

Contenido

| | |
|--|-----------|
| I. ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA | 1 |
| I.1 Análisis de la oferta o infraestructura existente | 1 |
| I.1.1 Fuentes de abastecimiento y líneas de conducción | 1 |
| I.1.2 Sistemas de potabilización | 13 |
| I.1.3 Red de distribución | 14 |
| I.1.4 Sistema de regulación | 17 |
| I.1.5 Sectorización para el mejoramiento de eficiencias | 20 |
| I.1.6 Agua no contabilizada | 21 |
| I.1.7 Sistema de alcantarillado | 23 |
| I.1.8 Saneamiento | 24 |
| I.1.9 Reúso de agua residual tratada | 32 |
| I.1.10 Costos de operación del Sistema de Agua Potable | 32 |
| I.1.11 Oferta a nivel de fuentes | 33 |
| I.1.12 Oferta efectiva de agua | 34 |
| I.1.13 Oferta efectiva con calidad potable | 35 |
| I.1.14 Proyección de la oferta en la situación actual | 36 |
| I.2 Análisis de la demanda actual | 39 |
| I.2.1 Tomas registradas | 39 |
| I.2.2 Proyección de tomas y población atendida | 41 |
| I.2.3 Consumos históricos registrados | 48 |
| I.2.4 Consumo de usuarios domésticos | 49 |
| I.2.5 Consumo de usuarios no domésticos | 50 |
| I.2.6 Consumos totales a nivel domiciliario | 51 |
| I.2.7 Consumos totales demandados en fuentes de abastecimiento | 51 |
| I.2.8 Proyección de los consumos demandados en el horizonte de planeación | 52 |
| I.2.9 Proyección de la demanda a nivel fuentes de abastecimiento | 54 |
| I.3 Diagnóstico de la interacción de la oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación.... | 56 |
| I.3.1 Coberturas de los servicios de agua potable y drenaje | 56 |
| I.3.2 Tarifas | 56 |
| I.3.3 Balance hidráulico | 58 |
| I.3.4 Principales supuestos y consideraciones | 60 |
| II. COSTOS DEL PROYECTO | 62 |
| II.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos sociales | 62 |
| II.1.1 Inversión Inicial | 63 |
| II.1.2 Operación y mantenimiento | 63 |
| III. BENEFICIOS DEL PROYECTO..... | 65 |

| | |
|--|-----------|
| III.1 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión..... | 65 |
| III.1.1 Identificación de los beneficios..... | 65 |
| IV. INDICADORES DEL PROYECTO | 67 |
| IV.1 Análisis de alternativas | 67 |
| IV.1.1 Alternativa más conveniente..... | 83 |
| V. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS..... | 88 |
| V.1 Análisis de sensibilidad | 88 |
| V.1.1 Incremento en los montos de inversión..... | 88 |
| V.1.2 Incremento en costos de operación y mantenimiento | 88 |
| V.2 Análisis de riesgos | 89 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA | 93 |

CAPÍTULO 1

I. ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA

I.1 Análisis de la oferta o infraestructura existente

Las condiciones de oferta del sistema se refieren a la capacidad de la infraestructura con que cuenta el organismo para la captación, conducción, potabilización, regulación, almacenamiento y distribución del agua potable con que se abastece a la población conectada al sistema en la Ciudad de Durango.

Asimismo, dentro de la oferta se considera la capacidad instalada para la captación de las aguas servidas, el tratamiento de las aguas residuales, la infraestructura para el reúso del agua residual, así como para su disposición final en los cuerpos receptores.

A continuación, se describen las características generales de todos estos sistemas en la Ciudad de Durango, los cuales están a cargo de Aguas del Municipio de Durango (AMD).

I.1.1 Fuentes de abastecimiento y líneas de conducción

Aguas del Municipio de Durango actualmente da el servicio de agua potable a toda la Ciudad de Durango, para lo cual cuenta sólo con fuentes de abastecimiento subterráneas. En el año 2018, a través de 91 pozos profundos y un sistema de cárcamos Gabino Santillán (6 puntos de bombeo), se tuvo una extracción de agua del acuífero Valle de Guadiana de 84.091 millones de m³. Este volumen es entregado al sistema para su distribución a la red de agua potable.

En la siguiente tabla se presenta el volumen producido en los últimos 5 años.

Tabla 1. Producción de agua de la Ciudad de Durango

| Concepto | Unidad | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio |
|---------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Volumen de agua producido | Millones m ³ | 81.024 | 81.570 | 81.807 | 82.905 | 84.091 | 82.279 |
| Variación anual | % | | 0.67% | 0.29% | 1.34% | 1.43% | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

El gasto promedio extraído en las fuentes subterráneas en el periodo 2014-2018 es de 82.279 Mm³; sin embargo, como se puede observar en la tabla anterior la producción de

agua se ha ido incrementando de manera anual debido a que la demanda de agua es creciente. Este crecimiento no es constante y cada vez es mayor.

En la siguiente tabla, se presentan algunas características de los pozos profundos que son operados.

Tabla 2. Características principales de las fuentes de abastecimiento

| No. pozo | Nombre | Gasto medio (l/s) | Producción anual m3 | Latitud Norte | Longitud Oeste | Nivel estático (m) | Nivel dinámico (m) | Prof. (m) | Arsénico (mg/l) | Fluoruro (mg/l) |
|----------|--------------------------|-------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 01 | Sistema Ferrería | 57.67 | 1,818,816 | 23°59'19.23" | 104°38'46.06" | 24 | 50 | 100 | 0.020 | 2.6 |
| 02 | Sistema Gabino Santillán | 16.90 | 532,872 | 23°58'22.38" | 104°36'16.03" | 17 | 59 | 150 | 0.030 | 2.9 |
| 02 | Sistema Ferrería | 28.70 | 905,198 | 23°59'08.47" | 104°38'59.40" | 19 | 35 | 150 | 0.020 | 2.9 |
| 03 | Sistema Gabino Santillán | 21.55 | 679,601 | 23°58'03.81" | 104°36'35.47" | 17 | 39 | 150 | 0.025 | 4.2 |
| 03 | Sistema Ferrería | 29.10 | 917,828 | 23°59'20.04" | 104°39'17.91" | 27 | 32 | 150 | 0.025 | 4.1 |
| 04 | Sistema Ferrería | 42.37 | 1,336,292 | 23°59'12.41" | 104°29'50.78" | 20 | 30 | 150 | 0.025 | 3.5 |
| 04 | Sistema Gabino Santillán | 55.08 | 1,737,158 | 23°58'00.75" | 104°37'06.49" | 20 | 78 | 150 | 0.035 | 4.3 |
| 05 | Sistema Gabino Santillán | 17.14 | 540,515 | 23°57'50.42" | 104°37'27.82" | 26 | 38 | 150 | 0.020 | 4.6 |
| 05 | Sistema Ferrería | 25.78 | 813,141 | 23°59'31.18" | 104°29'48.38" | 35 | 58 | 150 | 0.030 | 3.8 |
| 06 | Sistema Gabino Santillán | 30.92 | 974,938 | 23°59'06.70" | 104°35'37.65" | 13 | 29.2 | 150 | 0.020 | 5.2 |
| 06 | Juan De La Barrera | 37.06 | 1,168,687 | 24°00'06.55" | 104°39'45.63" | 22 | 87 | 152 | 0.020 | 3.9 |
| 07 | Sistema Ferrería | 32.19 | 1,015,068 | 23°59'00.36" | 104°39'29.80" | 17 | 36 | 150 | 0.025 | 3.0 |
| 07 | Sistema Gabino Santillán | 77.90 | 2,456,802 | 23°59'21.62" | 104°35'12.03" | 27 | 67 | 150 | 0.020 | 3.9 |
| 08 | Cobach Juana Villalobos | 47.12 | 1,486,021 | 23°58'50.19" | 104°39'55.29" | 20 | 32 | 150 | 0.030 | 3.7 |
| 09 | Huizache I | 17.56 | 553,746 | 24°00'38.95" | 104°39'15.30" | 58 | 75 | 200 | 0.025 | 5.2 |
| 10 | Huizache II | 14.88 | 469,305 | 24°00'28.70" | 104°38'52.54" | 26 | 75 | 200 | 0.030 | 4.9 |
| 13 | Indeco | 24.88 | 784,642 | 23°59'47.27" | 104°39'59.43" | 15 | 30 | 150 | 0.020 | 3.6 |
| 14 | C.B.T.I.S 89 | 30.18 | 951,840 | 24°00'15.95" | 104°40'43.26" | 21 | 45 | 150 | 0.025 | 4.7 |
| 15 | Insurgentes | 24.84 | 783,418 | 24°00'41.79" | 104°40'30.06" | 22 | 88 | 200 | 0.015 | 3.6 |
| 16 | Cima | 7.05 | 222,470 | 24°03'16.79" | 104°37'34.94" | 21 | 35 | 100 | 0.030 | 4.5 |
| 17 | Las Bugambilias | 16.62 | 524,134 | 24°02'43.03" | 104°36'10.99" | 25 | 85 | 250 | 0.025 | 5.2 |
| 18 | Colonia Benito Juárez | 45.60 | 1,437,983 | 24°00'24.35" | 104°41'19.44" | 20 | 38 | 150 | 0.025 | 3.5 |
| 19 | Integral Poniente | 43.45 | 1,370,320 | 24°02'28.05" | 104°40'56.10" | 46 | 68 | 150 | 0.030 | 5.1 |
| 20 | Antonio Ramírez | 48.08 | 1,516,404 | 24°01'36.21" | 104°41'36.26" | 19 | 65 | 150 | 0.035 | 3.4 |
| 21 | Villas del Guadiana I | 17.57 | 554,009 | 24°03'39.00" | 104°35'05.38" | 25 | 40 | 150 | 0.025 | 3.9 |
| 22 | Miguel de La Madrid | 38.16 | 1,203,322 | 24°02'00.14" | 104°41'38.09" | 15 | 68 | 150 | 0.025 | 3.1 |
| 23 | Villa Dorada | 2.25 | 70,995 | 23°59'51.30" | 104°38'00.10" | N/D | N/D | | 0.030 | 2.8 |
| 24 | López Portillo | 49.08 | 1,547,889 | 24°03'09.15" | 104°41'21.63" | 30 | 70 | 200 | 0.035 | 4.3 |
| 25 | Morga | 21.09 | 665,231 | 24°03'02.12" | 104°41'04.74" | 30 | 57.6 | 100 | 0.030 | 3.6 |
| 26 | Explanada | 51.79 | 1,633,175 | 24°02'12.00" | 104°40'37.85" | 22 | 45 | 150 | 0.025 | 4.0 |
| 27 | Ignacio Zaragoza | 48.26 | 1,522,017 | 24°00'21.14" | 104°36'28.51" | 17 | 36 | 180 | 0.030 | 3.4 |
| 28 | Saltito | 9.50 | 299,596 | 24°00'33.40" | 104°41'45.18" | 42 | 120 | 200 | 0.030 | 4.3 |
| 29 | San Ignacio | 5.70 | 179,699 | 24°02'29.44" | 104°39'38.50" | 38 | 35 | 100 | 0.025 | 3.9 |
| 30 | Prepa Nocturna | 69.15 | 2,180,819 | 24°01'45.59" | 104°39'42.72" | 29 | 29.58 | 150 | 0.025 | 2.3 |
| 31 | Las Fuentes | 9.39 | 296,133 | 24°02'41.05" | 104°37'03.31" | 19 | 33 | 100 | 0.025 | 4.1 |
| 32 | Francisco Zarco | 63.27 | 1,995,219 | 24°02'29.50" | 104°38'46.57" | 33 | 68 | 200 | 0.025 | 3.8 |

| No. pozo | Nombre | Gasto medio (l/s) | Producción anual m3 | Latitud Norte | Longitud Oeste | Nivel estático (m) | Nivel dinámico (m) | Prof. (m) | Arsénico (mg/l) | Fluoruro (mg/l) |
|----------|-------------------------|-------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 33 | Tapias | 49.05 | 1,546,812 | 23°59'46.00" | 104°42'23.24" | 24 | 125 | 150 | 0.020 | 3.9 |
| 34 | Villas de San Francisco | 6.81 | 214,637 | 24°01'35.45" | 104°37'18.59" | 32 | 40.5 | 150 | 0.030 | 4.9 |
| 35 | Norponiente | 28.37 | 894,813 | 24°02'24.83" | 104°42'06.60" | 26 | 70 | 280 | 0.030 | 3.2 |
| 36 | Sahuatoba | 24.06 | 758,772 | 24°01'23.66" | 104°41'30.71" | 20 | 39 | 150 | 0.025 | 4.1 |
| 38 | Calleros | 3.42 | 107,844 | 24°03'28.90" | 104°37'49.74" | 21 | 36 | 200 | 0.030 | 2.6 |
| 39 | Fidel Velázquez I | 19.70 | 621,357 | 24°03'45.10" | 104°36'10.51" | 42.2 | 82 | 150 | 0.025 | 4.3 |
| 40 | Gpe. Victoria Infonavit | 42.16 | 1,329,691 | 24°02'58.05" | 104°37'04.67" | 19 | 32 | 200 | 0.025 | 3.9 |
| 41 | Joyas Del Valle | 16.82 | 530,447 | 24°02'25.30" | 104°37'11.34" | 20 | 37 | 150 | 0.030 | 3.9 |
| 42 | Fracc. Guadalupe | 39.44 | 1,243,866 | 24°02'25.88" | 104°37'43.86" | 22 | 37 | 150 | 0.025 | 4.2 |
| 43 | Valle Verde | 7.64 | 240,934 | 23°59'25.70" | 104°39'00.50" | 32 | 88 | 180 | 0.025 | 2.2 |
| 44 | Chulas Fronteras | 7.77 | 245,005 | 24°03'31.29" | 104°39'07.56" | 33 | 85 | 150 | 0.025 | 2.3 |
| 45 | CECATI 134 | 14.70 | 463,667 | 23°59'47.74" | 104°40'52.19" | 38 | 115 | 150 | 0.025 | 4.1 |
| 46 | Sec. Benito Juárez | 59.06 | 1,862,370 | 24°02'03.63" | 104°39'26.94" | 17 | 38 | 200 | 0.030 | 3.6 |
| 47 | Feria Viejo | 3.42 | 107,743 | 24°01'02.93" | 104°41'19.03" | 22 | 70 | 120 | 0.020 | 4.1 |
| 48 | I.T.D. | 24.18 | 762,610 | 24°01'53.21" | 104°38'42.39" | 20 | 35 | 150 | 0.025 | 3.7 |
| 49 | San Pedro | 61.07 | 1,925,990 | 24°01'57.13" | 104°39'01.24" | 22 | 28 | 150 | 0.035 | 4.2 |
| 50 | Seminario | 8.41 | 265,230 | 24°03'37.52" | 104°37'04.44" | 24 | 31 | 200 | 0.030 | 4.0 |
| 51 | Cancún | 23.34 | 736,189 | 24°00'44.71" | 104°37'51.78" | 28 | 63 | 150 | 0.035 | 3.1 |
| 52 | Los Álamos | 29.10 | 917,833 | 24°01'04.60" | 104°38'24.28" | 16 | 28.5 | 200 | 0.035 | 3.7 |
| 53 | Isauro Venzor | 60.03 | 1,893,110 | 24°01'15.74" | 104°39'19.77" | 19 | 33 | 150 | 0.010 | 3.0 |
| 54 | Rancho San Miguel | 3.56 | 112,221 | 23°58'59.30" | 104°38'22.00" | N/D | N/D | 200 | 0.025 | 1.7 |
| 55 | Los Fresnos | 38.29 | 1,207,456 | 24°01'29.21" | 104°37'38.48" | 10 | 45.7 | 200 | 0.020 | 4.8 |
| 56 | Factor I | 15.73 | 495,980 | 24°02'19.38" | 104°40'23.96" | 19 | 40 | 150 | 0.025 | 5.2 |
| 58 | Villas del Guadiana II | 30.49 | 961,510 | 24°04'18.23" | 104°35'12.89" | 19 | 68 | 200 | 0.030 | 4.7 |
| 59 | Azcapotzalco | 43.34 | 1,366,776 | 24°00'39.96" | 104°39'09.06" | 26 | 75 | 180 | 0.025 | 4.4 |
| 60 | Niños Héroes | 20.93 | 659,999 | 23°59'21.36" | 104°40'07.09" | 21 | 64 | 200 | 0.020 | 4.3 |
| 61 | Fidel Velázquez II | 32.07 | 1,011,371 | 24°03'44.16" | 104°35'40.34" | 19 | 49.5 | 200 | 0.030 | 4.0 |
| 62 | Bosques del Valle | 20.01 | 631,060 | 24°03'19.85" | 104°36'34.04" | 19 | 45.5 | 150 | 0.035 | 4.9 |
| 63 | Las Privanzas | 10.34 | 326,096 | 23°58'26.17" | 104°40'05.99" | 19 | 58 | 250 | 0.020 | 4.2 |
| 64 | San Carlos | 38.30 | 1,207,734 | 24°00'46.09" | 104°37'12.04" | 22 | 57 | 200 | 0.030 | 3.9 |
| 65 | Armando del Castillo | 75.91 | 2,393,824 | 24°02'15.67" | 104°39'16.76" | 20 | 82 | 200 | 0.025 | 3.9 |
| 66 | Feria Nuevo | 27.38 | 863,502 | 24°01'01.14" | 104°41'15.70" | 30 | 128 | 212 | 0.025 | 3.6 |
| 67 | Jardines de Durango II | 80.65 | 2,543,234 | 24°02'52.70" | 104°38'13.25" | 30 | 33 | 200 | 0.030 | 4.0 |
| 68 | 16 de Septiembre | 32.43 | 1,022,667 | 24°02'21.67" | 104°39'49.73" | 27 | 50 | 200 | 0.030 | 3.7 |
| 70 | Valle del Sur | 57.86 | 1,824,677 | 24°00'34.37" | 104°40'54.37" | 9 | 35 | 200 | 0.030 | 4.1 |
| 71 | La Martinica | 1.00 | 31,525 | 23°58'17.00" | 104°38'32.00" | N/D | N/D | 50 | 0.025 | 3.7 |
| 72 | Luz y Esperanza | 17.15 | 540,958 | 24°03'27.55" | 104°41'00.53" | 30 | 100 | 150 | 0.025 | 4.4 |
| 73 | Cumbres | 3.07 | 96,933 | 24°03'29.00" | 104°37'49.80" | 32 | 60 | 120 | 0.015 | 3.4 |
| 74 | Constitución | 16.88 | 532,480 | 24°03'28.94" | 104°37'49.15" | 40 | 86 | 150 | 0.020 | 3.5 |
| 76 | El Ciprés | 28.45 | 897,102 | 24°03'15.93" | 104°38'40.72" | 38 | 108 | 200 | 0.030 | 4.8 |
| 77 | Colinas del Saltito | 14.71 | 463,912 | 24°00'39.11" | 104°42'47.30" | 29 | 105 | 200 | 0.030 | 4.0 |
| 78 | San Luís | 37.98 | 1,197,613 | 24°03'21.16" | 104°35'35.06" | 32 | 54 | 150 | 0.015 | 4.4 |
| 79 | La Virgen | 49.38 | 1,557,306 | 24°01'42.08" | 104°41'21.95" | 15 | 23 | 150 | 0.020 | 3.7 |
| 80 | Pamy | 26.39 | 832,103 | 24°04'01.60" | 104°36'50.36" | 13 | 102 | 187 | 0.030 | 4.1 |
| 81 | Morelos Sur | 29.63 | 934,283 | 23°59'49.87" | 104°39'18.80" | 35 | 55 | 150 | 0.020 | 4.4 |
| 82 | Geraldine | 3.41 | 107,629 | 24°00'40.40" | 104°36'49.40" | 13 | 56 | 150 | 0.030 | 3.2 |
| 83 | Acereros | 2.53 | 79,828 | 24°02'54.38" | 104°39'54.23" | 13 | 148 | 180 | 0.030 | 3.9 |
| 85 | Valle Oriente | 7.56 | 238,353 | 24°03'21.57" | 104°35'16.08" | 24 | 48.6 | 200 | 0.035 | 3.8 |
| 86 | Alamedas | 5.99 | 188,836 | 24°00'05.77" | 104°42'17.37" | 15 | 48 | 50 | 0.025 | 3.1 |
| 87 | Los Cedros | 23.72 | 748,030 | 23°59'52.20" | 104°38'18.57" | 20 | 42 | 180 | 0.020 | 3.6 |

| No. pozo | Nombre | Gasto medio (l/s) | Producción anual m3 | Latitud Norte | Longitud Oeste | Nivel estático (m) | Nivel dinámico (m) | Prof. (m) | Arsénico (mg/l) | Fluoruro (mg/l) |
|----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 88 | San Juan | 11.22 | 353,729 | 24°03'37.49" | 104°37'04.69" | 32 | 102 | 180 | 0.035 | 5.2 |
| 89 | Bicentenario | 15.96 | 503,269 | 24°00'53.13" | 104°36'39.59" | 26 | 46 | 180 | 0.040 | 5.1 |
| 90 | Milenio 450 | 15.21 | 479,509 | 24°00'29.58" | 104°35'53.77" | 22 | 70 | 200 | 0.040 | 4.1 |
| 91 | Sahuatoba II | 21.15 | 667,033 | 24°01'14.06" | 104°41'53.36" | 18 | 36 | 100 | 0.040 | 4.1 |
| 92 | La Campana | 7.31 | 230,661 | 24°02'07.33" | 104°34'30.86" | 28 | 46 | 150 | 0.035 | 5.1 |
| 93 | Villa Blanca | 7.29 | 230,015 | 24°04'43.64" | 104°36'17.67" | 32 | 65 | 150 | 0.035 | 4.7 |
| 12-A | Tapias II-A (Las Mariposas) | 7.84 | 247,188 | 23°59'25.37" | 104°41'24.79" | 19 | 100 | 280 | 0.020 | 4.4 |
| 12-B | Tapias II-B (Valle Dorado) | 13.06 | 411,803 | 23°59'19.32" | 104°40'58.87" | 25 | 93 | 150 | 0.015 | 3.2 |
| 69-A | Juana Villalobos "A" | 29.15 | 919,253 | 24°02'07.11" | 104°40'55.93" | 27 | 46.6 | 200 | 0.020 | 4.8 |
| 69-B | Juana Villalobos "B" | 31.32 | 987,665 | 24°02'06.42" | 104°40'53.64" | 9 | 28.5 | 150 | 0.025 | 3.7 |
| | Lerdo de Tejada | 5.44 | 171,654 | 23°57'06.37" | 104°37'55.38" | N/D | N/D | | | |
| | | 2,666.51 | 84,091,000 | | | | | | | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Un dato por resaltar de la tabla anterior, son las concentraciones de flúor y arsénico que presentan las fuentes de abastecimiento de agua para la Ciudad de Durango. La totalidad de los pozos que actualmente se operan, presentan concentraciones de flúor por arriba de 1.7 mg/l, sobrepasando el límite permisible (LP) para el agua de uso y consumo humano de 1.5 mg/l, establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. En cuanto al arsénico, en 41 pozos (40.43% del volumen producido) se presentan concentraciones por arriba de 0.030 mg/l, cuando el LP establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 es de 0.025 mg/l.

Conforme a la información de AMD, desde el año 2012 todos los pozos ya presentaban concentraciones de flúor por arriba del LP. En cuanto al arsénico, de acuerdo con la proyección realizada con la información histórica, se espera que para el año 2020 el 90.54% ya rebase el LP.

A continuación, se presenta la evolución de la concentración histórica de arsénico y fluoruros en el agua de los pozos. Con rojo se señalan las concentraciones que rebasan el Limite Permisible.

Tabla 3. Concentración de arsénico en pozos 2014-2018, mg/l

| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Sistema Ferrería | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| 2 | Sistema Gabino Santillán | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.028 | 0.026 |
| 2 | Sistema Ferrería | 0.020 | 0.020 | 0.026 | 0.020 | 0.020 |
| 3 | Sistema Gabino Santillán | 0.026 | 0.029 | 0.028 | 0.026 | 0.025 |
| 3 | Sistema Ferrería | 0.020 | 0.025 | 0.015 | 0.020 | 0.025 |
| 4 | Sistema Ferrería | 0.025 | | 0.026 | 0.020 | 0.025 |
| 4 | Sistema Gabino Santillán | 0.020 | 0.025 | 0.028 | 0.026 | 0.027 |
| 5 | Sistema Gabino Santillán | 0.025 | 0.020 | 0.025 | 0.025 | 0.020 |
| 5 | Sistema Ferrería | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.025 | 0.026 |
| 6 | Sistema Gabino Santillán | 0.026 | 0.025 | 0.020 | 0.015 | 0.020 |

| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6 | Juan De La Barrera | 0.026 | 0.026 | 0.028 | 0.025 | 0.020 |
| 7 | Sistema Ferrería | 0.030 | 0.020 | 0.026 | 0.015 | 0.020 |
| 7 | Sistema Gabino Santillán | | 0.026 | 0.015 | 0.025 | 0.000 |
| 8 | Cobach Juana Villalobos | 0.026 | 0.025 | 0.028 | 0.025 | 0.026 |
| 9 | Huizache I | 0.026 | 0.028 | 0.028 | 0.029 | 0.025 |
| 10 | Huizache II | 0.026 | 0.028 | 0.030 | 0.028 | 0.027 |
| 11 | PRI | 0.020 | 0.025 | | | |
| 13 | Indeco | 0.020 | 0.020 | 0.015 | 0.025 | 0.020 |
| 14 | Cbtis 89 | 0.020 | 0.025 | 0.029 | 0.026 | 0.025 |
| 15 | Insurgentes | 0.026 | 0.026 | 0.030 | 0.026 | 0.015 |
| 16 | Cima | 0.025 | 0.025 | 0.029 | 0.026 | 0.027 |
| 17 | Bugambilias | 0.025 | 0.020 | 0.030 | 0.030 | 0.025 |
| 18 | Col Benito Juárez | 0.025 | 0.025 | | | 0.025 |
| 18 | Colonia Benito Juárez | | | 0.029 | 0.026 | |
| 19 | Integral Poniente | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.025 | 0.027 |
| 20 | Antonio Ramirez | 0.026 | 0.026 | 0.028 | 0.025 | 0.029 |
| 21 | Villas del Guadiana I | | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 |
| 22 | Miguel de La Madrid | 0.025 | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.025 |
| 23 | Villa Dorada | | | | 0.025 | 0.026 |
| 24 | López Portillo | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.028 |
| 25 | Morga | 0.025 | 0.028 | 0.028 | 0.029 | 0.027 |
| 26 | Explanada | 0.020 | 0.028 | 0.020 | 0.026 | 0.025 |
| 27 | Ignacio Zaragoza | 0.025 | 0.025 | 0.030 | 0.028 | 0.026 |
| 28 | Saltito | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.028 | 0.026 |
| 29 | San Ignacio | 0.025 | 0.020 | 0.020 | 0.026 | 0.025 |
| 30 | Prepa Nocturna | 0.025 | 0.030 | 0.029 | 0.028 | 0.025 |
| 31 | Las Fuentes | 0.025 | 0.025 | | 0.025 | 0.025 |
| 32 | Francisco Zarco | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.025 | 0.025 |
| 33 | Tapias | 0.020 | 0.015 | 0.025 | 0.025 | 0.020 |
| 34 | Villas de San Francisco | 0.029 | 0.026 | | 0.030 | |
| 34 | Villas San Francisco | | | 0.030 | | 0.027 |
| 35 | Norponiente | 0.020 | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.026 |
| 36 | Sahuatoba | 0.027 | 0.028 | 0.026 | 0.025 | 0.025 |
| 37 | Industrial Armas | | | 0.026 | 0.026 | |
| 38 | Calleros | 0.020 | 0.025 | 0.026 | 0.020 | 0.026 |
| 39 | Fidel Velázquez I | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.025 |
| 40 | Gpe. Victoria Infonavit | 0.026 | 0.028 | 0.028 | 0.026 | 0.025 |
| 41 | Joyas del Valle | 0.020 | 0.025 | 0.020 | 0.020 | 0.026 |
| 42 | Fracc. Guadalupe | 0.025 | 0.028 | 0.026 | 0.026 | 0.025 |
| 43 | Valle Verde | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.025 | 0.025 |
| 44 | Chulas Fronteras | | | | 0.028 | 0.025 |
| 45 | CECATI 134 | 0.020 | 0.020 | 0.015 | 0.015 | 0.025 |
| 46 | Sec. Benito Juárez | 0.020 | 0.026 | 0.029 | 0.028 | 0.026 |
| 47 | Feria Viejo | 0.026 | 0.026 | 0.028 | 0.028 | 0.020 |
| 48 | I.T.D. | 0.025 | 0.025 | 0.028 | 0.029 | 0.025 |
| 49 | Plaza San Pedro | 0.020 | 0.025 | 0.028 | 0.028 | 0.027 |
| 50 | Seminario | 0.027 | 0.028 | 0.029 | 0.026 | 0.028 |
| 51 | Jardines de Cancún | 0.027 | 0.029 | 0.030 | 0.030 | 0.028 |
| 52 | Álamos | 0.028 | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.028 |
| 53 | Isauro Venzor | 0.025 | 0.026 | 0.028 | 0.026 | 0.010 |
| 54 | Rancho San Miguel | | | | 0.028 | 0.025 |
| 55 | Los Fresnos | 0.026 | 0.029 | 0.030 | 0.030 | 0.020 |
| 56 | Factor I | 0.020 | 0.028 | 0.028 | 0.029 | 0.025 |
| 58 | Villas del Guadiana II | 0.028 | 0.026 | 0.030 | 0.028 | 0.027 |
| 59 | Azcapotzalco | 0.026 | 0.026 | 0.028 | 0.026 | 0.025 |
| 60 | Niños Héroes | 0.020 | 0.025 | 0.030 | 0.020 | 0.020 |
| 61 | Fidel Velázquez II | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.027 |
| 62 | Bosques del Valle | 0.027 | 0.026 | 0.028 | 0.025 | 0.028 |

| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 63 | Las Privanzas | 0.025 | 0.025 | 0.028 | 0.026 | 0.020 |
| 64 | San Carlos | 0.026 | 0.028 | 0.029 | 0.020 | 0.026 |
| 65 | Armando del Castillo | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.026 | 0.025 |
| 66 | Feria Nuevo | 0.026 | 0.028 | 0.026 | 0.026 | 0.025 |
| 67 | Jardines de Durango II | 0.026 | 0.029 | 0.025 | 0.026 | 0.026 |
| 69 | 16 de Septiembre | 0.020 | 0.025 | 0.015 | 0.025 | 0.026 |
| 69 | Juana Villalobos A | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.025 | 0.020 |
| 69 | Juana Villalobos B | 0.026 | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.025 |
| 70 | Valle del Sur | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 |
| 71 | Martinica | | | | 0.028 | 0.025 |
| 72 | Luz Y Esperanza | 0.020 | 0.029 | 0.026 | 0.026 | 0.025 |
| 73 | Cumbres | | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.015 |
| 74 | Constitución | 0.020 | 0.025 | 0.015 | 0.015 | 0.020 |
| 76 | Ciprés | 0.026 | 0.028 | 0.025 | 0.026 | 0.026 |
| 77 | Colinas del Saltito | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.028 | 0.027 |
| 78 | San Luis | 0.026 | 0.028 | 0.030 | 0.025 | 0.015 |
| 79 | La Virgen | 0.026 | 0.028 | 0.028 | 0.025 | 0.020 |
| 80 | Maquila Pamy | 0.027 | 0.026 | 0.030 | 0.025 | 0.027 |
| 81 | Morelos Sur | 0.025 | 0.025 | 0.020 | 0.028 | 0.020 |
| 82 | Geraldine | 0.025 | 0.026 | 0.028 | 0.025 | 0.026 |
| 83 | Acereros | 0.026 | 0.028 | 0.020 | 0.025 | 0.027 |
| 84 | Maquila Cahart | 0.025 | 0.025 | | | |
| 85 | Valle Oriente | 0.028 | 0.026 | 0.029 | 0.028 | 0.028 |
| 86 | Alamedas | 0.015 | 0.020 | 0.025 | 0.020 | 0.025 |
| 87 | Cedros | 0.026 | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.020 |
| 88 | San Juan | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.025 | 0.028 |
| 89 | Bicentenario | | 0.030 | 0.030 | 0.030 | 0.030 |
| 90 | Milenio 450 | | | 0.029 | 0.028 | 0.029 |
| 91 | Sahuatoba II | | 0.029 | 0.030 | 0.030 | 0.028 |
| 92 | La Campana | | 0.025 | 0.025 | 0.026 | 0.027 |
| 93 | Villa Blanca | | | | 0.020 | 0.028 |
| 12-A | Las Mariposas | 0.025 | | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| 12-A | Mariposas | | 0.020 | | | |
| 12-B | Valle Dorado | 0.020 | 0.015 | 0.025 | 0.026 | 0.015 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Tabla 4. Concentración de flúor en pozos 2014-2018, mg/l

| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 1 | Sistema Ferrería | 5.1 | 4.7 | 3.7 | 3.5 | 2.6 |
| 2 | Sistema Gabino Santillán | 4.4 | 4.7 | 4.2 | 1.3 | 2.9 |
| 2 | Sistema Ferrería | 4.1 | 4.3 | 2.6 | 2.6 | 2.9 |
| 3 | Sistema Gabino Santillán | 5.3 | 5.2 | 4.6 | 3.1 | 4.2 |
| 3 | Sistema Ferrería | 3.4 | 3.7 | 4.6 | 4.6 | 4.1 |
| 4 | Sistema Ferrería | 5.4 | | 3.5 | 2.3 | 3.5 |
| 4 | Sistema Gabino Santillán | 5.7 | 4.3 | 3.9 | 3.6 | 4.3 |
| 5 | Sistema Gabino Santillán | 4.9 | 4.3 | 4.6 | 5.2 | 4.6 |
| 5 | Sistema Ferrería | 4.2 | 3.2 | 4.5 | 4.5 | 3.8 |
| 6 | Sistema Gabino Santillán | 4.3 | 4.7 | 4.7 | 4.5 | 5.2 |
| 6 | Juan De La Barrera | 5.4 | 4.6 | 5.3 | 4.6 | 3.9 |
| 7 | Sistema Ferrería | 5 | 4.6 | 4.6 | 3.7 | 3.9 |
| 7 | Sistema Gabino Santillán | | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 3 |
| 8 | Cobach Juana Villalobos | 5 | 5.1 | 5.7 | 3.6 | 3.7 |
| 9 | Huizache I | 5.6 | 4.8 | 5 | 3.6 | 5.2 |

| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----|-------------------------|------|------|------|------|------|
| 10 | Huizache II | 6.4 | 5.2 | 5 | 4 | 4.9 |
| 11 | PRI | 3.5 | 4.3 | | | |
| 13 | Indeco | 4.1 | 4.2 | 4.6 | 3.6 | 3.6 |
| 14 | Cbtis 89 | 5.1 | 4.9 | 4.1 | 4.8 | 4.7 |
| 15 | Insurgentes | 4.8 | 4.7 | 3.8 | 4.2 | 3.6 |
| 16 | Cima | 5.8 | 5.6 | 5.8 | 4.6 | 4.5 |
| 17 | Bugambilias | 5.7 | 4.3 | 5.2 | 4.7 | 5.2 |
| 18 | Col Benito Juárez | 4.1 | 3.1 | | | 3.5 |
| 18 | Colonia Benito Juárez | | | 4.3 | 4.6 | |
| 19 | Integral Poniente | 4.8 | 4.3 | 3.9 | 4.3 | 5.1 |
| 20 | Antonio Ramirez | 4.2 | 5.7 | 6.3 | 5.3 | 3.4 |
| 21 | Villas del Guadiana I | | 3.1 | 4.3 | 3.9 | 3.9 |
| 22 | Miguel de La Madrid | 5.4 | 5.6 | 4.3 | 4 | 3.1 |
| 23 | Villa Dorada | | | | 5.6 | 2.8 |
| 24 | López Portillo | 5.5 | 3.7 | 3.1 | 4.2 | 4.3 |
| 25 | Morga | 4.1 | 4.1 | 4.8 | 4.8 | 3.6 |
| 26 | Explanada | 5.5 | 4.3 | 4.1 | 4.5 | 4 |
| 27 | Ignacio Zaragoza | 6 | 6.8 | 4.8 | 3.3 | 3.4 |
| 28 | Saltito | 4.1 | 3.4 | 4.4 | 4.5 | 4.3 |
| 29 | San Ignacio | 3.5 | 3.8 | 3.8 | 4.2 | 3.9 |
| 30 | Prepa Nocturna | 4.8 | 4.6 | 5 | 3.3 | 2.3 |
| 31 | Las Fuentes | 5.7 | 4.9 | | 4 | 4.1 |
| 32 | Francisco Zarco | 5.5 | 5 | 5.1 | 4.2 | 3.8 |
| 33 | Tapias | 5 | 3.7 | 3.6 | 3.8 | 3.9 |
| 34 | Villas de San Francisco | 8 | 6.2 | | 5.2 | |
| 34 | Villas San Francisco | | | 5.6 | | 4.9 |
| 35 | Norponiente | 5 | 4.9 | 3.9 | 3.1 | 3.2 |
| 36 | Sahuatoba | 6.5 | 5.1 | 5.1 | 4.3 | 4.1 |
| 37 | Industrial Armas | | | 3.5 | 3.2 | |
| 38 | Calleros | 5.2 | 4.5 | 3.8 | 3.4 | 2.6 |
| 39 | Fidel Velázquez I | 6 | 5.1 | 5.9 | 3.5 | 4.3 |
| 40 | Gpe. Victoria Infonavit | 6.4 | 5.4 | 5.2 | 4.3 | 3.9 |
| 41 | Joyas del Valle | 5.7 | 4.9 | 3.5 | 3.8 | 3.9 |
| 42 | Fracc.Guadalupe | 6.4 | 5.4 | 4.6 | 4.7 | 4.2 |
| 43 | Valle Verde | 4.3 | 4.2 | 2.6 | 2.6 | 2.2 |
| 44 | Chulas Fronteras | | | | 3.2 | 2.3 |
| 45 | CECATI 134 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.2 | 4.1 |
| 46 | Sec. Benito Juárez | 4.5 | 4.3 | 4.1 | 3.5 | 3.6 |
| 47 | Feria Viejo | 5.9 | 4.9 | 4.7 | 4.3 | 4.1 |
| 48 | I.T.D. | 4.3 | 4 | 3.1 | 2.69 | 3.7 |
| 49 | Plaza San Pedro | 4.1 | 4.1 | 3.1 | 3.1 | 4.2 |
| 50 | Seminario | 7.3 | 5.2 | 4.6 | 4.6 | 4 |
| 51 | Jardines de Cancún | 4.6 | 4.7 | 5.1 | 4.2 | 3.1 |
| 52 | Álamos | 4.8 | 4.9 | 3.7 | 3.8 | 3.7 |
| 53 | Isauro Venzor | 4.5 | 5 | 4.2 | 3.7 | 3 |
| 54 | Rancho San Miguel | | | | 2.5 | 1.7 |
| 55 | Los Fresnos | 4.6 | 5.1 | 4 | 4.6 | 4.8 |
| 56 | Factor I | 5.3 | 4.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 |

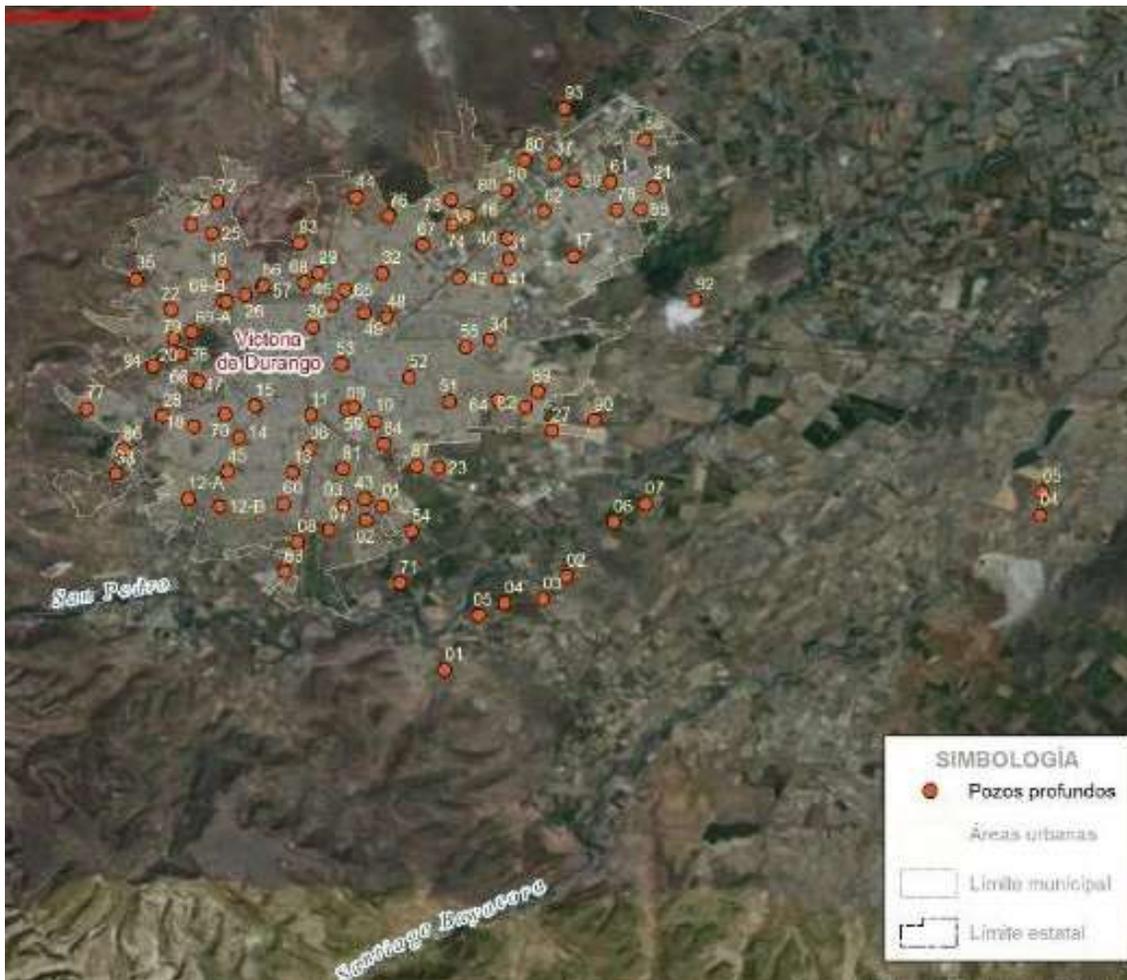
| No. | Pozo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|------|------------------------|------|------|------|------|------|
| 58 | Villas del Guadiana II | 5.2 | 4.6 | 5.2 | 4.5 | 4.7 |
| 59 | Azcapotzalco | 5.4 | 4.7 | 4.3 | 4.3 | 4.4 |
| 60 | Niños Héroes | 3.8 | 4.1 | 3.8 | 3.2 | 4.3 |
| 61 | Fidel Velázquez II | 6.3 | 5.3 | 5.8 | 3.8 | 4 |
| 62 | Bosques del Valle | 5.4 | 4.9 | 4.6 | 5 | 4.9 |
| 63 | Las Privanzas | 3.7 | 3.9 | 3.7 | 3.9 | 4.2 |
| 64 | San Carlos | 5.7 | 5.7 | 4.3 | 5.4 | 3.9 |
| 65 | Armando del Castillo | 5.2 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 3.9 |
| 66 | Feria Nuevo | 6.6 | 6.3 | 5.3 | 4.3 | 3.6 |
| 67 | Jardines de Durango II | 5.2 | 5.5 | 4.6 | 3.6 | 4 |
| 69 | 16 de Septiembre | 3 | 4.5 | 4.3 | 4.1 | 3.7 |
| 69 | Juana Villalobos A | 4.3 | 3.5 | 5 | 5.2 | 4.8 |
| 69 | Juana Villalobos B | 5.1 | 3.7 | 4.3 | 4.5 | 3.7 |
| 70 | Valle del Sur | 3.9 | 4.6 | 5.6 | 5.2 | 4.1 |
| 71 | Martinica | | | | 4.2 | 3.7 |
| 72 | Luz Y Esperanza | 4.8 | 5.3 | 4.2 | 4.3 | 4.4 |
| 73 | Cumbres | | 3.5 | 3.1 | 3 | 3.4 |
| 74 | Constitución | 3.9 | 3.5 | 2.6 | 2.2 | 3.5 |
| 76 | Ciprés | 5.2 | 5 | 4.9 | 4.3 | 4.8 |
| 77 | Colinas del Saltito | 4.8 | 3.3 | 4 | 3.5 | 4 |
| 78 | San Luis | 6.8 | 5.2 | 4.8 | 3.2 | 4.4 |
| 79 | La Virgen | 8.2 | 6.3 | 5.2 | 5 | 3.7 |
| 80 | Maquila Pamy | 6.5 | 5.7 | 5.1 | 4.5 | |
| 81 | Morelos Sur | 6 | 5.2 | 3.4 | 3.6 | 4.4 |
| 82 | Geraldine | 5.9 | 3.6 | 3.8 | 4.5 | 3.2 |
| 83 | Acereros | 5 | 4.1 | 4.4 | 3.8 | 3.9 |
| 84 | Maquila Cahart | 5.1 | 5.1 | | | |
| 85 | Valle Oriente | 6.3 | 4.7 | 5.6 | 4.8 | 3.8 |
| 86 | Alamedas | 4.7 | 5.1 | 4.1 | 2.6 | 3.1 |
| 87 | Cedros | 4.8 | 5.3 | 4.3 | 4.2 | 3.6 |
| 88 | San Juan | 4.9 | 5.7 | 5.2 | 5.3 | 5.2 |
| 89 | Bicentenario | | 6 | 4.3 | 5.2 | 5.1 |
| 90 | Milenio 450 | | | 2.7 | 3.4 | 4.1 |
| 91 | Sahuatoba II | | 4.6 | 4.1 | 3.6 | |
| 92 | La Campana | | 5.3 | 3.8 | 4.4 | 5.1 |
| 93 | Villa Blanca | | | | 4 | 4.7 |
| 12-A | Las Mariposas | 4.4 | | 6.4 | 4.9 | 4.4 |
| 12-A | Mariposas | | 3.8 | | | |
| 12-B | Valle Dorado | 4.2 | 3.5 | 3.1 | 4.3 | 3.2 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Como se observa, es evidente que en los últimos años los pozos han presentado una concentración en general alta, de arsénico; adicionalmente, en cuanto a flúor, ningún pozo presenta un dato aceptable.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de los pozos profundos que se operan.

Figura 1. Ubicación de pozos operados por Aguas del Municipio de Durango



Fuente: Elaboración con base en la información de Aguas del Municipio de Durango.

En el sistema de agua potable no se cuenta con grandes acueductos para conducir el agua extraída de los pozos hacia alguna estructura de almacenamiento; cada pozo tiene una línea de salida que en algunos casos lleva el agua hacia tanques de regularización y en otros, inyecta directamente el caudal extraído a la red de distribución.

En la siguiente tabla se indica el diámetro de la línea de descarga del pozo, así como el sitio en donde entrega su caudal.

Tabla 5. Diámetro líneas de descarga de pozos y sitios de entrega

| No. pozo | Nombre | Diámetro descarga (") | Sitio de entrega | Sistema de cloración |
|----------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 01 | Sistema Ferrería | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 02 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 02 | Sistema Ferrería | 8 | Tanque Remedios | Sin cloración |
| 03 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 03 | Sistema Ferrería | 8 | Tanque Remedios | Sin cloración |
| 04 | Sistema Ferrería | 8 | Tanque Tapias | Sin cloración |
| 04 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 05 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 05 | Sistema Ferrería | 8 | Tanque Remedios | Sin cloración |
| 06 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro en tanque |
| 06 | Juan De La Barrera | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 07 | Sistema Ferrería | 10 | Tanque Tapias | Sin cloración |
| 07 | Sistema Gabino Santillán | 8 | Tanque Remedios | Gas cloro |
| 08 | Cobach Juana Villalobos | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 09 | Huizache I | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 10 | Huizache II | 6 | Red de distribución | Gas cloro |
| 13 | Indeco | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 14 | C.B.T.I.S 89 | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 15 | Insurgentes | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 16 | Cima | 4 | Tanque elevado Las Cimas | Sin cloración |
| 17 | Las Bugambilias | 6 | Tanque Durazos SPC | Hipocloración |
| 18 | Colonia Benito Juárez | 6 | Red de distribución | Gas cloro |
| 19 | Integral Poniente | 8 | Tanque Norponiente | Gas cloro |
| 20 | Antonio Ramírez | 8 | Tanque Antonio Ramírez | Gas cloro |
| 21 | Villas del Guadiana I | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 22 | Miguel de La Madrid | 8 | Tanque Norponiente | Gas cloro |
| 23 | Villa Dorada | 3 | Tanque elevado Villa Dorada | Sin cloración |
| 24 | López Portillo | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 25 | Morga | 6 | Red de distribución | Gas cloro |
| 26 | Explanada | 8 | Tanque Rosas del Tepeyac | Gas cloro |
| 27 | Ignacio Zaragoza | 10 | Tanque Ignacio Zaragoza SPC | Gas cloro |
| 28 | Saltito | 8 | Tanque El Saltito | Gas cloro |
| 29 | San Ignacio | 4 | Red de distribución | Sin cloración |
| 30 | Prepa Nocturna | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 31 | Las Fuentes | 4 | Tanque elevado Las Fuentes | Gas cloro |
| 32 | Francisco Zarco | 10 | Tanque José Revueltas | Gas cloro |
| 33 | Tapias | 8 | Tanque Tapias | Gas cloro |
| 34 | Villas de San Francisco | 8 | Red de distribución | Hipocloración |
| 35 | Norponiente | 8 | Tanque Norponiente | Sin cloración |
| 36 | Sahuatoba | 6 | Tanque Lomas | Gas cloro |
| 38 | Calleros | 4 | Tanque elevado Calleros | Hipocloración |
| 39 | Fidel Velázquez I | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 40 | Gpe. Victoria Infonavit | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 41 | Joyas Del Valle | 6 | Red de distribución | Gas cloro |
| 42 | Fracc. Guadalupe | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 43 | Valle Verde | 8 | Tanque Valle Verde SPC | Hipocloración |
| 44 | Chulas Fronteras | 6 | Tanque José Revueltas | Gas cloro |
| 45 | CECATI 134 | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 46 | Sec. Benito Juárez | 10 | Tanque José Revueltas | Gas cloro |
| 47 | Feria Viejo | 6 | Red de distribución | Hipocloración |

| No. pozo | Nombre | Diámetro descarga (") | Sitio de entrega | Sistema de cloración |
|----------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|
| 48 | I.T.D. | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 49 | San Pedro | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 50 | Seminario | 6 | Tanque Paso Real SPC | Hipocloración |
| 51 | Cancún | 8 | Red de distribución | Hipocloración |
| 52 | Los Álamos | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 53 | Isauro Venzor | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 54 | Rancho San Miguel | 4 | Tanque Rancho San Miguel SPC | Hipocloración |
| 55 | Los Fresnos | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 56 | Factor I | 6 | Tanque Rosas del Tepeyac | Sin cloración |
| 58 | Villas del Guadiana II | 8 | Tanque Villas II SPC | Gas cloro |
| 59 | Azcapotzalco | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 60 | Niños Héroes | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 61 | Fidel Velázquez II | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 62 | Bosques del Valle | 6 | Red de distribución | Gas cloro |
| 63 | Las Privanzas | 6 | Tanque Privanzas SPC | Sin cloración |
| 64 | San Carlos | 8 | Red de distribución | Hipocloración |
| 65 | Armando del Castillo | 10 | Tanque José Revueltas | Gas cloro |
| 66 | Feria Nuevo | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 67 | Jardines de Durango II | 10 | Tanque José Revueltas | Sin cloración |
| 68 | 16 de Septiembre | 8 | Tanque San Martín | Gas cloro |
| 70 | Valle del Sur | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 71 | La Martinica | 8 | Tanque elevado La Martinica | Hipocloración |
| 72 | Luz y Esperanza | 8 | Tanque Luz y Esperanza | Hipocloración |
| 73 | Cumbres | 6 | Red de distribución | Sin cloración |
| 74 | Constitución | 6 | Tanque Tapias | Gas cloro |
| 76 | El Ciprés | 8 | Tanque José Revueltas | Gas cloro |
| 77 | Colinas del Saltito | 4 | Tanque El Saltito | Hipocloración |
| 78 | San Luís | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 79 | La Virgen | 8 | Tanque La Virgen | Gas cloro |
| 80 | Pamy | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 81 | Morelos Sur | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| 82 | Geraldine | 6 | Tanque Geraldine | Sin cloración |
| 83 | Acereros | 3 | Red de distribución | Hipocloración |
| 85 | Valle Oriente | 4 | Tanque Valle Oriente SPC | Sin cloración |
| 86 | Alamedas | 3 | Tanque Tapias | Sin cloración |
| 87 | Los Cedros | 6 | Tanque Cedros SPC | Hipocloración |
| 88 | San Juan | 8 | Tanque elevado San Juan | Gas cloro |
| 89 | Bicentenario | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 90 | Milenio 450 | 8 | Tanque Milenio SPC | Sin cloración |
| 91 | Sahuatoba II | 6 | Tanque El Saltito | Gas cloro |
| 92 | La Campana | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 93 | Villa Blanca | 6 | Red de distribución | Hipocloración |
| 12-A | Tapias II-A (Las Mariposas) | 4 | Red de distribución | Sin cloración |
| 12-B | Tapias II-B (Valle Dorado) | 4 | Tanque Tapias | Sin cloración |
| 69-A | Juana Villalobos "A" | 8 | Cárcamo Gabino Santillán | Gas cloro |
| 69-B | Juana Villalobos "B" | 8 | Red de distribución | Gas cloro |
| | Lerdo de Tejada | 4 | Red de distribución | Gas cloro |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

En la siguiente figura se presentan algunas fotos de pozos que actualmente operan en la Ciudad de Durango.

Figura 2. Pozos de agua potable operando en la Ciudad de Durango



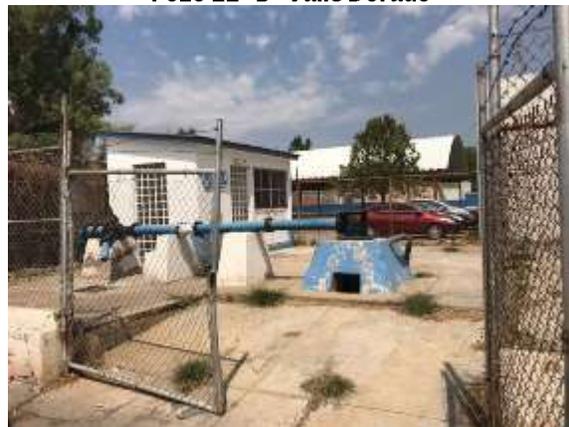
Pozo 74 Constitución



Pozo 12 "B" Valle Dorado



Pozo 45 CECATI 134



Pozo 14 CBTIS



Pozo Ferrería 5



Pozo Ferrería 8



Pozo Ferrerla 4



Pozo Ferrerla 7



Pozo Ferrerla 3



Pozo Ferrerla 2

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.2 Sistemas de potabilización

Con el fin de eliminar de forma sencilla y poco costosa la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes que pueda tener el agua que es extraída de los pozos de agua que operan en la Ciudad de Durango, se tienen sistemas de cloración a pie de pozo; tal y como se presentó en la tabla 16, la mayoría de los pozos tienen equipos de gas cloro y otros funcionan con hipocloración. En la siguiente figura se presentan ejemplos de los equipos de gas cloro e hipocloritos que son utilizados.

Figura 3. *Sistemas de cloración utilizados en la Ciudad de Durango*



Sistema de cloración con gas cloro



Sistema de cloración con hipocloradores

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

A pesar de lo anterior el agua que es entregada a la población no es potable, debido a que como ya fue comentado, el 100% del agua producida rebasa el Límite Permitido de concentración de flúor, mientras que el 40.43% rebasa el LP de concentración de arsénico.

I.1.3 Red de distribución

La forma de distribución de la red de agua potable en la ciudad de Durango es “mixta” debido a que el agua suministrada por algunos pozos es entregada a tanques de almacenamiento, por ejemplo la batería de pozos La Ferrería que alimenta a los tanques superficiales de Los Remedios y a partir de estos se abastece a la red de distribución de la zona centro de la ciudad, y los pozos restantes alimentan a la red de distribución directamente con excedencias a tanques de almacenamiento tipo elevado o superficial.

En cuanto a la configuración actual de la red primaria, este es de tipo combinado ya que en algunas zonas se tienen ramales para hacer la distribución a la red secundaria, mientras que en otras zonas se cuentan con circuitos interconectados. Además, cabe mencionar que actualmente la red de distribución no se encuentra sectorizada, situación que no

permite eficientar la distribución del agua suministrada, presentándose el tandeo en las zonas con infraestructura obsoleta por su antigüedad e insuficiencia operativa.

De acuerdo con la información disponible, la longitud estimada de la red es de 1 170 km, de los cuales el 65% tiene una vida de servicio mayor a los 20 años, el 25% de la red cuenta con edades que fluctúan entre los 10 y 20 años y solamente el 10% de las redes son de reciente instalación, menos de 10 años.

De acuerdo con la información del Organismo Operador, la red de distribución tiene una cobertura del 99.8%.

Actualmente, la Ciudad en general recibe un suministro tandeado de agua, con una entrega de agua hasta de 12 horas por día, en el mejor de los casos. La mitad de la ciudad recibe agua menos de 6 horas por día, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tandeo del servicio de agua potable en la ciudad de Durango

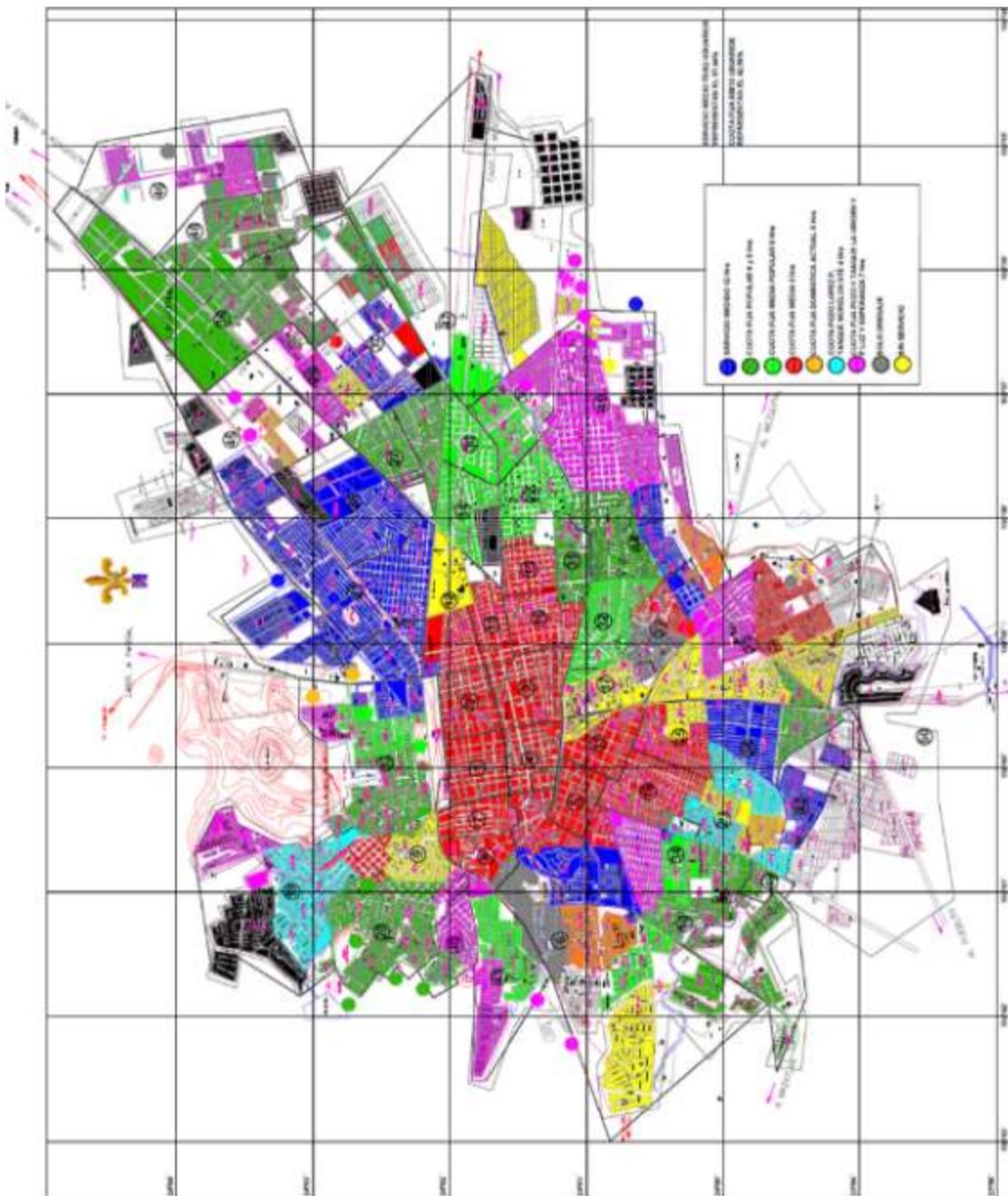
| Porcentaje | Horas diarias de suministro | | | | | | |
|------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 |
| Parcial | 5.14% | 45.73% | 2.59% | 6.94% | 7.32% | 25.83% | 6.43% |
| Acumulado | 5.14% | 50.88% | 53.47% | 60.41% | 67.74% | 93.57% | 100.00% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

El tandeo, además de representar una condición de escasez y desabasto para quienes carecen de tinaco o cisterna, también representa una condición de mayor desgaste para las redes de agua potable, que disminuyen considerablemente su vida útil ante las variaciones de presión y presencia recurrente de aire.

El siguiente mapa muestra los distintos sectores afectados por el tandeo, destaca la zona Centro de la Ciudad, que recibe agua únicamente 5 horas al día.

Figura 4. Zonas de tandeo en la ciudad de Durango



Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.4 Sistema de regulación

El sistema de regularización de la ciudad de Durango cuenta con 75 tanques de almacenamiento. En la siguiente tabla se muestran las características principales de dichas estructuras.

Tabla 7. Tanques y cárcamos de regulación y/o almacenamiento

| No. | Nombre | Capacidad (m3) | Ubicación | Tipo de tanque | Material |
|-----|--|----------------|---|----------------|---------------------------|
| 1 | Morelos Norte | 1,556 | José Banderas y Manuel Delgado Col. Morelos Norte | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 2 | Valle Verde | 2,560 | Paseo de La Ferrería y de Las Azucenas, Col. Valle Verde | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 3 | La Virgen | 3,000 | Azucenas y Flor de Belén, Parte Alta Col. El Mirador | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 4 | Tapias | 3,251 | Fraccionamiento Balcón de Tapias | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 5 | Tanque Integral (Niños Héroes) | 3,219 | Chapultepec y del Prado Col. Niños Héroes | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 6 | Lomas de Sahuatoba | 1,500 | Candela y Cerro del Registro Fracc. Lomas del Parque | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 7 | Los Duraznos (Bugambilias) | 760 | Flor de Granado Esquina Flor de Almendro, Fracc. Bugambilias li | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 8 | José Revueltas | 5,000 | Simón Bolívar y Sixto, Col. Contreras Arturo Gamiz | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 9 | Privanzas | 1,000 | Av. Las Quinta Atrás del Fracc. Privanzas | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 10 | Geraldine | 457 | Avenida Geraldine Esquina Valencia, Fraccionamiento Geraldine | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 11 | Cielo Vista | 457 | Fracc. Cielo Vista | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 12 | Real Victoria (Viñedos) | 457 | Ignacio Allende y Los Arroyos Fracc. Los Viñedos | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 13 | Cerro de Guadalupe (Villa Rosas del Tepeyac) | 1,500 | Barney y Sacrificio, Col. Guadalupe | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 14 | Colonia 16 de Septiembre (San Martín) | 2,000 | Instituto de La Vivienda, Col. 16 de Septiembre | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 15 | Los Remedios | 6,500 | Av. Universidad y Blvd. Los Remedios, Fracc. Los Remedios | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 16 | Los Remedios | 6,500 | Av. Universidad y Blvd. Los Remedios, Fracc. Los Remedios | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 17 | Paso Real (Seminario) | 287 | Paseo del Gobernador Entre Camino del Monarca y Camino de Las Doncellas | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 18 | Villas del Guadiana I | 212 | Capricornio y Casiopea Fracc. Villas del Guadiana I | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 19 | Fracc. Los Cedros | 265 | Prolongación Nazas y Carretera al Poblado Gabino Santillán | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 20 | Fracc. Bosques o Laureles | 265 | Prolongación Nazas y Carretera al Poblado Gabino Santillán | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 22 | Ignacio Zaragoza | 730 | Col. Ignacio Zaragoza | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 23 | Ciudad Pecuaria (Gobierno del Estado) | 1,500 | Ciudad Pecuaria (Málaga) | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 24 | Álamos | 1,500 | Sauces y Nogales F. Los Álamos | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |

| No. | Nombre | Capacidad (m3) | Ubicación | Tipo de tanque | Material |
|-----|------------------------|----------------|---|----------------|---------------------------|
| 25 | Rancho San Miguel | 457 | Camino de La Estadía S/N Fracc. Rancho San Miguel | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 26 | Bicentenario | 150 | Lápiz Lazuli y Ejercito Trigarante Fracc. Bicentenario | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 27 | Luz y Esperanza | 457 | Minerales y de Las Selvas Col. Luz y Esperanza | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 28 | Luz y Esperanza | 650 | Minerales y de Las Selvas Col. Luz y Esperanza | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 29 | El Saltito | 1,500 | Abedul y Viznagas, Col. Ampliación El Saltito | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 30 | Valle Oriente | 203 | Valle Dorado Esquina Valle María, Fraccionamiento Valle Oriente | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 31 | Conejo | 5,500 | Ejido Poblado El Conejo | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 32 | Tinaja | 2,000 | Ejido Poblado José María Morelos y Pavón | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 33 | Milenio | 1,500 | Calle Eon Fraccionamiento Milenio 450 | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 35 | Las Magdalenas | 265 | Fracc. Las Magdalenas | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 37 | Villas del Guadiana II | 549 | Calle Constelaciones entre Alcor y Deneb | Piso | Vidrio Fusionado al Acero |
| 39 | Cortijo | 700 | Fracc. Cortijo | Piso | Acero Con Geomembrana |
| 1 | Cárcamo I (Base II) | 10 | Av. Universidad y Blvd. Los Remedios, Fracc. Los Remedios | Superficial | Concreto |
| 2 | Cárcamo (Jeros) | 260 | Cumbre y Arcoíris, Fracc. Los Remedios | Superficial | Mampostería |
| 3 | Cárcamo Base Gabino | 5,000 | Poblado Gabino Santillán | Superficial | Concreto |
| 4 | Base II | 10,000 | Av. Universidad y Blvd. Los Remedios, Fracc. Los Remedios | Superficial | Material |
| 5 | Birón | 2,880 | Camino del Amanecer Fracc. Los Remedios | Superficial | Mampostería |
| 6 | Feria Viejo | 30 | Boulevard de Los Remedios y Escarcha, Fracc. Los Remedios | Elevado | Fierro |
| 7 | Antonio Ramirez | 650 | Parte Alta Col Antonio Ramirez | Piso | Mampostería |
| 8 | Ampliación El Saltito | 50 | Avenida Lasalle Entre Calle del Diamante y Calle del Rubí, El Saltito | Superficial | Mampostería |
| 9 | Integral | 640 | Col. Niños Héroes | Superficial | Mampostería |
| 10 | Villa de Guadalupe | 580 | Gral. Fierro y Dom. Arrieta Col. Villa de Guadalupe | Superficial | Mampostería |
| 11 | H. Mayagoitia | 160 | Rafael Pescador y E. Fug. Col. Mayagoitia | Superficial | Mampostería |
| 12 | H. Mayagoitia | 150 | Rafael Pescador y E. Fug. Col. Mayagoitia | Superficial | Mampostería |
| 13 | Col. López P. | 110 | Abelardo Rgez. y V. Carranza Col. López Portillo | Superficial | Mampostería |
| 14 | Niños Héroes | 700 | Av. Niños Heroes y 12 de Sep. | Superficial | Mampostería |
| 15 | F. Acereros | 60 | Fracc. Acereros | Superficial | Mampostería |
| 16 | Cima | 10 | Cima Dorada L/17 Entre Ubales y Los Alpes, Fracc. La Cima | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 18 | Dolores del Rio | 30 | Ignacio López Tarso y Pedro Armendáriz, Colonia Constitución | Elevado | Fierro |
| 19 | Tapias A | 30 | Poblado Tapias | Elevado | Fierro |
| 20 | Tapias | 30 | Ampliación Tapias | Elevado | Fierro |
| 21 | Factor | 60 | Blvd. Gpe. Victoria Entre Beatriz Prado y Cerro del Mercado, Col. Benjamín Méndez | Elevado | Fierro |

| No. | Nombre | Capacidad (m3) | Ubicación | Tipo de tanque | Material |
|------------------------|------------------------------|----------------|---|----------------|-------------------|
| 22 | Huizache I | 60 | Andador Nazca y Circuito Palenque, Fracc. Huizache I | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 23 | Valle del Sur | 60 | Rio Remedios y Rio Balsas, Colonia Valle del Sur | Elevado | Fierro |
| 24 | Indeco | 80 | Avenida División Durango y Calle Guadalupe Victoria, Fracc. Domingo Arrieta (Unidad Deportiva) | Elevado | Concreto |
| 25 | Jardines de Durango. | 90 | Alcatraz y Cerrada de A. Fracc. Jardines de Dgo. I | Elevado | Concreto |
| 26 | Puerta de San Ignacio | 40 | Isla del Carmen Isla C. Fracc. Puertas San Ignacio | Elevado | Fierro |
| 27 | Joyas | 60 | Calle Mar del Plata y Revolución | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 28 | Cancún | 30 | San Luis Potosí y Monterrey, Colonia Jardines de Cancún | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 29 | San Ignacio | 54 | Calle Carlos Arruza, entre División Durango y Avenida San Ignacio, Fracc. San Ignacio | Elevado | Fierro |
| 30 | Guadalupe Victoria Infonavit | 30 | Flores Mago y Retorno Paris Fracc. Guadalupe Victoria Infonavit | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 31 | Guadalupe | 60 | Calle San Salvador y Punta del Este | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 32 | Real del Mezquital | 48 | Carretera Mezquital | Elevado | Concreto |
| 33 | Las Fuentes | 60 | Calle Fuente del Descanso y Fuente de Los Milagros | Elevado | Fierro |
| 34 | Industrial Armas | 80 | Dentro de Las Instalaciones de La Maquila Pamy, Libramiento San Ignacio Después del Fracc. San Juan | Elevado | Fierro |
| 35 | Liberación | 30 | Col Liberación Social | Elevado | Fierro |
| 36 | ITD | 60 | Capitán Francisco de Ibarra y Gerónimo de Mendoza | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 37 | Las Alamedas | 40 | Camino de Los Riegos y Paseo de Las Alamedas, Fracc. Las Alamedas | Elevado | Fierro |
| 38 | La Virgen | 749 | Cerro de La Virgen | Superficial | Mampostería |
| 41 | Calleros | 50 | Pobl. San Fco. de Calleros | Elevado | Fierro |
| 42 | San Juan | 10 | Calle San Lucas Fracc. San Juan | Elevado | Fierro Cilíndrico |
| 43 | Cárcamo El Saltito | 10 | Avenida Lasalle Entre Calle del Diamante y Calle del Rubí, El Saltito | Superficial | Material |
| 44 | La Martinica | 32 | G Martinica Km 6 Lerdo Atrás del Club Campestre | Elevado | Fierro |
| 45 | La Martinica | 145 | G Martinica Km 6 Lerdo Atrás del Club Campestre | Superficial | Mampostería |
| 46 | Villa Dorada | 25 | Circuito Esmeralda No. 200 Fracc. Residencial Villa Dorada | Elevado | Concreto |
| 47 | Lerdo de Tejada | 20 | Domicilio Conocido | Elevado | Fierro |
| | Lasalle | 20 | Fraccionamiento Lasalle | Elevado | Fierro |
| Capacidad total | | 81,790 | | | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

A continuación, se presenta un resumen de los tanques relacionados.

Tabla 8. Resumen de tanques y cárcamos de regulación y/o almacenamiento

| Tipo | Capacidad (m3) |
|---------------------------|----------------|
| Elevado | 1,229 |
| Concreto | 243 |
| Fierro | 666 |
| Fierro Cilíndrico | 320 |
| | |
| Piso | 5,9057 |
| Acero Con Geomembrana | 700 |
| Mampostería | 650 |
| Vidrio Fusionado al Acero | 5,7707 |
| | |
| Superficial | 2,1504 |
| Concreto | 5010 |
| Mampostería | 6484 |
| Material | 10,010 |
| | |
| Total | 81,790 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.5 Sectorización para el mejoramiento de eficiencias

La sectorización es una estrategia de control, que consiste en la división de la red en unidades, denominadas “sectores”, donde mediante macromedidores de agua y los datos del agua facturada, se realizan unos balances del agua que ha entrado al sector y del agua realmente facturada, permitiendo identificar en que sectores se está produciendo las pérdidas de agua. Por otra parte, además de obtener un balance hídrico, la sectorización ofrece como beneficios la distribución equitativa de agua a los usuarios, regulación del gasto y presión, y la reducción de pérdidas de agua al identificar fugas, tomas clandestinas, tomas no registradas, entre otros.

Actualmente en la Ciudad de Durango no se cuenta con circuitos sectorizados en la red de distribución, sin embargo, el Organismo Operador tiene programado iniciar el Programa de Manejo Integral de la Gestión para la Ciudad de Durango (MIG), con la finalidad de identificar las acciones y obras que permitan mejorar tanto la eficiencia de gestión del Organismo Operador como reducir las pérdidas físicas y comerciales del sistema de agua potable, entre las cuales se deberá considerar la planeación de la sectorización de la red de distribución..

I.1.6 Agua no contabilizada

El agua no contabilizada refiere a los volúmenes de agua que quedan fuera de los registros del organismo operador, desde la extracción del agua en las fuentes de captación, hasta que llega a los puntos de consumo de los usuarios.

Cabe comentar que el agua no contabilizada tiene su origen en diferentes etapas y componentes del sistema de agua potable, tal y como se menciona a continuación:

- a) Errores en la macromedición. Este volumen de agua no contabilizada se refiere a que los macromedidores instalados en las fuentes de abastecimiento registran un volumen de extracción menor al que realmente se obtiene.
- b) Fugas físicas en infraestructura (líneas de conducción, tanques, cajas de válvulas, red de distribución y tomas domiciliarias)
- c) Consumos no registrados (usuarios clandestinos, asentamientos irregulares, agua utilizada en servicios públicos no contabilizados, agua utilizada para la operación del mismo sistema de agua potable y errores humanos en la toma de lecturas de micromedidores)
- d) Errores de micromedición debido a que el dispositivo instalado presenta inconsistencias entre el volumen de agua consumido, respecto al volumen de agua registrado.

Con base en la información estadística proporcionada por Aguas del Municipio de Durango, en el año 2018 se facturó un total de 36.120 millones de m³ de agua potable a los usuarios de todos los subsectores y el volumen producido fue de 84.091 millones de m³. Por lo tanto, se presupone que 47.971 Mm³ no fueron contabilizados, es decir se pierde el 57.05% del agua producida.

Para determinar de manera detallada el volumen de agua no contabilizada en cada etapa del sistema de debe realizar un análisis de campo que permita respaldar los datos estadísticos que el AMD tiene registrado. Conforme a información del Organismo Operador, a continuación, se hace un estimado de cómo está conformada el agua no contabilizada en el sistema.

Tabla 9. Parámetros de agua no contabilizada estimados para el año 2018

| Concepto | % respecto a las extracciones en fuentes |
|--|--|
| Perdidas físicas | 27.02% |
| En tanques y válvulas | 0.97% |
| Red de distribución | 7.86% |
| En tomas | 18.19% |
| Consumos no registrados | 20% |
| Errores de micromedición (submedición) | 10.03% |
| Agua no contabilizada | 57.05% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Cabe comentar que el agua no contabilizada por macromedición es un parámetro que no sirve para determinar el volumen real de extracción y no

Conforme se puede apreciar en la siguiente tabla, los números indican que en los últimos 4 años ha habido una recuperación en la eficiencia física, sin embargo, esta mejora no ha sido suficiente y aún se sigue desperdiciando más de la mitad del agua producida.

Tabla 10. Pérdidas físicas en el sistema de agua de la Ciudad de Durango

| Concepto | Unidad | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Eficiencia física | % | 35.33% | 42.32% | 42.39% | 42.65% | 45.43% |
| Perdidas físicas | % | 57.68% | 57.61% | 57.35% | 54.57% | 57.05% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

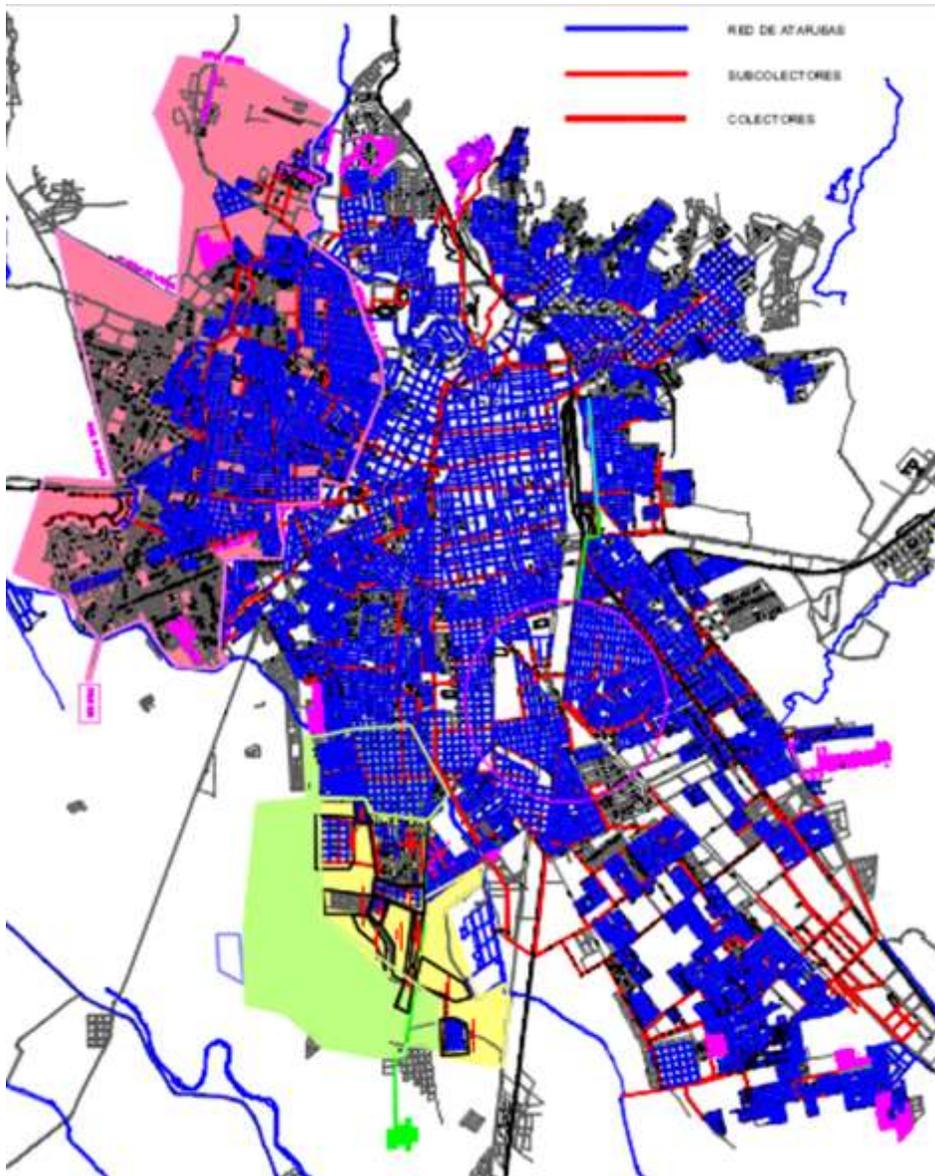
En el año 2016, se elaboró el Plan de Desarrollo Integral del Organismo Operador Aguas del Municipio de Durango, con el cual se identificaron acciones que eran susceptibles para realizarse en el corto plazo, con recursos del Programa para el Desarrollo Integral de los Organismo Operadores (PRODI).

Considerando lo anterior, en el año 2017 se realizó la sustitución de redes en el centro histórico de la Ciudad, lo cual ayudó al incremento de la eficiencia física en casi 3%, mismo que se puede observar en la tabla anterior, donde en el año 2016 se tenían pérdidas de 57.35% y en el año 2017 bajaron a 54.57%. Para el año 2018, el porcentaje de pérdidas físicas se volvió a incrementar lo cual puede deberse a que la reparación de tramos críticos en la red puede aumentar las presiones en la red y con ello aumentar las fugas, además de que se incrementó la producción de agua suministrada a la red.

I.1.7 Sistema de alcantarillado

De acuerdo con un estudio realizado durante los años 2016 y 2017, la ciudad de Durango cuenta con una cobertura del 98.96% en cuanto al servicio de alcantarillado, para lo cual se tiene un total de un 1,770,415 metros de tubería, con diámetros que van de 20 a 152 pulgadas. Esta infraestructura permite que toda el agua desalojada por las descargas domiciliarias conectadas a la red pública sea conducida, captada y tratada en su totalidad en las cinco plantas de tratamiento que opera Aguas del Municipio de Durango (AMD). En la siguiente figura se presenta la distribución de la red de alcantarillado en la Ciudad.

Figura 5. Red de alcantarillado sanitario en la Ciudad de Durango



Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.8 Saneamiento

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Durango consta de 5 plantas que en conjunto suman una capacidad de tratamiento de 2,550 l/s. A continuación, se describen brevemente las características de cada una de las plantas de tratamiento. Cabe mencionar que los últimos resultados del análisis de la calidad del agua tratada por estas plantas indican que cumplen con lo establecido en la normatividad vigente, dado que los valores obtenidos para DBO5 y para SST se encuentran por debajo del límite máximo.

Planta de tratamiento Oriente

Se trata de una planta de tratamiento a base de lagunas aireadas, con una capacidad de diseño de 2 000 l/s, actualmente está operando con una capacidad de 1 650 l/s. El agua tratada es de origen doméstico que se destina para su reúso en actividades agrícolas, industriales y para el riego de jardines. En la siguiente figura se presentan algunas imágenes de las áreas o componentes de la PTAR.

Figura 6. PTAR Oriente de la Ciudad de Durango



Área del pretratamiento



Área de transferencia de residuos de manejo especial



Área de cárcamo de bombeo



Área de sopladores



Lagunas de aireación



Laguna de maduración



Superficie regada en Módulo II y Unidad de Riego colonia 20 de noviembre

Superficie regada por Módulo III de riego

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Planta de tratamiento Sur

Es una planta de tratamiento a base de lodos activados con una capacidad de diseño de 400 l/s en la actualidad está operando con una capacidad de 350 l/s. El agua tratada es de origen doméstico que se destina para su reúso en actividades agrícolas y para el riego de jardines. En la siguiente figura se presentan algunas imágenes de las áreas o componentes de la PTAR.

Figura 7. PTAR Sur de la Ciudad de Durango



Área del pretratamiento



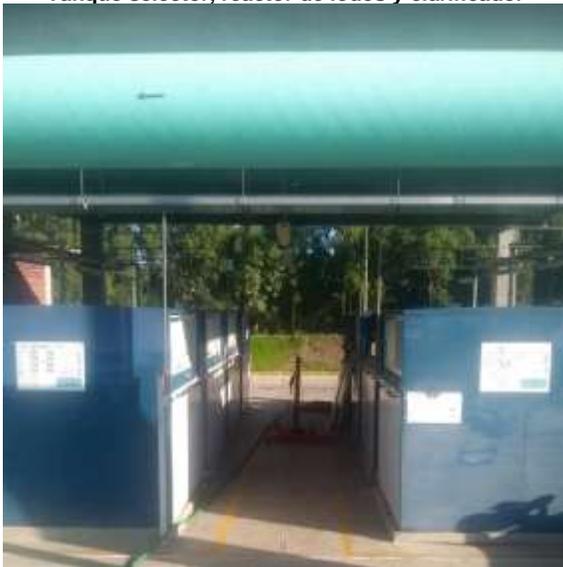
Tanque selector, reactor de lodos y clarificador



Tanque selector, reactor de lodos y clarificador



Área de desinfección



Sopladores



Lodos biológicos



Superficie regada en Módulo III Guadalupe Victoria

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Planta de tratamiento Cristóbal Colón

La planta de tratamiento es a base de lodos activados, con una capacidad de diseño de 100 l/s, actualmente está operando al 50 % de su capacidad. El agua tratada es de origen doméstico que se destina para su reúso en actividades agrícolas. En la siguiente figura se presentan algunas imágenes de las áreas o componentes de la PTAR.

Figura 8. PTAR Cristóbal Colón de la Ciudad de Durango



Área del pretratamiento: Cribas gruesas



Área del pretratamiento: desarenadores



Tanque selector



Clarificador



Deshidratador de lodos



Sopladores



Medidor de flujo: Influyente



Medidor de flujo: Efluente

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Planta de tratamiento Del Parque

Se trata de una planta de tratamiento a base de lodos activados, con una capacidad de diseño de 30 l/s, y actualmente está operando con un caudal tratado de 20 l/s. El agua tratada es de origen doméstico que se destina para su reúso en actividades agrícolas. En la siguiente figura se presentan algunas imágenes de las áreas o componentes de la PTAR.

Figura 9. PTAR Del Parque de la Ciudad de Durango



Área del pretratamiento: Cribas gruesas



Área del pretratamiento: desarenadores



Área de sopladores



Canal de contacto de cloro



Clarificador



Equipo de bombeo para riego

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Planta de tratamiento Dalila

Es una planta de tratamiento a base de lodos activados, con una capacidad de diseño de 20 l/s. Sin embargo, actualmente está prácticamente sin operar por falta de caudal. En la siguiente figura se presentan algunas imágenes de las áreas o componentes de la PTAR.

Figura 10. PTAR Del Parque de la Ciudad de Durango



Cárcamo de bombeo del influente



Área del pretratamiento



Digestor de lodos UASB



Cámara de contacto de cloro



Cárcamo de bombeo efluente



Medidor de flujo efluente

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de las plantas en la ciudad de Durango y en la tabla 22 se presentan otras características relevantes de las mismas.

Figura 11. Ubicación de PTAR en la Ciudad de Durango



Fuente: Elaboración con base en la información de Aguas del Municipio de Durango.

Tabla 11. Plantas de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Durango

| Nombre PTAR | Tipo de tratamiento | Tipo de planta | Inicio de operación | Capacidad de diseño (l/s) | Capacidad tratada (l/s) | Volumen tratado (m ³ /año) |
|-----------------|---------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Oriente | (Aerobia. Proceso Biológico) | Lagunas Aireadas | Enero 1996 | 2,000 | 1,650 | 42,461,347 |
| Sur | Biológico | Lodos Activados | Enero 2010 | 400 | 350 | 11,599,279 |
| Cristóbal Colon | Biológico | Lodos Activados | Marzo 2013 | 100 | 50 | 1,494,970 |
| Del Parque | Biológica (Aireación Semi Extendida). | Lodos Activados | Junio 2014 | 30 | 20 | 163,330 |
| Dalila | Aerobio Anóxico | Lodos Activados | Agosto 2015 | 20 | 0.5 | 31,000 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.9 Reúso de agua residual tratada

Actualmente gran parte del agua residual que es tratada es aprovechada por el Distrito de Riego 052, otra parte es utilizada para riego de áreas verdes y un volumen menor es vertido en cuerpos receptores. En la siguiente tabla se indica el reúso que se le da al agua residual tratada por las cinco PTAR que existen en la Ciudad de Durango.

Tabla 12. Reúso del agua residual tratada

| Nombre PTAR | Origen del agua residual | Reúso del agua tratada |
|-----------------|--------------------------|--|
| Oriente | Doméstico urbano | Para uso agrícola Distrito de Riego 052 modulo III, riego camellones, industrial (Unión Fenosa) y descarga cuerpo receptor (tipo B Acequia Grande) |
| Sur | Doméstico urbano | Para uso agrícola Distrito de Riego 052 modulo III, riego jardines y camellones, venta al Club Campestre y Fracc. Real Privanzas y Privanzas |
| Cristóbal Colon | Doméstico urbano | Agrícola y cuerpo receptor (tipo B rio Tunal) |
| Del Parque | Doméstico urbano | Riego de áreas verdes en parque, llenado de lago y apoyo pipas de la SRNYMA |
| Dalila | Doméstico urbano | Riego de áreas verdes en pipas carretera México |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.10 Costos de operación del Sistema de Agua Potable

Para determinar el costo medio por cada m³ de agua potable, se procesó la información relacionada con los costos de operación, de acuerdo con los registros de los estados financieros de AMD para el periodo 2014-2018.

Los resultados de estos análisis se presentan de manera resumida en la siguiente tabla.

Tabla 13. Costos de operación del sistema de agua potable 2014-2018

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Servicios personales y prestación al personal | 87,188,011 | 95,309,417 | 101,084,689 | 110,266,317 | 121,865,173 |
| Energía eléctrica | 91,941,950 | 79,042,084 | 81,655,552 | 104,205,742 | 110,861,667 |
| Materiales y suministros | 10,588,640 | 8,830,042 | 10,486,184 | 11,306,250 | 11,421,602 |
| Gastos de mantenimiento | 30,445,377 | 28,867,023 | 32,328,043 | 29,102,952 | 25,170,384 |
| Gastos Institucionales, Servicios y programa Cultura del Agua | 1,193,200 | 1,556,366 | 807,192 | 309,234 | 401,064 |
| Derechos de extracción CONAGUA | 13,515,397 | 14,094,742 | 14,375,332 | 15,783,432 | 16,800,000 |
| Derechos de descarga CONAGUA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total pesos corrientes | 234,872,575 | 227,699,674 | 240,736,992 | 270,973,928 | 286,519,890 |
| Factor de actualización a \$ 2019 | 1.199238219 | 1.159803732 | 1.124385586 | 1.088317296 | 1.038596842 |
| Total pesos constantes a 2019 | 281,668,168 | 264,086,931 | 270,681,204 | 294,905,613 | 297,578,653 |

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Producción en fuentes (m3) | 81,024,000 | 81,570,080 | 81,807,000 | 82,905,000 | 84,091,000 |
| Consumo domiciliario (m3) | 34,288,481 | 34,574,367 | 34,890,672 | 37,660,038 | 36,120,000 |
| Costo medio por m3 de agua aprovechada en fuentes (\$/m3) | 3.48 | 3.24 | 3.31 | 3.56 | 3.54 |
| Costo medio por m3 de agua consumida en tomas domiciliarias (\$/m3) | 8.21 | 7.64 | 7.76 | 7.83 | 8.24 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

En la siguiente tabla se presentan los costos de operación del año 2018, observándose que el concepto que demanda mayor cantidad de recursos es el concepto de sueldos y salarios con el 42.53%; otro 38.69% es para cubrir los costos de energía eléctrica; y sólo el 8.78% se destina al mantenimiento de la infraestructura.

Tabla 14. Costos de operación del sistema de agua potable 2014-2018

| Concepto | 2018 | |
|---|--------------------|--------|
| Servicios personales y prestación al personal | 121,865,173 | 42.53% |
| Energía eléctrica | 110,861,667 | 38.69% |
| Materiales y suministros | 11,421,602 | 3.99% |
| Gastos de mantenimiento | 25,170,384 | 8.78% |
| Gastos Institucionales, Servicios y programa Cultura del Agua | 401,064 | 0.14% |
| Derechos de extracción CONAGUA | 16,800,000 | 5.86% |
| Total | 286,519,890 | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.1.11 Oferta a nivel de fuentes

Como se indica en la tabla siguiente, con la finalidad de cubrir la demanda de agua potable de la población la producción de agua en los últimos cinco años ha ido en aumento, llegando la extracción a 84.091 millones de m³ en el año 2018.

Tabla 15. Volumen de agua producida (millones de m³)

| 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 81.024 | 81.570 | 81.807 | 82.905 | 84.091 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Considerando lo anterior, se podría suponer que en los siguientes años la producción de agua seguirá la misma tendencia, sin embargo, debido a que las fuentes actuales de aprovechamiento presentan características de no sostenibilidad, el cual está condicionado principalmente por la calidad de las aguas extraída, se considera que en la situación actual

se mantendrá el volumen de producción del año 2018 durante todo el horizonte de evaluación.

I.1.12 Oferta efectiva de agua

La oferta determinada en el inciso anterior es a nivel de fuentes, es decir, corresponde a la capacidad de producción de agua potable de las fuentes de abastecimiento disponibles con la infraestructura de captación, extracción y potabilización existente. Debe aclararse que la oferta a nivel de fuentes difiere de la oferta efectivamente disponible a nivel domiciliario, es decir, en los puntos de entrega a los consumidores finales.

La diferencia entre la oferta en fuentes y la oferta en tomas domiciliarias, se debe a las pérdidas físicas de agua durante la distribución del vital líquido, además de los consumos no registrados.

Resulta relevante el análisis de la oferta a nivel de fuentes, ya que ésta determina la capacidad real de producción. Pero también resulta fundamental el análisis de la oferta final a nivel de tomas domiciliarias, porque ésta última constituye la oferta efectiva para satisfacer la demanda de los consumidores.

Para determinar la oferta efectiva que el sistema entrega a los consumidores registrados en el padrón de usuarios, deben tomarse en cuenta las distorsiones generadas por el agua no contabilizada. En este sentido, los volúmenes extraídos y medidos en las fuentes de captación del sistema de agua potable deben ajustarse primero corrigiendo errores en la macromedición y posteriormente restando las pérdidas físicas y los porcentajes de agua no contabilizada por concepto de consumos no registrados.

En cuando a los errores de micromedición, aunque forman parte del agua no contabilizada, no son aplicables para determinar la oferta efectiva a nivel domiciliario, sino para determinar el consumo efectivo a nivel domiciliario, al analizarse la demanda de agua potable.

En la siguiente tabla se presenta la oferta efectiva para el año 2018.

Tabla 16. Oferta de agua total y efectiva

| Concepto | Oferta | |
|----------------------------|----------|---------------------|
| | l/s | m ³ /año |
| Oferta medida en fuentes | 2,666.51 | 84,091,000 |
| Errores de macromedición | 70.66 | 2,228,412 |
| Extracción real en fuentes | 2,737.17 | 86,319,412 |

| Concepto | Oferta | |
|---|-----------------|---------------------|
| | l/s | m ³ /año |
| Pérdidas físicas | | |
| En tanques y válvulas | 26.55 | 837,298 |
| Red de distribución | 215.14 | 6,784,706 |
| En tomas | 497.89 | 15,701,501 |
| Subtotal pérdidas físicas | 739.58 | 23,323,505 |
| Consumos no registrado | 547.43 | 17,263,882 |
| Oferta efectiva a nivel domiciliario | 1,450.15 | 45,732,024 |
| Errores de micromedición | 145.45 | 4,586,922 |
| Registro de micromedidores a nivel domiciliario | 1,304.70 | 41,145,102 |

Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de Aguas del Municipio de Durango.

Como se aprecia en la tabla anterior, el volumen de agua disponible en toma para los usuarios de la ciudad de Durango es de 45.73 millones de m³ al año, lo que equivale a un gasto medio de 1,450.15 l/s. Debido a los errores de micromedición en tomas domiciliarias, AMD sólo registra consumos por 1,304.70 l/s, es decir 41.14 Mm³.

I.1.13 Oferta efectiva con calidad potable

La oferta con calidad potable se refiere a la producción de agua que es apta para el uso y consumo humano (agua potable), es decir, aquella que cumple con los límites permisibles (LP) de características microbiológicas, físicas, químicas y radioactivas establecidas en la NOM-127-SSA1-1994.

Conforme a lo asentado en la *Tabla 13. Características principales de las fuentes de abastecimiento*, el 100% del agua producida rebasa el LP de flúor (1.5 mg/l) y un 39.17% contenía una cantidad de arsénico por arriba del límite permisible de 0.025 mg/l. Por lo anterior se puede afirmar que el 100% del agua producida es no potable, es decir, el volumen de agua potable disponible en toma para los usuarios de la ciudad de Durango es inexistente.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado anterior, en la tabla siguiente se presenta la oferta efectiva, al considerar el volumen de agua que es apta para el uso y consumo humano.

Tabla 17. Oferta de agua total y efectiva

| Concepto | Oferta | |
|--------------------------|--------|---------------------|
| | l/s | m ³ /año |
| Oferta medida en fuentes | 0.00 | 0 |
| Errores de macromedición | 0.00 | 0 |

| Concepto | Oferta | |
|---|-------------|---------------------|
| | l/s | m ³ /año |
| Extracción real en fuentes | 0.00 | 0 |
| Pérdidas físicas | | |
| En tanques y válvulas | 0.00 | 0 |
| Red de distribución | 0.00 | 0 |
| En tomas | 0.00 | 0 |
| Subtotal pérdidas físicas | 0.00 | 0 |
| Consumos no registrado | 0.00 | 0 |
| Oferta efectiva a nivel domiciliario | 0.00 | 0 |
| Errores de micromedición | 0.00 | 0 |
| Registro de micromedidores a nivel domiciliario | 0.00 | 0 |

Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de Aguas del Municipio de Durango.

El ejercicio en teoría era innecesario, pero hace evidente a la actualmente se enfrenta la ciudad de Durango al no contar con fuentes de abastecimiento o infraestructura que permita entregar agua potable al sistema.

I.1.14 Proyección de la oferta en la situación actual

A continuación, se hace la proyección de la oferta para la situación actual, haciendo la siguiente consideración. El Organismo ha implementado una serie de acciones con las cuales en los últimos años ha mejorado su eficiencia física. En la situación inercial, se estima que en los siguientes años se mantendrá una tendencia de mejoramiento de la eficiencia física, siendo una de las acciones programadas, la rehabilitación de tomas domiciliarias.

Considerando lo anterior, se supone que en los siguientes años se rehabilitará por lo menos el 0.31% de las tomas domiciliarias al año, el cual es el promedio del periodo 2012 al 2017 (ver figura siguiente), lo cual implica que haya una mejora de la eficiencia del 0.04% anual.

Figura 12. Resultado indicador de gestión: Rehabilitación de tomas domiciliarias



Fuente: Elaboración del consultor.

Considerando la situación actual en el horizonte de evaluación se tendría la siguiente oferta para toda el área de influencia del Proyecto.

Tabla 18. Oferta de agua en la situación actual

| Año | Oferta de agua | Oferta real de agua | Agua no contabilizada | Oferta efectiva |
|------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 2019 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,285.92 | 1,451.25 |
| 2020 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,284.83 | 1,452.34 |
| 2021 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,283.73 | 1,453.44 |
| 2022 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,282.64 | 1,454.53 |
| 2023 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,281.54 | 1,455.63 |
| 2024 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,280.45 | 1,456.72 |
| 2025 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,279.35 | 1,457.82 |
| 2026 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,278.26 | 1,458.91 |
| 2027 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,277.16 | 1,460.01 |
| 2028 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,276.07 | 1,461.10 |
| 2029 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,274.97 | 1,462.20 |
| 2030 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,273.88 | 1,463.29 |
| 2031 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,272.78 | 1,464.39 |
| 2032 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,271.69 | 1,465.48 |
| 2033 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,270.59 | 1,466.58 |
| 2034 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,269.50 | 1,467.67 |
| 2035 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,268.40 | 1,468.77 |
| 2036 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,267.31 | 1,469.86 |
| 2037 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,266.22 | 1,470.96 |
| 2038 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,265.12 | 1,472.05 |
| 2039 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,264.03 | 1,473.15 |
| 2040 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,262.93 | 1,474.24 |
| 2041 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,261.84 | 1,475.33 |
| 2042 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,260.74 | 1,476.43 |
| 2043 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,259.65 | 1,477.52 |
| 2044 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,258.55 | 1,478.62 |
| 2045 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,257.46 | 1,479.71 |

| Año | Oferta de agua | Oferta real de agua | Agua no contabilizada | Oferta efectiva |
|------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 2046 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,256.36 | 1,480.81 |
| 2047 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,255.27 | 1,481.90 |
| 2048 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,254.17 | 1,483.00 |
| 2049 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,253.08 | 1,484.09 |
| 2050 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,251.98 | 1,485.19 |
| 2051 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,250.89 | 1,486.28 |
| 2052 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,249.79 | 1,487.38 |
| 2053 | 2,666.51 | 2,737.17 | 1,248.70 | 1,488.47 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Haciendo el mismo análisis para la oferta de agua que es apta para uso y consumo humano se presenta la siguiente tabla.

Tabla 19. Oferta de agua potable en la situación actual (l/s)

| Año | Oferta de agua con calidad potable | Oferta real de agua | Agua no contabilizada | Oferta efectiva |
|------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 2019 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2021 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2022 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2023 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2024 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2025 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2026 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2031 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2032 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2033 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2034 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2035 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2036 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2037 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2038 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2039 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2040 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2041 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2042 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2043 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2044 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2045 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2046 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2047 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2048 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2049 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2051 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| Año | Oferta de agua con calidad potable | Oferta real de agua | Agua no contabilizada | Oferta efectiva |
|------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 2052 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2053 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Como se observa en la tabla anterior, en la situación actual hay producción de agua proveniente del acuífero, pero el 100% del volumen extraído no es apta para uso y consumo humano.

I.2 Análisis de la demanda actual

Para determinar la demanda de agua potable o el requerimiento de producción de fuentes, se tiene que determinar, por una parte, la población que es beneficiada por el Proyecto y posteriormente el consumo de agua potable que dicha población requiere para satisfacer sus necesidades.

I.2.1 Tomas registradas

De acuerdo con el Organismo Operador, al mes de diciembre de 2018 se tenían 209,917 tomas de agua potable registradas, de las cuales el 91.12% corresponden a usuarios del sector doméstico, 5.97% son usuarios comerciales, 2.64% usuarios de servicios y sólo el 0.26% son usuarios industriales.

Por otra parte, el 62.4% de las tomas tienen servicio medido y el otro 37.6% son usuarios que tienen servicio con cuota fija.

En la siguiente tabla se presenta el número de tomas registradas en los últimos cinco años, identificando las tomas en cada uno de los sectores de usuarios.

Tabla 20. Tomas de agua potable registradas

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.1. Doméstico | | | | | |
| 1.1.a No. de tomas cuota fija | 48,184 | 40,171 | 43,733 | 68,911 | 71,566 |
| 1.1.b. No. de tomas servicio medido | 119,101 | 117,372 | 118,965 | 117,973 | 119,709 |
| 1.1.c. Total de tomas doméstico | 167,285 | 157,543 | 162,698 | 186,884 | 191,275 |
| 1.2. Comercial | | | | | |
| 1.2.a No. de tomas cuota fija | 0 | 0 | 0 | 2,346 | 2,435 |
| 1.2.b. No. de tomas servicio medido | 10,868 | 9,091 | 9,319 | 10,308 | 10,101 |
| 1.2.c. Total de tomas comerciales | 10,868 | 9,091 | 9,319 | 12,654 | 12,536 |
| 1.3. Industrial | | | | | |
| 1.3.a No. de tomas cuota fija | 0 | 0 | 0 | 50 | 54 |
| 1.3.b. No. de tomas servicio medido | 468 | 395 | 432 | 500 | 500 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1.3.c. Total de tomas industriales | 468 | 395 | 432 | 550 | 554 |
| 1.4. Servicios | | | | | |
| 1.4.a No. de tomas cuota fija | 0 | 0 | 0 | 294 | 4,799 |
| 1.4.b. No. de tomas servicio medido | 756 | 842 | 895 | 802 | 753 |
| 1.4.c. Total de tomas de servicio | 756 | 842 | 895 | 1,096 | 5,552 |
| 1.5. Total | | | | | |
| 1.1.a No. de tomas cuota fija | 48,184 | 40,171 | 43,733 | 71,601 | 78,854 |
| 1.1.b. No. de tomas servicio medido | 131,193 | 127,700 | 129,611 | 129,583 | 131,063 |
| 1.1.c. Total de tomas | 179,377 | 167,871 | 173,344 | 201,184 | 209,917 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

En la siguiente tabla se presenta un análisis del crecimiento del número de tomas registradas para el periodo 2014-2018, incluyendo la tasa de crecimiento medio anual durante dicho periodo.

Tabla 21. Crecimiento de las tomas de agua potable registradas

| Tipo de toma | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | TCMA (2014-2018) |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Doméstica | 167,285 | 157,543 | 162,698 | 186,884 | 191,275 | 3.41% |
| Comercial | 10,868 | 9,091 | 9,319 | 12,654 | 12,536 | 3.63% |
| Industrial | 468 | 395 | 432 | 550 | 554 | 4.31% |
| Servicios | 756 | 842 | 895 | 1,096 | 5,552 | 64.62% |
| Total | 179,377 | 167,871 | 173,344 | 201,184 | 209,917 | 4.01% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Como se puede observar, el sector doméstico, comercial e industrial han tenido un crecimiento muy similar, sin embargo, la TCMA de las tomas de servicios es muy superior debido a que en el último año se llevó a cabo una actualización al incorporarse tomas que tienen servicio, pero no estaban registradas.

Un aspecto por destacar de los datos del padrón de usuarios es el hecho de que en las tomas domésticas existen tomas registradas que no presentan consumos de agua o su consumo es menor al metro cúbico al mes. Lo anterior se explica por los siguientes factores:

- Por el desarrollo urbano en la Ciudad de Durango se tienen predios con obras en construcción u obras recién construidas para los cuales ya se han tramitados el contrato ante AMD y aún no están habitadas.
- Existe un gran número de viviendas que ya han sido adquiridas y cuentan con su registro en el padrón de usuarios, pero tampoco son habitadas o son habitadas de manera temporal (fines de semana). Conforme al Estudio Diagnóstico del Derecho a la Vivienda Digna y Decorosa 2018, elaborado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), Durango está ubicado entre las cinco

entidades que reportaron los mayores porcentajes de viviendas deshabitadas, con un 18.1%.

- Viviendas que han sido desocupadas pero que aun no se ha tramitado la baja del contrato ante AMD, por lo que su registro permanece en el padrón de usuarios.

Ante la presencia de estas tomas sin consumo o cuyo consumo es mínimo, resulta importante eliminarlas del total de tomas registradas en el padrón de usuarios a fin de contabilizar exclusivamente las tomas relevantes para la determinación de la población y consumos.

Conforme a la información de AMD, en el año 2018 se tuvieron 188,357 tomas activas, es decir un 10.27% de las tomas registradas en el padrón de usuarios no tenían consumo de agua; en la siguiente tabla se presenta las tomas activas por sector de usuario.

Tabla 22. Tomas de agua potable activas en 2018

| Sector de usuarios | Tomas activas | % tomas inactivas |
|--------------------|----------------|-------------------|
| Doméstico | 170,675 | 10.77% |
| Comercial | 11,754 | 6.24% |
| Industrial | 554 | 0% |
| Servicios | 5,374 | 3.21% |
| Total | 188,357 | 10.27% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.2.2 Proyección de tomas y población atendida

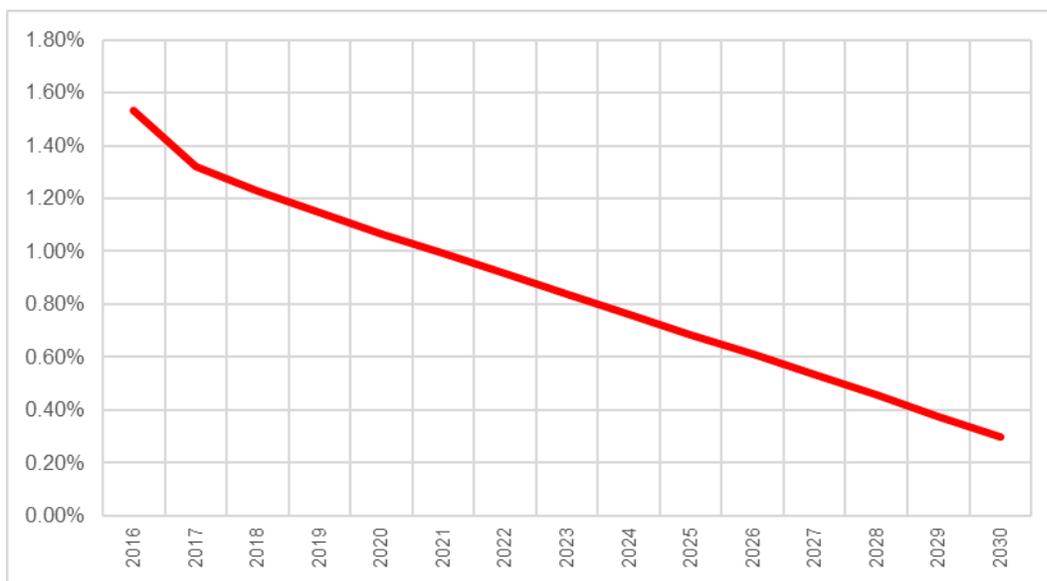
Proyección de tomas domésticas

Al revisar el análisis histórico de las tomas domésticas registradas, destaca el hecho de que el número de tomas crece a un ritmo ligeramente mayor que el crecimiento poblacional. Las tomas registradas tuvieron un crecimiento del 3.41% en el periodo 2014-2018, mientras que el crecimiento poblacional en el periodo 2005-2015 fue de 3.51%.

Como se puede concluir, el crecimiento de tomas es muy similar al crecimiento poblacional, por lo que es valido que para la proyección de tomas se tomen las TCMA propuestas para el crecimiento poblacional-

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) actualizó en 2019 las tasas de crecimiento para los municipios de México, en el periodo 2015-2030. En la siguiente gráfica se presenta las tasas de crecimiento para el municipio de Durango, observándose que hay una clara desaceleración en el municipio.

Figura 13. Evolución de las TCMA en el municipio de Durango



Fuente: Elaboración del consultor con base en las proyecciones de CONAPO.

Conforme a la Nota Técnica de la proyección realizada por CONAPO, se dice que la desaceleración en el crecimiento de los municipios no implica que haya un retroceso en el proceso de metropolización de las Ciudades centrales, pero si se indica que este proceso tendrá impacto sobre todo en los municipios con menos población. Considerando lo anterior, se puede entender que las TCMA propuestas por CONAPO para el municipio de Durango, no deben ser totalmente aplicables a la ciudad de Durango.

Considerando la población registrada por INEGI en los últimos años la ciudad de Durango ha mantenido un ritmo de crecimiento por encima del registrado a nivel municipal. En el periodo de 1970 a 1980, la TCMA fue cercana al 5%, disminuyendo al 1.66% para el periodo 2000-2005. En el periodo más reciente del 2005 al 2015 se registra un incremento en el ritmo de crecimiento con una TCMA de 2.26% y 4.77% para el 2010 y 2015, tal y como se presenta en la siguiente tabla.

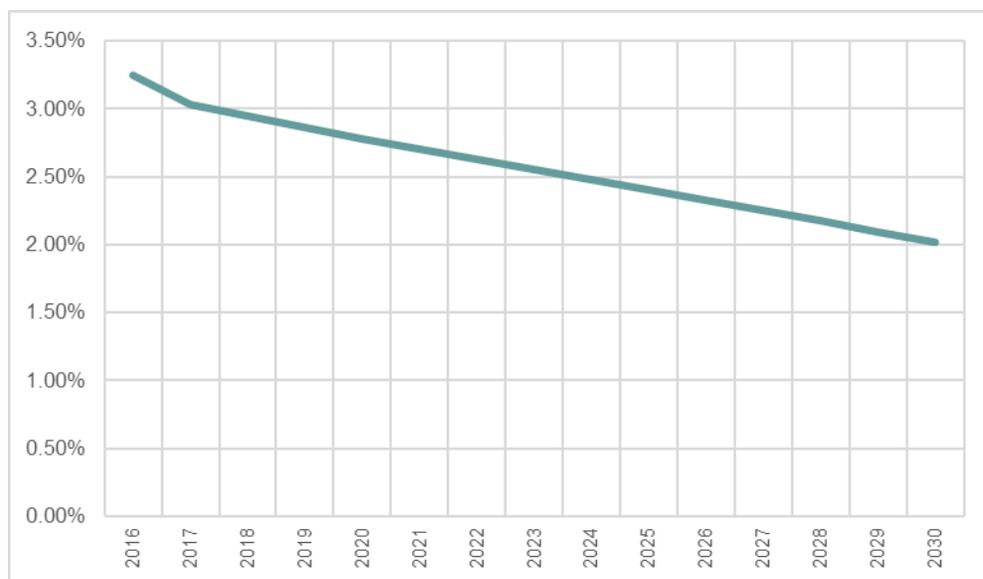
Tabla 23. Población y TCMA en la ciudad de Durango 1950-2015

| Año | Población | TCMA |
|------------|------------------|-------------|
| 1950 | 59,407 | |
| 1960 | 97,305 | 5.06% |
| 1970 | 150,541 | 4.46% |
| 1980 | 257,915 | 5.53% |
| 1990 | 348,036 | 3.04% |
| 2000 | 427,135 | 2.07% |
| 2005 | 463,830 | 1.66% |
| 2010 | 518,709 | 2.26% |
| 2015 | 654,876 | 4.77% |

Fuente: Censos y Conteos de Población INEGI.

Considerando la desaceleración de las TCMA propuestas por CONAPO, pero tomando en cuenta el ritmo de crecimiento que la Ciudad de Durango ha presentado en los últimos años (3.51% en el periodo 2005-2015), para el periodo 2015-2030 se ajustaron los datos y obtuvieron las siguientes TCMA.

Figura 14. Propuesta de las TCMA en el municipio de Durango

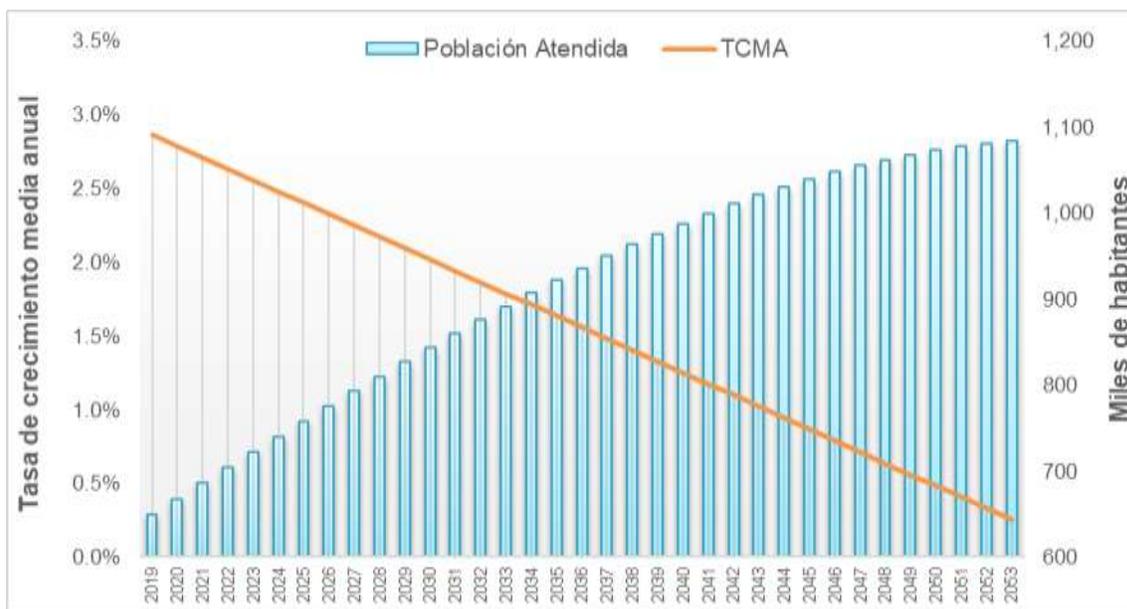


Fuente: Elaboración del consultor con base en las proyecciones de CONAPO e INEGI.

Para el periodo 2030-2053 se realizó una proyección lineal y posteriormente se ajustaron las tasas de crecimiento de todo el horizonte de planeación con lo que se obtuvo la población a partir del valor obtenido en 2018. Para estimar la población a lo largo del horizonte de planeación, se consideró que al año 2018 se tuvieron 170,675 tomas domésticas activas (ver tabla 33).

Como se observa en la siguiente figura, el crecimiento de la población en la ciudad de Durango presenta una desaceleración tal y como lo indica CONAPO, pero a una tasa mayor que la presentada a nivel municipal. Pese a lo anterior, la población sigue creciendo, aunque en los últimos años lo hace a un ritmo menor.

Figura 15. Evolución de las TCMA y población en la Ciudad de Durango



Fuente: Elaboración del consultor.

Tomando en cuenta el número de habitante por vivienda reportado por AMD se determinó que para el año 2018 se tenía una población servida de 631,497 habitantes. Cabe señalar que como ya se están considerando las tomas que realmente están conectadas a la red de distribución del sistema de agua potable, es decir la población servida, no es necesario tomar en cuenta la cobertura de agua, sino solamente las tasas de crecimiento para determinar la población durante todo el horizonte de planeación (Anexo ACB Tunal II: Población).

Para determinar la población total en la Ciudad de Durango, se tomó en cuenta la cobertura de agua potable reportada por el Organismo Operador en el año 2018, que fue de 99.80%; en la siguiente tabla se presenta la población total y servida que será utilizada para determinar la demanda doméstica.

Tabla 24. Proyección tomas domésticas y población

| Año | Población total (hab) | Tasa de crecimiento (%) | Población servida (hab) | Tomas de agua domésticas |
|------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2019 | 650,884 | 2.864% | 649,583 | 175,563 |
| 2020 | 668,994 | 2.783% | 667,657 | 180,448 |
| 2021 | 687,095 | 2.706% | 685,721 | 185,330 |
| 2022 | 705,157 | 2.629% | 703,747 | 190,202 |
| 2023 | 723,164 | 2.554% | 721,718 | 195,059 |
| 2024 | 741,078 | 2.477% | 739,596 | 199,891 |
| 2025 | 758,873 | 2.401% | 757,356 | 204,691 |
| 2026 | 776,536 | 2.328% | 774,983 | 209,455 |
| 2027 | 794,017 | 2.251% | 792,429 | 214,170 |
| 2028 | 811,285 | 2.175% | 809,663 | 218,828 |

| Año | Población total (hab) | Tasa de crecimiento (%) | Población servida (hab) | Tomas de agua domésticas |
|------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2029 | 828,236 | 2.090% | 826,580 | 223,400 |
| 2030 | 844,907 | 2.013% | 843,218 | 227,897 |
| 2031 | 861,298 | 1.940% | 859,576 | 232,318 |
| 2032 | 877,347 | 1.864% | 875,593 | 236,647 |
| 2033 | 893,023 | 1.787% | 891,237 | 240,875 |
| 2034 | 908,290 | 1.710% | 906,474 | 244,993 |
| 2035 | 923,123 | 1.633% | 921,277 | 248,994 |
| 2036 | 937,489 | 1.556% | 935,615 | 252,869 |
| 2037 | 951,359 | 1.480% | 949,457 | 256,610 |
| 2038 | 964,706 | 1.403% | 962,777 | 260,210 |
| 2039 | 977,496 | 1.326% | 975,542 | 263,660 |
| 2040 | 989,708 | 1.249% | 987,729 | 266,954 |
| 2041 | 1,001,312 | 1.173% | 999,310 | 270,084 |
| 2042 | 1,012,283 | 1.096% | 1,010,259 | 273,043 |
| 2043 | 1,022,597 | 1.019% | 1,020,552 | 275,825 |
| 2044 | 1,032,232 | 0.942% | 1,030,168 | 278,424 |
| 2045 | 1,041,164 | 0.866% | 1,039,082 | 280,833 |
| 2046 | 1,049,375 | 0.789% | 1,047,277 | 283,048 |
| 2047 | 1,056,846 | 0.712% | 1,054,733 | 285,063 |
| 2048 | 1,063,557 | 0.635% | 1,061,430 | 286,873 |
| 2049 | 1,069,495 | 0.558% | 1,067,357 | 288,475 |
| 2050 | 1,074,645 | 0.482% | 1,072,496 | 289,864 |
| 2051 | 1,078,993 | 0.405% | 1,076,836 | 291,037 |
| 2052 | 1,082,535 | 0.328% | 1,080,370 | 291,992 |
| 2053 | 1,085,256 | 0.251% | 1,083,086 | 292,726 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Proyección de tomas no domésticas

Como se puede observar en la siguiente gráfica, el crecimiento de usuarios no domésticos en los últimos años ha tenido un crecimiento inusual; de manera global en el año 2015 hubo una disminución considerable y a partir del año 2017 y 2018 ha mantenido un crecimiento superior al 30%.

Tabla 25. Crecimiento tomas no domésticas

| Tipo de toma | | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | TCMA (2014-2018) |
|----------------------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Comerciales | tomas | 10,868 | 9,091 | 9,319 | 12,654 | 12,536 | 3.63% |
| | TCMA | -16.35% | 2.51% | 35.79% | -0.93% | -16.35% | |
| Industriales | tomas | 468 | 395 | 432 | 550 | 554 | 4.31% |
| | TCMA | -15.60% | 9.37% | 27.31% | 0.73% | -15.60% | |
| Servicios | tomas | 756 | 842 | 895 | 1,096 | 5,552 | 64.62% |
| | TCMA | 11.38% | 6.29% | 22.46% | 406.57% | 11.38% | |
| Total tomas no domésticas | tomas | 12,092 | 10,328 | 10,646 | 14,300 | 18,642 | 11.43% |
| | TCMA | | -14.59% | 3.08% | 34.32% | 30.36% | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Revisando la tabla anterior, se observa que el sector de servicios tuvo un crecimiento del 406% del año 2017 al 2018, lo anterior porque se llevó a cabo la actualización de tomas públicas que no estaban registradas en el padrón de usuarios (edificios gubernamentales, guarderías y escuelas, entre otras). Lo mismo sucedió en el año 2017 con las tomas comerciales, la cual presentó un crecimiento del 35.7% y luego en el siguiente año la TCMA se redujo a -0.93%.

El crecimiento en el periodo 2014-2018 señala que las TCMA de las tomas comerciales e industriales esta ligeramente por arriba de la estimada para el sector doméstico.

Por lo anterior, y dado que dentro de los planes de desarrollo del municipio no se encuentra información que denote un desarrollo fuerte del comercio o industria en la zona, se propone que las tomas no domésticas, al igual que las tomas domésticas, tengan una desaceleración en su crecimiento, iniciando con las TCMA obtenidas en el periodo 2014-2018. Para las tomas de servicios se propone un valor medio de los usuarios comercial e industrial.

Al igual que para las tomas de tipo doméstico para la proyección se considerarán las tomas activas, es decir aquellas que sí tienen consumo y que fueron señaladas en la tabla 33. En la siguiente tabla se indican las tasas de crecimiento determinadas para cada tipo de usuario, así como las tomas proyectadas con las mismas

Tabla 26. TCMA tomas no domésticas

| Año | Comercial | | Industrial | | Servicio | |
|------|-----------|--------|------------|-------|----------|-------|
| | TCMA | Tomas | TCMA | Tomas | TCMA | Tomas |
| 2019 | 3.48% | 12,162 | 4.15% | 576 | 3.81% | 5,578 |
| 2020 | 3.31% | 12,564 | 3.99% | 598 | 3.65% | 5,781 |
| 2021 | 3.16% | 12,960 | 3.83% | 620 | 3.50% | 5,983 |
| 2022 | 3.01% | 13,349 | 3.68% | 642 | 3.34% | 6,182 |
| 2023 | 2.85% | 13,730 | 3.53% | 664 | 3.19% | 6,379 |
| 2024 | 2.70% | 14,100 | 3.38% | 686 | 3.04% | 6,572 |
| 2025 | 2.55% | 14,459 | 3.22% | 708 | 2.89% | 6,761 |
| 2026 | 2.40% | 14,806 | 3.08% | 729 | 2.74% | 6,946 |
| 2027 | 2.25% | 15,139 | 2.92% | 750 | 2.59% | 7,125 |
| 2028 | 2.10% | 15,456 | 2.77% | 770 | 2.43% | 7,298 |
| 2029 | 1.93% | 15,753 | 2.60% | 790 | 2.26% | 7,463 |
| 2030 | 1.77% | 16,032 | 2.45% | 809 | 2.11% | 7,620 |
| 2031 | 1.63% | 16,292 | 2.30% | 827 | 1.96% | 7,769 |
| 2032 | 1.47% | 16,532 | 2.15% | 844 | 1.81% | 7,909 |
| 2033 | 1.32% | 16,750 | 1.99% | 860 | 1.66% | 8,040 |
| 2034 | 1.17% | 16,945 | 1.84% | 875 | 1.50% | 8,160 |
| 2035 | 1.01% | 17,116 | 1.69% | 889 | 1.35% | 8,270 |
| 2036 | 0.86% | 17,263 | 1.53% | 902 | 1.20% | 8,368 |
| 2037 | 0.71% | 17,384 | 1.38% | 914 | 1.04% | 8,455 |
| 2038 | 0.55% | 17,480 | 1.23% | 925 | 0.89% | 8,530 |
| 2039 | 0.40% | 17,549 | 1.07% | 934 | 0.74% | 8,592 |

| Año | Comercial | | Industrial | | Servicio | |
|------|-----------|--------|------------|-------|----------|-------|
| | TCMA | Tomas | TCMA | Tomas | TCMA | Tomas |
| 2040 | 0.25% | 17,592 | 0.92% | 942 | 0.58% | 8,642 |
| 2041 | 0.09% | 17,608 | 0.77% | 949 | 0.43% | 8,679 |
| 2042 | -0.06% | 17,597 | 0.61% | 954 | 0.28% | 8,702 |
| 2043 | -0.21% | 17,559 | 0.46% | 958 | 0.12% | 8,712 |
| 2044 | -0.37% | 17,494 | 0.31% | 960 | -0.03% | 8,709 |
| 2045 | -0.52% | 17,402 | 0.15% | 961 | -0.19% | 8,692 |
| 2046 | -0.68% | 17,284 | 0.00% | 960 | -0.34% | 8,662 |
| 2047 | -0.83% | 17,140 | -0.16% | 958 | -0.49% | 8,619 |
| 2048 | -0.98% | 16,971 | -0.31% | 955 | -0.65% | 8,563 |
| 2049 | -1.14% | 16,778 | -0.46% | 950 | -0.80% | 8,494 |
| 2050 | -1.29% | 16,561 | -0.62% | 944 | -0.95% | 8,413 |
| 2051 | -1.44% | 16,321 | -0.77% | 936 | -1.11% | 8,319 |
| 2052 | -1.60% | 16,060 | -0.92% | 927 | -1.26% | 8,214 |
| 2053 | -1.75% | 15,778 | -1.08% | 917 | -1.41% | 8,097 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Proyección de tomas totales

En la siguiente tabla se presentan las tomas totales de agua a las que se dará servicio en los próximos años.

Tabla 27. Proyección tomas totales de agua

| Año | Tomas domésticas | Tomas comercial | Tomas industriales | Tomas servicios | Tomas de agua totales |
|------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| 2019 | 175,563 | 12,162 | 576 | 5,578 | 193,879 |
| 2020 | 180,448 | 12,564 | 598 | 5,781 | 199,391 |
| 2021 | 185,330 | 12,960 | 620 | 5,983 | 204,893 |
| 2022 | 190,202 | 13,349 | 642 | 6,182 | 210,375 |
| 2023 | 195,059 | 13,730 | 664 | 6,379 | 215,832 |
| 2024 | 199,891 | 14,100 | 686 | 6,572 | 221,249 |
| 2025 | 204,691 | 14,459 | 708 | 6,761 | 226,619 |
| 2026 | 209,455 | 14,806 | 729 | 6,946 | 231,936 |
| 2027 | 214,170 | 15,139 | 750 | 7,125 | 237,184 |
| 2028 | 218,828 | 15,456 | 770 | 7,298 | 242,352 |
| 2029 | 223,400 | 15,753 | 790 | 7,463 | 247,406 |
| 2030 | 227,897 | 16,032 | 809 | 7,620 | 252,358 |
| 2031 | 232,318 | 16,292 | 827 | 7,769 | 257,206 |
| 2032 | 236,647 | 16,532 | 844 | 7,909 | 261,932 |
| 2033 | 240,875 | 16,750 | 860 | 8,040 | 266,525 |
| 2034 | 244,993 | 16,945 | 875 | 8,160 | 270,973 |
| 2035 | 248,994 | 17,116 | 889 | 8,270 | 275,269 |
| 2036 | 252,869 | 17,263 | 902 | 8,368 | 279,402 |
| 2037 | 256,610 | 17,384 | 914 | 8,455 | 283,363 |
| 2038 | 260,210 | 17,480 | 925 | 8,530 | 287,145 |
| 2039 | 263,660 | 17,549 | 934 | 8,592 | 290,735 |
| 2040 | 266,954 | 17,592 | 942 | 8,642 | 294,130 |
| 2041 | 270,084 | 17,608 | 949 | 8,679 | 297,320 |
| 2042 | 273,043 | 17,597 | 954 | 8,702 | 300,296 |
| 2043 | 275,825 | 17,559 | 958 | 8,712 | 303,054 |
| 2044 | 278,424 | 17,494 | 960 | 8,709 | 305,587 |

| Año | Tomas domésticas | Tomas comercial | Tomas industriales | Tomas servicios | Tomas de agua totales |
|------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| 2045 | 280,833 | 17,402 | 961 | 8,692 | 307,888 |
| 2046 | 283,048 | 17,284 | 960 | 8,662 | 309,954 |
| 2047 | 285,063 | 17,140 | 958 | 8,619 | 311,780 |
| 2048 | 286,873 | 16,971 | 955 | 8,563 | 313,362 |
| 2049 | 288,475 | 16,778 | 950 | 8,494 | 314,697 |
| 2050 | 289,864 | 16,561 | 944 | 8,413 | 315,782 |
| 2051 | 291,037 | 16,321 | 936 | 8,319 | 316,613 |
| 2052 | 291,992 | 16,060 | 927 | 8,214 | 317,193 |
| 2053 | 292,726 | 15,778 | 917 | 8,097 | 317,518 |

Fuente: Elaboración del consultor.

I.2.3 Consumos históricos registrados

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema, por lo cual se puede considerar igual al volumen de agua facturado, lo anterior debido a que el padrón de usuarios registra además del volumen medido un volumen estimado para usuarios de cuota fija.

Cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día. El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular y el consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos.

De acuerdo con el padrón de usuarios, al mes de diciembre de 2018 se facturó un volumen total de 36.120 millones de m³, de los cuales 30.335 Mm³ correspondían al consumo de usuarios del sector doméstico; por otra parte, sólo se midió un volumen de 17.499 Mm³ al año en las tomas domésticas con servicio medido, es decir el 57.68% del consumo doméstico total.

En la siguiente tabla se presenta el consumo de agua en los últimos cinco años, identificando los volúmenes para cada uno de los sectores usuarios.

Tabla 28. Volumen de agua facturada o consumo de agua (m³)

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1.1. Doméstico | | | | | |
| 1.1.a. Volumen estimado cuota fija | 9,664,841 | 11,974,801 | 11,547,936 | 14,867,609 | 12,836,265 |
| 1.1.b. Volumen facturado servicio medido | 15,656,168 | 15,889,200 | 17,192,439 | 17,986,094 | 17,499,085 |
| 1.1.c. Total volumen facturado doméstico | 25,321,009 | 27,864,001 | 28,740,375 | 32,853,703 | 30,335,350 |
| 1.2. Comercial | | | | | |
| 1.2.a. Volumen estimado cuota fija | 0 | 0 | 0 | 383,911 | 1,530,818 |

| | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1.2.b. Volumen facturado servicio medido | 2,189,007 | 1,994,581 | 2,133,808 | 2,522,279 | 2,414,579 |
| 1.2.c. Total volumen facturado comercial | 2,189,007 | 1,994,581 | 2,133,808 | 2,906,190 | 3,945,397 |
| 1.3. Industrial | | | | | |
| 1.3.a. Volumen estimado cuota fija | 0 | 0 | 0 | 11,432 | 9,470 |
| 1.3.b. Volumen facturado servicio medido | 320,238 | 317,887 | 362,268 | 399,513 | 433,158 |
| 1.3.c. Total volumen facturado industrial | 320,238 | 317,887 | 362,268 | 410,945 | 442,628 |
| 1.4. Servicios | | | | | |
| 1.4.a. Volumen estimado cuota fija | 0 | 0 | 0 | 261,632 | 431,133 |
| 1.4.b. Volumen facturado servicio medido | 6,458,227 | 4,397,898 | 3,654,221 | 1,227,568 | 965,713 |
| 1.4.c. Total volumen facturado servicios | 6,458,227 | 4,397,898 | 3,654,221 | 1,489,200 | 1,396,846 |
| 1.5. Total | | | | | |
| 1.5.a. Volumen estimado cuota fija | 9,664,841 | 11,974,801 | 11,547,936 | 15,524,584 | 14,807,686 |
| 1.5.b. Volumen facturado servicio medido | 24,623,640 | 22,599,566 | 23,342,736 | 22,135,454 | 21,312,535 |
| 1.5.c. Total volumen facturado | 34,288,481 | 34,574,367 | 34,890,672 | 37,660,038 | 36,120,221 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.2.4 Consumo de usuarios domésticos

Para determinar el consumo que efectivamente realizan los usuarios a nivel domiciliario, se requiere ajustar los consumos registrados a fin de corregir las cifras por los errores de submedición y también es necesario considerar sólo las tomas activas.

En la siguiente tabla se presentan los consumos y tomas corregidos, con la finalidad de obtener el consumo real de usuarios domésticos.

Tabla 29. Consumo para tomas domésticas

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio (2014-2018) |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| No. de tomas cuota fija | 48,184 | 40,171 | 43,733 | 68,911 | 71,566 | |
| Volumen estimado (m3) cuota fija | 9,664,841 | 11,974,801 | 11,547,936 | 14,867,609 | 12,836,265 | |
| Consumo cuota fija (l/hab/día) | 148.12 | 220.73 | 195.52 | 159.76 | 132.81 | 171.39 |
| No. de tomas servicio medido | 101,177 | 102,401 | 102,841 | 100,983 | 99,109 | |
| Volumen facturado (m3) servicio medido | 17,226,482 | 17,482,887 | 18,916,841 | 19,790,099 | 19,254,243 | |
| Consumo servicio medido (l/hab/día) | 125.73 | 126.42 | 136.20 | 145.11 | 143.85 | 135.46 |
| Tomas totales | 149,361 | 142,572 | 146,574 | 169,894 | 170,675 | |
| Volumen total facturado(m3) | 26,891,323 | 29,457,688 | 30,464,777 | 34,657,708 | 32,090,508 | |
| Consumo total (l/hab/día) | 132.96 | 152.99 | 153.90 | 151.05 | 139.22 | 146.03 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

De acuerdo con la información presentada en la tabla anterior el consumo medio doméstico fue de 146.03 l/hab/día. El consumo doméstico se encuentra dentro de las recomendaciones del derecho humano al agua, sin embargo, no se acerca a las recomendaciones normativas que al respecto se tiene.

I.2.5 Consumo de usuarios no domésticos

Para determinar los consumos de usuarios comerciales, industriales y de uso público, también se realizaron las correcciones a los datos del padrón de usuarios del Organismo, es decir se consideraron sólo el número de tomas activas y la corrección al volumen medido por errores en la medición. En la siguiente tabla se presentan los consumos obtenidos.

Tabla 30. Consumo para tomas no domésticas

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio (2014-2018) |
|--|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 1.2. Comercial | | | | | | |
| No. de tomas cuota fija | | | | 2,346 | 2,435 | |
| Volumen estimado (m3) cuota fija | | | | 383,911 | 1,530,818 | |
| Consumo cuota fija (l/toma/día) | | | | 448.34 | 1,722.39 | 1,085.37 |
| No. de tomas servicio medido | 10,400 | 8,658 | 8,833 | 9,591 | 9,319 | |
| Volumen facturado (m3) servicio medido | 2,408,564 | 2,194,637 | 2,347,829 | 2,775,264 | 2,656,761 | |
| Consumo servicio medido (l/toma/día) | 634.50 | 694.47 | 728.22 | 792.77 | 781.07 | 726.21 |
| Tomas totales | 10,400 | 8,658 | 8,833 | 11,937 | 11,754 | |
| Volumen total facturado(m3) | 2,408,564 | 2,194,637 | 2,347,829 | 3,159,175 | 4,187,579 | |
| Consumo total (l/toma/día) | 634.50 | 694.47 | 728.22 | 725.08 | 976.08 | 751.67 |
| 1.3. Industrial | | | | | | |
| No. de tomas cuota fija | | | | 50 | 54 | |
| Volumen estimado (m3) cuota fija | | | | 11,432 | 9,470 | |
| Consumo cuota fija (l/toma/día) | | | | 626.41 | 480.47 | 553.44 |
| No. de tomas servicio medido | 468 | 395 | 432 | 450 | 500 | |
| Volumen facturado (m3) servicio medido | 352,358 | 349,771 | 398,603 | 439,584 | 476,604 | |
| Consumo servicio medido (l/toma/día) | 2,062.74 | 2,426.02 | 2,527.93 | 2,676.31 | 2,611.53 | 2,460.91 |
| Tomas totales | 468 | 395 | 432 | 500 | 554 | |
| Volumen total facturado(m3) | 352,358 | 349,771 | 398,603 | 451,016 | 486,074 | |
| Consumo total (l/toma/día) | 2,062.74 | 2,426.02 | 2,527.93 | 2,471.32 | 2,403.81 | 2,378.36 |
| 1.4. Servicios | | | | | | |
| No. de tomas cuota fija | | | | 294 | 4,799 | |
| Volumen estimado (m3) cuota fija | | | | 261,632 | 431,133 | |
| Consumo cuota fija (l/toma/día) | | | | 2,438.10 | 246.13 | 1,342.11 |
| No. de tomas servicio medido | 733 | 813 | 873 | 772 | 575 | |
| Volumen facturado (m3) servicio medido | 7,105,987 | 4,839,007 | 4,020,739 | 1,350,693 | 1,062,574 | |
| Consumo servicio medido (l/toma/día) | 26,559.97 | 16,306.95 | 12,618.24 | 4,793.43 | 5,062.89 | 13,068.30 |
| Tomas totales | 733 | 813 | 873 | 1,066 | 5,374 | |
| Volumen total facturado(m3) | 7,105,987 | 4,839,007 | 4,020,739 | 1,612,325 | 1,493,707 | |
| Consumo total (l/toma/día) | 26,559.97 | 16,306.95 | 12,618.24 | 4,143.84 | 761.51 | 12,078.10 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Como se puede observar en la tabla anterior, para los usuarios comerciales con cuota fija, se les asigna un consumo que es más del doble que el que consume el servicio medido: lo contrario sucede para las tomas de servicios, en donde el consumo del servicio medido es muy superior al estimado para el que tiene cuota fija.

I.2.6 Consumos totales a nivel domiciliario

En la siguiente tabla se presenta los consumos totales de agua por tipo de usuario, ya ajustados al corregir los errores de micromedición, de manera que se trata de consumos reales y efectivos a nivel toma.

Tabla 31. Consumo efectivo total por tipo de usuario (m³)

| Tipo usuario | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Doméstico | 26,891,323 | 29,457,688 | 30,464,777 | 34,657,708 | 32,090,508 |
| Comercial | 2,408,564 | 2,194,637 | 2,347,829 | 3,159,175 | 4,187,579 |
| Industrial | 352,358 | 349,771 | 398,603 | 451,016 | 486,074 |
| Servicios | 7,105,987 | 4,839,007 | 4,020,739 | 1,612,325 | 1,493,707 |
| Total | 36,758,232 | 36,841,103 | 37,231,948 | 39,880,224 | 38,257,868 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

De manera complementaria en la siguiente tabla se presentan los consumos efectivos promedio por toma, para cada uno de los usuarios registrados en el periodo 2014-2018.

Tabla 32. Consumo efectivo promedio por toma y tipo de usuario (m³/toma/mes)

| Tipo usuario | Unidad | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Doméstico | (m ³ /toma/mes) | 15.00 | 17.22 | 17.32 | 17.00 | 15.67 |
| | (l/hab/día) | 132.96 | 152.99 | 153.90 | 151.05 | 139.22 |
| Comercial | (m ³ /toma/mes) | 19.30 | 21.12 | 22.15 | 22.05 | 29.69 |
| | (l/toma/día) | 634.50 | 694.47 | 728.22 | 725.08 | 976.08 |
| Industrial | (m ³ /toma/mes) | 62.74 | 73.79 | 76.89 | 75.17 | 73.12 |
| | (l/toma/día) | 2,062.74 | 2,426.02 | 2,527.93 | 2,471.32 | 2,403.81 |
| Servicios | (m ³ /toma/mes) | 807.87 | 496.00 | 383.80 | 126.04 | 23.16 |
| | (l/toma/día) | 26,559.97 | 16,306.95 | 12,618.24 | 4,143.84 | 761.51 |
| Total | (m ³ /toma/mes) | 20.51 | 21.53 | 21.17 | 19.56 | 18.68 |
| | (l/hab/día) | 181.74 | 191.34 | 188.09 | 173.81 | 165.98 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

I.2.7 Consumos totales demandados en fuentes de abastecimiento

La demanda debe ser analizada a nivel de tomas domiciliarias, a fin de determinar los requerimientos reales de la población en los puntos de consumo, pero también debe analizarse a nivel de fuentes de abastecimiento, con la finalidad de poder calcular los requerimientos de producción efectiva en estas fuentes, considerando que entre estos dos puntos de los sistemas existen pérdidas físicas de agua y consumos no registrados por el organismo operador.

En la siguiente tabla se presenta la estimación de la demanda de agua a nivel de fuentes que se tuvo en el 2018, considerando los niveles de agua no contabilizados.

Tabla 33. Consumos demandados en fuentes de abastecimiento al año 2018

| Concepto | Oferta | |
|--|-----------------|---------------------|
| | l/s | m ³ /año |
| Consumo medido total | 1,304.70 | 41,145,102 |
| Errores de micromedición | 145.45 | 4,586,922 |
| Consumo efectivo a nivel domiciliario | 1,450.15 | 45,732,024 |
| Pérdidas físicas | | |
| En tanques y válvulas | 26.55 | 837,298 |
| Red de distribución | 215.14 | 6,784,706 |
| En tomas | 497.89 | 15,701,501 |
| Subtotal pérdidas físicas | 739.58 | 23,323,505 |
| Consumos no registrado | 547.43 | 17,263,882 |
| Demanda efectiva en fuentes | 2,737.17 | 86,319,412 |
| Errores de macromedición | 70.66 | 2,228,412 |
| Extracción medida en fuentes | 2,666.51 | 84,091,000 |

Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de Aguas del Municipio de Durango.

De la tabla anterior se concluye que en el año 2018 se demandó una producción efectiva en fuentes de abastecimiento de 86.31 Mm³ (2,737.17 l/s), para que los usuarios pudieran consumir a nivel domiciliario 45.73 Mm³ (1,450.15 l/s).

1.2.8 Proyección de los consumos demandados en el horizonte de planeación

Como ya se indicó en el apartado 1.2.3 más del 53% de la ciudad de Durango tiene servicio restringido ya que recibe agua menos de 6 horas al día. Ante estas condiciones los consumos registrados difieren de la demanda real de los usuarios, ya que a pesar de que se demanda una mayor cantidad de agua, esta no puede ser suministrada debido a la limitada capacidad de las fuentes disponibles.

Por lo anterior, se sugiere utilizar los parámetros de consumo determinados por el CIDE para diferentes regiones climáticas del país y los cuales se encuentran en el libro de Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA. El consumo medio doméstico sugerido para la Ciudad de Durango sería de 190 l/hab/día, conforme a la tabla siguiente.

Tabla 34. Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socioeconómico y clima predominante

| Clima | Consumo l/hab/día | | | Subtotal por clima |
|------------------|-------------------|-------|------|--------------------|
| | Bajo | Medio | Alto | |
| Cálido Húmedo | 198 | 206 | 243 | 201 |
| Cálido Subhúmedo | 175 | 203 | 217 | 191 |

| Clima | Consumo l/hab/día | | | Subtotal por clima |
|-----------------|-------------------|-------|------|--------------------|
| | Bajo | Medio | Alto | |
| Seco o Muy Seco | 184 | 191 | 202 | 190 |
| Templado o Frío | 140 | 142 | 145 | 142 |

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado. CONAGUA. Conforme a la actualización más reciente de grupos climáticos, preparada por Enriqueta García, la Ciudad de Durango se ubica en la zona cuyo clima se considera seco.

Con la finalidad de continuar incentivando el uso racional del vital líquido en la Ciudad de Durango, se considera que los consumos históricos registrados por el organismo son válidos y serán aplicados para estimar la demanda; por lo anterior, se considera que el consumo doméstico es de 146 l/hab/día.

Por otra parte, para los usuarios no domésticos se considerará el consumo promedio estimado en el periodo 2014-2018. Por lo anterior tenemos que para el uso comercial el consumo a nivel de toma será de 751 l/toma/día y para tomas industriales 2,378 l/toma/día.

Cabe comentar que, en el caso de las tomas de servicios, si bien es cierto que en el año 2018 se integraron un mayor número de usuarios estos fueron dados de alta con cuota fija, asignándoles un consumo muy debajo del consumo medido que se venía obteniendo en los últimos años; sin embargo, tampoco se considerará el consumo facturado medido ya que estas al parecer responden a usuarios con consumos demasiados grandes. Por lo anterior se supone un consumo medio de 2,680 l/toma/día para estos usuarios; el valor anterior se obtuvo al hacer un estimado del porcentaje que representa el consumo no doméstico con respecto al consumo total.

En la tabla siguiente se presentan los consumos por tipo de usuario, así como su corrección por errores de micromedición para obtener el consumo efectivo a nivel domiciliario.

Tabla 35. Consumo total en la situación actual (l/s)

| Año | Consumo doméstico | Consumo comercial | Consumo industrial | Consumo servicios | Consumo total | Erro de micromedición | Consumo efectivo a nivel domiciliario |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 2019 | 1,097.68 | 105.71 | 15.85 | 173.02 | 1,392.26 | 139.64 | 1,531.91 |
| 2020 | 1,128.22 | 109.21 | 16.46 | 179.32 | 1,433.20 | 143.75 | 1,576.95 |
| 2021 | 1,158.74 | 112.65 | 17.06 | 185.58 | 1,474.04 | 147.85 | 1,621.89 |
| 2022 | 1,189.20 | 116.03 | 17.67 | 191.76 | 1,514.66 | 151.92 | 1,666.58 |
| 2023 | 1,219.57 | 119.34 | 18.28 | 197.87 | 1,555.06 | 155.97 | 1,711.03 |
| 2024 | 1,249.78 | 122.56 | 18.88 | 203.85 | 1,595.08 | 159.99 | 1,755.06 |
| 2025 | 1,279.79 | 125.68 | 19.49 | 209.72 | 1,634.67 | 163.96 | 1,798.63 |
| 2026 | 1,309.58 | 128.70 | 20.06 | 215.45 | 1,673.79 | 167.88 | 1,841.67 |
| 2027 | 1,339.06 | 131.59 | 20.64 | 221.01 | 1,712.30 | 171.74 | 1,884.04 |
| 2028 | 1,368.18 | 134.35 | 21.19 | 226.37 | 1,750.09 | 175.53 | 1,925.63 |
| 2029 | 1,396.77 | 136.93 | 21.74 | 231.49 | 1,786.93 | 179.23 | 1,966.16 |

| Año | Consumo doméstico | Consumo comercial | Consumo industrial | Consumo servicios | Consumo total | Erro de micromedición | Consumo efectivo a nivel domiciliario |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 2030 | 1,424.88 | 139.35 | 22.27 | 236.36 | 1,822.86 | 182.83 | 2,005.70 |
| 2031 | 1,452.53 | 141.61 | 22.76 | 240.98 | 1,857.88 | 186.35 | 2,044.23 |
| 2032 | 1,479.59 | 143.70 | 23.23 | 245.33 | 1,891.84 | 189.75 | 2,081.60 |
| 2033 | 1,506.03 | 145.59 | 23.67 | 249.39 | 1,924.68 | 193.05 | 2,117.72 |
| 2034 | 1,531.77 | 147.29 | 24.08 | 253.11 | 1,956.26 | 196.21 | 2,152.47 |
| 2035 | 1,556.79 | 148.77 | 24.47 | 256.52 | 1,986.55 | 199.25 | 2,185.81 |
| 2036 | 1,581.02 | 150.05 | 24.83 | 259.56 | 2,015.46 | 202.15 | 2,217.61 |
| 2037 | 1,604.41 | 151.10 | 25.16 | 262.26 | 2,042.93 | 204.91 | 2,247.83 |
| 2038 | 1,626.91 | 151.94 | 25.46 | 264.59 | 2,068.90 | 207.51 | 2,276.41 |
| 2039 | 1,648.49 | 152.54 | 25.71 | 266.51 | 2,093.24 | 209.95 | 2,303.19 |
| 2040 | 1,669.08 | 152.91 | 25.93 | 268.06 | 2,115.98 | 212.23 | 2,328.21 |
| 2041 | 1,688.65 | 153.05 | 26.12 | 269.21 | 2,137.03 | 214.34 | 2,351.37 |
| 2042 | 1,707.15 | 152.96 | 26.26 | 269.92 | 2,156.29 | 216.28 | 2,372.56 |
| 2043 | 1,724.54 | 152.63 | 26.37 | 270.23 | 2,173.77 | 218.03 | 2,391.80 |
| 2044 | 1,740.79 | 152.06 | 26.42 | 270.14 | 2,189.42 | 219.60 | 2,409.02 |
| 2045 | 1,755.86 | 151.26 | 26.45 | 269.61 | 2,203.18 | 220.98 | 2,424.16 |
| 2046 | 1,769.71 | 150.23 | 26.42 | 268.68 | 2,215.04 | 222.17 | 2,437.21 |
| 2047 | 1,782.30 | 148.98 | 26.37 | 267.35 | 2,225.00 | 223.17 | 2,448.17 |
| 2048 | 1,793.62 | 147.51 | 26.28 | 265.61 | 2,233.03 | 223.97 | 2,457.00 |
| 2049 | 1,803.64 | 145.84 | 26.15 | 263.47 | 2,239.09 | 224.58 | 2,463.67 |
| 2050 | 1,812.32 | 143.95 | 25.98 | 260.96 | 2,243.21 | 224.99 | 2,468.21 |
| 2051 | 1,819.65 | 141.86 | 25.76 | 258.04 | 2,245.32 | 225.21 | 2,470.53 |
| 2052 | 1,825.63 | 139.60 | 25.51 | 254.79 | 2,245.52 | 225.23 | 2,470.75 |
| 2053 | 1,830.22 | 137.14 | 25.24 | 251.16 | 2,243.76 | 225.05 | 2,468.80 |

Fuente: Elaboración del consultor.

I.2.9 Proyección de la demanda a nivel fuentes de abastecimiento

Las proyecciones del apartado anterior se refieren al agua que deberá estar disponible a nivel domiciliario, para poder ser consumida por los diferentes usuarios. Sin embargo, para que estos consumos sean posibles, las cantidades de agua demandadas a nivel de fuentes de abastecimiento tienen que ser mayores, a fin de que, al descontar el agua no contabilizada, se llegue a contar con la disponibilidad requerida en las tomas domiciliarias.

Aplicando los parámetros de agua no contabilizada que se estimaron al año 2018, a continuación, se presenta la estimación de la demanda de agua a nivel de fuentes de abastecimiento con la que se debería contar a lo largo de horizonte de análisis, para poder satisfacer la demanda a nivel de tomas domiciliarias.

Tabla 36. Demanda de agua a nivel de fuentes de abastecimiento, situación actual (l/s)

| Año | Consumo efectivo nivel domiciliario | Pérdidas físicas | Consumos no registrados | Demanda efectiva en fuentes | Errores de macromedición | Extracción medida en fuentes |
|------|-------------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 2019 | 1,531.91 | 779.53 | 577.86 | 2,889.30 | 74.59 | 2,814.71 |
| 2020 | 1,576.95 | 800.66 | 594.40 | 2,972.02 | 76.73 | 2,895.29 |
| 2021 | 1,621.89 | 821.63 | 610.88 | 3,054.40 | 78.85 | 2,975.55 |
| 2022 | 1,666.58 | 842.39 | 627.24 | 3,136.21 | 80.96 | 3,055.24 |
| 2023 | 1,711.03 | 862.91 | 643.49 | 3,217.43 | 83.06 | 3,134.37 |
| 2024 | 1,755.06 | 883.14 | 659.55 | 3,297.75 | 85.13 | 3,212.61 |
| 2025 | 1,798.63 | 903.03 | 675.42 | 3,377.08 | 87.18 | 3,289.90 |
| 2026 | 1,841.67 | 922.57 | 691.06 | 3,455.30 | 89.20 | 3,366.10 |
| 2027 | 1,884.04 | 941.67 | 706.43 | 3,532.14 | 91.19 | 3,440.95 |
| 2028 | 1,925.63 | 960.29 | 721.48 | 3,607.39 | 93.13 | 3,514.27 |
| 2029 | 1,966.16 | 978.29 | 736.11 | 3,680.56 | 95.02 | 3,585.55 |
| 2030 | 2,005.70 | 995.72 | 750.35 | 3,751.77 | 96.86 | 3,654.92 |
| 2031 | 2,044.23 | 1,012.56 | 764.20 | 3,820.99 | 98.64 | 3,722.34 |
| 2032 | 2,081.60 | 1,028.75 | 777.59 | 3,887.93 | 100.37 | 3,787.56 |
| 2033 | 2,117.72 | 1,044.24 | 790.49 | 3,952.45 | 102.04 | 3,850.42 |
| 2034 | 2,152.47 | 1,058.97 | 802.86 | 4,014.30 | 103.63 | 3,910.67 |
| 2035 | 2,185.81 | 1,072.94 | 814.69 | 4,073.44 | 105.16 | 3,968.28 |
| 2036 | 2,217.61 | 1,086.09 | 825.92 | 4,129.62 | 106.61 | 4,023.01 |
| 2037 | 2,247.83 | 1,098.40 | 836.56 | 4,182.79 | 107.98 | 4,074.81 |
| 2038 | 2,276.41 | 1,109.85 | 846.56 | 4,232.82 | 109.27 | 4,123.55 |
| 2039 | 2,303.19 | 1,120.36 | 855.89 | 4,279.44 | 110.48 | 4,168.96 |
| 2040 | 2,328.21 | 1,129.96 | 864.54 | 4,322.71 | 111.59 | 4,211.12 |
| 2041 | 2,351.37 | 1,138.61 | 872.50 | 4,362.48 | 112.62 | 4,249.85 |
| 2042 | 2,372.56 | 1,146.25 | 879.70 | 4,398.52 | 113.55 | 4,284.97 |
| 2043 | 2,391.80 | 1,152.92 | 886.18 | 4,430.90 | 114.39 | 4,316.51 |
| 2044 | 2,409.02 | 1,158.58 | 891.90 | 4,459.49 | 115.13 | 4,344.36 |
| 2045 | 2,424.16 | 1,163.20 | 896.84 | 4,484.20 | 115.76 | 4,368.44 |
| 2046 | 2,437.21 | 1,166.80 | 901.00 | 4,505.02 | 116.30 | 4,388.71 |
| 2047 | 2,448.17 | 1,169.37 | 904.39 | 4,521.93 | 116.74 | 4,405.19 |
| 2048 | 2,457.00 | 1,170.91 | 906.98 | 4,534.89 | 117.07 | 4,417.82 |
| 2049 | 2,463.67 | 1,171.40 | 908.77 | 4,543.84 | 117.30 | 4,426.54 |
| 2050 | 2,468.21 | 1,170.87 | 909.77 | 4,548.85 | 117.43 | 4,431.42 |
| 2051 | 2,470.53 | 1,169.29 | 909.96 | 4,549.78 | 117.46 | 4,432.32 |
| 2052 | 2,470.75 | 1,166.72 | 909.37 | 4,546.83 | 117.38 | 4,429.45 |
| 2053 | 2,468.80 | 1,163.13 | 907.98 | 4,539.91 | 117.20 | 4,422.71 |

Fuente: Elaboración del consultor.

I.3 Diagnóstico de la interacción de la oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación

I.3.1 Coberturas de los servicios de agua potable y drenaje

Conforme al último Censo de Población y Vivienda, del año 2010, en la Ciudad de Durango se registró una cobertura de agua de 97.65%; en cuanto al servicio de drenaje, la cobertura fue de 98.26%

Conforme al Organismo Operador (AMD) ellos estiman que estas coberturas se han incrementado conforme se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 37. Coberturas de agua potable y alcantarillado

| Concepto | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cobertura de agua potable | 99.45% | 99.45% | 99.77% | 99.80% | 99.80% |
| Cobertura de alcantarillado | 98.54% | 98.58% | 98.91% | 98.96% | 98.96% |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Se estima que en los próximos años estas coberturas se mantendrán, por lo menos, en el nivel que actualmente tienen, por lo cual para fines de proyección se mantendrán constantes los valores indicados en el año 2018.

I.3.2 Tarifas

De acuerdo con Ley de Agua del Estado, el Director General del Organismo paramunicipal, en este caso Aguas del Municipio de Durango, deberá someter a la aprobación del Consejo Directivo las cuotas y tarifas que deba cobrar el organismo operador paramunicipal por la prestación de los servicios a su cargo.

De acuerdo con esa misma Ley, las cuotas y tarifas deben ser suficientes para cubrir los costos derivados de la operación, el mantenimiento y administración de los sistemas; la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura existente; la amortización de las inversiones realizadas; los gastos financieros de los pasivos; y las inversiones necesarias para la expansión de la infraestructura.

Adicionalmente, señala que es obligatoria la instalación de aparatos medidores para la verificación del consumo, y se establece que las cuotas y tarifas se actualizarán automáticamente cada vez que el Índice Nacional de Precios al Consumidor se incremente en un cuatro por ciento respecto del que estaba vigente a la última vez que se establecieron.

Las tarifas aplicables en la Ciudad de Durango se distinguen por tomas con cuota fija o aquellos que cuenten con servicio medido. Para tomas con cuota fija el esquema varia conforme el tipo de usuario, mientras que para tomas con medidor el esquema varía de acuerdo con el nivel de consumo y del tipo de usuario. En las siguientes tablas se presentan los esquemas aplicables para el año 2018.

Tabla 38. Estructura tarifaria para tomas con cuota fija (\$)

| Cuota Fija | Agua | Drenaje | Saneamiento | Total |
|----------------------------|-------|---------|-------------|--------|
| Popular | 34.05 | 10.22 | 3.37 | 47.64 |
| Media popular | 46.50 | 13.95 | 4.60 | 65.05 |
| Media | 55.21 | 16.56 | 5.47 | 77.24 |
| Domestica actual | 64.71 | 19.41 | 6.41 | 90.52 |
| Solo drenaje | | 16.66 | 5.50 | 22.16 |
| Estudio socio | 35.17 | 10.55 | 3.48 | 49.21 |
| Residencial (solo drenaje) | | 49.69 | 17.36 | 67.05 |
| Preferente | 89.61 | 26.99 | 8.90 | 125.50 |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

Tabla 39. Estructura tarifaria para tomas con servicio medido (\$)

| Rango de consumo (m3) | Media | Residencial | Popular | Especial | Comercial | Industrial |
|-----------------------|---|-------------|---------|----------|--|------------|
| 0-10 | 7.37 | 9.50 | 6.49 | 3.68 | 13.80 | 27.11 |
| 11-15 | 7.43 | 7.43 | 7.43 | | 14.18 | 27.28 |
| 16-20 | 7.69 | 7.69 | 7.69 | 7.69 | 14.62 | 27.38 |
| 21-25 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 7.87 | 14.82 | 27.54 |
| 26-30 | 8.03 | 8.03 | 8.06 | 8.06 | 14.92 | 27.72 |
| 31-40 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 8.24 | 14.99 | 27.85 |
| 41-50 | 8.78 | 8.78 | 8.78 | 8.78 | 15.09 | 28.05 |
| 51-60 | 9.38 | 9.38 | 9.38 | 9.38 | 15.26 | 28.13 |
| 61-70 | 10.66 | 10.66 | 10.66 | 10.66 | 15.32 | 28.35 |
| 71-80 | 11.65 | 11.65 | 11.65 | 11.65 | 15.43 | 28.45 |
| 81-90 | 12.89 | 12.89 | 12.89 | 12.89 | 15.54 | 28.67 |
| 91-100 | 14.40 | 14.40 | 14.40 | 14.40 | 15.61 | 28.87 |
| 101- | 19.75 | 19.75 | 19.75 | 19.75 | 18.80 | 35.05 |
| | + 30 % de drenaje sobre consumo de agua y + 9.9% de saneamiento sobre consumo de agua | | | | + 30 % de drenaje sobre consumo de agua y + 17.9% de saneamiento sobre consumo de agua | |

Fuente: Aguas del Municipio de Durango.

En la estructuración de las tarifas para tomas con medidor, se observa que en la medida en que se incrementan los consumos, el cobro de cada m3 adicional consumido es cada vez mayor. Cabe mencionar que en los consumos de 11 a 25 m3 se aplican las mismas tarifas para usuarios de clase popular, medio y residencial.

Como se especificó en el inciso II.3.5 el consumo medio para usuarios con tomas con servicio medido es de 108 l/hab/día, lo que representa un consumo medio por toma de 12.18 m³/mes. Por lo anterior, la tarifa media de agua potable para el usuario doméstico es de 7.43 \$/m³, a la cual se le agregaría un 39.9% por el servicio de drenaje y saneamiento, por lo que la tarifa total por servicios de agua sería de 10.39 \$/m³.

Si se compara este último valor con el costo medio por m³ de agua consumida en toma domiciliaria (8.24 \$/m³), determinado en el apartado II.2.10 y tabla 24, se establece que la tarifa media para el usuario con medidor es 26% más alta, por lo que se asume que las tarifas establecidas son suficientes para tener unas finanzas sanas, siempre y cuando se tenga un porcentaje de recaudación adecuada.

I.3.3 Balance hidráulico

Con base en los análisis anteriormente realizados para las condiciones de oferta y de demanda en la situación actual, se determinó el balance hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable a cargo de Aguas del Municipio de Durango.

Como se puede observar en la siguiente tabla, se presenta el balance a nivel fuentes de abastecimiento y el otro que es a nivel domiciliario; en ambos casos aun manteniendo los niveles máximos de extracción de agua, se tendrán déficit en el suministro de agua, a no ser que se incremente la sobreexplotación del acuífero. (Anexo ACB Tunal II: Balance actual)

Tabla 40. Balance de agua en la situación actual (l/s)

| Año | Oferta real de agua | Demanda efectiva en fuentes | Balance oferta-demanda en fuentes de abastecimiento | Oferta efectiva | Consumo efectivo nivel domiciliario | Balance oferta-demanda a nivel domiciliario |
|------|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|---|
| 2019 | 2,737.17 | 2,889.30 | -152.13 | 1,451.25 | 1,531.91 | -80.66 |
| 2020 | 2,737.17 | 2,972.02 | -234.85 | 1,452.34 | 1,576.95 | -124.61 |
| 2021 | 2,737.17 | 3,054.40 | -317.23 | 1,453.44 | 1,621.89 | -168.45 |
| 2022 | 2,737.17 | 3,136.21 | -399.04 | 1,454.53 | 1,666.58 | -212.05 |
| 2023 | 2,737.17 | 3,217.43 | -480.26 | 1,455.63 | 1,711.03 | -255.40 |
| 2024 | 2,737.17 | 3,297.75 | -560.58 | 1,456.72 | 1,755.06 | -298.34 |
| 2025 | 2,737.17 | 3,377.08 | -639.91 | 1,457.82 | 1,798.63 | -340.82 |
| 2026 | 2,737.17 | 3,455.30 | -718.13 | 1,458.91 | 1,841.67 | -382.76 |
| 2027 | 2,737.17 | 3,532.14 | -794.97 | 1,460.01 | 1,884.04 | -424.03 |
| 2028 | 2,737.17 | 3,607.39 | -870.22 | 1,461.10 | 1,925.63 | -464.53 |
| 2029 | 2,737.17 | 3,680.56 | -943.39 | 1,462.20 | 1,966.16 | -503.96 |
| 2030 | 2,737.17 | 3,751.77 | -1,014.60 | 1,463.29 | 2,005.70 | -542.41 |
| 2031 | 2,737.17 | 3,820.99 | -1,083.82 | 1,464.39 | 2,044.23 | -579.84 |
| 2032 | 2,737.17 | 3,887.93 | -1,150.76 | 1,465.48 | 2,081.60 | -616.12 |
| 2033 | 2,737.17 | 3,952.45 | -1,215.28 | 1,466.58 | 2,117.72 | -651.15 |

| Año | Oferta real de agua | Demanda efectiva en fuentes | Balance oferta-demanda en fuentes de abastecimiento | Oferta efectiva | Consumo efectivo nivel domiciliario | Balance oferta-demanda a nivel domiciliario |
|------|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|---|
| 2034 | 2,737.17 | 4,014.30 | -1,277.13 | 1,467.67 | 2,152.47 | -684.80 |
| 2035 | 2,737.17 | 4,073.44 | -1,336.27 | 1,468.77 | 2,185.81 | -717.04 |
| 2036 | 2,737.17 | 4,129.62 | -1,392.45 | 1,469.86 | 2,217.61 | -747.75 |
| 2037 | 2,737.17 | 4,182.79 | -1,445.62 | 1,470.96 | 2,247.83 | -776.88 |
| 2038 | 2,737.17 | 4,232.82 | -1,495.65 | 1,472.05 | 2,276.41 | -804.36 |
| 2039 | 2,737.17 | 4,279.44 | -1,542.27 | 1,473.15 | 2,303.19 | -830.05 |
| 2040 | 2,737.17 | 4,322.71 | -1,585.54 | 1,474.24 | 2,328.21 | -853.97 |
| 2041 | 2,737.17 | 4,362.48 | -1,625.31 | 1,475.33 | 2,351.37 | -876.04 |
| 2042 | 2,737.17 | 4,398.52 | -1,661.35 | 1,476.43 | 2,372.56 | -896.13 |
| 2043 | 2,737.17 | 4,430.90 | -1,693.73 | 1,477.52 | 2,391.80 | -914.27 |
| 2044 | 2,737.17 | 4,459.49 | -1,722.32 | 1,478.62 | 2,409.02 | -930.40 |
| 2045 | 2,737.17 | 4,484.20 | -1,747.03 | 1,479.71 | 2,424.16 | -944.44 |
| 2046 | 2,737.17 | 4,505.02 | -1,767.85 | 1,480.81 | 2,437.21 | -956.40 |
| 2047 | 2,737.17 | 4,521.93 | -1,784.75 | 1,481.90 | 2,448.17 | -966.27 |
| 2048 | 2,737.17 | 4,534.89 | -1,797.72 | 1,483.00 | 2,457.00 | -974.00 |
| 2049 | 2,737.17 | 4,543.84 | -1,806.67 | 1,484.09 | 2,463.67 | -979.58 |
| 2050 | 2,737.17 | 4,548.85 | -1,811.68 | 1,485.19 | 2,468.21 | -983.02 |
| 2051 | 2,737.17 | 4,549.78 | -1,812.61 | 1,486.28 | 2,470.53 | -984.25 |
| 2052 | 2,737.17 | 4,546.83 | -1,809.66 | 1,487.38 | 2,470.75 | -983.37 |
| 2053 | 2,737.17 | 4,539.91 | -1,802.74 | 1,488.47 | 2,468.80 | -980.33 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Cabe señalar que el balance anterior considera la oferta de agua no importando si es potable o no, pero para el proyecto es relevante el balance entre la demanda y la oferta de agua potable, es decir el volumen de agua que es apta para el uso y consumo humano. En la siguiente tabla se hace el análisis correspondiente.

Tabla 41. Balance de agua potable en la situación actual (l/s)

| Año | Oferta real de agua | Demanda efectiva en fuentes | Balance oferta-demanda en fuentes de abastecimiento | Oferta efectiva | Consumo efectivo nivel domiciliario | Balance oferta-demanda a nivel domiciliario |
|------|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|---|
| 2019 | 0.00 | 2,889.30 | -2,889.30 | 0.00 | 1,531.91 | -1,531.91 |
| 2020 | 0.00 | 2,972.02 | -2,972.02 | 0.00 | 1,576.95 | -1,576.95 |
| 2021 | 0.00 | 3,054.40 | -3,054.40 | 0.00 | 1,621.89 | -1,621.89 |
| 2022 | 0.00 | 3,136.21 | -3,136.21 | 0.00 | 1,666.58 | -1,666.58 |
| 2023 | 0.00 | 3,217.43 | -3,217.43 | 0.00 | 1,711.03 | -1,711.03 |
| 2024 | 0.00 | 3,297.75 | -3,297.75 | 0.00 | 1,755.06 | -1,755.06 |
| 2025 | 0.00 | 3,377.08 | -3,377.08 | 0.00 | 1,798.63 | -1,798.63 |
| 2026 | 0.00 | 3,455.30 | -3,455.30 | 0.00 | 1,841.67 | -1,841.67 |
| 2027 | 0.00 | 3,532.14 | -3,532.14 | 0.00 | 1,884.04 | -1,884.04 |
| 2028 | 0.00 | 3,607.39 | -3,607.39 | 0.00 | 1,925.63 | -1,925.63 |
| 2029 | 0.00 | 3,680.56 | -3,680.56 | 0.00 | 1,966.16 | -1,966.16 |
| 2030 | 0.00 | 3,751.77 | -3,751.77 | 0.00 | 2,005.70 | -2,005.70 |
| 2031 | 0.00 | 3,820.99 | -3,820.99 | 0.00 | 2,044.23 | -2,044.23 |

| Año | Oferta real de agua | Demanda efectiva en fuentes | Balance oferta-demanda en fuentes de abastecimiento | Oferta efectiva | Consumo efectivo nivel domiciliario | Balance oferta-demanda a nivel domiciliario |
|------|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|-------------------------------------|---|
| 2032 | 0.00 | 3,887.93 | -3,887.93 | 0.00 | 2,081.60 | -2,081.60 |
| 2033 | 0.00 | 3,952.45 | -3,952.45 | 0.00 | 2,117.72 | -2,117.72 |
| 2034 | 0.00 | 4,014.30 | -4,014.30 | 0.00 | 2,152.47 | -2,152.47 |
| 2035 | 0.00 | 4,073.44 | -4,073.44 | 0.00 | 2,185.81 | -2,185.81 |
| 2036 | 0.00 | 4,129.62 | -4,129.62 | 0.00 | 2,217.61 | -2,217.61 |
| 2037 | 0.00 | 4,182.79 | -4,182.79 | 0.00 | 2,247.83 | -2,247.83 |
| 2038 | 0.00 | 4,232.82 | -4,232.82 | 0.00 | 2,276.41 | -2,276.41 |
| 2039 | 0.00 | 4,279.44 | -4,279.44 | 0.00 | 2,303.19 | -2,303.19 |
| 2040 | 0.00 | 4,322.71 | -4,322.71 | 0.00 | 2,328.21 | -2,328.21 |
| 2041 | 0.00 | 4,362.48 | -4,362.48 | 0.00 | 2,351.37 | -2,351.37 |
| 2042 | 0.00 | 4,398.52 | -4,398.52 | 0.00 | 2,372.56 | -2,372.56 |
| 2043 | 0.00 | 4,430.90 | -4,430.90 | 0.00 | 2,391.80 | -2,391.80 |
| 2044 | 0.00 | 4,459.49 | -4,459.49 | 0.00 | 2,409.02 | -2,409.02 |
| 2045 | 0.00 | 4,484.20 | -4,484.20 | 0.00 | 2,424.16 | -2,424.16 |
| 2046 | 0.00 | 4,505.02 | -4,505.02 | 0.00 | 2,437.21 | -2,437.21 |
| 2047 | 0.00 | 4,521.93 | -4,521.93 | 0.00 | 2,448.17 | -2,448.17 |
| 2048 | 0.00 | 4,534.89 | -4,534.89 | 0.00 | 2,457.00 | -2,457.00 |
| 2049 | 0.00 | 4,543.84 | -4,543.84 | 0.00 | 2,463.67 | -2,463.67 |
| 2050 | 0.00 | 4,548.85 | -4,548.85 | 0.00 | 2,468.21 | -2,468.21 |
| 2051 | 0.00 | 4,549.78 | -4,549.78 | 0.00 | 2,470.53 | -2,470.53 |
| 2052 | 0.00 | 4,546.83 | -4,546.83 | 0.00 | 2,470.75 | -2,470.75 |
| 2053 | 0.00 | 4,539.91 | -4,539.91 | 0.00 | 2,468.80 | -2,468.80 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Como es evidente, una vez que se confronta la demanda con la oferta de agua potable se aprecia la problemática a la que se enfrenta la ciudad de Durango.

I.3.4 Principales supuestos y consideraciones

- 1) Para determinar la población servida en el horizonte de evaluación, se consideró el número de tomas domésticas registradas en el padrón de usuarios y el índice de hacinamiento, tomado de la información de los Índices de gestión de AMD. Para la proyección de la población en el horizonte de evaluación, se consideraron las tasas de crecimiento publicadas por CONAPO.
- 2) Se consideró que la producción de agua reportada en el año 2018 se mantendría constante durante todo el horizonte de evaluación. Así mismo se considera que la producción de agua apta para uso y consumo humano no existe dado que el 100% de la producción rebasa por mucho los límites permisibles de flúor.
- 3) La eficiencia física fue obtenida a partir de los Índices de gestión de AMD y se consideró una mejoría en la eficiencia de 0.04% anual durante todo el horizonte de

evaluación, lo cual es el resultado del promedio de rehabilitación de tomas en los años 2012-2017.

CAPÍTULO 2

II. COSTOS DEL PROYECTO

Atendiendo a los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis Costo y Beneficio de los programas y proyectos de Inversión”, publicados por la por la Unidad de Inversiones de la Subsecretaría de Egresos para realizar la evaluación del presente Proyecto se utilizó la metodología Costo-Beneficio, identificando, cuantificando y valorando los costos y beneficios sociales legítimamente atribuibles al Proyecto en estudio, comparando la situación sin Proyecto con la situación con Proyecto en un horizonte de evaluación y utilizando la tasa de descuento social del 10%.

Los indicadores de rentabilidad social que se utilizan en una evaluación social son los siguientes:

Valor Actual Neto Social (VANS). Establece que el valor del proyecto será el valor presente de los flujos netos de efectivo que se espera sean generados por las inversiones realizadas. La regla general establece que un proyecto con VANS positivo debe ejecutarse y con VANS negativo rechazarse.

Tasa Interna de Retorno Social (TIRS). Es Equivalente a hacer el VANS igual a cero, determinándose la tasa que permite que el flujo actualizado sea cero. El criterio de aceptación es cuando la TIRS es igual o mayor que la tasa de descuento utilizada.

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI). Es cuando se maximiza el VANS e indica el momento óptimo de poner en operación la obra y de ahí se determina cuándo debe comenzar su ejecución. Este criterio sirve cuando los beneficios inician y crecen de manera independiente al momento de inicio del proyecto.

II.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos sociales

Los costos atribuibles al Proyecto son aquellos en los que incurre la sociedad para construirlo y aquellos que surgen durante la vida útil del mismo; se pueden dividir principalmente en costos de inversión, operación y mantenimiento. Para ajustar los precios de mercado se utilizaron los valores sin impuestos, subsidios o aranceles.

II.1.1 Inversión Inicial

Los costos totales relativos a la inversión inicial social para el Proyecto se muestran en las tablas siguientes, con impuestos y sin impuestos (sociales¹).

Tabla 42. Costos del Proyecto (\$ de 2019)

| Concepto | Costo social s/IVA | Costo c/IVA |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Presa Tunal II | 2,092,852,082 | 2,378,108,415 |
| Planta potabilizadora | 492,482,938 | 571,280,208 |
| Obra de toma | 29,924,274 | 34,712,158 |
| Planta de bombeo | 48,400,738 | 56,144,856 |
| Acueductos | 257,743,133 | 298,982,035 |
| Total | 2,921,403,164 | 3,339,227,670 |

Fuente: Comisión del agua del Estado de Durango

II.1.2 Operación y mantenimiento

Los costos sociales de operación y mantenimiento requeridos para el correcto funcionamiento del Proyecto se muestran en la tabla siguiente, separando los correspondientes a la presa Tunal II.

Tabla 43. Costos sociales de operación y mantenimiento del Proyecto (\$ de 2019)

| Conceptos | Costo anual |
|------------------------------|-------------------|
| Presa El Tunal II | |
| Personal | 1,915,200 |
| Mantenimiento | 29,393,967 |
| Energía eléctrica | 673,483 |
| Reposición de maq. y equipo | 1,008,730 |
| Subtotal | 32,991,381 |
| Planta Potabilizadora | |
| Personal | 1,691,760 |
| Mantenimiento | 4,971,733 |
| Energía eléctrica | 563,724 |
| Reposición de maq. y equipo | 375,461 |
| Productos químicos | 6,540,192 |
| Cloro | 2,320,202 |
| Subtotal | 16,463,072 |
| Obra de toma | |
| Mantenimiento | 302,093 |
| Subtotal | 302,093 |
| Planta de bombeo | |
| Personal | 338,352 |
| Mantenimiento | 187,045 |

¹ En la cuantificación monetaria de los costos y beneficios de la Evaluación socioeconómica, no se consideran impuestos, subsidios o aranceles.

| Conceptos | Costo anual |
|---|--------------------|
| Energía eléctrica | 21,458,896 |
| Reposición de maq. y equipo | 753,930 |
| Subtotal | 22,738,223 |
| Acueductos | |
| Mantenimiento | 2,601,978 |
| Subtotal | 2,601,978 |
| Total de costos variables | 31,556,498 |
| Total de costos fijos | 43,540,249 |
| Total de costos de operación y mantenimiento | 75,096,747 |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

Cabe señalar que sí bien las obras complementarias son necesarias para que el agua captada del río El Tunal llegué a la ciudad de Durango, dicha infraestructura servirá para manejar el caudal combinado de las presas Tunal II y Guadalupe Victoria, por lo cual de los costos de operación determinados para dichas obras sólo se considerará un 53% que es la aportación de caudales que tendrá la presa Tunal II.

A continuación, se presentan los supuestos que se utilizaron para determinar los costos anteriores, teniéndose el desglose en el Anexo ACB Presa Tunal II: Desglose Costos Operación.

Costo personal. Una vez considerado el tamaño de la plantilla de personal que tendrá aquellos componentes que lo requieran, se multiplicará por un sueldo promedio mensual de \$10,640.

Costo mantenimiento. Con base en otros proyectos, se ha estimado que el mantenimiento de la infraestructura (obra civil) representa el 0.02% anual de la inversión.

Costo energía eléctrica. Una vez determinado los kwh que se utilizará como parte de la operación, este valor se multiplicará por la tarifa 6 que es de 2.06 \$/kwh.

Costo reposición de maquinaria y equipo. Al igual que el mantenimiento, se estima que un porcentaje de la inversión será utilizada para el equipamiento de la planta potabilizadora (50%) y de esa inversión resultante, el 10% se requerirá para la reposición del equipo o maquinaria, por lo cual al año se deberá invertir un porcentaje del 5%.

Costo productos químicos y cloro. Para la planta potabilizadora se determinará el costo de sulfato de aluminio, polímero y polímero de lodos que serán utilizados en el proceso de tratamiento, así como el gas cloro para la desinfección final de las aguas.

CAPÍTULO 3

III. BENEFICIOS DEL PROYECTO

III.1 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del programa o proyecto de inversión

La naturaleza del Proyecto evaluado es la de incorporar agua apta para el uso y consumo de los habitantes de la Ciudad de Durango, por ello, el beneficio principal es incrementar el consumo de agua sostenible, es decir un volumen de agua no sobreexplotada a nivel toma domiciliaria, cuya concentración de arsénico y flúor no represente un riesgo de salud.

Cabe comentar que existen otros impactos asociados a la construcción de la Presa, sin embargo, en esta evaluación sólo se consideran los beneficios asociados a la problemática del sector público urbano. Otros beneficios que se pueden obtener con la operación del Proyecto son:

- Beneficio ambiental por revertir la sobreexplotación del acuífero
- Beneficio por la pérdida de producción agrícola
- Beneficio por evitar inundaciones en zonas agrícolas (daños a infraestructura y producción)
- Beneficio por evitar inundaciones en zonas urbanas: daños en viviendas, infraestructura urbana (carreteras, redes de agua, etc.), afectación al tiempo de las personas, afectación por activación de programas de atención a la población (DN3, protección civil, DIF, albergues, entre otros)

III.1.1 Identificación de los beneficios

La naturaleza del Proyecto evaluado es lograr que la población de la ciudad de Durango tenga acceso a fuentes de agua con calidad apta para uso y consumo humano y con ello, disminuir el riesgo de salud pública por la ingesta de agua contaminada y contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población.

Debido a que el suministro de agua se hace con concentraciones de flúor y arsénico que exceden la norma, existe un alto riesgo de salud pública, el cual será reducido al momento de incrementar el consumo de agua con calidad potable. Como ya fue comentado, los

reportes de enfermedades por la ingesta de agua con altas concentraciones de flúor y arsénico han sido poco estudiados en el país y en el estado de Durango no hay casos de estudio suficientes para poder atribuir a la calidad del agua las alteraciones óseas y fracturas reportadas. Por lo anterior, no se han generado datos que permitan realizar un análisis estadístico suficiente para conocer los costos atribuibles a la recuperación de la salud de los habitantes, haciendo que el beneficio relativo a la salud pública sea incuantificable y de difícil valoración.

Por otra parte, al reducir el riesgo de salud pública se puede inferir que la calidad de vida de la población se mejorará, sin embargo, debido a que las enfermedades ocasionadas por la ingesta de agua contaminada pueden afectar a una o varias actividades de la vida diaria y este efecto puede ser físico o mentales, la evaluación de la calidad de vida antes y después de ejecutado el proyecto se vuelve complejo; por lo anterior, este beneficio también es de difícil cuantificación y valoración.

Cabe comentar que existen otros impactos asociados a la construcción de la Presa, sin embargo, en esta evaluación sólo se consideran los beneficios asociados a la problemática del sector público urbano. Otros beneficios que se pueden obtener con la operación del Proyecto son:

- Beneficio ambiental por revertir la sobreexplotación del acuífero
- Beneficio por la pérdida de producción agrícola
- Beneficio por evitar inundaciones en zonas agrícolas (daños a infraestructura y producción)
- Beneficio por evitar inundaciones en zonas urbanas: daños en viviendas, infraestructura urbana (carreteras, redes de agua, etc.), afectación al tiempo de las personas, afectación por activación de programas de atención a la población (DN3, protección civil, DIF, albergues, entre otros)

CAPÍTULO 4

IV. INDICADORES DEL PROYECTO

IV.1 Alternativas

Para lograr que la población de la ciudad de Durango tenga acceso a fuentes de agua con calidad apta para uso y consumo humano se presentan las siguientes alternativas.

Alternativa 1: Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago

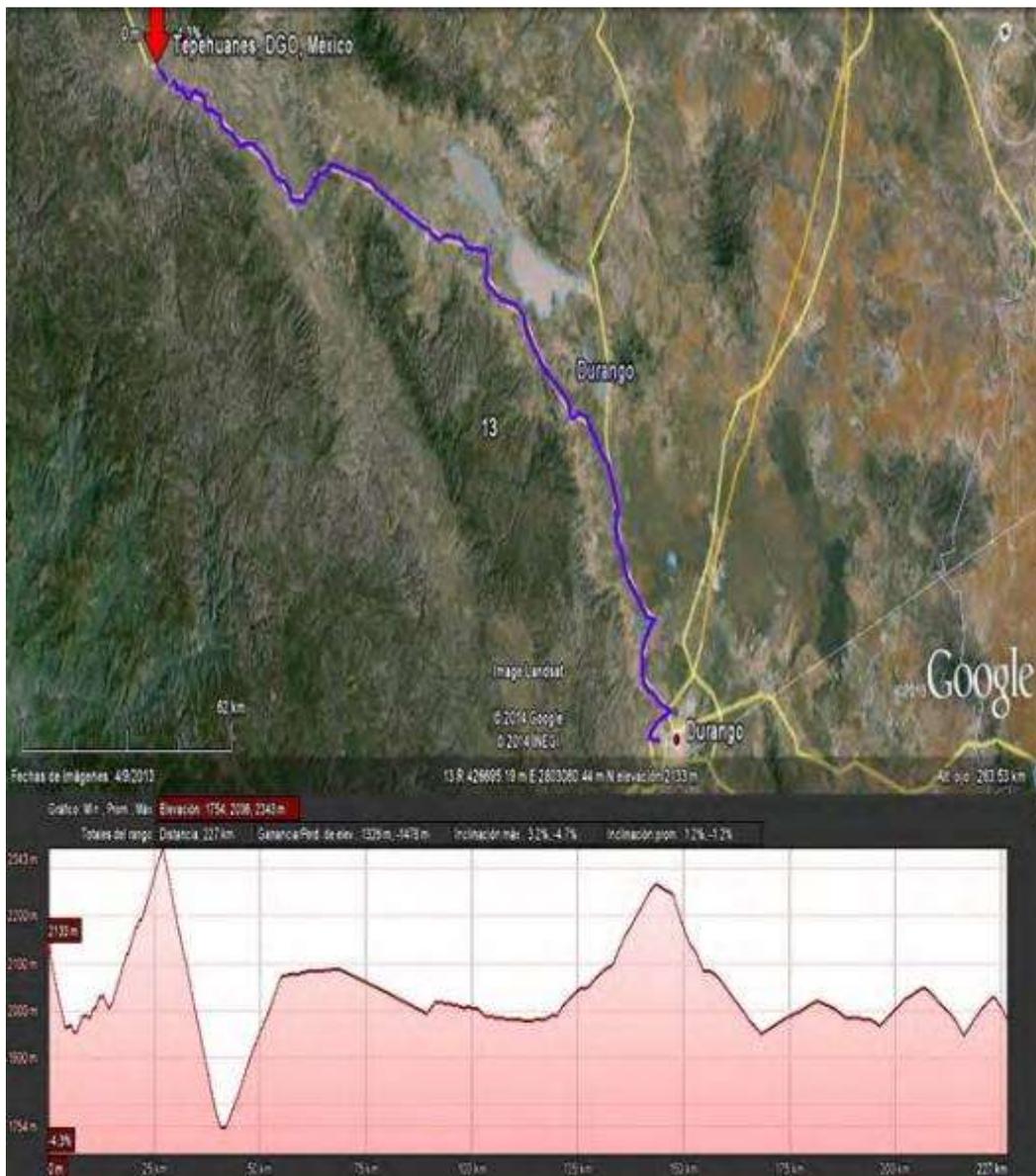
De acuerdo a la información proporcionada por la CONAGUA los acuíferos colindantes al Valle del Guadiana que son: Valle de Santiaguillo, Valle de Canatlán, Vicente Guerrero-Poanas, y Madero-Victoria, se encuentran en una condición de sobreexplotación similar al acuífero Valle del Guadiana, por lo cual se analizó la posibilidad de aprovechar los volúmenes disponibles de los acuíferos que no estuvieran en esa situación, como Valle del Mezquital (0.88 Mm³/año a 80 km), Tepehuanes- Santiago 33.8 Mm³/año a 150 km), San Juan del Río (15 Mm³/año a 120 km), Santa Clara (15.8 mm³/año a 120 km).

La mejor opción seleccionada, por el volumen que aporta, contempló la perforación de 25 pozos profundos los cuales se localizan dentro del área comprendida por el acuífero Tepehuanes-Santiago, con ellos se extraería el volumen total de la reserva de dicho acuífero. Para conducir el agua a la Ciudad de Durango se requerirían más de 150 km de acueductos que funcionaran a presión y gravedad; además se requerirá una estación de rebombeo hacia un sistema de tanques de regulación con una capacidad de 20,000 m³ el cual serviría de transición hacia una línea de conducción por gravedad hasta la planta potabilizadora que se construiría en la Ciudad de Durango.

Cabe mencionar, que el volumen de agua suministrado por esta fuente será de 1.1 m³/s (34.67 Mm³ al año), lo cual será insuficiente para cubrir la totalidad del requerimiento de producción de la Ciudad de Durango.

En la siguiente figura se presenta la planta y perfil propuesto.

Figura 16. Referencia en planta de la trayectoria de la línea de conducción y el comportamiento de elevaciones



Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de la Comisión del Agua del Estado de Durango.

Los costos sociales de inversión inicial (sin IVA), estimados para esta alternativa, se presentan en la tabla siguiente. Cabe comentar que los precios unitarios se estimaron con base en otros proyectos similares y se actualizaron a precios de 2019.

Tabla 44. Inversión inicial social de la Alternativa 1: pozos en acuífero de Tepehuanes (\$ de 2019)

| Clave | Descripción | Unidad | Cantidad | PU (\$) | Total (\$) |
|---|--|--------|-------------|---------|---------------|
| Línea de conducción por bombeo- gravedad | | | | | |
| | Mano de obra | | | | |
| 1000 00 | Ruptura y demolición de..... | | | | |
| 1000 05 | Pavimento hidráulico. | m3 | 319 | 310 | 98,808 |
| 1020 00 | Excavación en roca fija, p/ zanjas, en seco, en zona b... | | | | |
| 1020 04 | De 2.01 a 4.00 m de profundidad. | m3 | 756,015 | 335 | 252,971,274 |
| 1100 00 | Excavación con equipo para zanjas en cualquier material excepto roca, en seco... | | | | |
| 1100 02 | En zona b de 0 a 6.00 m de profundidad. | m3 | 756,015 | 32 | 24,343,340 |
| 1130 00 | Plantilla apisonada al 85% proctor en zanjas... | | | | |
| 1130 02 | Con material producto de banco. | m3 | 58,760 | 143 | 8,406,037 |
| 1131 00 | Relleno en zanjas..... | | | | |
| 1131 05 | Compactado al 90% proctor, con material producto de excavación. | m3 | 645,230 | 87 | 55,813,074 |
| 1131 06 | Compactado al 90% proctor, con material de banco. | m3 | 808,040 | 132 | 107,049,015 |
| S/C 7 | Atraque de concreto fabricado con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2, RN (I) TMA 20mm. P/pieza especial | Pza | | | 0 |
| S/C 7.1 | Para pieza especial de 1000 mm ø | Pza | 250 | 6,596 | 1,648,953 |
| 2240 00 | Cajas para operación de válvulas, medidas interiores... | | | | 0 |
| 2240 13 | Tipo 13 de 2.30 x 1.60 x 3.00 m | Caja | 250 | 31,665 | 7,916,219 |
| 9000 00 | Acarreo 1er km de materiales pétreos, arena, grava, material producto de excavación en camión volteo, descarga a volteo en camino... | | | | |
| 9000 01 | Plano revestido y lomerío suave pavimentado. | m3 | 19,281,300 | 11 | 211,111,820 |
| 9002 00 | Acarreo km subsecuentes al 1o., de materiales pétreos, arena, grava, material producto de excavación en camión volteo, en camino... | | | | |
| 9002 01 | Plano revestido y lomerío suave pavimentado. | m3 Km | 192,813,000 | 5 | 1,008,157,213 |
| S/C 6 | Cruce hincado en carretera con tubería de acero como camisa, incluye todo lo necesario para su correcta colocación y operación, así como permisos ante la SCT | | | | |
| S/C 6.1 | Con tubería de acero de 1500 mm | m | 250 | 53,966 | 13,491,430 |
| AA01 | Trazo y nivelación topográfica | | | | 0 |
| AA01A | Trazo y nivelación topográfica | m2 | 601,160 | 16 | 9,768,656 |
| AB01 | Trazo y corte con cortadora de disco | | | | 0 |
| AB01A | Trazo y corte en banqueta de concreto con cortadora de disco, profundidad mínima de 2.5 cm. | m | 1,200 | 20 | 23,831 |
| S/C 1 | Arreglo de válvulas admisión y expulsión de aire | | | | 0 |
| S/C 1.1 | Suministro y colocación de arreglo de válvulas de admisión y expulsión de aire con las siguientes piezas especiales: 1 tee de PRFV con brida de 1000 x 200 mm ø PN 10, 2 coples de PRFV de 1000 mm ø PN 10, 1 tee de hierro fundido de 200 x 200 mm (8"x 8") ø, 2 reducciones de hierro fundido con brida de 200 x 150 mm (8"x6") ø, 2 codos de hierro fundido con brida de 15 mm (6" x 90°), 2 válvula compuerta de vástago fijo de hierro fundido con brida de 150 mm (6"), 2 válvulas de admisión y expulsión de aire combinada de 150 mm (6") y eliminadora de 25mm (1") ø marca VAMEX o similar modelo a6/e20, 3 empaques de plomo de 8", 6 empaques de plomo de 6" y 72 tornillos de 19x89 mm (3/4"x 3 1/2") | Pza | 25 | 149,905 | 3,747,619 |
| S/C 2 | Arreglo de válvulas de desfogue | | | | 0 |
| S/C 2.1 | Suministro y colocación de arreglo de desfogue con las siguientes piezas especiales: 1 tee de PRFV con brida de 1000 x 500 mm ø PN 10, 2 coples de PRFV de 1000 mm PN 10, 1 válvula compuerta de vástago | Pza | 25 | 67,757 | 1,693,924 |

| Clave | Descripción | Unidad | Cantidad | PU (\$) | Total (\$) |
|------------------------------|--|--------|----------|-------------|----------------------|
| | fijo de hierro fundido con brida de 200 mm (8"), 2 empaques de plomo de 8", y 16 tornillos de 19x89 mm (3/4"x 3 1/2") | | | | |
| | Suma de mano de obra | | | | 1,706,241,213 |
| | Materiales | | | | |
| 2243 00 | Suministro e instalación de contramarcos... | | | | |
| 2243 06 | Sencillos de 1.80 m con canal de 150 mm. (6"). | Pza | 50 | 5,085 | 254,230 |
| 2244 00 | Suministro e instalación de marcos c/ tapa de..... | | | | |
| 2244 02 | Fierro fundido de 50 x 50 cm con peso de 134 kg. | Pza | 50 | 4,828 | 241,411 |
| S/C-4.3 | Suministro e instalación de codo entre 1° y 45° de acero. Incluye: coples, materiales menores, juntas, mano de obra, acarreo, alineado, prueba hidrostática y todo lo necesario para correcta instalación, de: | | | | |
| S/C-4.3.1 | 760 mm (30") de diámetro | Pza | 200 | 67,757 | 13,551,392 |
| S/C-4.3.2 | 897 mm (36") de diámetro | Pza | 200 | 77,950 | 15,590,097 |
| 8057 00 | Suministro de tubería acero norma ASTM a-53 acero al carbón extremos biselados | | | | |
| 8057 32 | 24" de diámetro espesor 6.35 mm C-0 | m | 121,000 | 6,428 | 777,729,328 |
| 8057 33 | 30" de diámetro espesor 9.52 mm STD | m | 11,535 | 9,584 | 110,555,072 |
| 8057 34 | 48" de diámetro espesor 12.7 mm XS | Mm | 94,465 | 16,811 | 1,588,035,616 |
| S/C-4.5 | Suministro e instalación de junta dresser. Incluye: coples, materiales menores, juntas, mano de obra, acarreo, alineado, prueba hidrostática y todo lo necesario para correcta instalación, de: | | | | |
| S/C-4.5.1 | 1000 mm (40") de diámetro | Pza | 1 | 41,985 | 41,985 |
| | Suma de materiales | | | | 2,505,999,131 |
| Estación de bombeo | | | | | |
| S-C 20A | Estación de bombeo para un gasto de hasta 1100 lps de acuerdo con proyecto autorizado. Incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento y operación | PG | 1 | 66,336,016 | 66,336,016 |
| | Suma de estación de bombeo | | | | 66,336,016 |
| Planta potabilizadora | | | | | |
| S-C 21A | Planta potabilizadora para un gasto de hasta 1100 lps de acuerdo a proyecto autorizado. Incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento y operación | PG | 1 | 284,512,785 | 284,512,785 |
| | Suma de planta potabilizadora | | | | 284,512,785 |
| Tanque de regulación | | | | | |
| S-C 22A | Diseño, suministro y construcción de un tanque para almacenamiento y regularización de agua potable en laminas empernadas de vidrio fusionado al acero, con capacidad de 4500 m3 de 29.89m de diámetro y 11.34 m de altura: conforme a la norma nom-007- | Tanque | 5 | 81,548,199 | 407,740,994 |
| | Suma de tanque de regulación | | | | 407,740,994 |
| Pozo profundo | | | | | |
| S-C 23A | Perforación, aforo y equipamiento de pozo profundo para un gasto esperado de 50.00 lps | pozo | 25 | 4,197,334 | 104,933,344 |
| | Suma de pozo profundo | | | | 104,933,344 |
| Total | | | | | 5,075,763,484 |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

Los costos sociales de operación y mantenimiento se muestran en la tabla siguiente. Estos costos fueron estimados a partir de datos paramétricos obtenidos de otros proyectos similares.

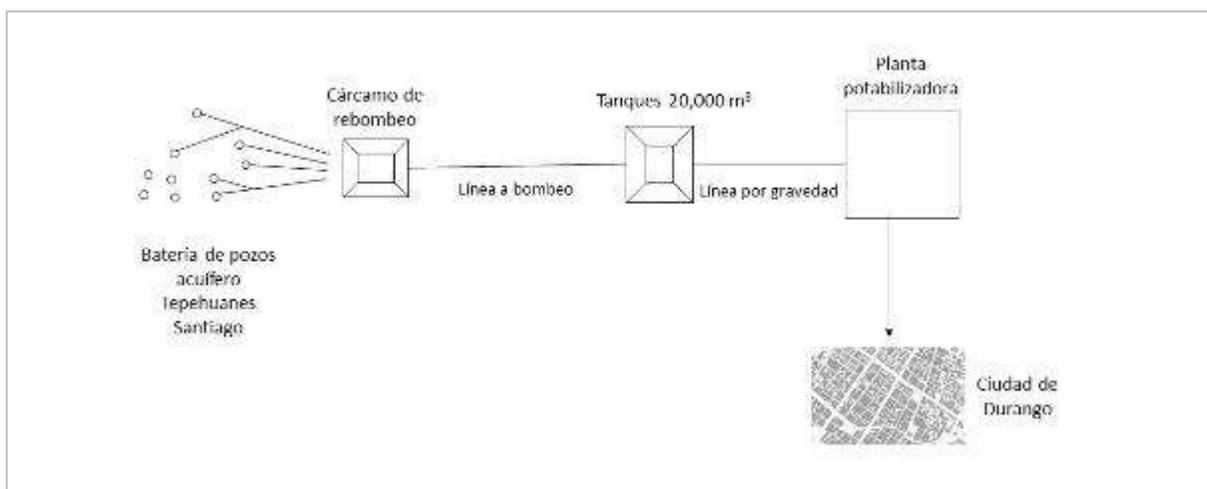
Tabla 45. Costos sociales de operación y mantenimiento de la Alternativa 1: pozos en acuífero de Tepehuanes (\$de 219)

| Conceptos | Costo anual |
|----------------------|--------------------|
| Energía eléctrica | 609,935,050 |
| Personal | 893,760 |
| Mantenimiento | 101,515,270 |
| Reposición de equipo | 8,887,752 |
| Total | 721,231,831 |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

En la siguiente figura se presenta un esquema de operación de la propuesta.

Figura 17. Esquema de operación de la Alternativa 1



Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de la Comisión del Agua del Estado de Durango.

El periodo de vida útil de la alternativa está limitado por la duración de los materiales de la infraestructura que se construirá, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el período de diseño. En el Libro 4 del Manual de Agua Potable. Alcantarillado y Saneamiento, se indica que la obra civil de un pozo es de 10 a 30 años, una estación de bombeo puede tener una vida de por lo menos de 40 años, una línea de conducción de 30 a 40 años, y finalmente un tanque puede tener una vida útil de 20 a 40 años.

Considerando lo anterior y para fines de evaluar la alternativa, se establece una vida útil de 30 años, a partir de que se termina el proyecto.

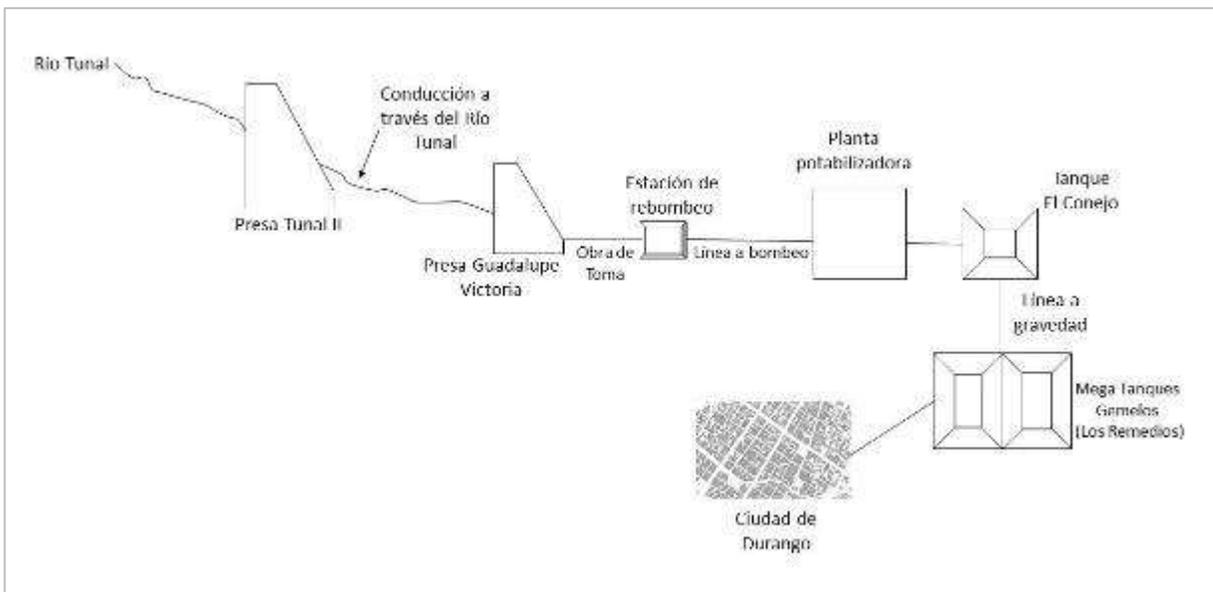
Alternativa 2: Presa El Tunal II

Esta alternativa consiste en la construcción de un sistema de captación de aguas superficiales para sustituir las fuentes subterráneas actuales. Para esto, se construiría la Presa El Tunal II la cual se ubicaría sobre el cauce del río El Tunal y de la cual se aprovecharía 30 Mm³/año para el sector público urbano.

Para aprovechar el agua de la presa Guadalupe Victoria, se deberán construir la obra de toma, planta de bombeo, acueductos y planta potabilizadora. El agua tratada en la planta potabilizadora será conducida a diversos macro tanques y macro circuitos de la Ciudad de Durango para su disposición final.

En la siguiente figura se presenta un esquema de cómo se hará llegar el agua de la presa Tunal II a la ciudad de Durango.

Figura 18. Esquema de operación de la Alternativa 2



Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de la Comisión del Agua del Estado de Durango.

A continuación, se describen las principales estructuras de la Presa, así como las obras complementarias que deben ser construidas para que el agua pueda ser aprovechada en la Ciudad. En la figura 60 se presenta la ubicación de la infraestructura.

1. Presa Tunal II

La presa Tunal II operará como presa de almacenamiento y de control de avenidas. El volumen de agua requerido por el sector público urbano de la Ciudad de Durango será conducido hacia la presa Guadalupe Victoria a través del Río Tunal. Las características relevantes de la presa son:

Cortina. La cortina de la presa será de tipo gravedad y de concreto rodillado (CCR. Los taludes son verticales en la cara aguas arriba y de 0.8:1 aguas debajo de la presa. El concreto rodillado será desplantado sobre una capa de concreto normal, de 1.50 m de espesor mínimo.

La cortina en su sección máxima será desplantada a la elevación 1938 msnm, por lo que se deberá remover la capa de material no conveniente para el desplante, por lo que se apoyará en la roca que constituye el lecho del río.

El desplante de la presa se realizará con un tapete de inyección de contacto, además se formará una pantalla de inyección a todo lo largo de la cortina.

Obra de desvío. Las obras para el desvío son necesarias para trabajar en seco sobre el lecho del río para el desplante de la cortina, estos trabajos consisten en:

El gasto de la obra de desvío es el obtenido de un período de retorno de 50 años y con un valor de 642.80 m³/s.

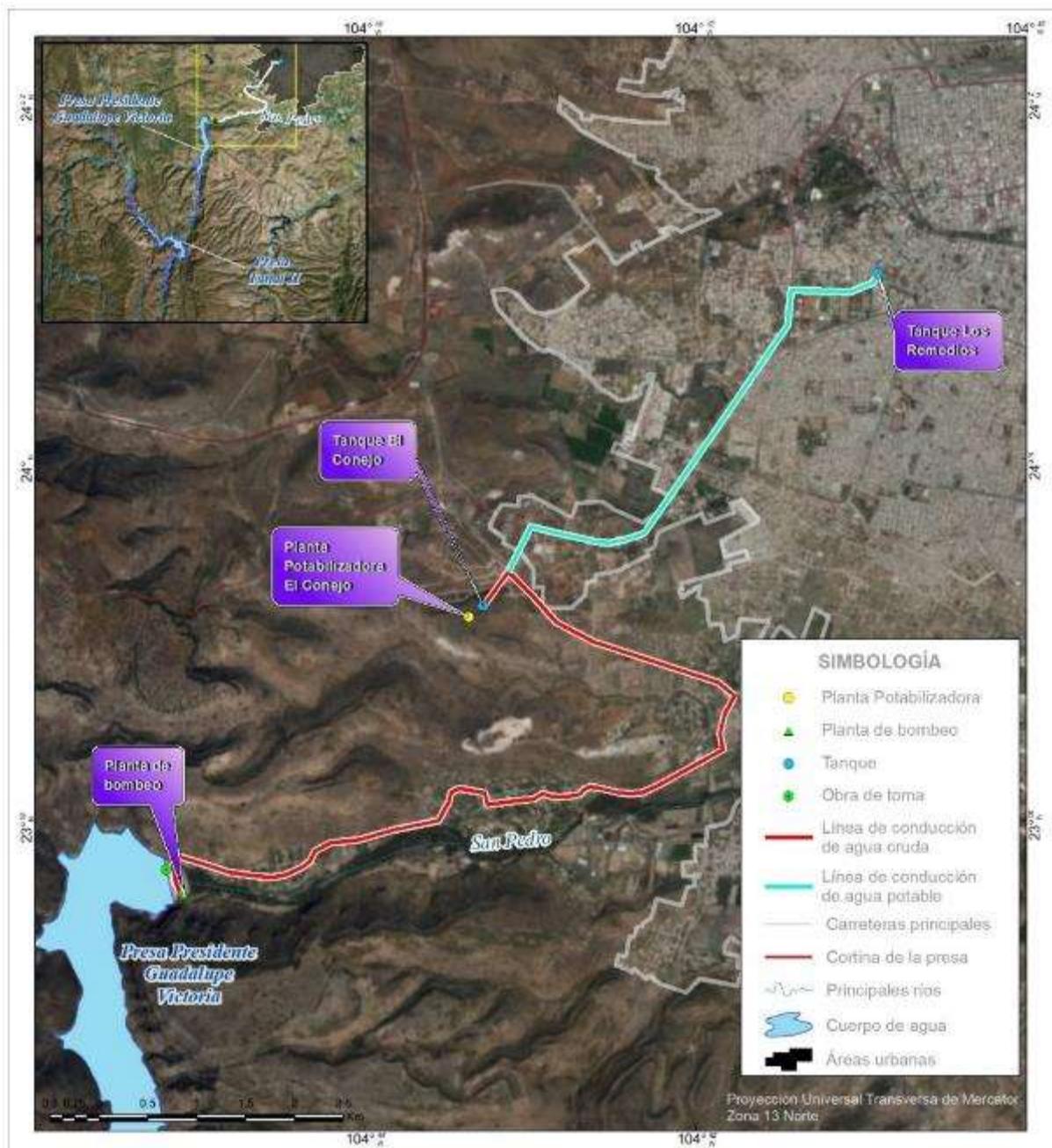
Una vez terminada la cortina se tatará uno de los conductos y el segundo será utilizado como DESAGÜE DE FONDO, al cual se le instalará una compuerta deslizante de 3.00 x 3.00 m realizando las adecuaciones necesarias al ducto de 3.00 x 6.00 m.

La compuerta está diseñada para resistir una carga hidráulica hasta el NAMO, pero el mecanismo operador de la hoja de la compuerta se localiza en la elevación 2030 msnm que es el piso de la corona. Dicho mecanismo podrá ser operado cuando el nivel del agua se encuentre en el NAMÍN ubicado en la elevación 1981.30 msnm.

Obra de toma. La presa el Tunal II tendrá una sola Obra de Toma, el eje de la obra de toma estará ubicado en la elevación 1978.50 msnm, lo cual permitirá pasar el gasto de agua al segundo vaso de almacenamiento denominado Guadalupe Victoria. La Obra de Toma de la segunda presa extraerá la misma cantidad de agua de la presa El Tunal II y el caudal adicional correspondería de la captación de la presa Guadalupe Victoria.

El agua de la presa El Tunal II, no se almacenará en la presa Guadalupe Victoria, sino que sólo pasará por este almacenamiento.

Figura 19. Presa Tunal II y obras complementarias



Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de la Comisión del Agua del Estado de Durango.

Vertedor de excedencias. El vertedor de excedencias se encuentra alojado en el cuerpo de la cortina, este vertedor es de tipo cresta libre de eje recto con las siguientes características:

- Gasto de descarga 2,200.00 m³/s
- Longitud de la cresta vertedora 52.00 m.
- Elevación de la cresta vertedora 2021.00 msnm
- Carga sobre el vertedor 7.27 m.

La sección vertedora, cuenta con un canal de descarga está formado por un cimacio con un perfil tipo Creager, el ancho de la sección es variable ya que va de 52.00 m en la cresta del vertedor y reduce a 34.00 m al pie del canal de descarga. El perfil tipo Creager está ligado a un talud de 0.8:1 aguas debajo de la sección.

Este canal de descarga cuenta con dos aireadores en forma natural. Como estructura terminal se proyectó un salto de esquí, que servirá para depositar el flujo del agua del vertedor hacia aguas abajo de la presa, ya que, por sus condiciones geológicas, es suficiente para disipar la energía provocada por la velocidad del agua hasta su punto de impacto en el lecho del río.

2. Planta Potabilizadora “Los Conejos”

Una vez que el agua llegue al tanque de la planta potabilizadora “Los Conejos”, esta será mejorada en su calidad en la Planta Potabilizadora “Los Conejos”, que cuenta con una capacidad instantánea de tratamiento de 2,700 l/s; en seguida será conducida a través de un acueducto por gravedad hacia la Ciudad de Durango.

3. Obra de toma

Se requiere hacer la interconexión entre la presa Guadalupe Victoria y la planta de bombeo, a través unas líneas de conducción de 56 y 64” de diámetro y una válvula de mariposa de 60” de diámetro.

4. Planta de bombeo

Por medio de la planta de bombeo con capacidad de 2,700 l/s, se imprime al agua una presión de 92.5 metros de columna de agua, para su envío a través de un acueducto a presión de 10.4 km hasta el tanque de aguas crudas y la planta potabilizadora “Los Conejos”.

5. Acueductos

Se requiere concluir dos conducciones, una a presión de 9.7 km que partiría de la planta de bombeo hacia la planta potabilizadora y un acueducto por gravedad de 7.1 km que parte de la planta potabilizadora “Los Conejos” hasta el tanque de almacenamiento “Los Remedios”.

En la tabla siguiente se presentan los costos de inversión para la construcción de la presa y de las obras complementarias.

Tabla 46. Inversión inicial social de la Alternativa 2: presa El Tunal II y obras complementarias (\$de 2019)

| Concepto | Importe sin IVA (\$) | Importe con IVA (\$) |
|--|----------------------|----------------------|
| PRESA TUNAL II | | |
| Obra civil en la cortina | 1,423,428,892 | 1,651,177,515 |
| Obra civil en la obra de desvío | 145,422,415 | 168,690,001 |
| Obra electromecánica | 19,160,458 | 22,226,131 |
| Línea eléctrica en media tensión | 1,014,150 | 1,176,414 |
| Tratamiento de la cimentación | 26,094,865 | 30,270,043 |
| Instrumentación de la cortina | 1,649,740 | 1,913,698 |
| Camino de acceso a la cortina, bancos de materiales y campamento de obra | 7,951,311 | 9,223,521 |
| Subtotal Presa Tunal II | 1,624,721,831 | 1,884,677,324 |
| | 0 | |
| Supervisión de la obra | 81,236,092 | 94,233,866 |
| Medidas compensatorias | 76,894,159 | 89,197,225 |
| Costo del terreno | 310,000,000 | 310,000,000 |
| Subtotal costos asociados presa Tunal II | 468,130,251 | 493,431,091 |
| | 0 | |
| Total presa Tunal II | 2,092,852,082 | 2,378,108,415 |
| | | |
| PLANTA POTABILIZADORA | 0 | |
| Arreglo de conjunto y reja perimetral | 12,015,057 | 13,937,466 |
| Estructuras | 388,785,511 | 450,991,193 |
| Edificios y casetas | 32,750,024 | 37,990,028 |
| Líneas de interconexión | 11,331,048 | 13,144,016 |
| Instalaciones eléctricas generales | 9,981,384 | 11,578,406 |
| Instalaciones y equipos mecánicos | 14,168,344 | 16,435,279 |
| Supervisión de la obra | 23,451,568 | 27,203,819 |
| Total planta potabilizadora | 469,031,369 | 571,280,208 |
| | | |
| OBRA DE TOMA | | |
| Línea de conducción | 4,536,046 | 5,261,814 |
| Válvulas | 22,329,216 | 25,901,891 |
| Atraques y cajas | 1,634,046 | 1,895,493 |
| Supervisión de la obra | 1,424,965 | 1,652,960 |
| Total obra de toma | 28,499,309 | 34,712,158 |
| | | |
| PLANTA DE BOMBEO | | |
| Proyecto estructural | 8,813,409 | 10,223,554 |
| Proyecto arquitectónico | 3,569,295 | 4,140,382 |
| Proyecto eléctrico | 5,263,037 | 6,105,123 |
| Proyecto mecánico | 28,450,200 | 33,002,232 |
| Supervisión de la obra | 2,304,797 | 2,673,565 |

| Concepto | Importe sin IVA (\$) | Importe con IVA (\$) |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Total planta de bombeo | 46,095,941 | 56,144,856 |
| ACUEDUCTOS | | |
| Acueducto a presión | 205,862,326 | 238,800,298 |
| Acueducto a gravedad | 39,607,325 | 45,944,497 |
| Supervisión de la obra | 12,273,483 | 14,237,240 |
| Total acueductos | 245,469,651 | 298,982,035 |
| Total | 2,921,403,164 | 3,339,227,670 |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

Los costos sociales de operación y mantenimiento se muestran en la tabla siguiente. Estos costos fueron obtenidos a partir del proyecto ejecutivo y de datos paramétricos obtenidos de otros proyectos similares.

Cabe señalar que sí bien las obras complementarias son necesarias para que el agua captada del río El Tunal llegué a la ciudad de Durango, dicha infraestructura servirá para manejar el caudal combinado de las presas Tunal II y Guadalupe Victoria, por lo cual de los costos de operación determinados para dichas obras sólo se considerará un 53% que es la aportación de caudales que tendrá la presa Tunal II.

Tabla 47. Costos sociales de operación y mantenimiento de la Alternativa 2: Presa El Tunal II (\$ de 2019)

| Conceptos | Costo anual |
|------------------------------|-------------------|
| Presa El Tunal II | |
| Personal | 1,915,200 |
| Mantenimiento | 29,393,967 |
| Energía eléctrica | 673,483 |
| Reposición de maq. y equipo | 1,008,730 |
| Subtotal | 32,991,381 |
| Planta Potabilizadora | |
| Personal | 1,691,760 |
| Mantenimiento | 4,971,733 |
| Energía eléctrica | 563,724 |
| Reposición de maq. y equipo | 375,461 |
| Productos químicos | 6,540,192 |
| Cloro | 2,320,202 |
| Subtotal | 16,463,072 |
| Obra de toma | |
| Mantenimiento | 302,093 |
| Subtotal | 302,093 |
| Planta de bombeo | |
| Personal | 338,352 |
| Mantenimiento | 187,045 |
| Energía eléctrica | 21,458,896 |
| Reposición de maq. y equipo | 753,930 |
| Subtotal | 22,738,223 |

| Conceptos | Costo anual |
|---|-------------------|
| Acueductos | |
| Mantenimiento | 2,601,978 |
| Subtotal | 2,601,978 |
| | |
| Total de costos variables | 31,556,498 |
| Total de costos fijos | 43,540,249 |
| Total de costos de operación y mantenimiento | 75,096,747 |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

El periodo de vida útil de la alternativa está limitado por la duración de los materiales de la infraestructura que se construirá, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el periodo de diseño. En el Libro 4 del Manual de Agua Potable. Alcantarillado y Saneamiento, se indica que el periodo de diseño de un embalse es de hasta 50 años. Por lo anterior y para fines de evaluar la alternativa, se establece una vida útil de 30 años, a partir de que se termina el Proyecto.

Alternativa 3: Instalación de plantas de nanofiltración a pie de pozo para remover flúor y arsénico

“Existe una gran variedad de tecnologías que permiten remover el fluoruro y el arsénico del agua, ya sea de forma separada o simultáneamente, en función de los demás componentes de la misma. También se puede seleccionar la que se adapte mejor a comunidades urbanas o rurales, a escala doméstica o centralizada.

Los sistemas para uso doméstico (intra-domiciliarios) son de fácil operación y en general utilizan filtros con material adsorbente; sin embargo, su principal desventaja es que se deja en manos del usuario la responsabilidad del buen uso del dispositivo.

Existen sistemas centralizados son administrados por los organismos operadores de agua dependientes de los municipios y como su nombre lo indica, son potabilizadoras que proporcionan el servicio a una comunidad, a una o a varias colonias. Su principal ventaja es que el control de la operación de las mismas, de la calidad del agua que se distribuye a la población y del manejo de los residuos, es más sencillo y confiable; sin embargo, cualquier falla repercute en toda el agua tratada.

De todas las tecnologías mencionadas, las que tienen más posibilidad a corto plazo de aplicarse en México para sistemas centralizados son las siguientes: 1) filtración directa para remover arsénico a concentraciones inferiores a los 0.150 mg/L, 2) clarificación convencional, con coagulantes a base de hierro para arsénico o de aluminio para fluoruros, 3) membranas de nanofiltración para remover a los dos contaminantes juntos, pero con concentraciones de fluoruros por debajo de los 6 mg/L aproximadamente; y 4) ósmosis inversa para un amplio rango de concentraciones de los dos contaminantes, pero con los

costos más elevados de todas las anteriores. Otra tecnología que podría llegar a ser competitiva, con los contaminantes juntos o por separado, es la adsorción, siempre y cuando se desarrollen medios en el país que permitan disminuir los costos.

Es importante señalar que en las últimas décadas se han realizado una gran cantidad de estudios a nivel científico y tecnológico para la remoción de ambos contaminantes. Se ha buscado disminuir costos y simplificar los sistemas con el objetivo de ser usados a diferentes escalas, principalmente en comunidades rurales y/o a nivel casero o familiar. Algunos de estos desarrollos, los cuales todavía no compiten en costos con los tradicionales, pero que pueden ser mencionados, son: la fotocatalisis solar y la biorremediación a través de humedales de tratamiento para la remoción de arsénico, así como la adsorción con nanomateriales y la destilación solar para la eliminación de ambos contaminantes.”

Como se menciona en los párrafos anteriores, existen muchas tecnologías que pueden ser aplicadas para la remoción de arsénico y flúor, sin embargo, en México todavía falta mucho trabajo por hacer para determinar a escala piloto la eficiencia de las tecnologías estudiadas.

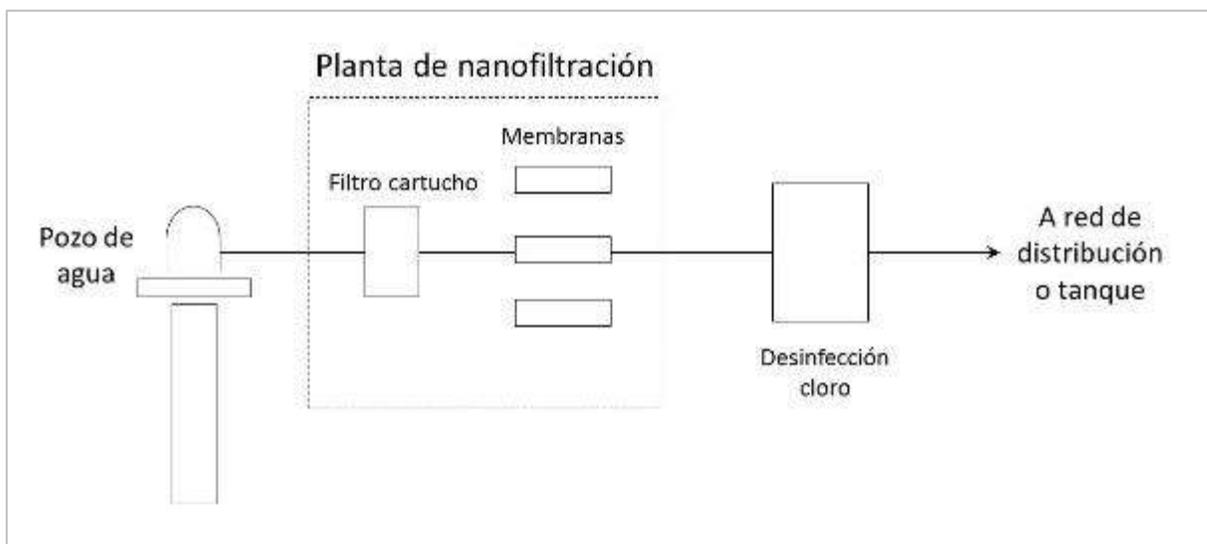
Hay lugares en el país en los que se han instalado plantas o filtros a pie de pozo, pero estos tienen como objetivo primordial la remoción de arsénico, y en algunos casos, considera el control de otros parámetros como sulfatos, dureza total, sólidos disueltos totales, sodio y turbiedad. En la Región Lagunera se instalaron filtros a pie de pozo con nanofiltración para pozos que indicaba concentración de flúor de hasta 2 mg/L; en el caso de un pozo con flúor superior a 3 mg/L se utilizó filtración convencional + nanofiltración.

Conforme a información del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) una planta de nanofiltración podrá remover las concentraciones de flúor y arsénico presentes en las aguas extraídas del acuífero del Valle de Guadiana.

La nanofiltración es el proceso mediante el cual se hace pasar un fluido a través de una membrana semipermeable a una determinada presión de forma que se produce una separación basada en el tamaño de las moléculas que pueden atravesar dicha membrana (entre 0.001 y 0.01 mm). Se obtienen dos corrientes del fluido de entrada: el permeado, que es el fluido que ha pasado a través de la membrana y al cual se le han retirado los componentes cuyo peso molecular es mayor que el tamaño de poro de la membrana, y el concentrado, que es la que corresponde al fluido que no ha atravesado la membrana y que concentra los componentes de la corriente principal.

En la siguiente figura se presenta un esquema de cómo funcionará el tratamiento en los pozos elegidos.

Figura 20. Esquema de operación de la Alternativa 3



Fuente: Elaboración del consultor con base en la información de la Comisión del Agua del Estado de Durango.

El costo del tratamiento del agua mediante membranas considera los siguientes insumos:

Anti incrustante. El reactivo anti incrustante evitará la formación de incrustaciones minerales en el lado del rechazo de las membranas.

Reactivos de limpieza. En un sistema bien diseñado, las membranas están sujetas a un ensuciamiento moderado por su uso y requieren una limpieza química aproximadamente cada 3 meses. La limpieza química está definida por el tipo de agua tratada y por el material de las membranas.

Membranas. Una membrana de nanofiltración debe tener una vida útil de 5 años. Las membranas de separación son películas fabricadas con polímeros y de un espesor de micras. La forma en que estas membranas trabajan es reduciendo su espesor, lo que reduce la presión que se debe aplicar mediante la membrana y se logra un flujo determinado.

Filtros cartucho. Los filtros cartucho se utilizan como protección de las membranas, su función es retener partículas sólidas que no hayan sido removidas por el pre tratamiento (en caso de existir), especialmente aquellas de carácter abrasivo que pudieran rasgar a las membranas. El consumo de cartuchos filtrantes será igual independientemente del tipo de membranas que se utilice.

Reactivos para remineralización del agua. El permeado de las membranas de nanofiltración con mayor rechazo nominal, contiene pocos sólidos disueltos totales, entre otras cosas se refleja en baja alcalinidad y por ello el agua es corrosiva. Así, es necesario remineralizar el agua a fin de que pueda ser distribuida en un sistema municipal sin riesgo de corroer la infraestructura. El permeado que se produce con las membranas de nanofiltración con rechazo nominal de 70% (de NaCl) tiene otra condición, la concentración de bicarbonatos es suficiente para que el agua no resulte corrosiva y por lo mismo no requiere de remineralización.

Energía eléctrica. Independientemente del tipo de membranas que se utilice hay un consumo de energía asociado con el tratamiento del agua. La magnitud del consumo es proporcional a la presión de operación y esta se define en función del rechazo nominal de la membrana: a mayor rechazo mayor presión de operación.

Los costos obtenidos por el IMTA para plantas de nanofiltración son de 4.3 \$/m³ para la operación y 1.2 \$/m³ para el mantenimiento. En cuanto a la inversión requerida para la construcción de las plantas, de acuerdo con el caudal de tratamiento se establece un costo aproximado para su construcción, mismo que se puede observar en la tabla 107.

Cabe comentar que con este tipo de tratamiento hay un rechazo de agua, es decir no se puede aprovechar el 100% del agua tratada; conforme a los estudios realizados y verificados por el IMTA, en plantas de nanofiltración con membranas con rechazo nominal del 90% de NaCl (Cloruro de sodio) se ofrece un 97% de remoción de fluoruros, pero, se produce una alta concentración de sílice en el agua que rechaza la membrana, por lo cual sólo se puede aprovechar el 65% del agua extraída. Por lo anterior, por cada metro cúbico tratado se tendrá que 630 litros podrán ser aprovechados al tener una concentración de flúor dentro de la norma.

Considerando el punto anterior y con la finalidad de contar con un volumen de agua similar al proporcionado por las otras alternativas, se deberá dar tratamiento a un volumen de agua superior a los 42 Mm³. Otro factor para considerar al elegir los pozos en donde se instalarán las plantas es la concentración de contaminantes, es decir se seleccionarán aquellos pozos cuya concentración de flúor y arsénico sean muy altas. En la siguiente tabla se presentan los costos de inversión, operación y mantenimiento que se tendrán por la instalación de plantas de nanofiltración en pozos de agua subterránea.

Tabla 48. Costos para remoción de arsénico y flúor a pie de pozo (\$de 2019)

| N° pozo | Nombre | Gasto medio (l/s) | Producción anual (m3) | Arsénico (mg/l) | Fluoruro (mg/l) | Costo instalación filtro (\$) | Costo mantenimiento (\$) | Costo operación (\$) |
|---------|--------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|
| 6 | Sistema Gabino Santillán | 34.08 | 1,074,681 | 0.02 | 5.20 | 29,600,000 | 1,287,609 | 4,610,470 |
| 9 | Huizache I | 18.54 | 584,716 | 0.03 | 5.20 | 19,740,000 | 700,566 | 2,508,480 |
| 17 | Las Bugambilias | 17.59 | 554,758 | 0.03 | 5.20 | 19,740,000 | 664,672 | 2,379,956 |
| 56 | Factor I | 16.76 | 528,566 | 0.03 | 5.20 | 19,740,000 | 633,291 | 2,267,591 |
| 88 | San Juan | 12.36 | 389,918 | 0.04 | 5.20 | 9,870,000 | 467,173 | 1,672,780 |
| 19 | Integral Poniente | 47.77 | 1,506,608 | 0.03 | 5.10 | 39,470,000 | 1,805,113 | 6,463,471 |
| 89 | Bicentenario | 18.32 | 577,757 | 0.04 | 5.10 | 19,740,000 | 692,229 | 2,478,626 |
| 62 | Bosques del Valle | 22.06 | 695,622 | 0.04 | 4.90 | 19,740,000 | 833,446 | 2,984,275 |
| 55 | Los Fresnos | 42.06 | 1,326,430 | 0.02 | 4.80 | 29,600,000 | 1,589,237 | 5,690,495 |
| 76 | El Ciprés | 31.36 | 988,882 | 0.03 | 4.80 | 29,600,000 | 1,184,810 | 4,242,385 |
| 69-A | Juana Villalobos "A" | 32.13 | 1,013,300 | 0.02 | 4.80 | 29,600,000 | 1,214,066 | 4,347,138 |
| 14 | C.B.T.I.S 89 | 32.66 | 1,029,867 | 0.03 | 4.70 | 29,600,000 | 1,233,916 | 4,418,214 |
| 58 | Villas del Guadiana II | 33.61 | 1,059,880 | 0.03 | 4.70 | 29,600,000 | 1,269,875 | 4,546,972 |
| 5 | Sistema Gabino Santillán | 19.36 | 610,688 | 0.02 | 4.60 | 19,740,000 | 731,684 | 2,619,902 |
| 59 | Azcapotzalco | 47.90 | 1,510,514 | 0.03 | 4.40 | 39,470,000 | 1,809,794 | 6,480,230 |
| 72 | Luz y Esperanza | 18.91 | 596,302 | 0.03 | 4.40 | 19,740,000 | 714,448 | 2,558,186 |
| 78 | San Luis | 42.22 | 1,331,294 | 0.02 | 4.40 | 39,470,000 | 1,595,065 | 5,711,360 |
| 81 | Morelos Sur | 33.27 | 1,049,221 | 0.02 | 4.40 | 29,600,000 | 1,257,104 | 4,501,242 |
| 4 | Sistema Gabino Santillán | 60.72 | 1,914,882 | 0.04 | 4.30 | 49,350,000 | 2,294,279 | 8,215,000 |
| 24 | López Portillo | 54.07 | 1,705,063 | 0.04 | 4.30 | 39,470,000 | 2,042,889 | 7,314,859 |
| 39 | Fidel Velázquez I | 21.72 | 684,926 | 0.03 | 4.30 | 19,740,000 | 820,631 | 2,938,389 |
| 60 | Niños Héroes | 23.25 | 733,290 | 0.02 | 4.30 | 19,740,000 | 878,577 | 3,145,872 |
| 3 | Sistema Gabino Santillán | 23.75 | 749,129 | 0.03 | 4.20 | 19,740,000 | 897,554 | 3,213,824 |
| 42 | Fracc. Guadalupe | 43.48 | 1,371,123 | 0.03 | 4.20 | 39,470,000 | 1,642,785 | 5,882,231 |
| 49 | San Pedro | 67.32 | 2,123,033 | 0.04 | 4.20 | 49,350,000 | 2,543,672 | 9,107,986 |
| 3 | Sistema Ferrería | 32.08 | 1,011,728 | 0.03 | 4.10 | 29,600,000 | 1,212,183 | 4,340,398 |
| 36 | Sahuatoba | 27.38 | 863,568 | 0.03 | 4.10 | 19,740,000 | 1,034,668 | 3,704,778 |
| 70 | Valle del Sur | 63.78 | 2,011,355 | 0.03 | 4.10 | 49,350,000 | 2,409,867 | 8,628,878 |
| 80 | Pamy | 29.09 | 917,233 | 0.03 | 4.10 | 29,600,000 | 1,098,965 | 3,935,005 |
| 91 | Sahuatoba II | 23.32 | 735,275 | 0.04 | 4.10 | 19,740,000 | 880,956 | 3,154,391 |
| 26 | Explanada | 57.09 | 1,800,261 | 0.03 | 4.00 | 49,350,000 | 2,156,948 | 7,723,267 |
| 61 | Fidel Velázquez II | 35.35 | 1,114,842 | 0.03 | 4.00 | 29,600,000 | 1,335,727 | 4,782,764 |
| 67 | Jardines de Durango II | 88.90 | 2,803,426 | 0.03 | 4.00 | 69,070,000 | 3,358,872 | 12,026,927 |
| 6 | Juan De La Barrera | 40.85 | 1,288,253 | 0.020 | 3.9 | 29,600,000 | 1,543,496 | 5,526,711 |
| 7 | Sistema Gabino Santillán | 85.87 | 2,708,152 | 0.020 | 3.9 | 69,070,000 | 3,244,720 | 11,618,193 |
| 33 | Tapias | 54.10 | 1,706,250 | 0.020 | 3.9 | 39,470,000 | 2,044,311 | 7,319,952 |
| 40 | Gpe. Victoria Infonavit | 46.48 | 1,465,728 | 0.025 | 3.9 | 39,470,000 | 1,756,134 | 6,288,094 |
| 64 | San Carlos | 42.21 | 1,330,988 | 0.030 | 3.9 | 39,470,000 | 1,594,698 | 5,710,048 |
| 65 | Armando del Castillo | 83.67 | 2,638,730 | 0.025 | 3.9 | 59,200,000 | 3,161,544 | 11,320,368 |
| | Total | 1,525.44 | 48,106,238.37 | | | 1,282,850,000 | 57,637,576 | 206,379,707 |

Fuente: Elaboración del consultor con datos del IMTA.

Por otra parte, también se deben considerar como costos de inversión los generados por la realización de los proyectos ejecutivos para el diseño de las plantas de nanofiltración e instalaciones complementarias, así como y los costos para la rehabilitación de fuentes y equipos de bombeo con la finalidad de que se haga la correcta conexión entre el pozo y la planta. Considerando lo anterior, en la siguiente tabla se resumen los costos de inversión y operación de la alternativa 3.

Tabla 49. Costos de inversión Alternativa 3. Instalación de plantas de nanofiltración (\$ de 2019)

| Conceptos | Monto (\$) |
|---|----------------------|
| Proyectos ejecutivos | 663,000 |
| Rehabilitación de fuentes y equipos de bombeo | 9,750,000 |
| Instalación de plantas | 1,282,850,000 |
| Total | 1,293,263,000 |

Fuente: Elaboración del consultor con datos del IMTA.

En la siguiente tabla se indican los costos de operación de la alternativa 3. Estos costos fueron estimados a partir de datos paramétricos obtenidos de otros proyectos similares.

Tabla 50. Costos de operación Alternativa 3. Instalación de plantas de nanofiltración (\$ de 2019)

| Conceptos | Monto (\$) |
|------------------|-------------|
| Año 2021 | 65,538,443 |
| Año 2022 | 141,104,420 |
| Año 2023 | 209,959,220 |
| Año 2024 al 2053 | 264,017,282 |

Fuente: Elaboración del consultor con datos del IMTA.

El periodo de vida útil del Proyecto está limitado por la duración de los materiales de la infraestructura que se construirá, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el período de diseño. En el Libro 4 del Manual de Agua Potable. Alcantarillado y Saneamiento, se indica que la obra civil de un planta potabilizadora es de 40 años, mientras que el equipo electromecánico puede durar de 15 a 20 años.

Considerando lo anterior y para fines de evaluar la alternativa, se establece una vida útil será de 30 años, a partir de que se termina el Proyecto.

IV.2 Alternativa más conveniente

La determinación de la alternativa del proyecto socioeconómicamente más conveniente de ejecutar tomó en cuenta los indicadores que representen el menor costo para la sociedad, en este caso el que reporte el menor costo anual equivalente (CAE). Cabe comentar, que como las alternativas no proporcionan el mismo volumen de agua; el costo anual equivalente (CAE) de los proyectos se dividió entre los metros cúbicos producidos por de cada alternativa para obtener un CAE por metro cúbico.

Debido al monto de inversión y las características técnicas de las alternativas, la ejecución en un solo ejercicio presupuestal no es factible por lo que dichas inversiones se programaron para ejecutarse hasta en cuatro (4) años, conforme a lo señalado en la siguiente tabla.

Tabla 51. Programa de inversiones de alternativas

| Alternativa | Costo social por ejercer (\$ de 2019) | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
| 1: Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago | 715,782,727 | 1,635,624,363 | 1,676,271,035 | 1,048,085,358 | 5,075,763,484 |
| 2: Presa El Tunal II | 641,244,304 | 1,093,309,462 | 752,157,570 | 434,691,829 | 2,921,403,164 |
| 3, Plantas de nanofiltración | 352,293,000 | 367,390,000 | 326,900,000 | 246,680,000 | 1,293,263,000 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Por otra parte, los costos de operación y mantenimiento son los siguientes. Las primeras dos alternativas entrarán en operación hasta el año 2024, mientras que la alternativa de la pantas de nanofiltración podrá empezar a operar desde el año 2021.

Tabla 52. Costos de operación y mantenimiento en alternativas

| Costo social por ejercer (\$ de 2019) | | |
|---|--|--|
| Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| 721,231,831 Año 5 en adelante (2024) | 75,096,747 Año 5 en adelante (2024) | 65,538,443 Año 2021 Incrementándose hasta llegar al 264,017,282 Año 5 en adelante (2024) |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

Una vez definidos los costos sociales de inversión y de operación, se procedió a la determinación del Costo Anual Equivalente (CAE) de cada alternativa planteada, considerando una tasa social de descuento de 10% (establecida por la Unidad de Inversiones con el Oficio Circular No. 400.1.410.14.009, de fecha 13 de enero de 2014).

Por otra parte, se tomó en cuenta el volumen de agua que la alternativa proporcionará a la Ciudad de Durango para obtener el costo por metro cúbico. Para la alternativa 3, el volumen es menor al indicado en la tabla 107, debido a que como se indicó una vez tratada el agua de los pozos, sólo podrá aprovechar el 63% del agua extraída. Los resultados de dicho cálculo se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 53. CAE y \$/m3 de las alternativas (\$ de 2019)

| Alternativa | Indicador | Datos | Unidad |
|--|----------------------|----------------------|--------------|
| 1. Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago | VP _{Costos} | 9,483,686,379 | pesos |
| | Vida útil | 30 | años |
| | CAE | 1,006,022,322 | pesos |
| | Volumen anual | 34,689,600 | m3 |
| | Costo por m3 | 29.00 | \$/m3 |
| 2. Presa El Tunal II | VP _{Costos} | 3,115,248,973 | pesos |
| | Vida útil | 30 | años |
| | CAE | 330,463,269 | pesos |
| | Volumen anual | 30,000,000 | m3 |
| | Costo por m3 | 11.02 | \$/m3 |
| 3. Instalación de plantas de nanofiltración a pie de pozo para remover flúor y arsénico | VP _{Costos} | 3,345,648,249 | pesos |
| | Vida útil | 30 | años |
| | CAE | 354,903,851 | pesos |
| | Volumen anual | 30,330,983 | m3 |
| | Costo por m3 | 11.70 | \$/m3 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Desde el punto de vista técnico, las tres alternativas propuestas son factibles ya que existe la tecnología y mano de obra con la cual se puedan construir los componentes, así como para llevar a cabo su operación. Sin embargo, de manera particular a continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Tabla 54. Ventajas y desventajas de las alternativas de abastecimiento

| Alternativa | Ventajas | Desventajas |
|---|--|---|
| 1: Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago | <ul style="list-style-type: none"> • El de Tepehuanes es el acuífero con disponibilidad más cercano a la Ciudad de Durango • El agua extraída presenta hasta el momento, calidad dentro de los límites permitidos • Se cuenta con suministro de energía eléctrica • Existen fuentes de energía alternativa para asegurar el suministro de agua • Se cuenta con vías de acceso al sitio de Proyecto en cualquier época del año | <ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con proyecto ejecutivo • Es incierto el número de pozos a perforar con éxito • Por las características orográficas de la zona de explotación y el trazo de la línea de conducción, será necesario construir estructuras especiales para cruzar arroyos y grandes declives • Se requiere la construcción de un número no determinado de estaciones de rebombear • Riesgo de encontrar mayores concentraciones de sales y minerales fuera de norma al proponerse un mayor número de perforaciones a las ya existentes • Se requiere de elementos adicionales para llevar a cabo el monitoreo y seguridad de la infraestructura • Se requieren numerosas gestiones para lograr obtener el permiso de cruce y servidumbre de paso para más de 150 km de conducción principal • Se requiere la elaboración del manifiesto de impacto ambiental y cambio de uso de suelo, tanto para la zona de captación como la línea de conducción |

| | | |
|--|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • A pesar de que existe volumen disponible, se requiere la autorización de la CONAGUA para llevar a cabo las perforaciones para contar con los pozos |
| 2: Presa El Tunal II | <ul style="list-style-type: none"> • El agua superficial presenta mejores parámetros de calidad • Disponibilidad de agua los 365 días por los próximos 50 años • Recuperación gradual del acuífero Valle del Guadiana • Proyecto dimensionado para no afectar los volúmenes ya comprometidos para los diferentes usos • Ahorro energético • Fácil acceso a los sitios de la infraestructura • Disponibilidad en las cercanías de los bancos de materiales requeridos para la construcción de la cortina a base de concreto rodillado • Volumen de agua disponible en la cuenca • Se amplía la vida útil de la presa Guadalupe Victoria | <ul style="list-style-type: none"> • Se deberán realizar acciones compensatorias para mitigar el cambio de uso de suelo |
| Alternativa 3: Instalación de plantas de nanofiltración a pie de pozo para remover flúor y arsénico | <ul style="list-style-type: none"> • Se entregará con concentraciones arsénico y flúor que estén dentro de la normatividad • El paro de una planta no afecta la operación del sistema completo • Se puede hacer el diseño de la planta conforme a las condiciones de espacio y concentraciones específicas de otros elementos • La instalación y puesta en marcha de la infraestructura se puede hacer por etapas. | <ul style="list-style-type: none"> • No se tiene antecedentes de concentraciones similares de arsénico y flúor en otros lugares del país, por lo que para la puesta en marcha se puede requerir de pruebas piloto que retrasen la entrada en operación o modifiquen la tecnología o diseño de la planta • Puede no tenerse el espacio suficiente en el inmueble del pozo para la instalación de la planta • Los consumos de energía eléctrica pueden modificar la tarifa que actualmente se tiene • Puede haber un notable incremento de los costos para la toma y análisis de muestras de agua potable • Se pierde un 35% del agua extraída por el tipo de tratamiento, por lo cual las pérdidas físicas se incrementarían, reduciendo el consumo en la toma o bien se tendría que incrementar la producción de agua para mantener el consumo ofertado • Alto impacto ambiental por el tratamiento del agua de rechazo • Los costos de la alternativa se incrementan al considerar los costos de operación de los pozos y para el manejo y tratamiento del agua de rechazo |

Fuente: Elaboración del consultor.

El análisis técnico de las alternativas hace ver con demasiadas desventajas la importación de agua de otro acuífero, sobre todo por la distancia a la que hay que operar la infraestructura; con relación a la alternativa de instalación de plantas de nanofiltración la desventaja principal se presenta al considerar que sólo se puede aprovechar el 63% del agua tratada, es decir las pérdidas físicas del sistema se incrementarían en por lo menos en un 20%. Por otra parte, desde el punto de vista económico, la alternativa 1 y 3 son más cara que la alternativa 2. Por lo anterior, se considera que la **Alternativa 2. Presa El Tunal II**, es el proyecto más conveniente de realizar.

CAPÍTULO 5

V. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

V.1 Análisis de sensibilidad

Se evaluaron los efectos que ocasionaría la modificación de los costos sobre los principales indicadores de rentabilidad del Proyecto. Se consideró el efecto para diferentes variaciones porcentuales, determinando además la variación porcentual con la que el proyecto seleccionado deja de ser la mejor alternativa. (Anexo ACB Tunal II: Sensibilidad).

V.1.1 Incremento en los montos de inversión

De acuerdo con lo presentado en la siguiente tabla, el Proyecto es bastante sensible a variaciones en sus costos de inversión, ya que, al aplicar un incremento mayor a 7.5% la alternativa deja de ser la mejor opción en términos económicos.

Tabla 55. Efectos bajo supuestos de incrementos en costos de inversión.

| Alternativa | Indicador | Unidad | Aumento en inversión | |
|---|----------------------|--------|----------------------|---------------|
| | | | 5.0% | 7.5% |
| 1. Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago | VP _{Costos} | pesos | 9,483,686,379 | 9,483,686,379 |
| | CAE | pesos | 1,006,022,322 | 1,006,022,322 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 29.00 | 29.00 |
| 2. Presa El Tunal II | VP _{Costos} | pesos | 3,244,417,485 | 3,309,139,255 |
| | CAE | pesos | 344,165,368 | 351,031,005 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 11.47 | 11.70 |
| 3. Instalación de plantas de nanofiltración a pie de pozo para remover flúor y arsénico | VP _{Costos} | pesos | 3,345,648,249 | 3,345,648,249 |
| | CAE | pesos | 354,903,851 | 354,903,851 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 11.70 | 11.70 |

Fuente: Elaboración del consultor.

Cabe comentar que, aunque en términos económicos el proyecto deja de ser la mejor opción al comparar los costos por m3 con la alternativa de instalación de plantas de nanofiltración, esta última alternativa genera que las pérdidas físicas en el sistema se incrementen en un 20% debido a que existe un 35% de agua de rechazo al momento de realizar el tratamiento.

V.1.2 Incremento en costos de operación y mantenimiento

En cuanto al análisis con los costos de operación y mantenimiento, esta variable es menos sensible, ya que como se puede observar en la siguiente tabla, al considerar un aumento

por arriba de 36.5% en los costos de operación y mantenimiento, el proyecto deja de ser el más económico.

Tabla 56. Efectos bajo supuestos de incrementos en etapa de operación

| Alternativa | Indicador | Unidad | Aumento en inversión | | |
|--|----------------------|--------|----------------------|---------------|---------------|
| | | | 5.0% | 7.520% | 36.5% |
| 1. Perforación de pozos en el acuífero de Tepehuanes-Santiago | VP _{Costos} | pesos | 9,483,686,379 | 9,483,686,379 | 9,483,686,379 |
| | CAE | pesos | 1,006,022,322 | 1,006,022,322 | 1,006,022,322 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 29.00 | 29.00 | 29.00 |
| 2. Presa El Tunal II | VP _{Costos} | pesos | 3,141,842,911 | 3,221,624,722 | 3,309,139,255 |
| | CAE | pesos | 333,284,334 | 341,747,529 | 351,031,005 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 11.11 | 11.39 | 11.70 |
| 3. Instalación de plantas de nanofiltración a pie de pozo para remover flúor y arsénico | VP _{Costos} | pesos | 3,345,648,249 | 3,345,648,249 | 3,345,648,249 |
| | CAE | pesos | 354,903,851 | 354,903,851 | 354,903,851 |
| | Costo por m3 | \$/m3 | 11.70 | 11.70 | 11.70 |

Fuente: Elaboración del consultor.

V.2 Análisis de riesgos

A continuación, se identifican los principales riesgos asociados al Proyecto en sus etapas de ejecución y operación; dichos riesgos están clasificados con base en la factibilidad de su ocurrencia y se analizan los impactos, así como las acciones necesarias para su mitigación.

La ocurrencia de los riesgos se clasificó de la siguiente manera: Mediana (Mediana probabilidad de ocurrencia); Baja (Baja probabilidad de ocurrencia); y Muy baja (Difícil que ocurra). Cabe señalar que no se identificaron riesgos Altos, es decir que haya una significativa probabilidad de ocurrencia.

Tabla 57. Riesgos para el Proyecto y acciones de mitigación

| Fase de Riesgo | Riesgo | Factibilidad de ocurrencia | Impacto esperado | Acciones de mitigación |
|-----------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|--|
| Diseño y Construcción | No se obtienen permisos y autorizaciones | Medio | Retraso en el inicio de los trabajos | En este punto se tiene la certeza de la cooperación que existe entre los dos ámbitos de gobierno: estatal y municipal, para la ejecución del Proyecto en tiempo y forma. Existen mesas de seguimiento en donde tienen representantes ambos actores |
| Diseño y Construcción | No se cuenta con el terreno o acceso al terreno donde se ejecutarán las obras | Medio | Retraso en el inicio de los trabajos | Tramitar permisos ante quien corresponda y adquirir los terrenos a nombre del Gobierno del Estado. |

| Fase de Riesgo | Riesgo | Factibilidad de ocurrencia | Impacto esperado | Acciones de mitigación |
|-----------------------|---|----------------------------|---|---|
| Diseño y Construcción | Deficiencia en la ejecución de las actividades de construcción | Alto | Modificaciones a la construcción derivadas de modificaciones a las normas. | Buscar oportunamente las actualizaciones a las normas de construcción o reglas de operación. |
| Diseño y Construcción | Deficiente estimación de costos, requerimientos de materiales y mano de obra y de tiempo de construcción. | Alto | Sobrecostos en la ejecución de la obra debido a mayor costo y/o volumen de los insumos. | Acordar anticipadamente con empresas correspondientes, convenios que aseguren por períodos la fijación de precios. |
| Diseño y Construcción | Aumento en el precio de materiales y mano de obra. | Medio | Sobrecostos en la ejecución de la obra debido a un cambio en el precio de los insumos. | Acordar anticipadamente con empresas correspondientes, convenios que aseguren por períodos la fijación de precios. |
| Diseño y Construcción | Molestias durante la construcción | Bajo | Conflictos sociales y paros de las obras | En la zona y predio donde se pretende construir la mayor parte de la obra (presa y potabilizadora), al encontrarse en las afueras de la mancha urbana, no se prevén afectaciones relevantes a la población, que puedan interrumpir la obra o generar costos por externalidades, sin embargo, se planearán acciones de mitigación al respecto. |
| Implementación | No se disponen de los derechos de agua al momento de concluir la obra | Medio | No se podrá disponer del agua requerida para operar el Proyecto y se corre el riesgo de que el Proyecto sea suspendido. | Existe una disposición favorable de los agricultores para la transferencia de agua tratada por agua de primer uso de las presas, para tal efecto, el 1 de febrero de 2013, los representantes del Módulo III Guadalupe Victoria del Distrito De Riego No. 052, A.C. solicitaron formalmente por escrito, a la Comisión Nacional del Agua, autorizar e inscribir a nombre de Aguas del Municipio de Durango (Organismo operador de agua potable de la ciudad), la transmisión parcial y definitiva de los derechos correspondientes a un volumen de 27'000,000 (veintisiete millones de metros cúbicos), provenientes del título de concesión No. 03DGO405203/11ATGC00 para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas superficiales por un volumen de 63'259,000 metros cúbicos anuales, para uso agrícola provenientes de la Presa de Almacenamiento Guadalupe |

| Fase de Riesgo | Riesgo | Factibilidad de ocurrencia | Impacto esperado | Acciones de mitigación |
|----------------|---|----------------------------|--|---|
| | | | | Victoria, ubicada en el municipio de Durango, Durango, emitido a favor de Modulo III Guadalupe Victoria del Distrito de Riego No. 052, A.C., en el entendido de que dicho volumen se pretende aprovechar para uso público urbano en beneficio de los habitantes de la Ciudad de Durango, Durango, a través del programa de Agua para Todos. |
| Implementación | No se hayan terminado las obras complementarias | Medio | No se podrá entregar la oferta a la ciudad de Durango | Preparar las licitaciones y contrataciones correspondientes para que las obras complementarias inicien en los tiempos programados |
| Operación | No se lleven a cabo las medidas compensatorias | Medio | Suspensión temporal o permanente de las obras por no acatar las disposiciones que en la materia haya señalado la autoridad competente. | Se deberán realizar con estricto apego las recomendaciones que se hayan señalado sobre el manejo de flora y fauna nativa y otras medidas compensatorias establecida. |
| Operación | Deficiente estimación de costos, tiempos, requerimientos de materiales y mano de obra para la operación | Bajo | Sobrecosto en la operación del Proyecto debido a mayores costos y/o volumen de los insumos. | Acordar anticipadamente con empresas correspondientes, convenios que aseguren por periodos la fijación de precios, además de aclararse los términos de los contratos. |
| Operación | Cambio en el precio de materiales y mano de obra para el mantenimiento del Proyecto. | Bajo | Sobrecosto en el mantenimiento del Proyecto debido a mayores costos y/o volumen de los insumos. | Acordar anticipadamente con empresas correspondientes, convenios que aseguren por periodos la fijación de precios, además de aclararse los términos de los contratos. |
| Operación | Inconformidad de la sociedad | Medio | Puede ocasionar el paro temporal de algunos componentes del Proyecto. | Llevar a cabo campañas de información para toda la población, antes y durante la ejecución del Proyecto, de tal manera que se informe de los objetivos y beneficios de este y no exista rechazo por el desconocimiento de sus alcances. |
| Operación | Periodo prolongado de sequía | Medio | No se disponga del caudal suficiente para atender la demanda requerida | Elaborar e implementar un Plan de Manejo en la región con la finalidad de ejecutar acciones compensatorias. |
| Operación | Fuga de cloro en la planta potabilizadora (fugas en cilindro o tuberías) | Baja | El impacto de la fuga puede extenderse a la totalidad de la planta potabilizadora y una parte importante de sus colindancias, sin embargo, en estas, no existen localidades, | Implementar las recomendaciones que surgen del Estudio de Riesgo Ambiental. |

| Fase de Riesgo | Riesgo | Factibilidad de ocurrencia | Impacto esperado | Acciones de mitigación |
|----------------|--|----------------------------|--|---|
| | | | sentamientos urbanos o sitios de reunión. | |
| Financieros | No se liberan los recursos presupuestales en tiempo y forma. | Medio | Las obras pueden sufrir retrasos considerables, debido a que la empresa o empresas que están ejecutando los trabajos no tengan la capacidad para financiar los trabajos. | Se deberá considerar como parte de los términos de contratación de las obras, que la o las empresas ganadoras, tenga la capacidad financiera para cubrir las erogaciones del Proyecto en caso de un retraso en la liberación de los recursos. |
| Financieros | Vandalismo y robo en la infraestructura del Proyecto | Bajo | Daño a la infraestructura y en determinado caso el paro en la operación. | Deberá incluirse en alguna parte de los contratos un apartado especial para la reposición inmediata de equipos y reparación de daños, solicitando al contratista, la adquisición de un seguro que proteja por estas causas. |

Fuente: Comisión del Agua del Estado de Durango.

CAPÍTULO 5

VI. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Boischio, Ana. Flúor en el agua de consumo. Nota técnica Criterios de Salud Ambiental 227 – Fluoruro. OMS 2002.
- 2) Calderón-Mólgora, César, y María Laura Quezada-Jiménez, y Norberto Segura Beltrán, y Carlos Hernández Yañez. 2012. "Remoción de arsénico mediante procesos de membrana". *Tecnología y Ciencias del Agua III*: 37-51.
- 3) Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria: Mecanismo de planeación de programas y proyectos de inversión*. 2012.
- 4) Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental*. 2012.
- 5) Chávez Soto, Mónica Judith. Evaluación del riesgo por la presencia de contaminantes en agua destinada al uso y consumo humano del acuífero del Valle de Guadiana. 2010.
- 6) Centro de Investigación en Materiales Avanzados Ambiental, Durango. Niveles históricos de fluoruro y arsénico en pozos de abastecimiento de agua para consumo humano en la Cd. de Durango (2012-2016). 2018.
- 7) Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. 2000. 2017.
- 8) Comisión Nacional del Agua. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Guadiana (1003), Estado de Durango*. 2015.
- 9) Comisión Nacional del Agua. ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican. 2018.
- 10) Comisión Nacional del Agua. Evaluación socioeconómica de Remoción de arsénico en agua suministrada para consumo humana en la Comarca Lagunera mediante filtros a pie de pozo (CG-114).

- 11) Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 2 Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)*.
- 12) Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Libro 4 Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*.
- 13) Comisión Nacional del Agua. Sinopsis del estudio de prospección geohidrológica y caracterización hidrogeoquímica en el Acuífero Valle de Guadiana, Durango. 2005.
- 14) De Victorica Almeida Jorge L. Estudio de tres procesos para la reducción del contenido de fluoruros en aguas de abastecimiento público y su efecto sobre la remoción de arsénico. 2002
- 15) Gobierno Constitucional del Estado de Durango. *Plan Estatal de Desarrollo 2016-2020*.
- 16) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Análisis técnico económico de tecnologías para remoción de fluoruros 2ª parte y evaluación de riesgos a la salud por exposición a fluoruros presentes en agua. Proyecto interno TC1203.1. 2012.
- 17) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución. 2007.
- 18) INTERAPAS. Presentación Calidad del Agua. Zona Metropolitana de San Luis Potosí. 2006.
- 19) Presidencia de los Estados Unidos Mexicanos. *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*.
- 20) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*.
- 21) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT)*.