

ANEXO 8

CÁLCULO DE LA TARIFA A COSTO MARGINAL DE CORTO PLAZO

A. Cálculo de los LHD para cada tipo de usuario

	Popular	Int. Social	Residencial	Comercial
Usuarios totales	16,196	71,718	7,208	5,781
Usuarios muestra	1,635	8,724	1,356	583
m ³ mensuales/muestra	20,295	163,686	42,746	11,053
m ³ mensuales/usuario muestra	12.41	18.76	31.52	18.96
Índice de hacinamiento	4.9	4.9	4.9	1

Para determinar los Lt./habitante/día, (LHD), para cada usuario:

$$\text{Lt. / habitante / día(LHD)} = \frac{(\text{m}^3 \text{ mensuales / usuario muestra}) * (1,000 \text{ lts. / m}^3)}{(\text{Índice de hacinamiento}) * (31 \text{ días / mes})}$$

Para el usuario popular:

$$\text{Lt. / habitante / día(LHD)} = \frac{(12.41 \text{ m}^3 / \text{mes / usuario}) * (1,000 \text{ lts. / m}^3)}{(4.9 \text{ habitantes / usuario}) * (31 \text{ días / mes})}$$

$$\text{Lt. / habitante / día(LHD)} = 81.72 \text{ para el usuario popular}$$

Para los diferentes tipos de usuarios:

	Popular	Int. Social	Residencial	Comercial
Lt./habitante/día (LHD)	81.72	123.52	207.53	611.61
Precio promedio actual (\$/m ³)	1.04	1.09	1.41	1.71
Elasticidad	-0.33	-0.33	-0.33	-0.20

B. Cálculo de la constante A para cada tipo de usuario

Para el usuario popular:

$$\begin{aligned} \text{LHD} &= AP^e \\ 81.72 &= A(1.04)^{-0.33} \\ A &= [81.72] / [(1.04)^{-0.33}] \\ A &= 82.78 \end{aligned}$$

Para los diferentes tipos de usuarios:

	Popular	Int. Social	Residencial	Comercial
Valor de la constante A	82.78	127.08	232.45	680.85

C. Determinación de la ecuación de la Demanda agregada o total para 1996

Información general de SIMAS² :

Volumen extraído = 47'040,000 m³ de enero a diciembre de 1995
 Fugas comerciales = 25% a diciembre de 1995
 Fugas físicas = 30% a diciembre de 1995
 Facturas incobrables = 7%

$$\begin{aligned} &\{ \text{Constante doméstica} * P^{-0.33} + \text{Constante comercial} * P^{-0.20} \}_{\text{pagan}} + \\ &\{ \text{Constante para nuevos usuarios que pagan} * P^{-0.33} \} + \\ &\{ \text{Constante para los usuarios que no pagan} \} = \text{Oferta} \end{aligned}$$

Constante doméstica = C₁
 Constante comercial = C₂
 Constante para nuevos usuarios que pagan = C₁' se agregan a C₁³
 Constante para los usuarios que no pagan = C₃

$$C_1 * P^{-0.33} + C_2 * P^{-0.20} + C_3 = \text{Oferta}$$

2 Información obtenida del SIMAS, diciembre de 1995, Saltillo, Coah.

3 Se considera que los nuevos usuarios que pagan, se incorporan sólo a los usuarios de tipo doméstico y no se afectan por la tasa de crecimiento poblacional, sólo por los incrementos debido a las inversiones hechas por el SIMAS.

i. Constante doméstica para 1995

Constante doméstica = Constante popular + constante interés social + constante residencial

$$\begin{aligned} \text{Constante doméstica} = & \{ (A \cdot \text{Índice de hacinamiento} \cdot \text{No. usuarios} \cdot \\ & 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \}_{\text{popular}} + \\ & \{ (A \cdot \text{Índice de hacinamiento} \cdot \text{No. usuarios} \cdot \\ & 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \}_{\text{interés social}} + \\ & \{ (A \cdot \text{Índice de hacinamiento} \cdot \text{No. usuarios} \cdot \\ & 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \}_{\text{residencial}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Constante doméstica} = & ((82.78 \cdot 4.9 \cdot 16,196 \cdot 365) / 1,000) + \\ & ((127.08 \cdot 4.9 \cdot 71,718 \cdot 365) / 1,000) + \\ & ((232.45 \cdot 4.9 \cdot 7,208 \cdot 365) / 1,000) \end{aligned}$$

$$\text{Constante doméstica} = 21'695,157 \text{ m}^3 \text{ para 1995.}$$

ii. Constante comercial para 1995

$$\text{Constante comercial} = (A \cdot \text{No. usuarios} \cdot 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3)$$

$$\text{Constante comercial} = ((680.85 \cdot 5,781 \cdot 365) / 1,000)$$

$$\text{Constante comercial} = 1'436,630 \text{ m}^3 \text{ para 1995.}$$

iii. Constante para los usuarios que no pagan para 1995

No. de usuarios que no pagan, esto es, los usuarios con fugas comerciales que existen en el Sistema, a diciembre de 1995 = C_3

El consumo considerando en el Sistema para los usuarios de tipo domestico y comercial representa el 92% con respecto al consumo de la Ciudad de Saltillo; el 8% restante incluye a usuarios de tipo industrial y tarifas especiales no contempladas para efectos de tarificación.

$$\{\text{Constante para los usuarios que no pagan}\} = C_3$$

$$(\text{Volumen extraído} \cdot \text{Fugas comerciales} \cdot 0.92) = C_3$$

$$(47'040,000 \text{ m}^3 \cdot 25\% \cdot 0.92) = C_3 = 10'819,200 \text{ m}^3$$

$$\text{Constante para los usuarios que no pagan} = 10'819,200 \text{ m}^3 \text{ para 1995.}$$

iv. Determinación de la oferta para 1995

$$\text{Oferta} = (\text{Volumen extraído} * (1 - \text{Fugas físicas}) * 0.92)$$

$$\text{Oferta} = (47'040,000 \text{ m}^3 * (1 - 30\%) * 0.92)$$

$$\text{Oferta} = 30'293,760 \text{ m}^3 \text{ para 1995.}$$

Por lo tanto, la ecuación de demanda agregada o total, para 1995 es:

$$C_1 * P^{-0.33} + C_2 * P^{-0.20} + C_3 = \text{Oferta}$$

$$21'695,157 * P^{-0.33} + 1'436,630 * P^{-0.20} + 10'819,200 = 30'293,760 \quad (1)$$

$$21'695,157 * P^{-0.33} + 1'436,630 * P^{-0.20} + 10'819,200 - 30'293,760 = f(P) = 0(2)$$

Se realizan iteraciones para encontrar P en la formula anterior (2), y se obtiene que $P = \$1.71 / m^3$ para 1995.

La determinación de la ecuación de la demanda agregada para 1995 se utiliza para proyectar la ecuación de demanda agregada para el período 1995-2010.

D. Determinación de la ecuación de la demanda agregada o total para 1996 - 2010

Para los próximos años en estudio, de acuerdo a este proyecto, la constante doméstica y la constante comercial que pagan, crecen año tras año según la tasa de crecimiento de 4.27% y 3.27% respectivamente, ver cuadro 1.

i. Constante doméstica y comercial para 1996 - 2010

$$\text{Constante doméstica} = 21'695,157 * (1.0427)$$

$$\text{Constante doméstica} = 22'621,541 \text{ para 1996.}$$

$$\text{Constante comercial} = 1'436,630 * (1.0327)$$

$$\text{Constante comercial} = 1'483,608 \text{ para 1996.}$$

Cuadro 1
Constante doméstica y comercial para los años 1996 - 2010

Año	Constante doméstica C ₁	Constante comercial C ₂
1996	22,621,541	1,483,608
1997	23,587,480	1,532,122
1998	24,594,666	1,582,222
1999	25,644,858	1,633,961
2000	26,739,894	1,687,391
2001	27,881,687	1,742,569
2002	29,072,235	1,799,551
2003	30,313,620	1,858,396
2004	31,608,011	1,919,166
2005	32,957,673	1,981,922
2006	34,364,966	2,046,731
2007	35,832,350	2,113,659
2008	37,362,391	2,182,776
2019	38,957,765	2,254,153
2010	40,621,262	2,327,864

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

ii. La constante para los usuarios que no pagan para 1996 - 2010

Los usuarios que no pagan se afectan por una tasa de decremento que depende del programa de inversiones de SIMAS y de FIDAGUA, y del momento óptimo de realizar dichas inversiones⁴. En el cuadro 2 se presenta el plan de corrección de fugas físicas y comerciales de SIMAS.

Cuadro 2
Plan de corrección de fugas físicas y comerciales de SIMAS

Año	Volumen adicional (m ³)	Inversión (\$)	CAE (\$)	Fugas comerciales (%)	Fugas físicas (%)
1 (1996)	1'298,304	\$ 6'880,000	\$ 1'351,251	25.00	30.00
2 (1997)	1'298,304	\$ 7'440,000	\$ 1'461,237	17.50	27.00
3 (1998)	1'731,072	\$ 9'240,000	\$ 1'814,762	10.00	24.00
4 (1999)	2'163,840 ⁵	0	0	5.00	20.00
5 (2000)	0	0	0	5.00	15.00

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

4 En beneficios por postergar se decide si se invierte o no, cálculos que se presentan en el anexo 10.

5 Este incremento se da debido a la inversión realizada anteriormente.

En el anexo 10 se determinó el momento óptimo de realizar las inversiones de SIMAS y se obtuvo lo siguiente, ver cuadro 3.

Cuadro 3
Plan de corrección de fugas físicas y comerciales
de acuerdo al momento óptimo

Año	CAE Inversión (\$)	Fugas comerciales (%)	Fugas físicas (%)
(1996)	\$ 1'351,251	25.00	30.00
(1997)	\$1'461,237	17.50	27.00
(1998)	0	10.00	24.00
(1999)	\$ 1'814,762	10.00	24.00
(2000)	0	5.00	20.00
(2001)	0	5.00	15.00
(2002)	0	5.00	15.00
(2003-2010)	0	5.00	15.00

FUENTE: Anexo 10 de este estudio.

La constante para los usuarios que no pagan para el año de 1996 es la misma que la de 1995 ya que se tiene el mismo % de fugas comerciales.

De acuerdo al momento óptimo en el año de 1995 se debió de haber realizado la primera inversión; por lo tanto, dicha inversión se realiza ahora, 1996, y convierte a las fugas comerciales de un 25% a un 17.5% ⁶ y a las físicas de un 30% a un 27%, las correcciones de fugas comerciales afectan a los usuarios que pasan de no pagar a usuarios que si pagan, este proyecto supone que todos estos usuarios nuevos que pagan son domésticos, por lo tanto:

$$\{\text{Constante para los usuarios que no pagan}\} =$$

$$(\text{Volumen extraído} * \text{Fugas comerciales} * 0.92) =$$

$$(\text{47'040,000 m}^3 * 17.50\% * 0.92) =$$

$$\text{Constante para los usuarios que no pagan} = 7'573,440 \text{ m}^3 \text{ para 1997.}$$

Para el año 1998 las fugas comerciales se reducen al 10% y por lo tanto la constante para los usuarios que no pagan es;

$$\{\text{Constante para los usuarios que no pagan}\} =$$

$$(\text{Volumen extraído} * \text{fugas comerciales} * 0.92) =$$

6 Se invierte en 1996 y se reflejan (la disminución de fugas) en 1997.

$$(47'040,000 \text{ m}^3 * 10\% * 0.92) =$$

Constante para los usuarios que no pagan = 4'327,680 m³ para 1998 - 1999.

En el año 2000 las fugas comerciales disminuyen al 5% y por lo tanto la constante se modifica.

$$\{\text{Constante para los usuarios que no pagan}\} =$$

$$(\text{Volumen extraído} * \text{fugas comerciales} * 0.92) =$$

$$(47'040,000 \text{ m}^3 * 5\% * 0.92) =$$

Constante para los usuarios que no pagan = 2'163,840 m³ para 2000 - 2002.

La constante para los usuarios que no pagan se ve afectada en el momento en que entran en operación las inversiones de FIDAGUA, ya que dichas inversiones aumentan el volumen extraído. En el cuadro 4 se presenta un resumen de la constante para los usuarios que no pagan para el período 1996 - 2010.

Cuadro 4
Determinación de la constante para los usuarios que no pagan
para 1996 - 2010

Año	Volumen extraído (m ³)	Fugas comerciales (%)	Consumo Considerado (%)	Constante C ₃
1996	47'040,000	25.00	92	10'819,200
1997	47'040,000	17.50	92	7'573,440
1998	47'040,000	10.00	92	4'327,680
1999	47'040,000	10.00	92	4'327,680
2000	47'040,000	5.00	92	2,163,840
2001	47'040,000	5.00	92	2,163,840
2002	47,040,000	5.00	92	2,163,840
2003	47,040.000 + 7,253,280	5.00	92	2,497,491
2004	54,293,280	5.00	92	2,497,491
2005	54,293,280	5.00	92	2,497,491
2006	54,293,280	5.00	92	2,497,491
2007	54,293,280 + 7,253,280	5.00	92	2,831,142
2008	61,546,560	5.00	92	2,831,142
2009	61,546,560	5.00	92	2,831,142
2010	61,546,560 + 7,253,280	5.00	92	3,164,793

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

iii. Constante para los nuevos usuarios que pagan 1996 - 2010

La constante para los nuevos usuarios que pagan se obtiene del punto en que la demanda cruza al consumo promedio para los domésticos (\$1.12 por metro cúbico), el cual corresponde a 239 metros cúbicos por usuario al año; a partir de este punto, y considerando su pendiente, se linealiza una demanda para estimar la cantidad demandada a precio cero, la cual corresponde a un consumo promedio de 315.2⁷ metros cúbicos.

$$\text{Demanda}_{1995} = 21'695,157 \cdot P^{-0.33} + 1'436,630 \cdot P^{-0.20} + 10'819,200$$

Se supone que los usuarios nuevos a pagar son sólo domésticos, la C_1 (21'695,157) corresponde a ellos, así que:

$$21'695,157 \cdot P^{-0.33} \text{ a diciembre de 1995.}$$

El número total de usuarios (a diciembre de 1995) domésticos son:

	Popular	Int. Social	Residencial	Comercial
Usuarios totales	16,196	71,718	7,208	95,122

$$95,122 \cdot 0.92 = 87,512 \text{ usuarios domésticos a diciembre de 1995 (92\%).}$$

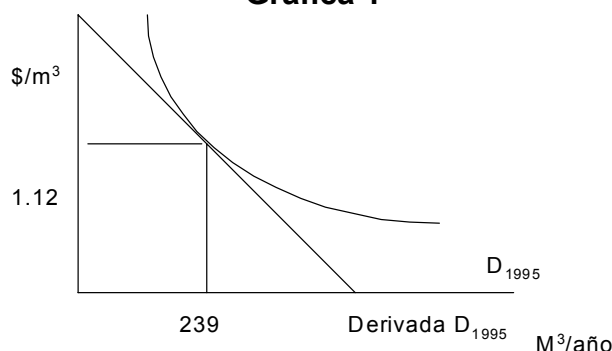
$$21'695,157 \cdot P^{-0.33} = 248 \cdot P^{-0.33}$$

$$87,512$$

$$Q = 248 \cdot P^{-0.33} \text{ a precio promedio:}$$

$$Q = 248 (1.12)^{-0.33} = 238.9 = 239, \text{ ver gráfica 1.}$$

Gráfica 1



7 Bajo el supuesto de que la constante doméstica por usuario permanece constante a lo largo de la vida útil del proyecto.

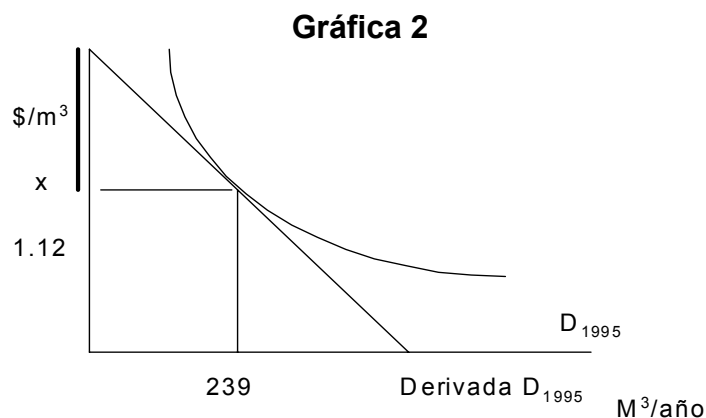
$$Q = 248 P^{-0.33}$$

$$dQ = 248 (-0.33) P^{-0.33-1} = -81.8 P^{-1.33}$$

$$dP$$

$$dQ \text{ a precio promedio para los domésticos} = -81.8 (1.12)^{-1.33} = -70.35$$

$$dP$$



De la gráfica 2:

$$239 = 70.35 \text{ despejando : } x = 3.4$$

De la fórmula: $Y = a + bx$

$$a = 3.4 + 1.12 = 4.5$$

$$b = -1 / 70.35$$

$$x = Q$$

$$Y = P$$

Sustituyendo: $P = 4.5 - (1/70.35) * Q$

$$\text{a precio, } P = \$ 0 / m^3, \quad Q = 315.2$$

De lo anterior, se obtienen los nuevos usuarios que se agregan al Sistema, repartidos en forma proporcional entre los tres tipos de usuarios que corresponden a los domésticos, se estima la constante para los usuarios populares de interés social y residenciales; la suma de estas 3 constantes da como resultado la constante para los nuevos usuarios que pagan.

{Constante para nuevos usuarios que pagan} =

{Constante para nuevos usuarios que pagan 1996/315.2} -

{Constante para nuevos usuarios que pagan 1997/315.2} =

$[10'819,200 \text{ m}^3] / [315.2] - [7'573,440 \text{ m}^3] / [315.2] = 10,297$ usuarios en 1997.

En el cuadro 5 se observa el cálculo de los nuevos usuarios que pagan para el período 1996-2010.

Cuadro 5
Determinación de los nuevos usuarios que se agregan al Sistema para el período 1996-2010

Año	Constante para nuevos usuarios que pagan (C ₁)	Cantidad demandada a precio 0 (m ³)	Número de usuarios
	1	2	3 = 1 / 2
1996	(10,819,200) ₁₉₉₅ - (10,819,200) ₁₉₉₆	315.2	0
1997	(10,819,200) ₁₉₉₆ - (7,573,440) ₁₉₉₇	315.2	10,297
1998	(7,573,440) ₁₉₉₇ - (4,327,680) ₁₉₉₈	315.2	10,297
1999	(4,327,680) ₁₉₉₈ - (4,327,680) ₁₉₉₉	315.2	0
2000	(4,327,680) ₁₉₉₉ - (2,163,840) ₂₀₀₀	315.2	6,865
2001	(2,163,840) ₂₀₀₀ - (2,163,840) ₂₀₀₁	315.2	0
2002	(2,163,840) ₂₀₀₁ - (2,163,840) ₂₀₀₂	315.2	0
2003	(2,163,840) ₂₀₀₂ - (2,497,491) ₂₀₀₃	315.2	- 1,059 ⁸ = 0
2004	(2,497,491) ₂₀₀₃ - (2,497,491) ₂₀₀₄	315.2	0
2005	(2,497,491) ₂₀₀₄ - (2,497,491) ₂₀₀₅	315.2	
2006	(2,497,491) ₂₀₀₅ - (2,497,491) ₂₀₀₆	315.2	0
2007	(2,497,491) ₂₀₀₆ - (2,831,142) ₂₀₀₇	315.2	- 1,059 = 0
2008	(2,831,142) ₂₀₀₇ - (2,831,142) ₂₀₀₈	315.2	0
2009	(2,831,142) ₂₀₀₈ - (2,831,142) ₂₀₀₉	315.2	0
2010	(2,831,142) ₂₀₀₉ - (3,164,793) ₂₀₁₀	315.2	- 1,059 = 0

FUENTE: SIMAS, Saltillo Coah., datos a diciembre de 1995.

8 Cuando da una cantidad negativa en el cálculo de los usuarios que pasan de no pagar a pagar, se considera cero, es decir, que no pasó ningún usuario de no pagar a pagar.

Estos nuevos usuarios, se reparten proporcionalmente entre los tres tipos de usuarios domésticos, y se sustituye en la ecuación de demanda correspondiente:

Cuadro 6
Determinación del precio promedio ponderado
para los usuarios domésticos

Tipo de usuario	(m ³ /mes)	(\$/m ³ promedio)	Ingreso anual a precio promedio por tipo de usuario
	(1)	(2)	(3) = (1) * (2)
Usuario popular	191,499	1.04	191,158.96
Usuario de Interés social	1'081,388	1.09	1'178,712.92
Usuario residencial	223,951	1.41	315,770.91
Total	1'496,838	X = 1.12	1'685,642.79

FUENTE: SIMAS, Saltillo Coah., datos a diciembre de 1995.

Cuadro 7
Porcentaje de participación de usuarios domésticos

	Popular	Interés social	Residencial	Total
Nº de usuarios	16,196	71,718	7,208	95,122
% de participación	17.03%	75.40%	7.57%	100%
Nuevos usuarios que pagan en 1997	1,754	7,764	781	10,297

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

Constante para nuevos usuarios que pagan = Constante popular +
constante interés social + constante residencial

Constante para nuevos usuarios que pagan =

$$\{ (A^* \text{Índice de hacinamiento}^* \text{No. usuarios}^* 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \}_{\text{popular}} +$$

$$\left\{ (A^* \text{Índice de hacinamiento}^* \text{No. usuarios}^* 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \right\}_{\text{interés social}} +$$

$$\{ (A^* \text{Índice de hacinamiento}^* \text{No. usuarios}^* 365 \text{ días/año}) / (1,000 \text{ lt./m}^3) \}_{\text{residencial}}$$

Constante para nuevos usuarios que pagan =

$$((82.78 * 4.9 * 1,754 * 365) / 1,000) +$$

$$((127.08 * 4.9 * 7,764 * 365) / 1,000) +$$

$$((232.45 * 4.9 * 781 * 365) / 1,000)$$

Constante para los nuevos usuarios que pagan = 2'348,868 m³ para 1997.

Esta constante C₁' se agrega a la constante C₁ de 23'587,480 para 1997.

En el siguiente cuadro se presenta el resultado de la constante para los nuevos usuarios que pagan para el período 1998-2010.

	Popular	Interés social	Residencial	Total
Nuevos usuarios que pagan en 1998	1,754	7,764	781	10,297
Nuevos usuarios que pagan en 1999	0	0	0	0
Nuevos usuarios que pagan en 2000	1,169	5,176	520	6,865
Nuevos usuarios que pagan en 2001	0	0	0	0
Nuevos usuarios que pagan en 2002	0	0	0	0
Nuevos usuarios que pagan en 2003 - 2010	0	0	0	0

Constante para los nuevos usuarios que pagan =

$$2'348,868(1.0427) + 2'348,868 =$$

$$2'449,165 + 2'348,868 =$$

$$4'798,033 \text{ m}^3 \text{ para 1998.}$$

Constante para los nuevos usuarios que pagan =

$$4'798,033(1.0427) =$$

$$5'002,909 \text{ m}^3 \text{ para 1999.}$$

Cuadro 8
Determinación de la constante para los nuevos usuarios que pagan para 1996-2010

Año	Constante para los nuevos usuarios que pagan C_1'
1996	0
1997	2,348,868
1998	4,798,033
1999	5,002,909
2000	6,782,445
2001	7,072,055
2002	7,374,032
2003	7,688,903
2004	8,017,219
2005	8,359,554
2006	8,716,507
2007	9,088,702
2008	9,476,790
2009	9,881,449
2010	10,303,387

FUENTE: Elaboración propia en base a informaciones proporcionada por el SIMAS.

iv. Determinación de la oferta

La oferta para 1996 es la misma que para 1995, ya que el volumen extraído y el % de fugas físicas son los mismos para ambos años.

Para el cálculo de la oferta de 1997, es el mismo procedimiento que en 1995, sólo se modifica las fugas físicas que existen en este año, y el volumen extraído no cambia a excepción de si se invierte en aumento de la capacidad del Sistema, por inversiones realizadas por nuevos pozos de abastecimiento.

$$\text{Oferta} = (\text{Volumen extraído} * (1 - \text{Fugas físicas}) * 0.92)$$

$$\text{Oferta} = (47'040,000 \text{ m}^3 * (1 - 27\%) * 0.92)$$

$$\text{Oferta} = 31'592,064 \text{ m}^3 \text{ para 1997.}$$

En el cuadro 9 se observa el cálculo para determinar la oferta.

Cuadro 9
Determinación de la Oferta

Año	Volumen extraído (m ³)	m ³ adicionales ⁹	Volumen extraído total (m ³)	Fugas físicas (%)	Consumo considerado (%)	Oferta (m ³)
1996	47,040,000	0	47,040,000	30	92	30,293,760
1997	47,040,000	1,298,304	47,040,000	27	92	31,592,064
1998	47,040,000	1,298,304	47,040,000	24	92	32,890,368
1999	47,040,000	0	47,040,000	24	92	32,890,368
2000	47,040,000	1,731,040	47,040,000	20	92	34,621,440
2001	47,040,000	2,163,840	47,040,000	15	92	36,785,280
2002	47,040,000	0	47,040,000	15	92	36,785,280
2003	47,040,000	7,253,280	54,293,280	15	92	42,457,345
2004	54,293,280	0	54,293,280	15	92	42,457,345
2005	54,293,280	0	54,293,280	15	92	42,457,345
2006	54,293,280	0	54,293,280	15	92	42,457,345
2007	54,293,280	7,253,280	61,546,560	15	92	48,129,410
2008	61,546,560	0	61,546,560	15	92	48,129,410
2009	61,546,560	0	61,546,560	15	92	48,129,410
2010	61,546,560	7,253,280	68,799,840	15	92	53,801,475

FUENTE: Elaboración propia en base a información proporcionada por el SIMAS.

9 Los m³ adicionales que se dan al reducir las fugas físicas y comerciales del programa de SIMAS no aumentan el volumen extraído sino que disminuyen el % de fugas físicas. En cambio los m³ adicionales que se dan por las inversiones de FIDAGUA aumentan el volumen extraído manteniendo el % de fugas físicas.

Cuadro 10
Ecuación de demanda agregada

1996	22,621,541	$*p^{-0.33} + 1,483,608 * p^{-0.26} + 10,819,200 = 30,293,760$
1997	25,936,348	$*p^{-0.33} + 1,532,122 * p^{-0.26} + 7,573,440 = 31,592,064$
1998	29,392,699	$*p^{-0.33} + 1,582,222 * p^{-0.20} + 4,327,680 = 32,890,368$
1999	30,647,767	$*p^{-0.33} + 1,633,961 * p^{-0.20} + 4,327,680 = 32,890,368$
2000	33,522,338	$*p^{-0.33} + 1,687,391 * p^{-0.20} + 2,163,840 = 34,621,440$
2001	34,446,267	$*p^{-0.33} + 1,742,569 * p^{-0.20} + 2,163,840 = 36,785,280$
2002	36,446,267	$*p^{-0.33} + 1,799,551 * p^{-0.20} + 2,163,840 = 36,785,280$
2003	38,002,523	$*p^{-0.33} + 1,858,396 * p^{-0.20} + 2,497,491 = 42,457,245$
2004	39,625,230	$*p^{-0.33} + 1,919,166 * p^{-0.20} + 2,497,491 = 42,457,245$
2005	41,317,228	$*p^{-0.33} + 1,981,922 * p^{-0.20} + 2,497,491 = 42,457,245$
2006	43,081,473	$*p^{-0.33} + 2,046,731 * p^{-0.20} + 2,497,491 = 42,457,345$
2007	44,921,052	$*p^{-0.33} + 2,113,659 * p^{-0.20} + 2,831,142 = 48,129,410$
2008	46,839,181	$*p^{-0.33} + 2,182,776 * p^{-0.20} + 2,831,142 = 48,129,410$
2009	48,839,214	$*p^{-0.33} + 2,254,153 * p^{-0.20} + 2,831,142 = 48,129,410$
2010	50,924,649	$*p^{-0.33} + 2,327,864 * p^{-0.20} + 3,164,793 = 53,801,475$

FUENTE: Elaboración propia en base a información proporcionada por el SIMAS.

De la ecuación de demanda agregada se deja P y se obtiene el precio correspondiente, en el siguiente cuadro se observan los precios para el período 1996 - 2010.

Cuadro 11
Precio de Equilibrio

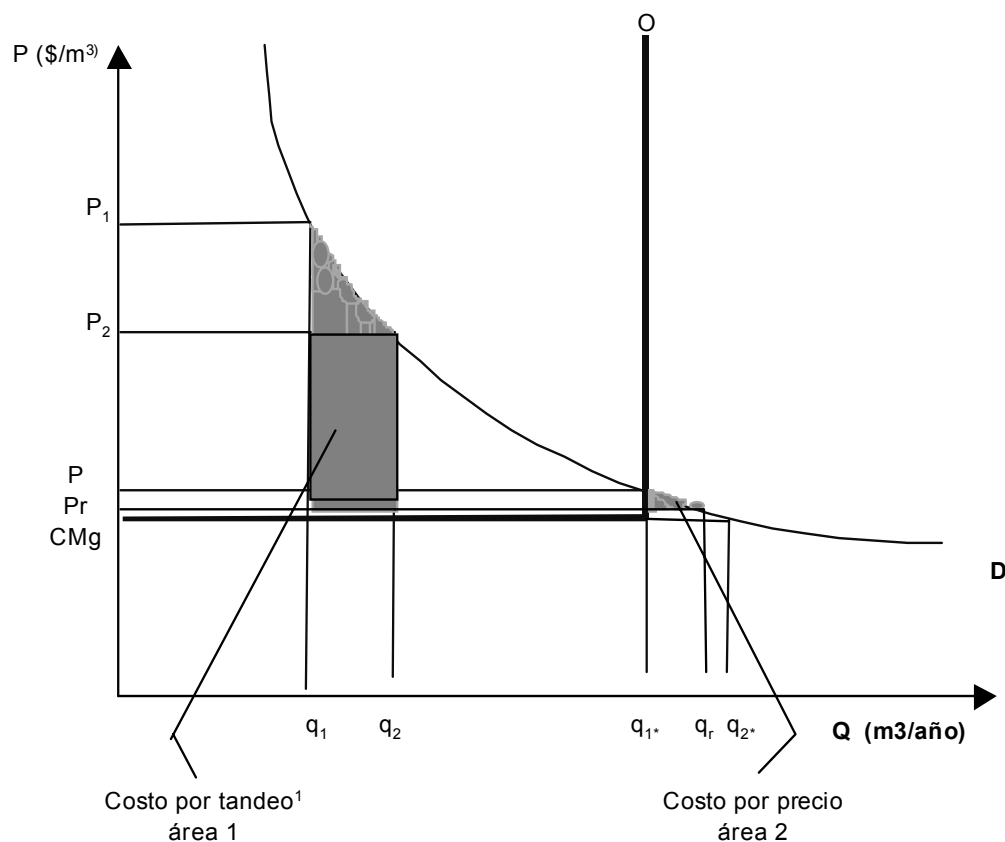
Año	Precio (\$ / m ³)
1996	1.94
1997	1.52
1998	1.29
1999	1.46
2000	1.29
2001	1.20
2002	1.36
2003	0.99
2004	1.13
2005	1.28
2006	1.46
2007	1.12
2008	1.28
2009	1.45
2010	1.17

FUENTE: Elaboración propia en base a información proporcionada por el SIMAS.

E. Determinación de beneficios por redistribución

En la gráfica 3 se observan los costos por tandeo y costos por tarifa.

Gráfica 3
Costo por tandeo¹ y costo por tarifa



1 Este costo realmente es hasta el CMg en lugar de Pr , pero como al hacer la resta del área 1 – área 2 (que es el beneficio por redistribución) el área de Pr a CMg se cancela, se decide por lo tanto hasta Pr .

donde:

$$q_2 - q_1 = q_r - q_1^*$$

P_r = Promedio de precios actuales de usuarios
domésticos y comerciales

P = punto de equilibrio propuesto

q_r = cantidad demandada a precio actual

q_2^* = cantidad demandada a CMg

q_1^* = cantidad máxima en el Sistema, restricción.

$$\text{Costo social por tandeo} = \int_{P_2}^{P_1} f(P) dP - q_1 (P_1 - P_2) + (q_2 - q_1)^*(P_2 - P_r)$$

$$\text{Costo social por tarifa} = \int_{P_r}^P f(P) dP - q_1^* (P - P_r)$$

Nota: se considera el área del precio actual hasta el costo marginal, solamente en el caso en que exista una oferta mayor que la cantidad demandada.

Las cantidades y gráficos de cada año se observan en detalle en el anexo 10, donde se muestran las situaciones con proyecto y sin él, en el cuadro 12 se muestran estos resultados:

Cuadro 12
Costos sociales y beneficios por redistribución
(valores a principio de año)

Año	CS Tandeo área 1 (\$)	CS Tandeo área 2 (\$)	Beneficios por redistribución (\$)
1996	35,334,021	1,359,504	33,974,517
1997	23,107,109	455,156	22,651,953
1998	12,173,674	103,776	12,069,898
1999	1,603,309	1,548	1,601,761
2000			
2001	7,690,707	33,803	7,656,904
2002			
2003			
2004	1,530,010	1,053	1,528,956
2005	17,424,318	151,789	17,272,529
2006			
2007	1,185,955	610	1,185,345
2008	19,185,911	162,118	19,023,793
2009			
2010	7,430,622	21,346	7,409,276

Fuente: Elaboración propia con datos del SIMAS.

El Valor Presente (al 1° de enero de 1996) de los beneficios por redistribución considerando una tasa social de descuento del 18%, es de \$ 68'588,110.

F. Beneficio por postergar inversiones

Estos se dan cuando el costo social de no hacer una nueva inversión es mayor al CAE de hacer esta inversión, de acuerdo a los resultados, en el cuadro 13.

Cuadro 13
Beneficios por postergar inversiones
(precios de diciembre de 1995)

Año	CS Tarifa con proyecto (\$)	Ahorro por inversiones postergadas (\$)	Beneficio por postergar inversiones (\$)
1996	1,696,318	0	0
1997	1,230,384	0	0
1998	1,252,924	0	0
1999	1,530,078	1,814,762	284,684 ^{a/}
2000	1,546,139	0	
2001	2,836,073	0	0
2002	3,570,158	4,350,343	780,185
2003	2,045,234	0	
2004	2,671,344	0	
2005	3,382,758	0	
2006	4,191,110	4,350,343	159,233
2007	2,768,096	0	
2008	3,492,596	0	
2009	4,315,757	4,350,343	34,586
2010	3,081,183	0	

FUENTE: Elaboración propia con datos del SIMAS.

a/ Para tomar la decisión de invertir no se calculó el beneficio del segundo año de la última inversión del Plan de Corrección de Fugas del SIMAS, ya que sin inversión se logra una ampliación de la oferta para el año siguiente al de la inversión.

El valor presente (al 1° de enero de 1996) de los beneficios por postergar, considerando una tasa social de descuento del 18%, es de \$ 776,549.

G. Determinación de ingresos y costos

i. Ingresos

Los ingresos del Sistema están dados por dos tipos de ingresos; el primero es por concepto de la venta de agua y el segundo es por la instalación, reparación y mantenimiento de los micromedidores con sus correspondientes gastos administrativos.

ii. Ingresos por venta de agua

Los ingresos por venta de agua se obtienen de multiplicar el precio por la oferta que paga y al resultado se le descuenta el porcentaje de facturas

incobrables. (Ver cuadro 15) y se divide entre 0.92 para que represente la totalidad del Sistema.

La oferta que paga se obtiene de multiplicar el volumen extraído por el 92% del consumo considerado por el Sistema, y a esto restarle el porcentaje correspondiente de fugas tanto físicas como comerciales.

Oferta que paga = (Volumen extraído) * (consumo considerado por el Sistema) * { (1 - Fugas físicas) - (fugas comerciales) }

Oferta que paga₁₉₉₆ = (47,040,000) * (0.92) * { (1 - 30%) - (25%) }

Oferta que paga₁₉₉₆ = 30'293,760 - 10'819,200

Oferta que paga₁₉₉₆ = 19,474,560 m³ para 1996.

De esta manera se calcula la oferta que paga para el resto de los años (ver cuadro 14)

Cuadro 14
Determinación de la oferta que paga

Año	Volumen extraído	Consumo considerado	Fugas físicas	Fugas comerciales	Oferta que paga
	(m ³)	(%)	(%)	(%)	(m ³)
1996	47,040,000	92	30	25	19,474,560
1997	47,040,000	92	27	17.50	24,018,624
1998	47,040,000	92	24	10	28,562,688
1999	47,040,000	92	24	10	28,562,688
2000	47,040,000	92	20	5	32,457,600
2001	47,040,000	92	15	5	34,621,440
2002	47,040,000	92	15	5	34,621,440
2003	54,293,280	92	15	5	39,959,854
2004	54,293,280	92	15	5	39,959,854
2005	54,293,280	92	15	5	39,959,854
2006	54,293,280	92	15	5	39,959,854
2007	61,546,560	92	15	5	45,298,268
2008	61,546,560	92	15	5	45,298,268
2009	61,546,560	92	15	5	45,298,268
2010	68,799,840	92	15	5	50'636,682

FUENTE: Elaboración propia con datos se SIMAS.

$$\text{Ingresos} = [\text{Precio } (\$/\text{m}^3) * \text{Oferta que paga } (\text{m}^3)](1 - \% \text{incobrables}) + [((\text{Precio por micromedidor}) * (1 + 30\%^{10})) * (\text{usuarios nuevos con medidor})]^{11}$$

$$\text{Oferta que paga} = \{ (\text{Volumen extraído} * (1 - \text{Fugas físicas})) - (\text{Volumen extraído} * (\text{Fugas comerciales})) \} * 0.92 \}$$

$$\text{Oferta que paga} = \{ (47'040,000 \text{ m}^3 / \text{año} * (1 - 30\%)) - (47'040,000 \text{ m}^3 / \text{año} * 25\%) \} * 92\%$$

$$\text{Oferta que paga} = (32'293,760 \text{ m}^3 / \text{año}) - (10'819,200 \text{ m}^3 / \text{año})$$

$$\text{Oferta que paga} = 19'474,560 \text{ m}^3 / \text{año para 1996.}$$

Los ingresos para 1995 serían:

$$\text{Ingresos} = [\{ (1.71) * (19'474,560) \} / \{ 92\% \}] * (1 - 7\%) + 0$$

$$\text{Ingresos} = \$ 33'663,470 \text{ para 1995.}$$

ii. Costos

$$\text{Costos} = \{ \text{Inversiones} + \text{Costos variables} + \text{Costos fijos}^{12} + \text{Costo por instalación y mantenimiento de medidores} \} (\$/\text{año})$$

De acuerdo al programa de inversiones proporcionado por el SIMAS, para 1996 se invertirá:

Clandestinaje	\$ 160,000
Macromedición	\$ 100,000
Pérdidas físicas	\$ 4'000,000
Detector de fugas	\$ 800,000
Infraestructura (red distr.)	\$ 1'820,000
	<hr/>
	\$ 6'880,000

$$\text{Inversiones} = \$ 6'880,000 \text{ para 1996.}$$

$$\text{Costos variables} = \{ \text{Costo marginal} * \text{Oferta} \} / 0.92$$

$$\text{Costos variables} = \{ (\$0.45 / \text{m}^3) * (30'293,760 \text{ m}^3) \} / 0.92$$

$$\text{Costos variables} = \$ 14'817,600 \text{ (para 1996)}$$

10 Del precio por micromedidor, \$ 250.00, se considera el 30% de su valor para gastos administrativos.

11 Para 1996 no hay usuarios nuevos con medidor.

12 Información obtenida del balance general del SIMAS

Costos fijos de la empresa¹³ :

-Egresos del Sistema para 1995	\$ 40'541,712	/ año
-Depreciaciones y amortizaciones	\$ 10'127,978	/ año
-Gastos financieros	\$ 635,775	/ año
-Mantenimiento por obras de drenaje	\$ 217,996	/ año
-Costos variables	\$ 10'755,306	/ año

Costos fijos del SIMAS \$ 18'804,657 / año

Los costos por instalación y mantenimiento de los micromedidores:

El mantenimiento es de \$ 4.61 / medidor / año.

Para 1996, si se requieren 15,359 micromedidores y se cuenta con 6,000 en bodega y su costo es de \$ 250.00

Se requieren reparar 30,463 micromedidores, su costo es de \$ 73.00

Costo por instalación de los micromedidores , a principios de 1996 =

$$\begin{aligned}
 & (15,359 - 6,000) * (250) + (30,463) * (73) + \\
 & 4.61 * (15,359 + (105,154 - 100,9003)) = \\
 & \$ 4'653,973 \text{ para 1996, para los otros años:}
 \end{aligned}$$

13 Obtenida del Balance General del SIMAS, diciembre de 1995, Saltillo, Coah.

Cuadro 15
Costos por mantenimiento de micromedición
(valores a principio de año)

Año	Costo mantenimiento por micromedidor	Usuarios en 1995 instalar micromedidor	Usuarios con	Nuevos medidor	Medidor
1997	{ \$ 4.61 [	15359 +	(119882 -	105154)] }	\$ 138,736
1998	{ \$ 4.61 [	15359 +	(135236 -	105154)] }	\$ 209,540
1999	{ \$ 4.61 [	15359 +	(140947 -	105154)] }	\$ 235,874
2000	{ \$ 4.61 [	15359 +	(153765 -	105154)] }	\$ 294,979
2001	{ \$ 4.61 [	15359 +	(160263 -	105154)] }	\$ 324,942
2002	{ \$ 4.61 [	15359 +	(167036 -	105154)] }	\$ 356,174
2003	{ \$ 4.61 [	15359 +	(174096 -	105154)] }	\$ 388,729
2004	{ \$ 4.61 [	15359 +	(181455 -	105154)] }	\$ 422,663
2005	{ \$ 4.61 [	15359 +	(189126 -	105154)] }	\$ 458,035
2006	{ \$ 4.61 [	15359 +	(197122 -	105154)] }	\$ 494,906
2007	{ \$ 4.61 [	15359 +	(205457 -	105154)] }	\$ 533,339
2008	{ \$ 4.61 [	15359 +	(214145 -	105154)] }	\$ 573,401
2009	{ \$ 4.61 [	15359 +	(223201 -	105154)] }	\$ 615,161
2010	{ \$ 4.61 [	15359 +	(232641 -	105154)] }	\$ 658,690

FUENTE: Elaboración propia con datos del SIMAS.

Cuadro 16
Costos totales del Sistema
(valores a principio de año)

Año	Medidores (\$)	Costos variables (\$)	Inversiones (\$)	Costos fijos (\$)
1996	4,653,973	14,817,600	6,880,000	18,804,657
1997	138,736	15,452,640	7,440,000	18,804,657
1998	209,540	16,087,680	0	18,804,657
1999	235,874	16,087,680	9,240,000	18,804,657
2000	294,979	16,934,400	0	18,804,657
2001	324,942	17,992,800	0	18,804,657
2002	356,174	17,992,800	24,000,000	18,804,657
2003	388,729	20,767,180	0	18,804,657
2004	422,663	20,767,180	0	18,804,657
2005	458,035	20,767,180	0	18,804,657
2006	494,906	20,767,180	24,000,000	18,804,657
2007	533,339	23,541,559	0	18,804,657
2008	573,401	23,541,559	0	18,804,657
2009	615,161	23,541,559	24,000,000	18,804,657
2010	658,690	26,315,939	0	18,804,657

FUENTE: Elaboración propia con datos del SIMAS.

Excedente o faltante = Ingresos - Costos

Excedente o faltante = [(Precio * Oferta que paga)*(1 - %incobrables) -
[Inversiones + Costos variables + Costos fijos + Micromedidores]

Cuadro N° 17
Ingresos - costos para el Sistema
(precios de diciembre de 1995)

Año	Ingresos	Costos totales	Ingresos netos	Medidores	Inversiones
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
1996	39,572,799	33,622,257	5,950,542	4,653,973	6,880,000
1997	41,691,682	34,257,297	7,434,385	138,736	7,440,000
1998	42,236,661	34,892,337	7,344,324	209,540	0
1999	44,010,852	34,892,337	9,118,515	235,874	9,240,000
2000	46,491,159	35,739,057	10,752,102	294,979	0
2001	44,109,117	36,797,457	7,311,660	324,942	0
2002	49,798,211	36,797,457	13,000,754	356,174	24,000,000
2003	42,284,764	39,571,837	2,712,927	388,729	0
2004	48,037,158	39,571,837	8,465,321	422,663	0
2005	54,197,620	39,571,837	14,625,783	458,035	0
2006	61,574,208	39,571,837	22,002,371	494,906	24,000,000
2007	53,994,309	42,346,216	11,648,093	533,339	0
2008	61,435,601	42,346,216	19,179,385	573,401	0
2009	69,339,673	42,346,216	26,993,457	615,161	24,000,000
2010	62,956,872	45,120,596	17,836,276	658,690	0

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

Una vez obtenidos estos ingresos y costos en el período de análisis, se calculará el Valor presente:

El resultado final de la diferencia entre los ingresos, costos totales (fijos y variables), inversiones y medidores, dan un valor presente (al 1° de enero de 1996) de \$6,699,096; lo cual corresponde a un pago anual de \$1,315,721 del Sistema a los usuarios.

Si este excedente se distribuye entre el número de usuarios del SIMAS, estimados de acuerdo a la tasa de crecimiento de los usuarios para el período de estudio, así se tiene que el excedente se divide entre los respectivos usuarios, de este se obtiene un pago promedio mensual, el cual se descuenta a una tasa del 18 % para cada período. Para obtener el pago mensual se divide el pago anual en pagos uniformes descontados a una tasa del 1.39% mensual, la cual es equivalente a la del 18% anual, obteniéndose los siguiente resultados, ver cuadro 18:

Cuadro 18
Tarifa propuesta en base a costo marginal de corto plazo (valores a principio de año)

Año	Precio	Pago
	(\$/m ³)	(\$/mes)

1996	1.94	1.14
1997	1.52	1.00
1998	1.29	0.89
1999	1.46	0.85
2000	1.29	0.78
2001	1.20	0.75
2002	1.36	0.72
2003	0.99	0.69
2004	1.13	0.66
2005	1.28	0.63
2006	1.46	0.61
2007	1.12	0.58
2008	1.28	0.56
2009	1.45	0.54
2010	1.17	0.51

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el SIMAS.

Para determinar el VAN del proyecto, se suman los beneficios y costos que éste genera cada año.

Al calcular el VAN de cada uno de los Beneficios y Costos tenemos que el resultado es:

Beneficio por redistribución	=	\$ 68,588,110
Beneficio por postergar inversiones	=	\$ 776,549
		<hr/>
Beneficios	=	\$ 69,364,659

Así el VAN del proyecto es de \$ 69,364,659.00