

Primer Congreso Iberoamericano de Protección,  
Gestión, Eficiencia, Reciclado y Reúso del Agua

# DISMINUCION DEL VOLUMEN DE FUGAS REDUCIENDO LA PRESION EN SISTEMAS FLEXIBLES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE SUDAFRICA

Mauro Raúl Iriart

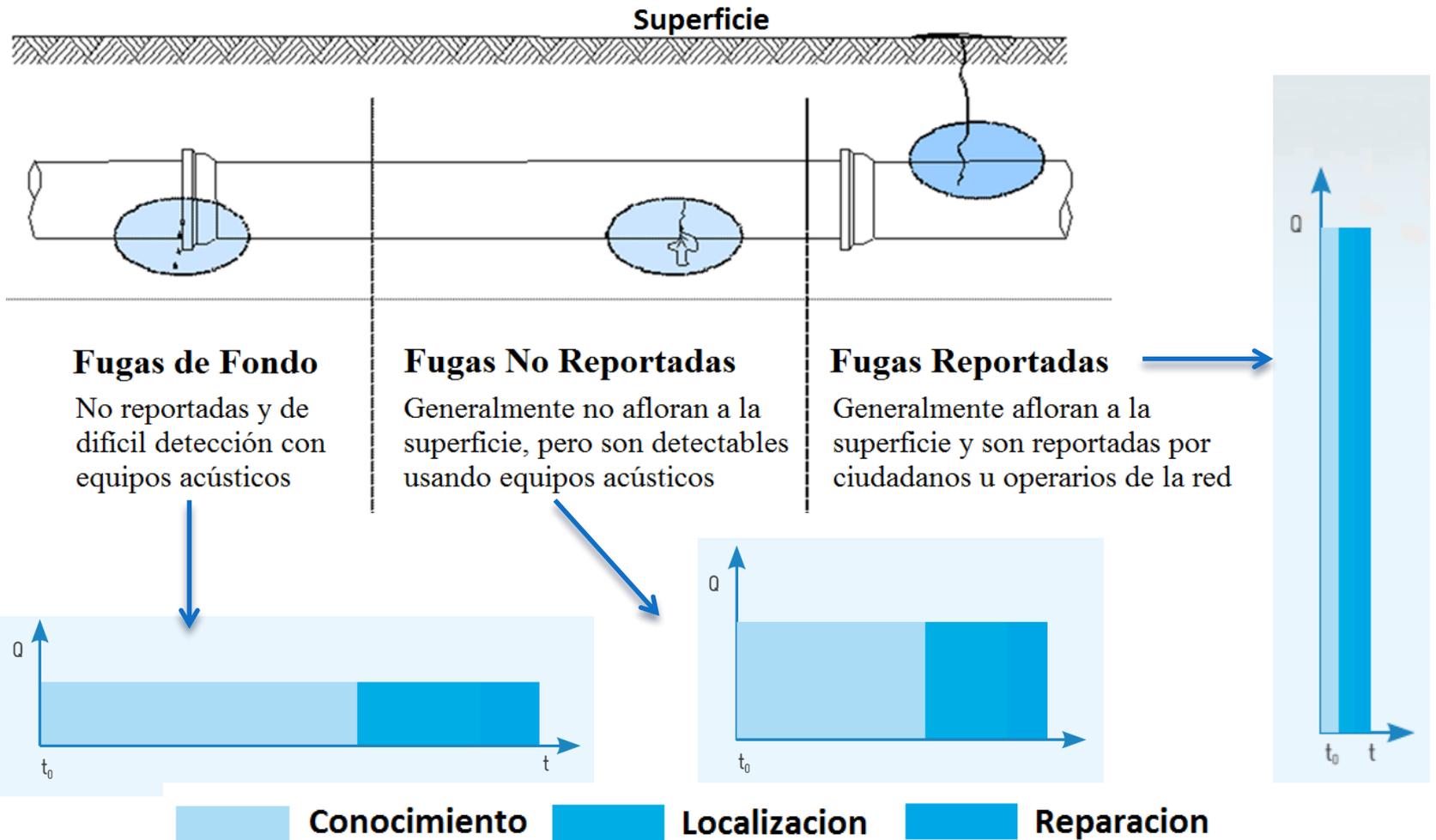
## Introducción

Uno de los países que con más énfasis se ha avocado a la reducción de las **pérdidas reales de agua** es Sudáfrica, principalmente a través de la gestión de la presión en sus sistemas de distribución de agua potable. Este documento pretende presentar los resultados obtenidos en distintas redes de la **provincia de KwaZulu Natal en Sudáfrica** durante los últimos dos años, en los que se ha reducido la presión a través de la instalación de **Válvulas Reductoras de Presión (VRP)**.

## Balance Hídrico (IWA)

Volumen de Entrada al Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Facturado	Agua Facturada
	Pérdidas de Agua	Consumo Autorizado No Facturado	Agua No Facturada
		Pérdidas Aparentes	
		Pérdidas Reales	

# Pérdidas Reales



## Fórmulas

$$\mathbf{PRI = (18.Lr + 0,8.Nc + 25.Lp) . Pp}$$

PRI: Pérdidas Reales Inevitables

Lr: Longitud de la Red

Nc: Numero de Conexiones de Servicio

Lp: Longitud de Cañerías después de la línea de propiedad privada

Pp: Presión Operativa Promedio

$$\mathbf{PRPR = PR - PRI}$$

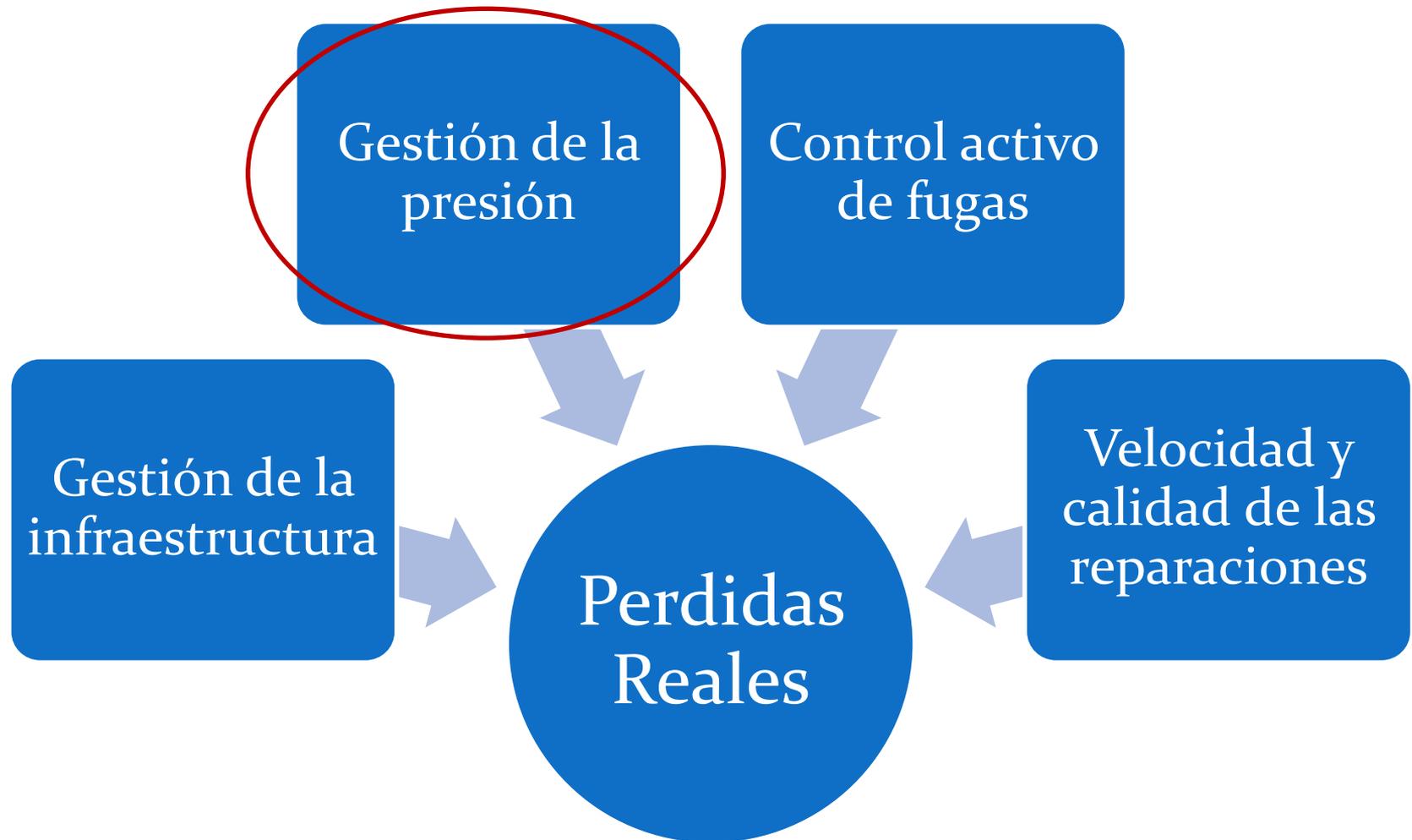
PR: Pérdidas Reales

PRPR: Potencial Recuperable de Pérdidas Reales

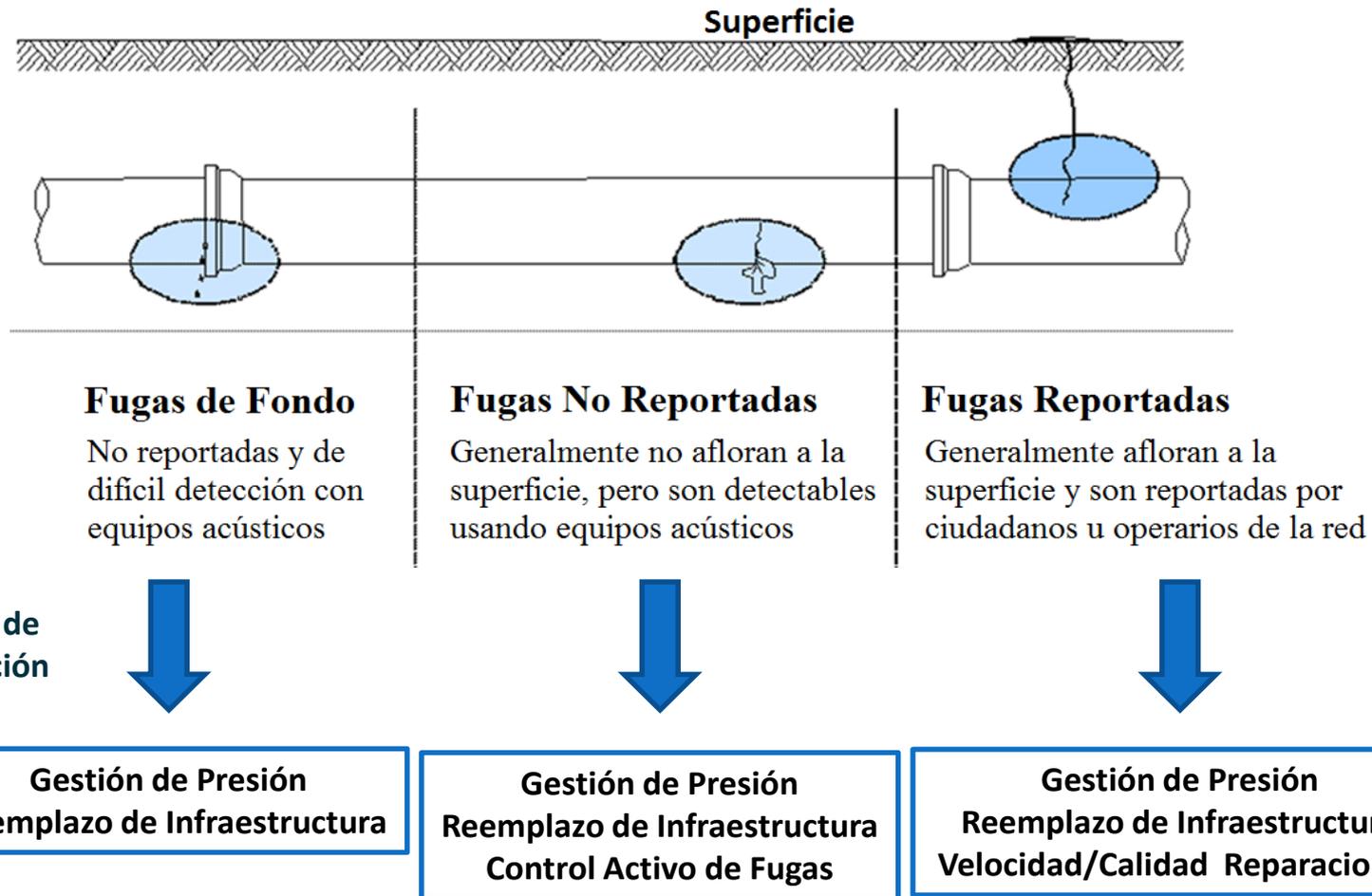
$$\mathbf{IFE = PR / PRI}$$

IFE: Índice de Fugas Estructurales

# Métodos de Intervención



# Pérdidas Reales / Métodos de Intervención



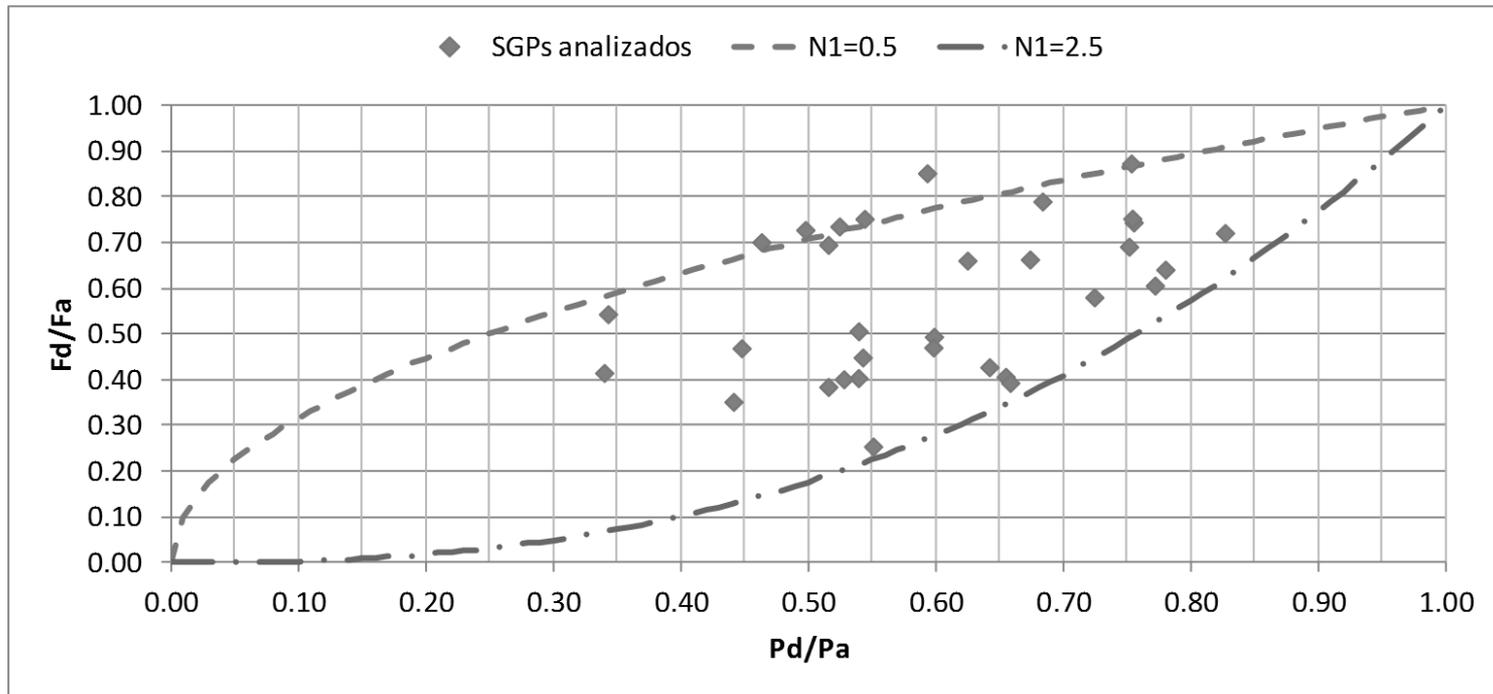
# Relación Presión – Pérdidas Reales

$$\frac{Fd}{Fa} = \left( \frac{Pd}{Pa} \right)^{N1} \quad \text{Concepto propuesto por John May (1994)}$$

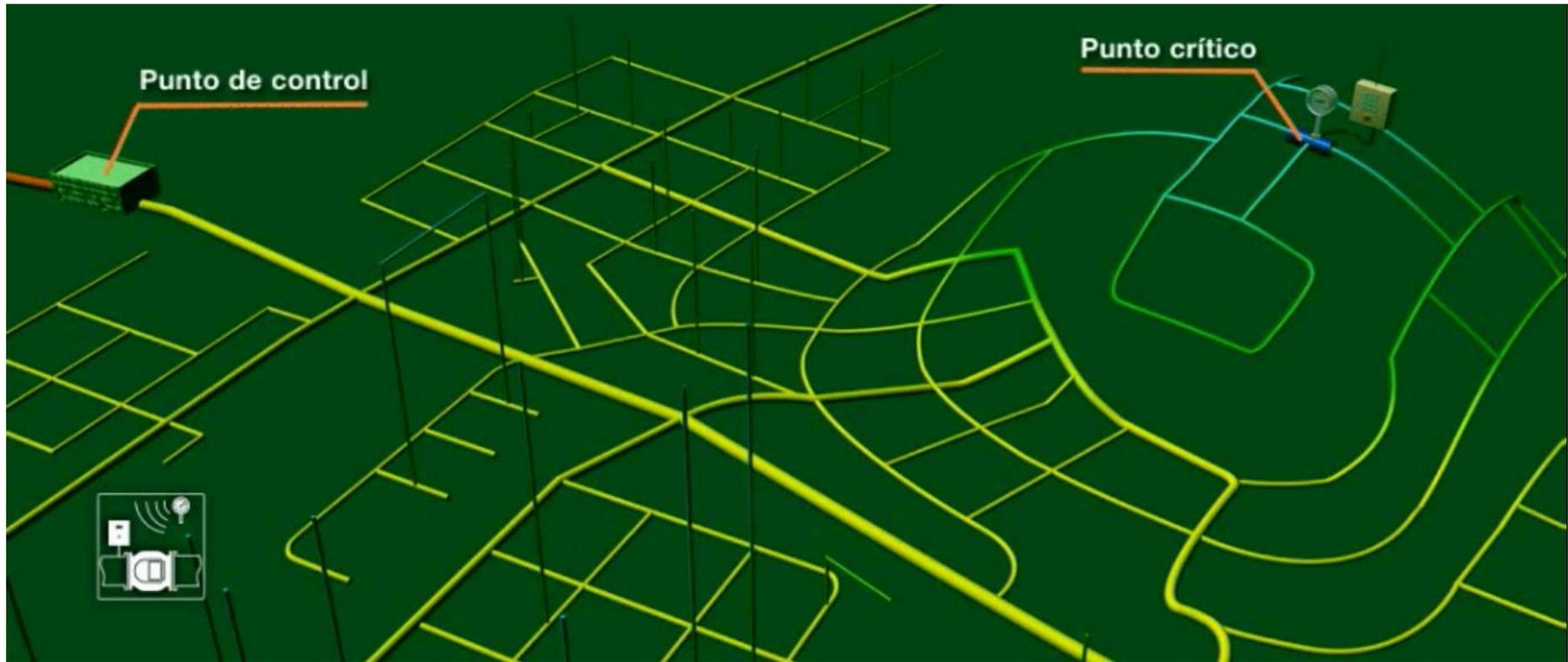
Fd-a: Volumen de Perdidas Reales (después y antes de la GP)

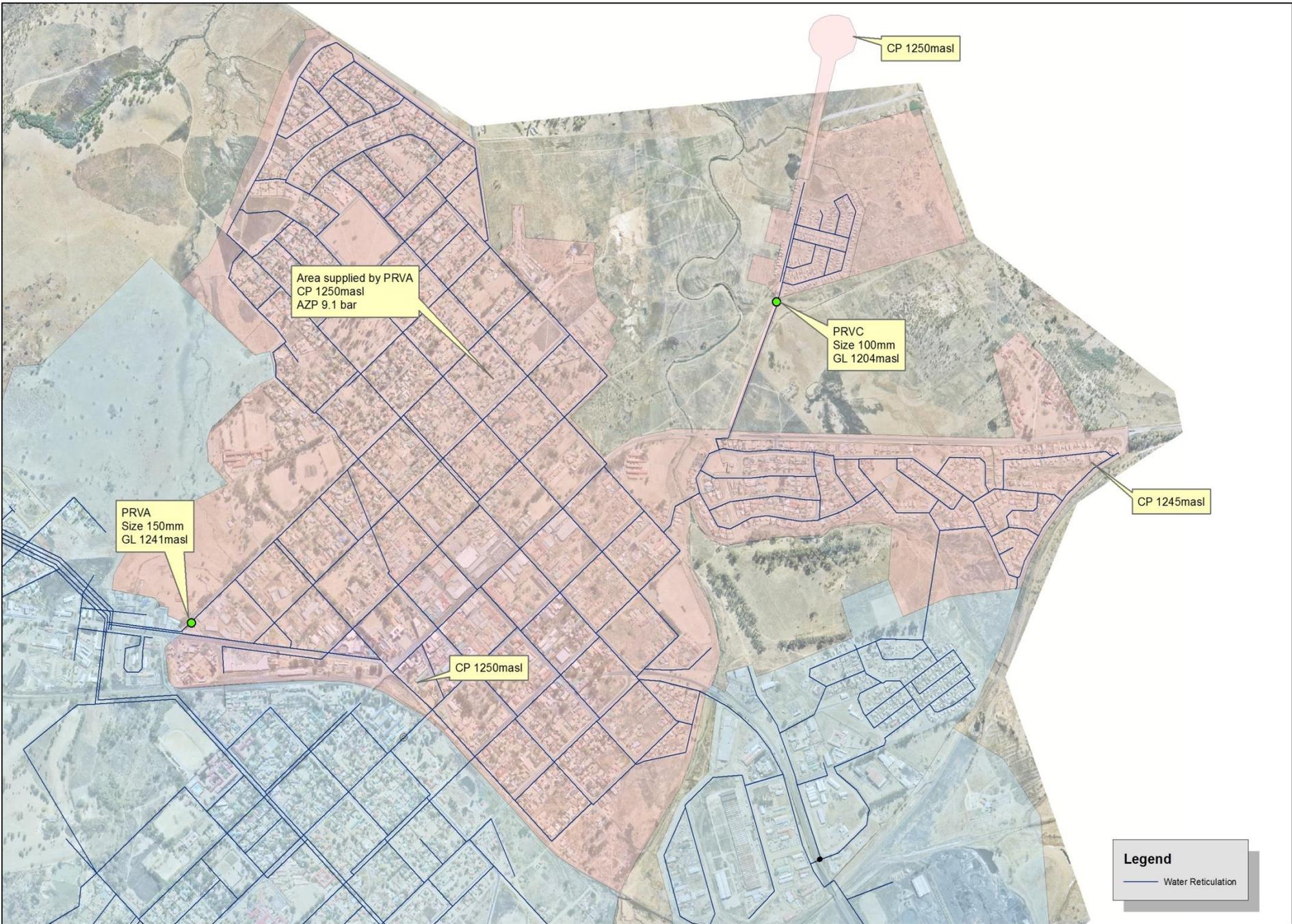
Pd-a: Presión Operativa Promedio (después y antes de la GP)

Coficiente FAVAD N1 depende de tipo de fugas y materiales de la red



# Sector de Gestión de Presión





CP 1250masl

Area supplied by PRVA  
CP 1250masl  
AZP 9.1 bar

PRVC  
Size 100mm  
GL 1204masl

CP 1245masl

PRVA  
Size 150mm  
GL 1241masl

CP 1250masl

**Legend**

— Water Reticulation

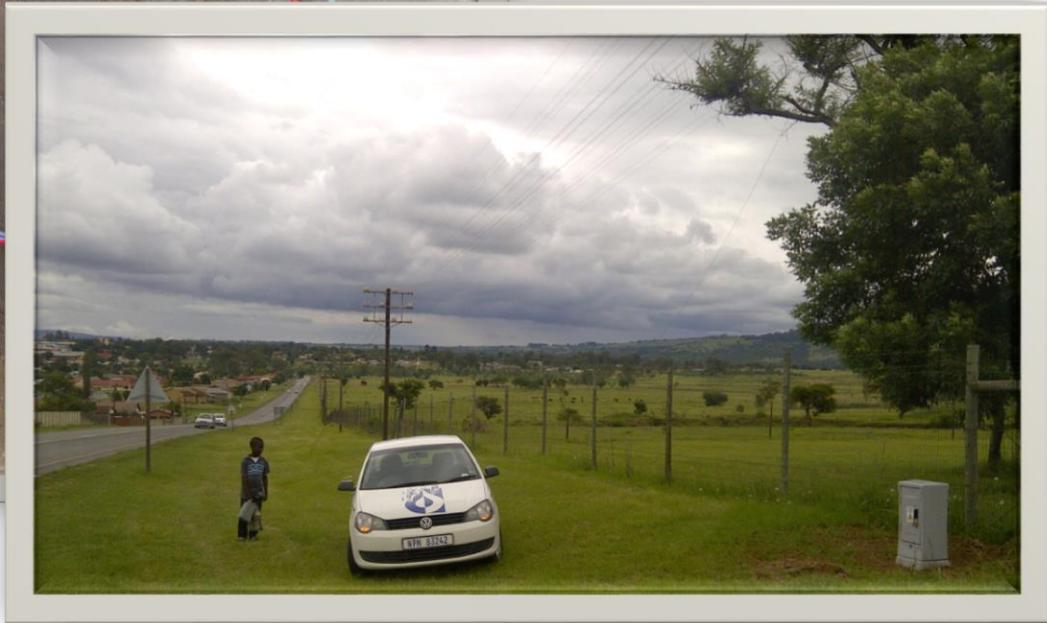
# Modulacion Salida Fija



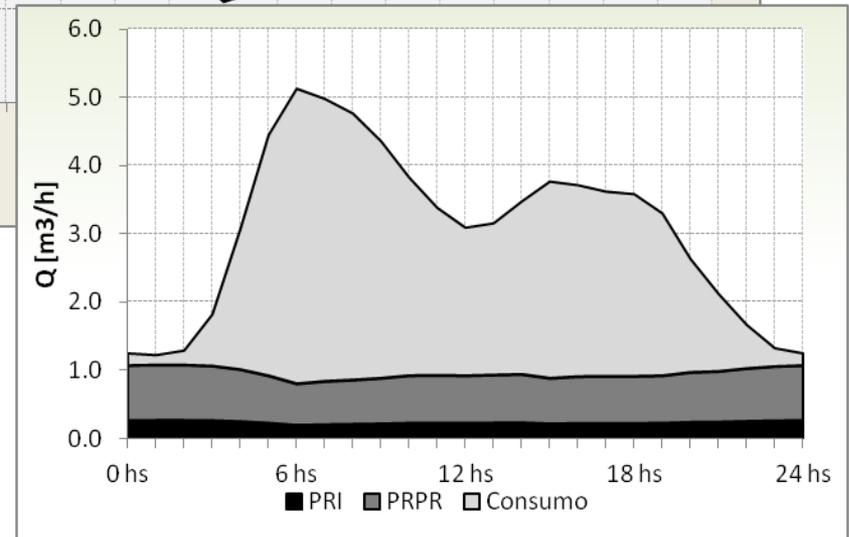
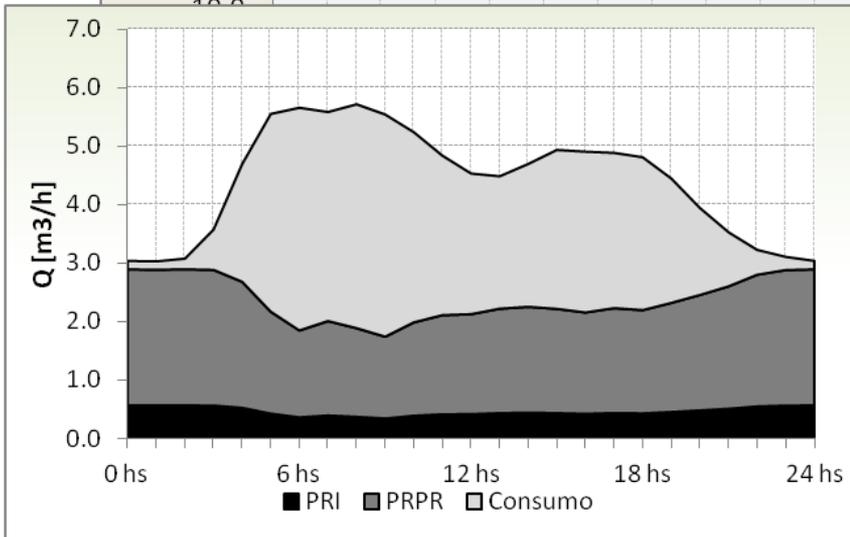
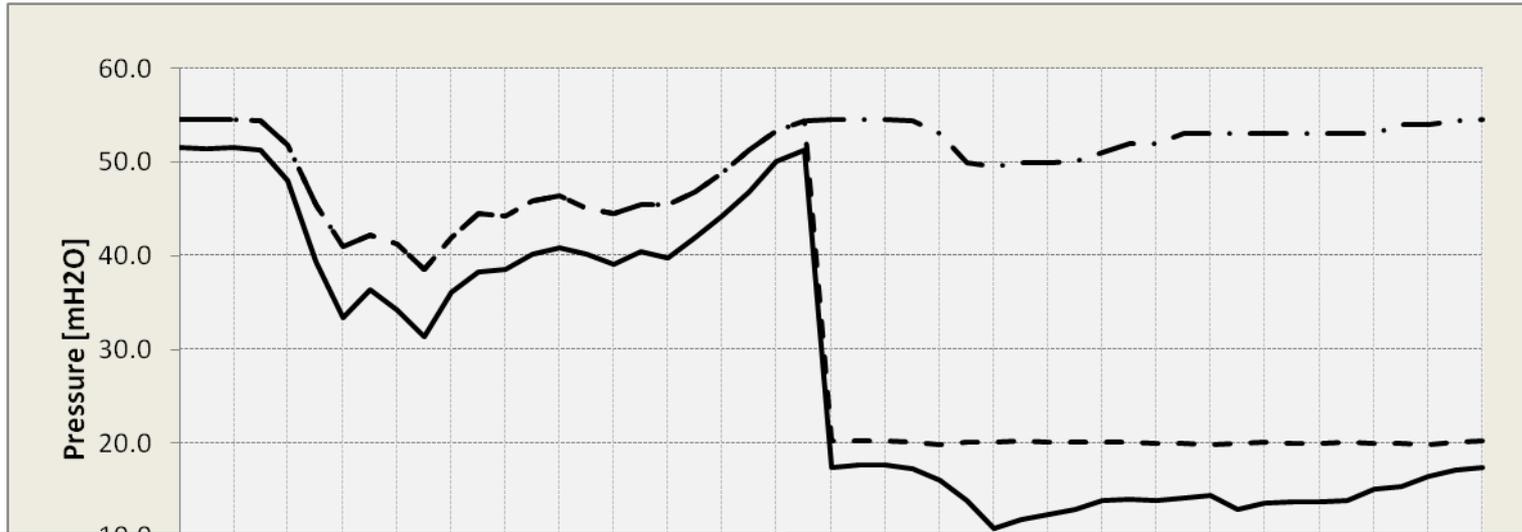
# Modulación basada en el tiempo



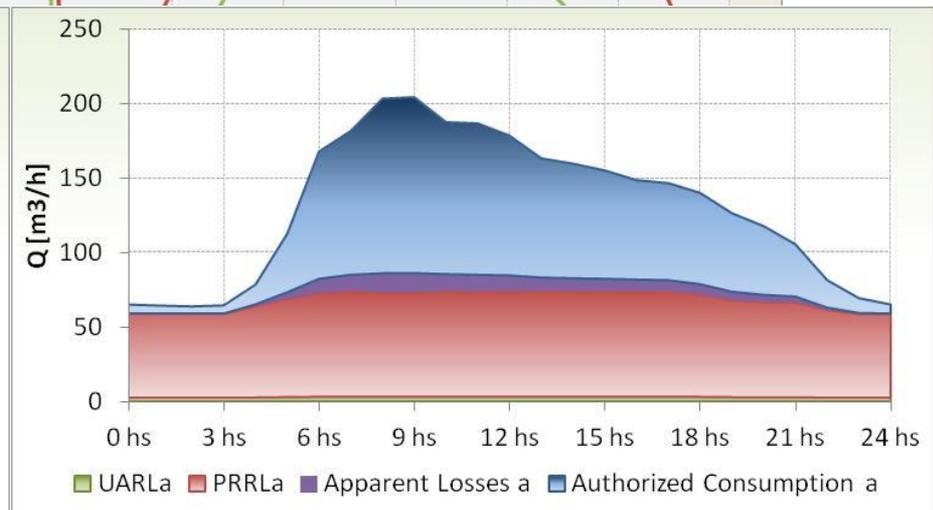
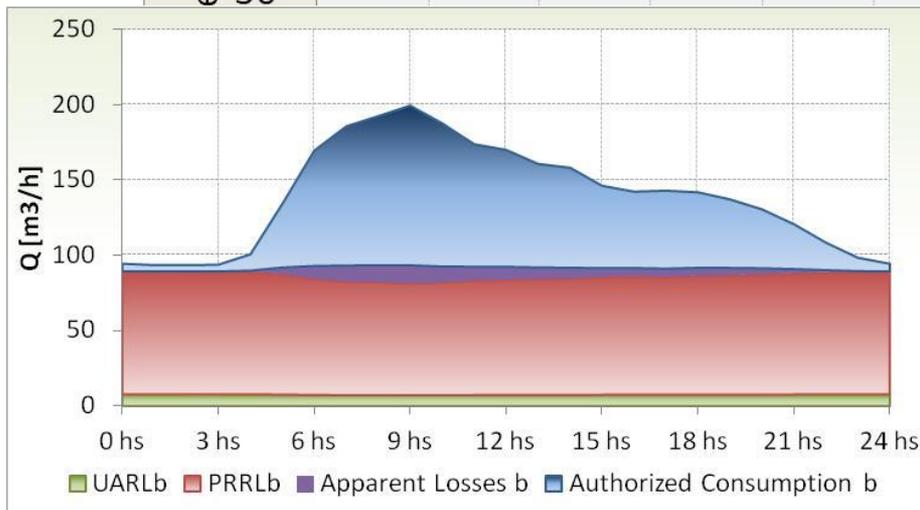
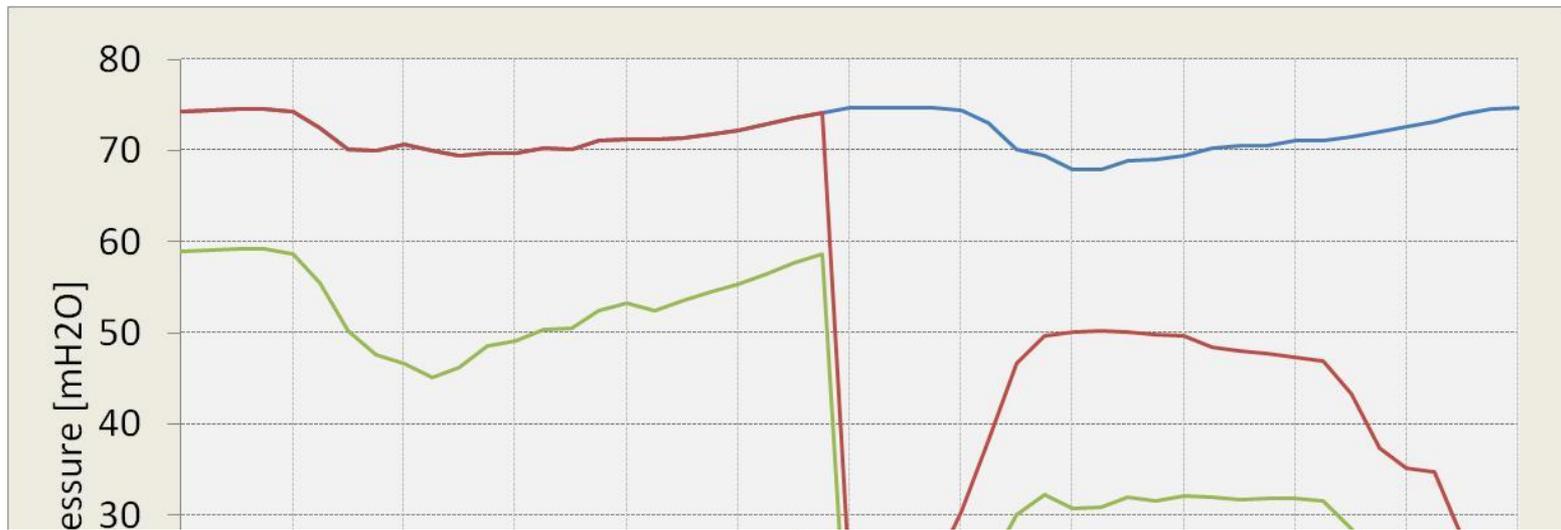
# Modulacion basada en el CP / Flujo / Tiempo



# Modulación Salida Fija



# Modulación basada en el CP y el tiempo



# Calculo de Perdidas Reales Diarias / Método del CMN

$$FN = CMN - CN$$

*FN: Volumen de Fugas Nocturnas*

*CMN: Caudal Mínimo Nocturno*

*CN: Consumo Nocturno*

$$FDN \left[ \frac{\text{horas}}{\text{día}} \right] = \sum_{i=0}^{24} \left( \frac{PP_i}{PPN} \right)^{N1}$$

*FDN: Factor Día Noche*

*PPi: Presión Promedio a la hora "i"*

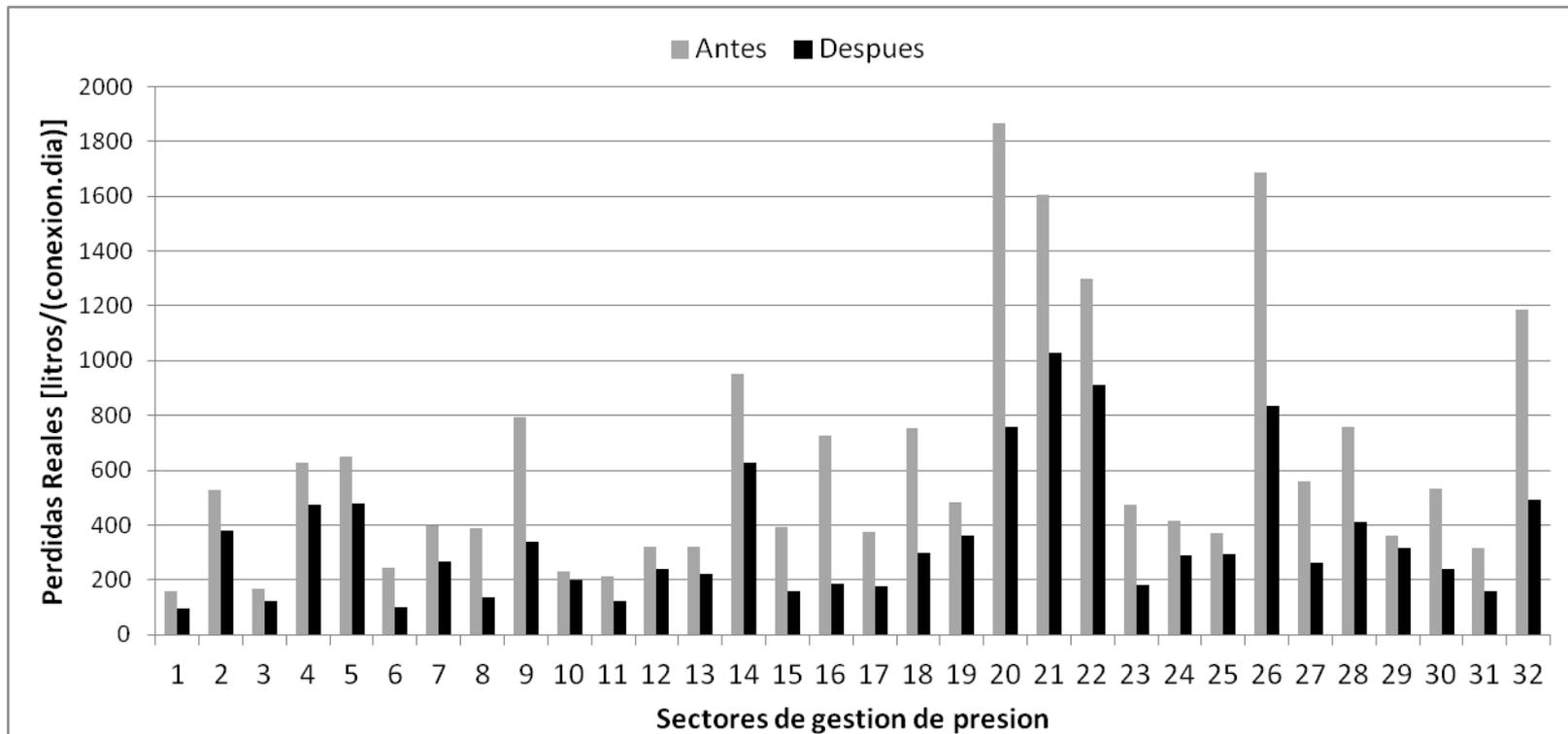
*PPN: Presión Promedio Nocturna*

$$PR = FDN \cdot FN$$

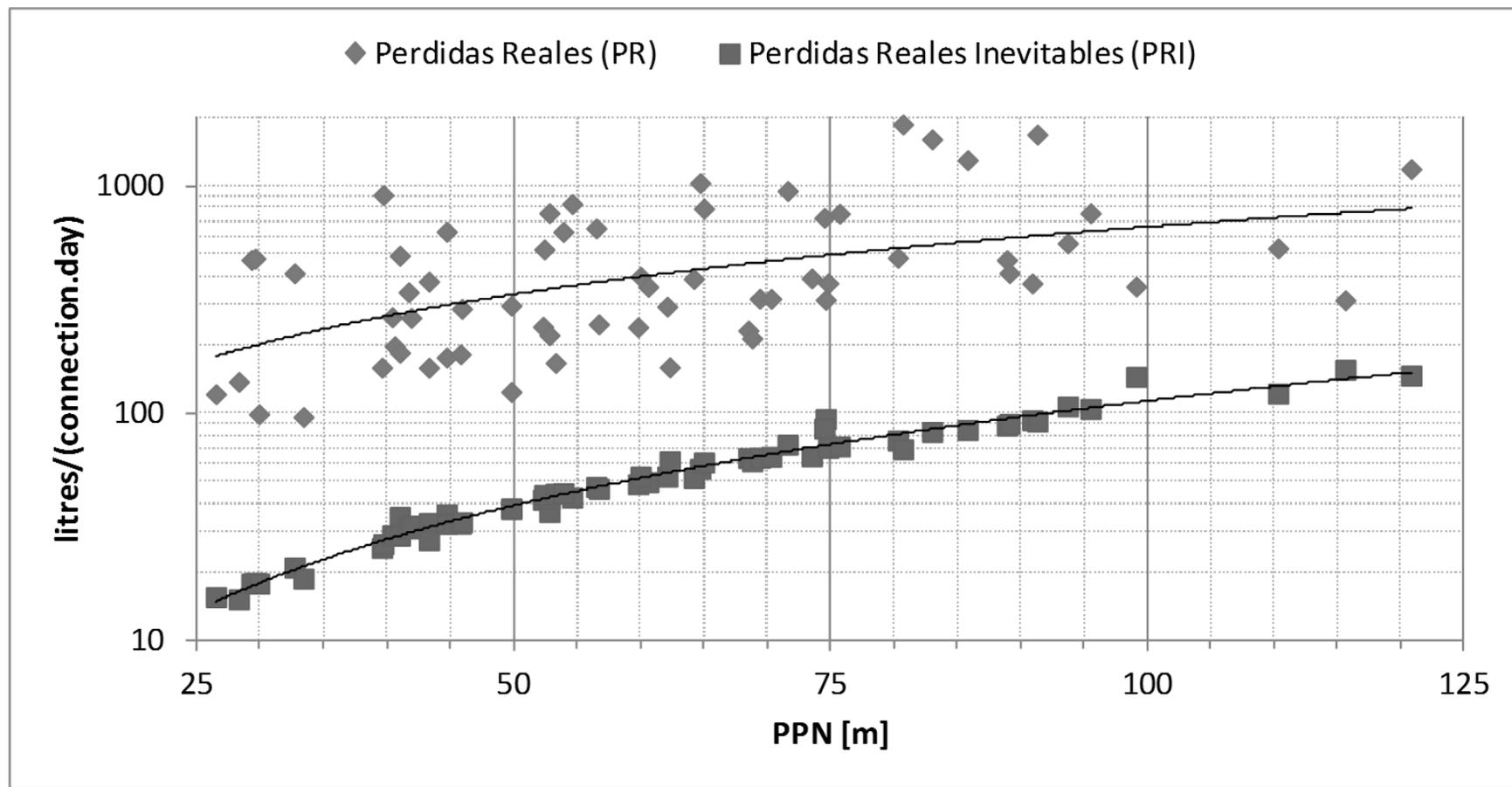
*PR: Pérdidas Reales*

# Resultados Globales - Síntesis

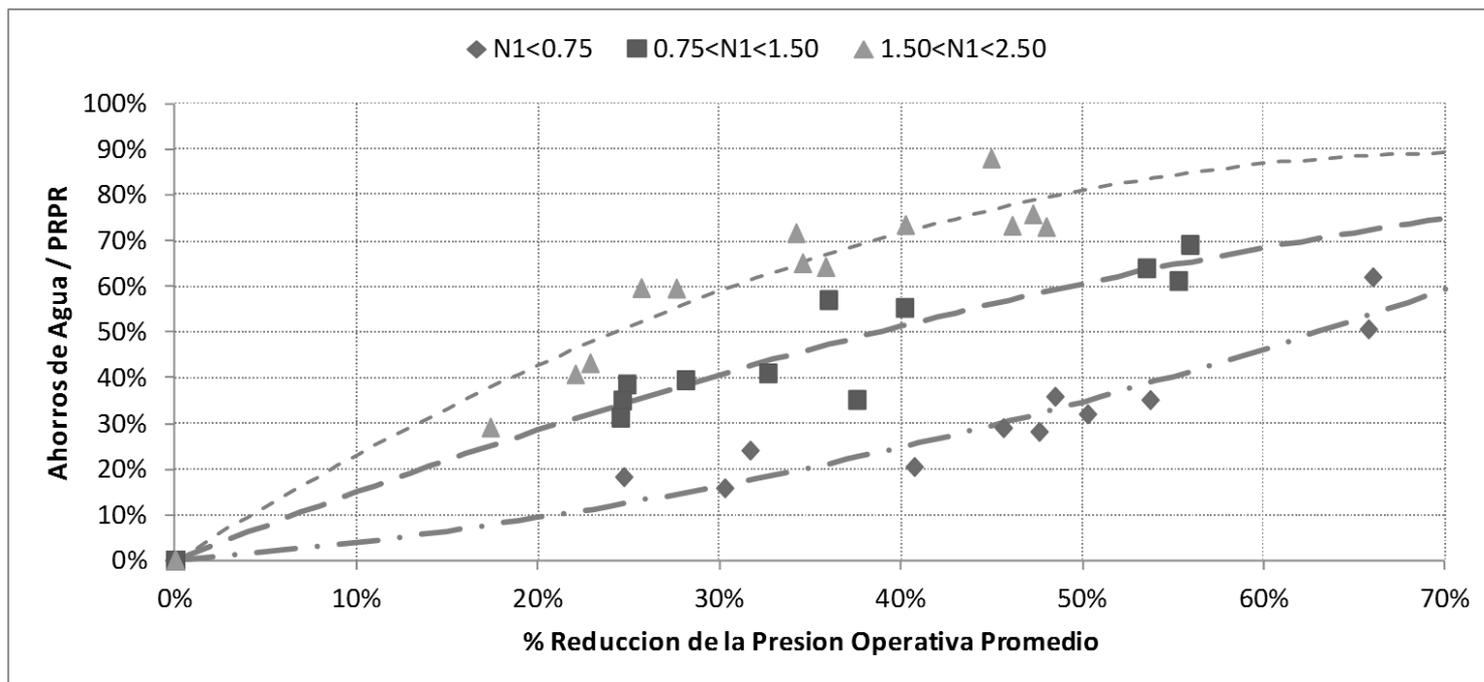
SGPs	FDN [horas]	PP [m]	PR [kl/día]	PRc [l/(con.día)]
Antes	22.7	82.9	6404	756
Después	23.2	53.9	3702	437



# Relación Presión – Pérdidas Reales



# Resultados Globales



% de Reducción de la Presión	Ahorros de agua expresados como % de PRPR		
	$N_1 < 0,75$	$0,75 < N_1 < 1,50$	$1,50 < N_1 < 2,50$
10%	4%	15%	23%
20%	9%	29%	43%
30%	16%	41%	59%
40%	25%	51%	72%
50%	35%	61%	81%

# Aplicando el Teorema $\Pi$

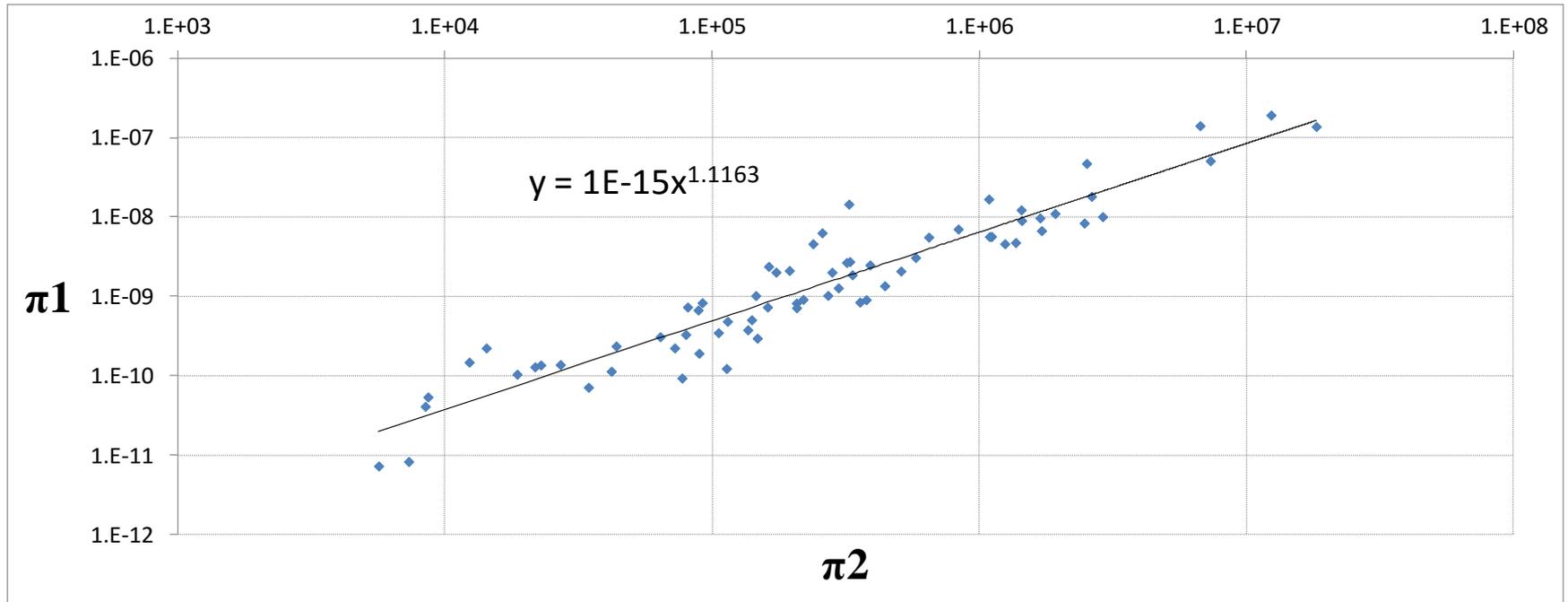
El Teorema  $\Pi$  es un método para reducir un número de variables dimensionales a un número menor de grupos de variables adimensionales, también llamado números  $\Pi$

$$PR = f(Lr, Nc, FDN, PP, \rho) \longrightarrow \Pi_1 = g(\Pi_2)$$

$$\pi_1 = \frac{PR.FDN.Nc}{Lr^3} = \frac{PR.FDN.Dc}{Lr^2}$$

$$\pi_2 = \frac{PP.FDN^2}{\rho.Lr^2}$$

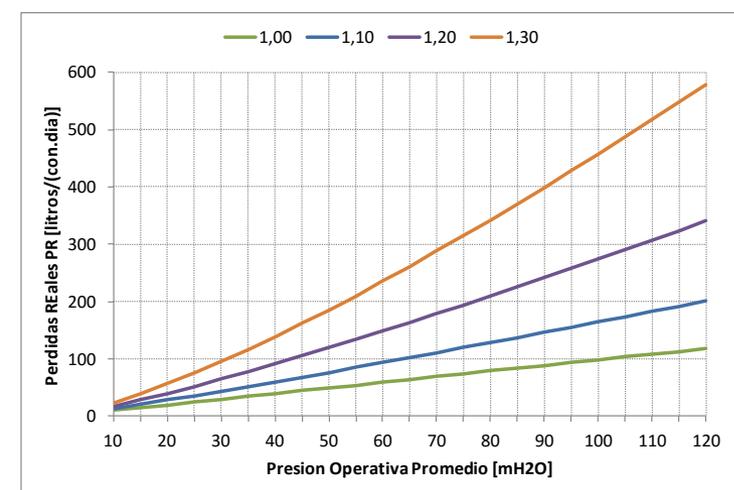
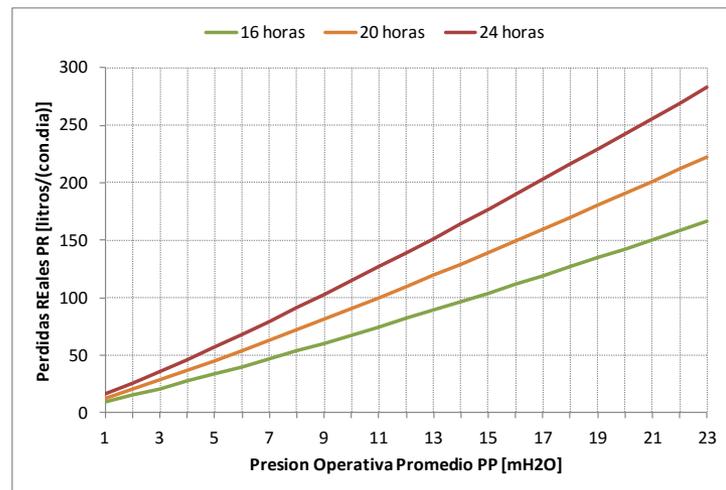
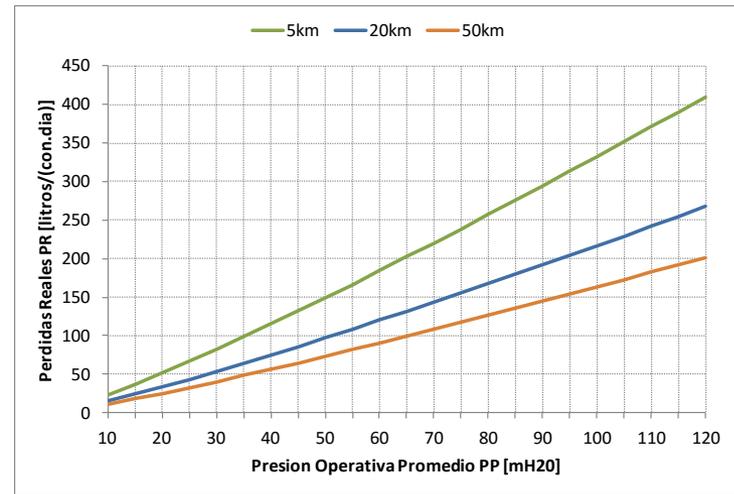
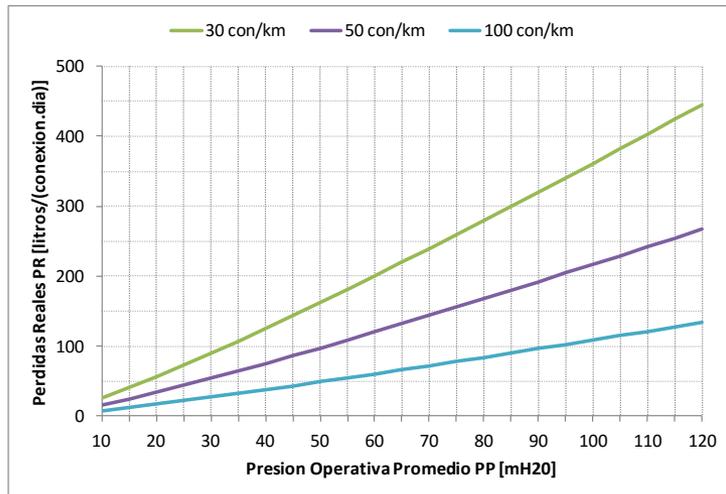
# Aplicando el Teorema $\Pi$



$$\pi_1 = A \cdot \pi_2^B \quad \longrightarrow \quad \frac{PR.FDN.Nc}{Lr^3} = A \cdot \left( \frac{PP.FDN^2}{\rho.Lr^2} \right)^B$$

# Aplicando el Teorema II

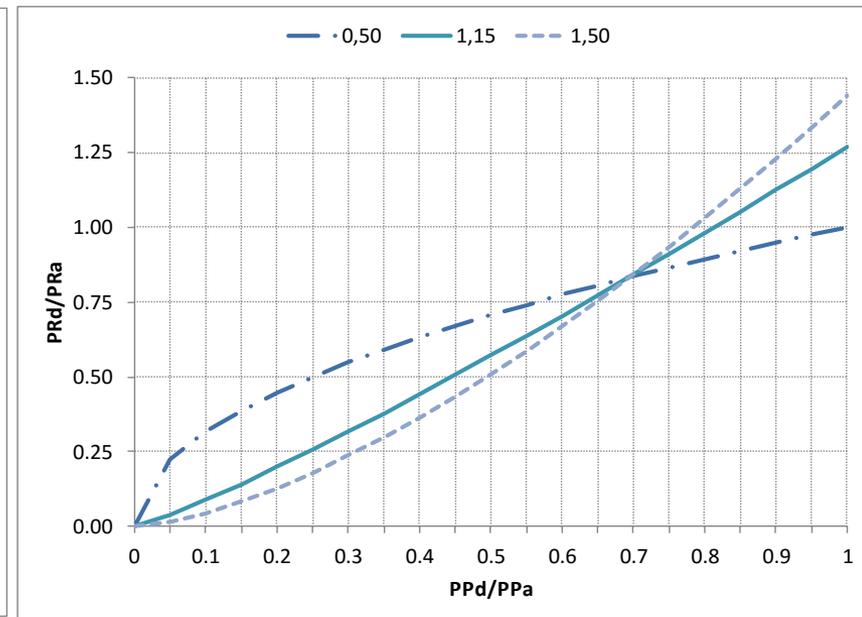
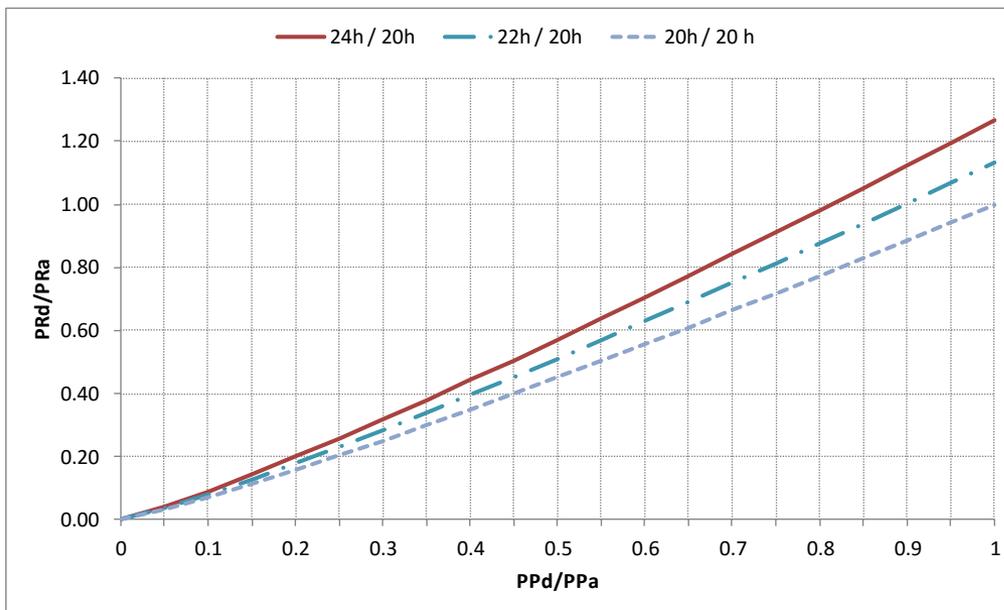
$$PR \left[ \frac{\text{litros}}{\text{con.dia}} \right] = A \cdot \frac{Lr}{Dc} \cdot \left( \frac{PP}{\rho} \right)^B \cdot \left( \frac{FDN}{Lr} \right)^{2B-1}$$



# Aplicando el Teorema II

$$A = \frac{\pi_{1,antes}}{\pi_{2,antes}^B} = \frac{\pi_{1,despues}}{\pi_{2,despues}^B} = \text{constante}$$

$$PRd = PRa \cdot \left(\frac{PPd}{PPa}\right)^B \cdot \left(\frac{FDNd}{FDNa}\right)^{2B-1} \longrightarrow PRd = PRa \cdot \left(\frac{PPd}{PPa}\right)^B$$



# Conclusiones

- PR y PRI son proporcionales a la Presión Promedio de la red
- Instalación de un SGP produce cuatro fenómenos:
  - Regulación de presión aguas abajo de la VRP
  - Incremento de la presión aguas arriba de la VRP
  - Reducción del FDN / fluctuaciones de presión
  - Reducción de perdidas reales dentro del SGP
- Los ahorros de agua son mas grandes cuanto mas grande es  $N_1$
- PR se puede relacionar a cuatro variables:  $L_r - N_c - FDN - PP$
- $PR_c$  son proporcionales a FDN y PP e inversamente proporcionales a  $D_c$  y  $L_r$

# Beneficios de la Gestión de Presión

Beneficios para la Conservación	Reducción de Caudales	↓ Pérdidas Reales
		↓ Consumo
Beneficios de la Empresa Prestadora del Servicio	Reducción de Frecuencia de Fugas	↓ Costo de Reparaciones
		↑ Vida Útil del Sistema
		↓ Costo de Control Activo de Fugas
Beneficios para los Consumidores		↓ Quejas de Usuarios
		↓ Problemas de Plomería

## *Beneficios Indirectos:*

- *Un mayor numero de hogares con acceso al agua potable*
- *Una mayor duración del suministro de agua (horas/día)*
- *Distribución igual y justa del suministro de agua*
- *Reducción de costos de producción y consumo de energía*



Gracias por ser parte de la  
presentación de este artículo!!!