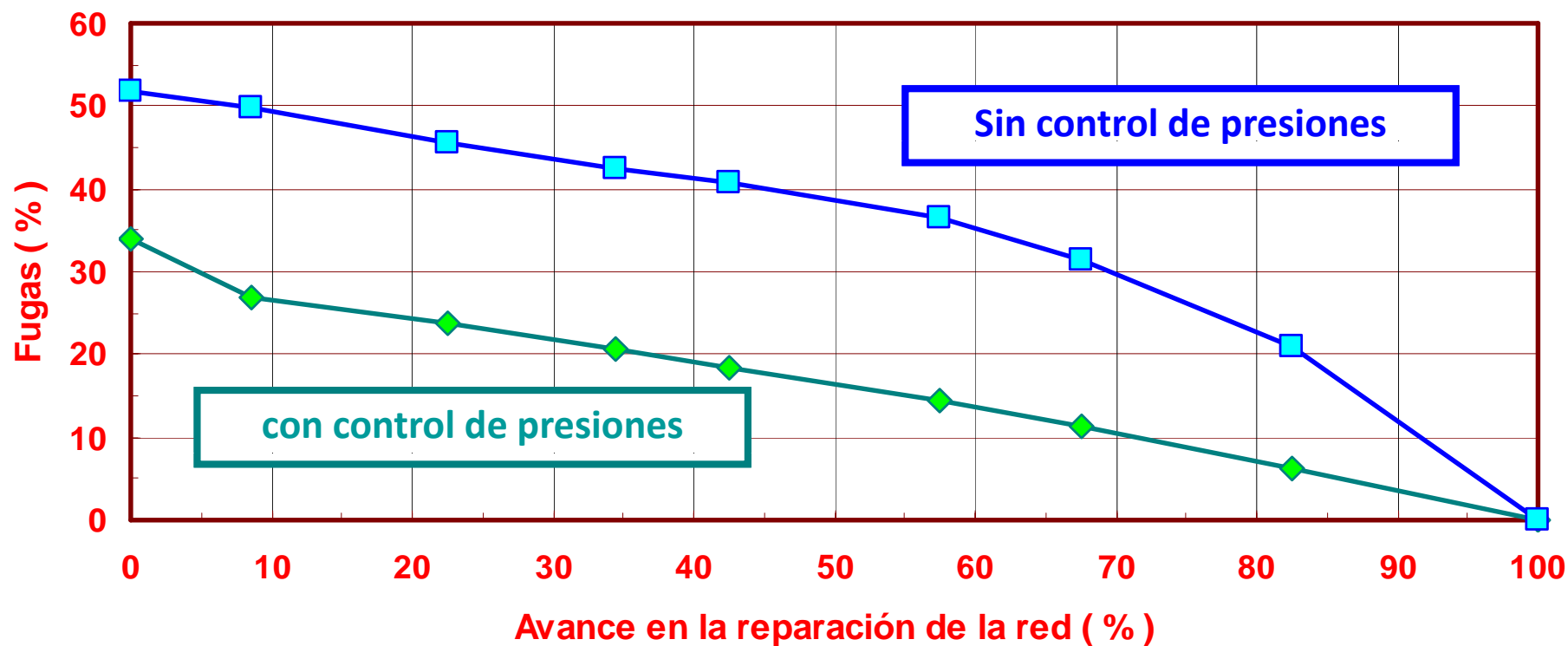
# Ejercicio

## Evolución de la red sectorizada reparada Comparación del suministro



# Ejercicio

## Evolución de la red sectorizada reparada Comparación del nivel de fugas



## Ejercicio

Por otra parte...



Acciones encaminadas a la reducción de consumos:

- Medición
- Aumento de tarifas
- Cultura del agua

A partir de la red sectorizada, se suponen ahora consumos en los nudos de 0,80 L/s

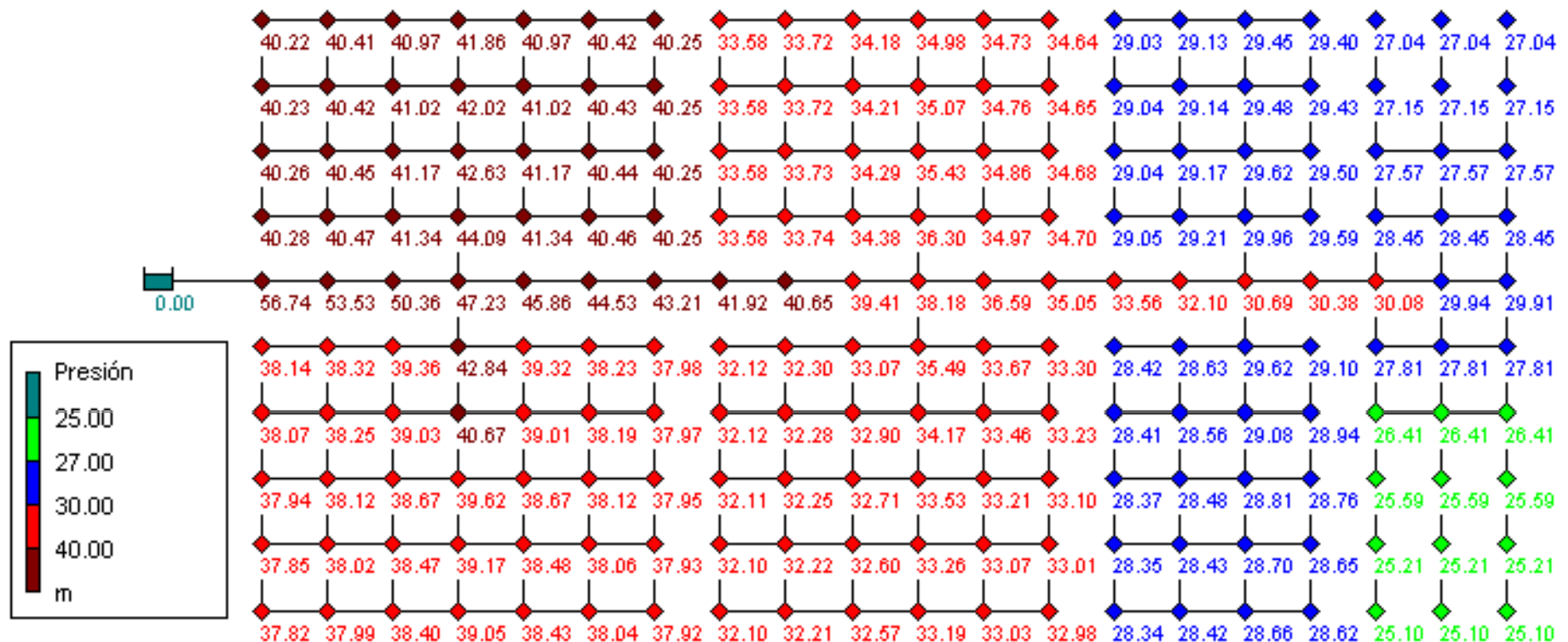
**Consumo de los usuarios =  $0,80 * 200 = 160$  L/s**

# Ejercicio

## Simulación hidráulica

Red sectorizada  
Consumo por nudo = 0,80 L/s

Presiones en los nudos



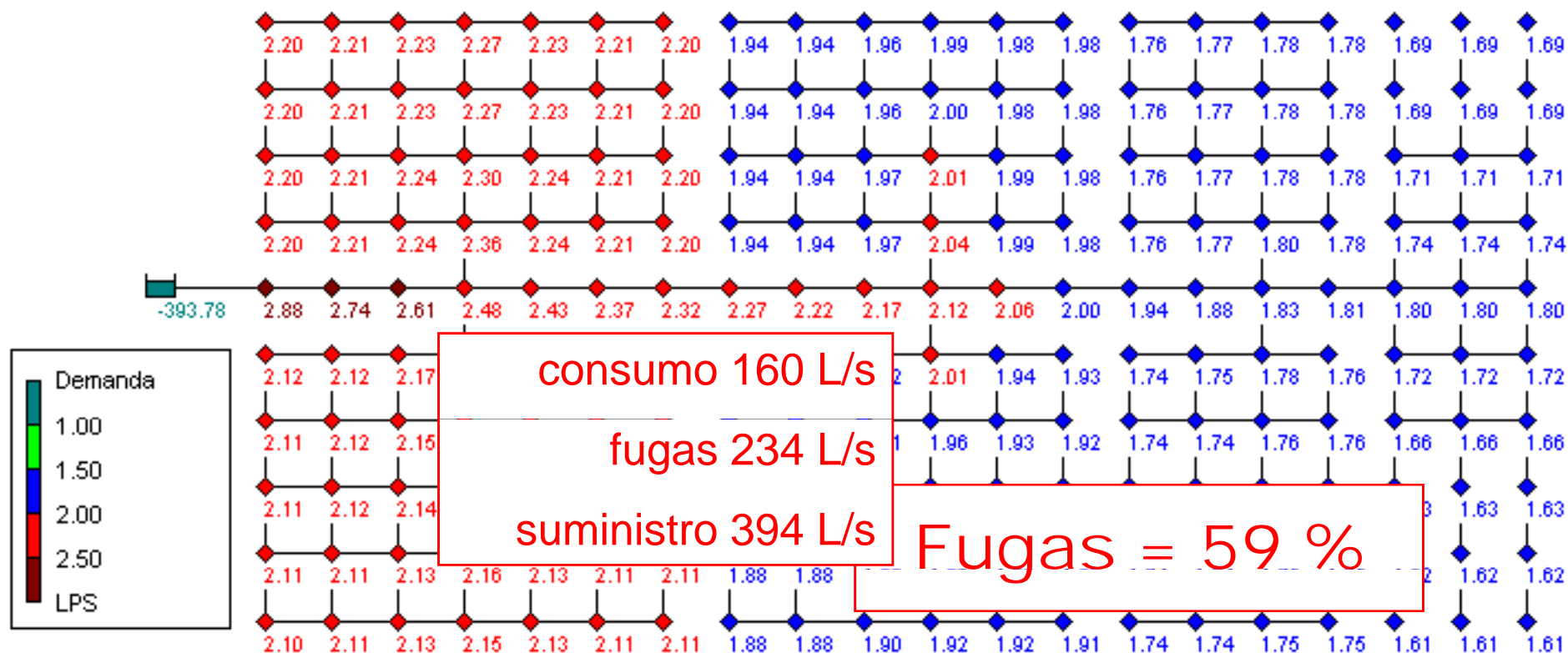


# Ejercicio

## Simulación hidráulica

Red sectorizada  
Consumo por nudo = 0,80 L/s

### Caudales en los nudos



# Ejercicio

## Comparación del suministro en la red sectorizada

Consumo normal

Por nudo = 1,00 L/s

Suministro 200 L/s  
fugas 214 L/s  
suministro 414 L/s

Fugas = 52 %

Consumo reducido

Por nudo = 0,80 L/s

Suministro 160 L/s  
fugas 234 L/s  
suministro 394 L/s

Fugas = 59 %

El suministro disminuye un 5%

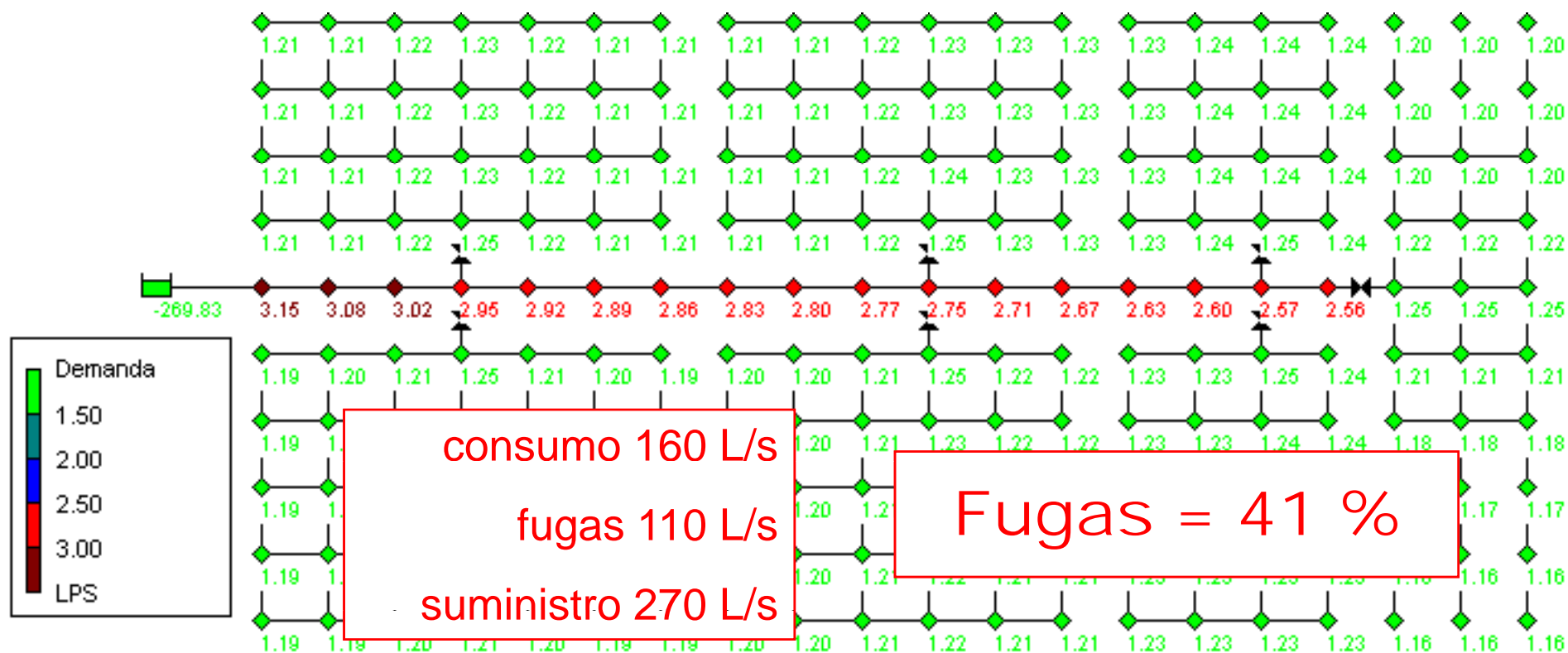
Las fugas aumentan un 7%

# Ejercicio

## Simulación hidráulica

**Red sectorizada y controlada**  
**Consumo por nudo = 0,80 L/s**

Caudales en los nudos



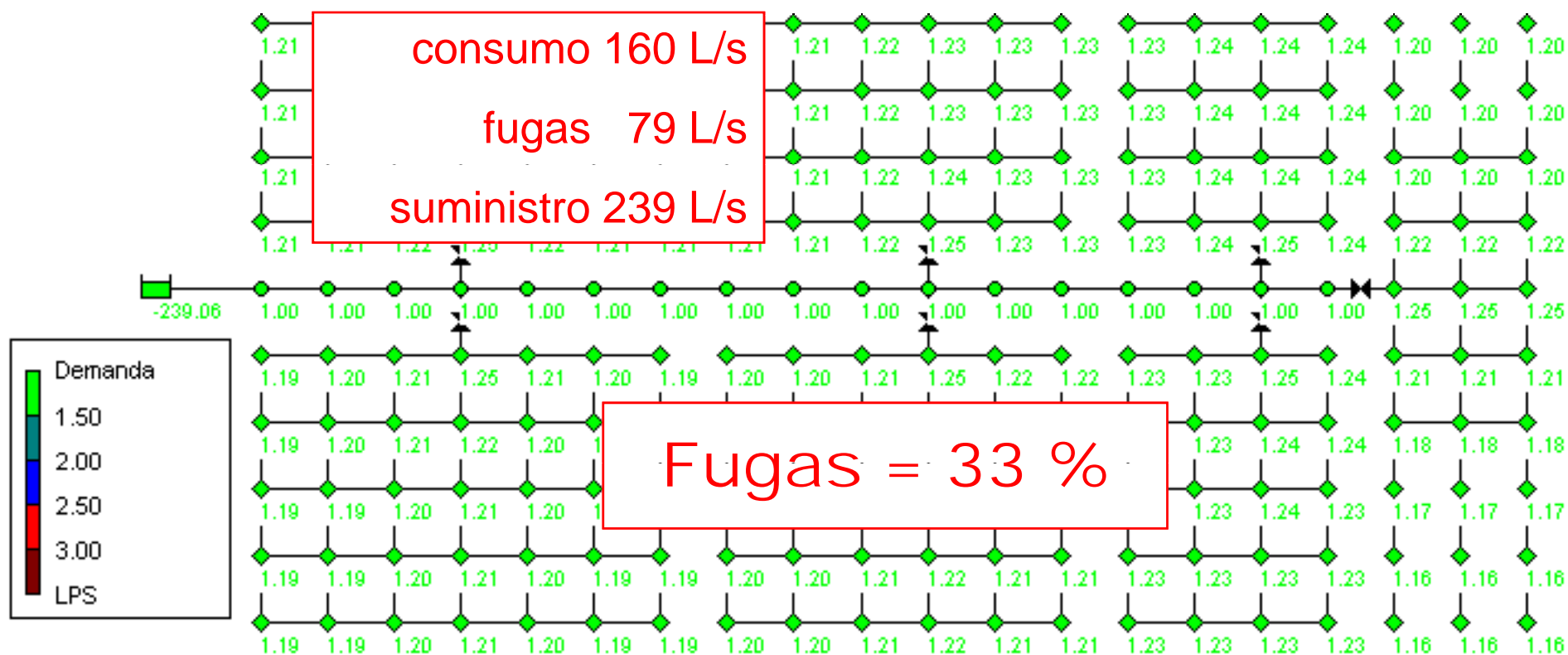
**Se instalan las 7 válvulas reductoras de presión.**

# Ejercicio

## Simulación hidráulica

**Red con menor consumo  
Controlada y con la LPD reparada**

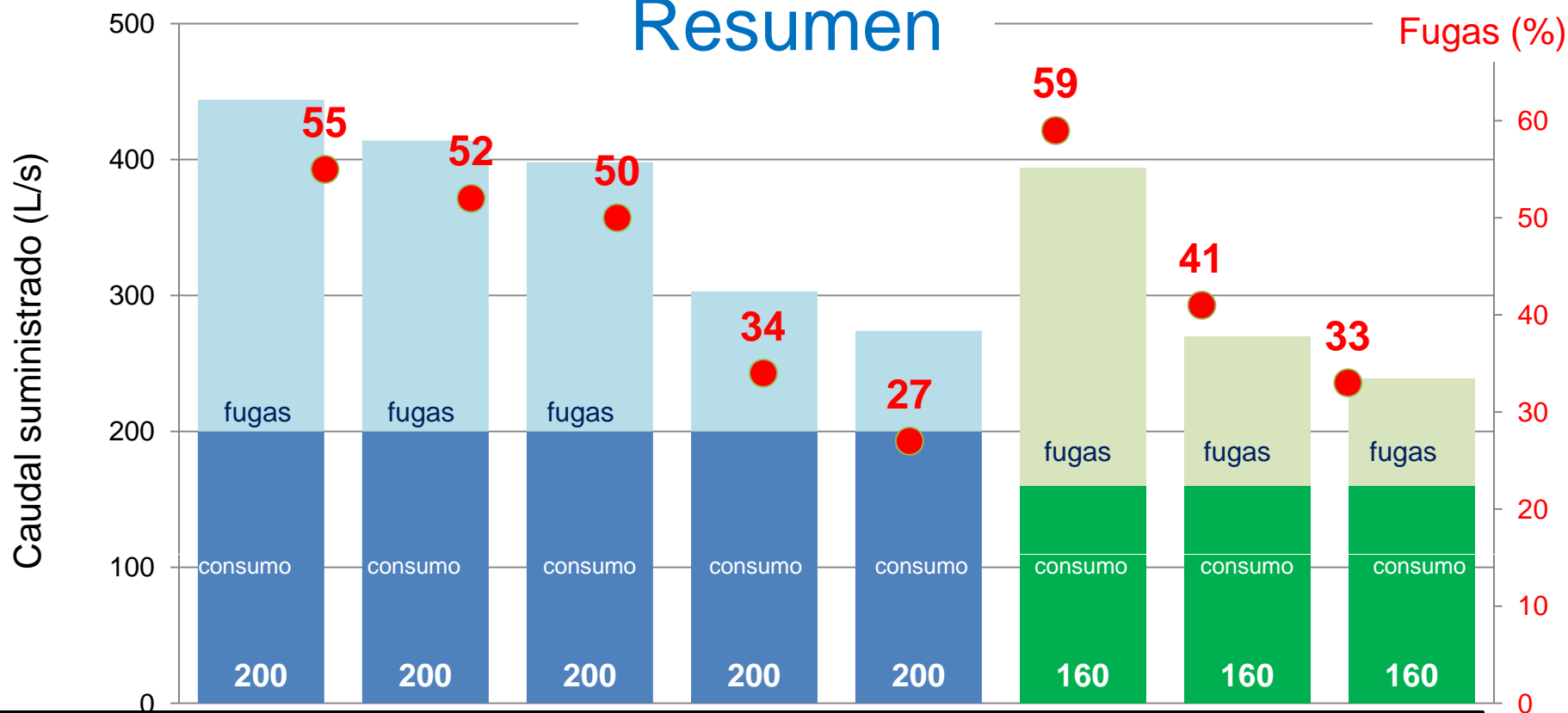
Caudales en los nudos



**Se instalan las 7 válvulas reductoras de presión.**

# Ejercicio

## Resumen



sectorizada		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
controlada VRP				SI	SI		SI	SI
Reparada LPD			SI		SI			SI
<b>SUMINISTRO (L/s)</b>	<b>444</b>	<b>414</b>	<b>398</b>	<b>303</b>	<b>274</b>	<b>394</b>	<b>270</b>	<b>239</b>

# Conclusiones



# Conclusiones

1. **“Salir” simplemente a reparar fugas no es la forma de reducir las pérdidas ni mejorar la eficiencia.**
2. **La Sectorización tiene sus bondades, cuando ésta se basa en el control de presiones.**

## **Ventajas:**

- La red primaria será más eficiente.
- Permite identificar los sectores más dañados, por lo tanto, priorizar las acciones y obtener resultados en el corto plazo.
- Las fallas en el suministro pueden minimizarse al contar con una mejor distribución del agua.

## Conclusiones

### 3. Los resultados no sugieren que sea equivocada la idea de:

- actualizar tarifas,
- incrementar la medición,
- el ahorro del agua por parte de los usuarios.

**Pero estas acciones deben estar acompañadas por la adecuada operación de la infraestructura.**

### 4. Es fundamental que el operador esté totalmente convencido y haga suyo el proyecto.





**Jornadas del Agua**  
UNAM, 2013

**Distribución eficiente  
en redes de agua potable**

[luis.salmones@conagua.gob.mx](mailto:luis.salmones@conagua.gob.mx)