



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

POTABILIZACIÓN DEL AGUA PARA SUMINISTRO EN LA CIUDAD
DE MÉXICO

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

PRESENTA:

ING. ALEJANDRA CAMPOS LÓPEZ

DIRECTOR DE TESINA: M.I. ALBA BEATRIZ VÁZQUEZ GONZÁLEZ

MÉXICO, D.F.

MAYO 2015

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. POTABILIZACIÓN	4
1.1 <i>Fuentes de suministro</i>	4
1.2 <i>Tratamientos de potabilización más comúnmente empleados</i>	24
1.3 <i>Legislación en materia de agua potable</i>	37
2. CARACTERIZACIÓN REGIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO	52
2.1 <i>Ambiente físico</i>	54
2.2 <i>Características del medio socioeconómico</i>	59
2.3 <i>Servicios</i>	67
2.4 <i>Sistema hidráulico de la Ciudad de México</i>	70
3. PLANTAS DE POTABILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO	74
3.1 <i>Antecedentes</i>	74
3.2 <i>Plantas de potabilización operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>	76
3.3 <i>Plantas de potabilización fuera de operación</i>	210
4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO	228
4.1 <i>Técnico</i>	228
4.2 <i>Económico</i>	241
4.3 <i>Ambiental</i>	243
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	246
BIBLIOGRAFÍA	251
MESOGRAFÍA	252

Índice de figuras

Figura 1.1	Porcentajes fuentes de suministro desde 2001.....	7
Figura 1.2	Dotación de agua en la Ciudad de México.....	9
Figura 1.3	Esquema del Sistema Cutzamala.....	10
Figura 1.4	Gasto suministrado por el Sistema Cutzamala en 2011.....	12
Figura 1.5	Gasto suministrado por el Sistema Lerma al D.F. 2006-2011....	15
Figura 1.6	Sistema de pozos del PAI.....	17
Figura 1.7	Profundidad de los pozos de la Ciudad de México.....	19
Figura 1.8	Esquema de la biodegradación de contaminantes en los biofiltros.....	34
Figura 1.9	Propuesta de tren de tratamiento 1.....	36
Figura 1.10	Propuesta de tren de tratamiento 2.....	36
Figura 1.11	Propuesta de tren de tratamiento 3.....	36
Figura 1.12	Propuesta de tren de tratamiento 4.....	37
Figura 2.1	Ubicación geográfica de las delegaciones políticas de la Ciudad de México.....	53
Figura 2.2	Tipos de climas de la Ciudad de México.....	55
Figura 2.3	Cuerpos de agua ubicados en la Ciudad de México.....	57
Figura 2.4	Zonificación del Valle de México.....	58
Figura 2.5	Crecimiento de la población en la Ciudad de México.....	60
Figura 2.6	Generación de residuos sólidos por delegación.....	68
Figura 3.1	Plantas potabilizadoras en operación D.F. 2006-2014.....	75
Figura 3.2	Ubicación PP Sta. María Aztahuacan.....	76
Figura 3.3	Tren de tratamiento Sta. María Aztahuacan.....	77
Figura 3.4	Vista en planta de la PP Sta. María Aztahuacan.....	79
Figura 3.5	Ubicación PP Sta. Cruz Meyehualco.....	81
Figura 3.6	Tren de tratamiento Sta. Cruz Meyehualco.....	82
Figura 3.7	Vista en planta de la PP Sta. Cruz Meyehualco.....	84
Figura 3.8	Ubicación PP Iztapalapa 8.....	86
Figura 3.9	Tren de tratamiento Iztapalapa 8.....	87
Figura 3.10	Vista en planta de la PP Iztapalapa 8.....	89
Figura 3.11	Ubicación PP Trabajadores del Hierro.....	90
Figura 3.12	Tren de tratamiento Trabajadores del Hierro.....	91
Figura 3.13	Filtro a presión de la PP Trabajadores del Hierro.....	91
Figura 3.14	Ubicación PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	92
Figura 3.15	Tren de tratamiento Acueducto Sierra Santa Catarina.....	93
Figura 3.16	Torres desgasificadora PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	94
Figura 3.17	Unidad de biofiltración PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	94
Figura 3.18	Filtros a presión PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	94
Figura 3.19	Tecnología PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	95
Figura 3.20	Uso de la tecnología en la PP Acueducto Sierra Santa Catarina.....	95
Figura 3.21	Ubicación PP Purísima Democrática.....	96

Figura 3.22	Tren de tratamiento Purísima Democrática.....	97
Figura 3.23	Vista en planta de la PP Purísima Democrática.....	99
Figura 3.24	Ubicación PP Agrícola Oriental.....	100
Figura 3.25	Tren de tratamiento Agrícola Oriental.....	101
Figura 3.26	Vista en planta de la PP Agrícola Oriental.....	103
Figura 3.27	Ubicación PP Purísima Iztapalapa 4.....	105
Figura 3.28	Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 4.....	106
Figura 3.29	Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 4.....	107
Figura 3.30	Ubicación PP Panteón Civil.....	109
Figura 3.31	Tren de tratamiento Panteón Civil.....	110
Figura 3.32	Vista en planta de la PP Panteón Civil.....	111
Figura 3.33	Ubicación PP Iztapalapa 1.....	112
Figura 3.34	Tren de tratamiento Iztapalapa 1.....	113
Figura 3.35	Vista en planta de la PP Iztapalapa 1.....	115
Figura 3.36	Ubicación PP Cerro de la Estrella 2.....	116
Figura 3.37	Tren de tratamiento Cerro de la Estrella 2.....	117
Figura 3.38	Vista en planta de la PP Cerro de la Estrella 2.....	119
Figura 3.39	Ubicación PP Iztapalapa 2.....	120
Figura 3.40	Tren de tratamiento Iztapalapa 2.....	121
Figura 3.41	Vista en planta de la PP Iztapalapa 2.....	122
Figura 3.42	Ubicación PP Granjas San Antonio.....	123
Figura 3.43	Tren de tratamiento Granjas San Antonio.....	124
Figura 3.44	Vista en planta de la PP Granjas San Antonio.....	126
Figura 3.45	Ubicación PP Santa Catarina 11.....	128
Figura 3.46	Tren de tratamiento Santa Catarina 11.....	129
Figura 3.47	Vista en planta de la PP Santa Catarina 11.....	130
Figura 3.48	Ubicación PP Carlos Gracida.....	131
Figura 3.49	Tren de tratamiento Carlos Gracida.....	132
Figura 3.50	Vista en planta de la PP Carlos Gracida.....	133
Figura 3.51	Ubicación PP Purísima 2.....	135
Figura 3.52	Tren de tratamiento Purísima 2.....	136
Figura 3.53	Vista en planta de la PP Purísima 2.....	137
Figura 3.54	Ubicación PP El Sifón.....	138
Figura 3.55	Tren de tratamiento El Sifón.....	139
Figura 3.56	Contenedores destinados a la filtración por zeolita.....	140
Figura 3.57	Tubos de presión.....	140
Figura 3.58	Vista en planta de la PP El Sifón.....	142
Figura 3.59	Ubicación PP Santa Catarina 13.....	143
Figura 3.60	Tren de tratamiento Santa Catarina 13.....	144
Figura 3.61	Vista en planta de la PP Santa Catarina 13.....	145
Figura 3.62	Ubicación PP Santa Catarina 10.....	147
Figura 3.63	Tren de tratamiento Santa Catarina 10.....	148
Figura 3.64	Vista en planta de la PP Santa Catarina 10.....	149
Figura 3.65	Ubicación PP Santa Catarina 4.....	150
Figura 3.66	Tren de tratamiento Santa Catarina 4.....	151
Figura 3.67	Vista en planta de la PP Santa Catarina 4.....	153
Figura 3.68	Ubicación PP Panamericana.....	154
Figura 3.69	Tren de tratamiento Panamericana.....	155

Figura 3.70	Torre de filtros a presión PP Panamericana.....	156
Figura 3.71	Monitoreo de la potabilizadora Panamericana.....	156
Figura 3.72	Ubicación PP Santa Catarina.....	157
Figura 3.73	Tren de tratamiento Santa Catarina.....	158
Figura 3.74	Vista en planta de la PP Santa Catarina.....	160
Figura 3.75	Ubicación PP Río Magdalena.....	162
Figura 3.76	Tren de tratamiento Río Magdalena.....	163
Figura 3.77	Canal Parshall PP Río Magdalena.....	163
Figura 3.78	Tanques sedimentadores PP Río Magdalena.....	163
Figura 3.79	Vista en planta de la PP Río Magdalena.....	164
Figura 3.80	Ubicación PP Cerrillos 3.....	166
Figura 3.81	Tren de tratamiento Cerrillos 3.....	167
Figura 3.82	Vista en planta de la PP Cerrillos 3.....	168
Figura 3.83	Ubicación PP Escudo Nacional 2.....	169
Figura 3.84	Tren de tratamiento Escudo Nacional 2.....	170
Figura 3.85	Vista en planta de la PP Escudo Nacional 2.....	172
Figura 3.86	Ubicación PP La Caldera.....	173
Figura 3.87	Tren de tratamiento La Caldera.....	174
Figura 3.88	Instalaciones PP La Caldera.....	175
Figura 3.89	Ubicación PP Purísima 3-7.....	175
Figura 3.90	Tren de tratamiento Purísima 3-7.....	176
Figura 3.91	Ubicación PP Purísima Iztapalapa 5.....	177
Figura 3.92	Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 5.....	178
Figura 3.93	Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 5.....	178
Figura 3.94	Ubicación PP Viga 2.....	179
Figura 3.95	Tren de tratamiento Viga 2.....	180
Figura 3.96	Vista en planta de la PP Viga 2.....	180
Figura 3.97	Ubicación PP Viga 4.....	181
Figura 3.98	Tren de tratamiento Viga 4.....	181
Figura 3.99	Vista en planta de la PP Viga 4.....	182
Figura 3.100	Ubicación PP Cerrillos 2.....	183
Figura 3.101	Tren de tratamiento Cerrillos 2.....	184
Figura 3.102	Vista en planta de la PP Cerrillos 2.....	184
Figura 3.103	Ubicación PP S-13.....	185
Figura 3.104	Tren de tratamiento S-13.....	186
Figura 3.105	Ubicación PP San Luis Nuevo.....	186
Figura 3.106	Tren de tratamiento San Luis Nuevo.....	187
Figura 3.107	Vista en planta de la PP San Luis Nuevo.....	187
Figura 3.108	Ubicación PP Xaltepec.....	188
Figura 3.109	Tren de tratamiento Xaltepec.....	189
Figura 3.110	Ubicación PP Magdalena Contreras.....	191
Figura 3.111	Tren de tratamiento Magdalena Contreras.....	192
Figura 3.112	Ubicación PP Ciudad Deportiva 2.....	194
Figura 3.113	Tren de tratamiento Ciudad Deportiva 2.....	195
Figura 3.114	Ubicación PP Santa Catarina 8 y 9.....	197
Figura 3.115	Tren de tratamiento Santa Catarina 8 y 9.....	198
Figura 3.116	Ubicación PP La Pastora.....	201
Figura 3.117	Tren de tratamiento La Pastora.....	202

Figura 3.118	Ubicación PP Almoloya del Río.....	206
Figura 3.119	Tren de tratamiento Almoloya del Río.....	207
Figura 3.120	Vista en planta de la PP Almoloya del Río.....	208
Figura 3.121	Ubicación PP San Sebastián Tecoloxtitla.....	210
Figura 3.122	Tren de tratamiento San Sebastián Tecoloxtitla.....	211
Figura 3.123	Vista en planta de la PP San Sebastián Tecoloxtitla.....	213
Figura 3.124	Ubicación PP Purísima Iztapalapa 1.....	214
Figura 3.125	Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 1.....	215
Figura 3.126	Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 1.....	217
Figura 3.127	Ubicación PP Balbuena 2.....	218
Figura 3.128	Tren de tratamiento Balbuena 2.....	219
Figura 3.129	Vista en planta de la PP Balbuena 2.....	220
Figura 3.130	Ubicación PP Tlacotal.....	221
Figura 3.131	Tren de tratamiento Tlacotal.....	222
Figura 3.132	Vista en planta de la PP Tlacotal.....	223
Figura 3.133	Ubicación PP Deportivo Los Galeana.....	224
Figura 3.134	Tren de tratamiento Deportivo Los Galeana.....	225
Figura 3.135	Ubicación PP Deportivo Ferrería.....	226
Figura 3.136	Tren de tratamiento Deportivo Ferrería.....	227

Índice de tablas

Tabla 1.1	Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México al año 2008.....	6
Tabla 1.2	Dotación de agua según la Delegación.....	8
Tabla 1.3	Características de los elementos que componen el Sistema Cutzamala.....	10
Tabla 1.4	Características fisicoquímicas y bacteriológicas en la Presa Valle de Bravo.....	13
Tabla 1.5	Características de los pozos del SACM en el acuífero ZMVM.....	19
Tabla 1.6	Características de los manantiales de la Ciudad de México.....	23
Tabla 1.7	Operaciones y procesos de potabilización.....	26
Tabla 1.8	Combinaciones de procesos de tratamiento en base a la fuente de suministro.....	30
Tabla 1.9	Operaciones de membrana.....	31
Tabla 1.10	Clasificación general de las operaciones de membrana.....	32
Tabla 1.11	Preservación de muestras de agua para uso y consumo humano.....	40
Tabla 1.12	Límites permisibles de características microbiológicas.....	42
Tabla 1.13	Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	43
Tabla 1.14	Límites permisibles de características químicas.....	43
Tabla 1.15	Cumplimiento gradual arsénico.....	45
Tabla 1.16	Requerimiento del programa de análisis de calidad del agua.....	46
Tabla 1.17	Determinaciones del análisis fisicoquímico.....	48
Tabla 2.1	Delegaciones políticas del D.F. e información territorial.....	52
Tabla 2.2	Elevaciones principales en la Ciudad de México.....	54
Tabla 2.3	Información estaciones meteorológicas de la Ciudad de México.....	56
Tabla 2.4	Cuerpos de agua de la Ciudad de México.....	57
Tabla 2.5	Número de habitantes por delegación.....	59
Tabla 2.6	Índice de marginación Distrito Federal.....	62
Tabla 2.7	Unidades médicas de consultas externas y hospitalarias de las instituciones públicas de salud.....	64
Tabla 2.8	Producto Interno Bruto Total D.F., 2003-2011.....	65
Tabla 2.9	Estructura sectorial del PIB 2011.....	65
Tabla 2.10	Infraestructura para el manejo de RSU del D.F.....	69
Tabla 2.11	Características del Sistema de drenaje profundo.....	72
Tabla 2.12	Infraestructura del drenaje D.F.....	73
Tabla 3.1	Características de la planta Sta. María Aztahuacan.....	76
Tabla 3.2	Calidad influente Sta. María Aztahuacan.....	78
Tabla 3.3	Características de la planta Sta. Cruz Meyehualco.....	81

Tabla 3.4	Calidad influente Sta. Cruz Meyehualco.....	83
Tabla 3.5	Características de la planta Iztapalapa 8.....	86
Tabla 3.6	Calidad influente Iztapalapa 8.....	87
Tabla 3.7	Características de la planta Trabajadores del Hierro.....	90
Tabla 3.8	Calidad influente Trabajadores del Hierro.....	92
Tabla 3.9	Características de la planta Acueducto Sierra Santa Catarina.....	93
Tabla 3.10	Calidad influente Acueducto Sierra Santa Catarina.....	95
Tabla 3.11	Características de la planta Purísima Democrática.....	96
Tabla 3.12	Calidad influente Purísima Democrática.....	98
Tabla 3.13	Características de la planta Agrícola Oriental.....	100
Tabla 3.14	Calidad influente Agrícola Oriental.....	102
Tabla 3.15	Características de la planta Purísima Iztapalapa 4.....	105
Tabla 3.16	Calidad influente Purísima Iztapalapa 4.....	106
Tabla 3.17	Características de la planta Panteón Civil.....	109
Tabla 3.18	Calidad influente Panteón Civil.....	110
Tabla 3.19	Características de la planta Iztapalapa 1.....	113
Tabla 3.20	Calidad influente Iztapalapa 1.....	114
Tabla 3.21	Características de la planta Cerro de la Estrella 2.....	117
Tabla 3.22	Calidad influente Cerro de la Estrella 2.....	118
Tabla 3.23	Características de la planta Iztapalapa 2.....	120
Tabla 3.24	Calidad influente Iztapalapa 2.....	121
Tabla 3.25	Características de la PP Granjas San Antonio.....	124
Tabla 3.26	Calidad influente Granjas San Antonio.....	125
Tabla 3.27	Características de la PP Santa Catarina 11.....	128
Tabla 3.28	Calidad influente Santa Catarina 11.....	129
Tabla 3.29	Características de la PP Carlos Gracida.....	132
Tabla 3.30	Calidad influente Carlos Gracida.....	133
Tabla 3.31	Características de la PP Purísima 2.....	135
Tabla 3.32	Calidad influente Purísima 2.....	136
Tabla 3.33	Características de la PP El Sifón.....	138
Tabla 3.34	Calidad influente El Sifón.....	141
Tabla 3.35	Características de la PP Santa Catarina 13.....	143
Tabla 3.36	Calidad influente Santa Catarina 13.....	144
Tabla 3.37	Características de la PP Santa Catarina 10.....	147
Tabla 3.38	Calidad influente Santa Catarina 10.....	148
Tabla 3.39	Características de la PP Santa Catarina 4.....	151
Tabla 3.40	Calidad influente Santa Catarina 4.....	152
Tabla 3.41	Características de la PP Panamericana.....	154
Tabla 3.42	Calidad influente Panamericana.....	157
Tabla 3.43	Características de la PP Santa Catarina.....	158
Tabla 3.44	Calidad influente Santa Catarina.....	159
Tabla 3.45	Características de la PP Río Magdalena.....	162
Tabla 3.46	Calidad influente Río Magdalena.....	163
Tabla 3.47	Características de la PP Cerrillos 3.....	166
Tabla 3.48	Calidad influente Cerrillos 3.....	167
Tabla 3.49	Características de la PP Escudo Nacional 2.....	170
Tabla 3.50	Calidad influente Escudo Nacional 2.....	171

Tabla 3.51	Características de la PP La Caldera.....	173
Tabla 3.52	Características de la PP Purísima 3-7.....	176
Tabla 3.53	Características de la PP Purísima Iztapalapa 5.....	177
Tabla 3.54	Características de la PP Viga 2.....	179
Tabla 3.55	Características de la PP Viga 4.....	181
Tabla 3.56	Características de la PP Cerrillos 2.....	183
Tabla 3.57	Características de la PP S-13.....	185
Tabla 3.58	Características de la PP San Luis Nuevo.....	186
Tabla 3.59	Características de la PP Xaltepec.....	188
Tabla 3.60	Calidad del agua influente y efluente de la PP Xaltepec.....	189
Tabla 3.61	Características de la PP Magdalena Contreras.....	191
Tabla 3.62	Calidad del agua influente y efluente de la PP Magdalena Contreras.....	192
Tabla 3.63	Características de la PP Ciudad Deportiva 2.....	194
Tabla 3.64	Calidad del agua influente y efluente de la PP Ciudad Deportiva 2.....	195
Tabla 3.65	Características de la PP Santa Catarina 8 y 9.....	198
Tabla 3.66	Calidad del agua influente y efluente de la PP Santa Catarina 8 y 9.....	199
Tabla 3.67	Características de la PP La Pastora.....	201
Tabla 3.68	Calidad del agua influente y efluente de la PP La Pastora....	203
Tabla 3.69	Plantas potabilizadoras restantes.....	204
Tabla 3.70	Características de la PP Almoloya del Río.....	206
Tabla 3.71	Calidad influente Almoloya del Río.....	207
Tabla 3.72	Características de la PP San Sebastián Tecoloxtitla.....	210
Tabla 3.73	Calidad influente San Sebastián Tecoloxtitla.....	211
Tabla 3.74	Características de la planta Purísima Iztapalapa 1.....	215
Tabla 3.75	Calidad influente Purísima Iztapalapa 1.....	216
Tabla 3.76	Características de la planta Balbuena 2.....	218
Tabla 3.77	Calidad influente Balbuena 2.....	219
Tabla 3.78	Características de la planta Tlacotal.....	221
Tabla 3.79	Calidad influente Tlacotal.....	222
Tabla 3.80	Características de la PP Deportivo Los Galeana.....	225
Tabla 3.81	Características de la PP Deportivo Ferrería.....	226
Tabla 4.1	Diagnóstico de diseño de las plantas potabilizadoras D.F....	229
Tabla 4.2	Diagnóstico de operación de las plantas potabilizadoras D.F.....	232
Tabla 4.3	Eficiencia hidráulica de las plantas potabilizadoras D.F.....	235
Tabla 4.4	Diagnóstico de mantenimiento de las plantas potabilizadoras D.F.....	238
Tabla 4.5	Comparativo entre costo inicial y costo por rehabilitación....	242

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México está ubicada en un valle en la porción sur de la Cuenca de México; este valle, situado aproximadamente a 2,240 metros sobre el nivel del mar (msnm), está rodeado de sierras de origen volcánico con cumbres que alcanzan alturas superiores a los 5000 metros; representa el centro cultural, económico e industrial de la República Mexicana. Desde las áreas rurales fluyen en forma constante a la región grupos migratorios conformados por personas en busca de trabajo y de los beneficios económicos que suelen generarse en los centros de poder político. Muchos de estos inmigrantes se establecen de manera ilegal en los límites urbanos, con la esperanza de que el gobierno les proporcione, eventualmente, servicios públicos.

El abastecimiento de agua y drenaje para la creciente población de la Ciudad de México representa un gran reto. Al igual que el problema de la contaminación del aire, que demandó una atención muy importante hace 25 años, la situación del abastecimiento de agua en la ciudad se aproxima a una crisis. El continuo crecimiento urbano, junto con el escaso financiamiento, han limitado la capacidad del gobierno para extender la red de abastecimiento de agua a las áreas que carecen del servicio, para reparar fugas y para tratar las aguas residuales. Ante dicho crecimiento, resulta lógico que aumente la demanda de agua, lo que a su vez provoca que las fuentes de abastecimiento se estén reduciendo cada vez más, además la calidad del agua va deteriorándose a mayores profundidades de extracción; ya que se ha detectado presencia de nitrógeno amoniacal y elevadas concentraciones de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que pudiese estar relacionado con la contaminación del acuífero por lixiviados o infiltraciones de agua residual.

Como la Ciudad de México, muchas de las principales ciudades del mundo enfrentan perspectivas inciertas para asegurarse un abastecimiento de agua permanente y confiable. La sustentabilidad del abastecimiento de agua en zonas urbanas está sujeta a muchos factores: la capacidad física del sistema hidrológico, la vulnerabilidad del sistema a la contaminación, la capacidad de tratamiento, la distribución y el desecho de aguas residuales, sin olvidar los diversos aspectos sociales, económicos e institucionales que influyen en la capacidad de una sociedad para administrar sus recursos.

El suministro de agua potable a las poblaciones de México es un servicio cuya responsabilidad está a cargo de los municipios, conforme a lo dispuesto en el artículo 115 Constitucional. Para tal fin, dentro de los ayuntamientos se constituyen organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento, dichos organismos son los responsables directos de abastecer el agua en cantidad suficiente y con la calidad establecida por la normatividad correspondiente. En el

Distrito Federal, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) es el organismo responsable de prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización, para ello dentro del sistema se tienen departamentos encargados de operar y conservar los sistemas de aprovechamiento y distribución de agua potable y alcantarillado, además de supervisar y vigilar su funcionamiento.

Desde hace varios años ha sido necesario implantar tratamientos avanzados para la potabilización del agua en la ciudad, actualmente un gran número de plantas destinadas a este propósito trabajan bajo ósmosis inversa y adsorción con carbón activado, lo que implica una inversión económica considerable, tan sólo durante la pasada administración de gobierno se informó que para mejorar sustancialmente la calidad del agua abastecida se aplicó la inversión de 1, 105 millones de pesos.

A pesar del fuerte monto económico que implica la construcción y puesta en marcha de una potabilizadora, en el D.F., así como en gran parte del país, no se han mantenido en buenas condiciones las instalaciones de estas, lo que ha provocado que no se cumpla con uno de los principales objetivos que se persigue y que es abastecer a la población con agua de calidad, pues hoy en día parece que principalmente preocupa suministrar agua en cantidad sin importar si se está proporcionando a la gente agua que no es apta para consumo humano.

Por todo lo anterior, está más que claro que el abastecimiento de agua en la Ciudad es un tema por demás importante, pues este vital líquido debe ser suministrado a más de 8 millones de personas y por ello resulta interesante conocer las acciones que se realizan para lograrlo, pues se debe tener presente que, el servicio debe suministrarse con buena calidad y en cantidad suficiente, a toda hora y al total de la población con la presión establecida.

En este trabajo se recopila y muestra información relevante sobre la situación actual de la potabilización del agua en la Ciudad de México con la finalidad de realizar una evaluación de sus plantas. Se presentan 5 capítulos, en los que se proporciona información para comprender el gran reto que significa el suministro de agua al Distrito Federal, sobre todo porque es un tema en donde tienen igual participación el gobierno y los usuarios, ya que estos últimos generalmente no reflexionan sobre todo el proceso que implica el poder abrir la llave de su casa y contar con agua.

En el capítulo 1 “Potabilización” se presentan las fuentes de suministro de la ciudad y sus principales características, resulta particularmente interesante reflexionar sobre la necesidad que se ha tenido de transportar agua desde otras

cuencas. De igual manera, se describen de manera general los tratamientos más comúnmente empleados para lograr que el agua cumpla con lo establecido por las normas correspondientes, las cuales también son presentadas en este apartado.

En el Capítulo 2 "*Caracterización regional de la Ciudad de México*" se muestran las condiciones físicas, económicas y sociales de la entidad, lo cual permitirá comprender que las dificultades para abastecer de agua a la ciudad inician desde su posición geográfica. Además se presentan las principales características del sistema hidráulico de la ciudad.

El Capítulo 3 "*Plantas de potabilización*" incluye información sobre cada una de las 44 plantas que actualmente operan en la Ciudad de México, esto permitirá conocer las condiciones de las instalaciones, trenes de tratamiento, etc. Además se sentarán las bases para la posterior evaluación.

El Capítulo 4 "*Diagnóstico del sistema de potabilización del agua para la Ciudad de México*" incluye la valoración técnica, económica y ambiental de las características y condiciones bajo las cuales se opera la potabilización del agua en la ciudad, esto será posible gracias al análisis de la información presentada en los capítulos previos.

Finalmente, en el Capítulo 5 "*Conclusiones y recomendaciones*" se englobará toda la información recopilada para emitir una conclusión sobre el tema, así como recomendaciones formuladas tomando en cuenta todo lo presentado y las necesidades que actualmente se tienen referente al tema.

1. POTABILIZACIÓN

1.1 Fuentes de suministro

La Cuenca de México se localiza en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano y tiene un área aproximada de 9000 kilómetros cuadrados. La temperatura promedio anual es de 16 grados centígrados. La mayor parte de los 700 milímetros de agua de lluvia que caen anualmente en la región se concentra en unas cuantas tormentas intensas, las cuales se presentan por lo regular de junio a septiembre; durante el resto del año las precipitaciones pluviales suelen ser escasas o nulas.

Esta cuenca es una depresión cerrada de manera natural, que a fines del siglo XVIII fue modificada artificialmente para controlar las inundaciones en la ciudad. Las fuentes de recarga del agua subterránea en la cuenca se derivan, en gran medida, de las precipitaciones infiltradas y de la nieve derretida en las montañas y cerros que la rodean; este flujo se desplaza en forma de una corriente subterránea hacia las zonas menos elevadas. Hasta el siglo XVIII el Valle de México estaba constituido por cinco lagos, los tres de mayores dimensiones eran el lago de México- Texcoco, el lago de Xochimilco y el lago de Chalco; Zumpango y Xaltocan de menores dimensiones. Debido al desecamiento y a los asentamientos humanos, hoy sólo quedan dos lagos alrededor del valle: el lago de Texcoco y el Lago de Zumpango.

La hidrología de esta región incluye un excelente sistema acuífero y un buen número de manantiales. Sin embargo, la especial localización de la Ciudad de México- ubicada en un valle alto y dentro de una cuenca cerrada naturalmente por montañas- representa un reto singular para el suministro de agua a una población urbana de gran magnitud. Además, la ciudad está situada en el lecho de un antiguo lago salino, sin un drenaje natural; esto aunado a un patrón de lluvias de temporal intensas, dificulta el desagüe de las tormentas. No existen fuentes importantes de agua superficial cercanas susceptibles de ser aprovechadas junto con la fuente local del subsuelo. Por si fuera poco, la elevación del valle provoca que la importación de agua sea una alternativa costosa.

En conjunto, el Distrito Federal y el Estado de México tienen 1,089 pozos registrados, esta cifra no incluye los pozos de mayor profundidad, operados por la Comisión Nacional del Agua. Existe también un gran número de pozos no registrados, muchos de los cuales se encuentran en el Estado de México.

Al igual que en otras grandes urbes del mundo, los problemas de la ciudad de México son producto de una compleja interacción de factores políticos, económicos y sociales. Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones del mundo nacieron generalmente en las márgenes de un río, la de los aztecas se situó sobre una laguna, y este hecho marcó el inicio de una incesante lucha por y contra el agua.

En el año de 1325 el pueblo de los aztecas fundó en un llano rodeado por lagos y por sierras, una ciudad que en poco tiempo se convirtió en el centro indígena más importante de la región: la Gran Tenochtitlan, hoy Ciudad de México. Desde la época prehispánica fue necesario responder con obras de gran envergadura a situaciones en las que, por abundancia o escasez de agua, muchas veces alternadas, se sucedían inundaciones y epidemias, sequías y hambrunas. El sistema hidráulico actual es producto de acciones realizadas durante 657 años, el abastecimiento de agua provenía en esa época de manantiales y fue Nezahualcóyotl quien ordenó construir el acueducto de Chapultepec para conducir el agua hasta la ciudad.

Después de la conquista de México, consumada por los españoles en 1521, las autoridades coloniales continuaron proporcionando el abastecimiento de agua a partir de manantiales y acueductos. Hacia 1856, el abastecimiento de agua proporcionado por los manantiales resultó insuficiente, por lo que se empezaron a perforar pozos someros; en 1847 existían casi 500 pozos y más de 1000 en 1886. La extracción de los pozos debió incrementarse poco hasta 1936, de 1936 a 1944 se advierte una deficiencia en las fuentes de agua para satisfacer la demanda de una población que crecía rápidamente, y en ese lapso el gobierno de la ciudad inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos; lo anterior ocasionó que el hundimiento en el centro de la ciudad se incrementará a 18 [cm/año] entre 1938 y 1948.

Hacia la década de los años treinta, el continuo hundimiento del suelo, junto con la toma de conciencia de que las reservas de agua subterránea de la Cuenca de México comenzaban a agotarse, convocó a las autoridades a explorar nuevas fuentes de agua fuera de esta región. En 1941 se inició la construcción de un acueducto de 15 kilómetros, para trasladar agua desde los pozos de la cuenca del río Lerma, sobre la línea divisoria con la Sierra de las Cruces. En 1982 se dio comienzo al proyecto Cutzamala, para repartir agua superficial desde la cuenca del río del mismo nombre, a una distancia de 127 kilómetros y con una elevación neta de 1,200 metros.

En 2011 se estimaba que, para atender la demanda de agua potable de los habitantes de la Ciudad de México era necesario suministrar un caudal promedio de 32 [m³/s], de los cuales, a grandes rasgos, 49.88% se extraía del subsuelo del

Valle de México, 29.53 % provenía del Sistema Cutzamala, 12.03% del Lerma ,6.38 % de algunos otros pequeños sistemas provenientes del Estado de México y 2.18% de manantiales y escurrimientos superficiales propios del valle.

En la Tabla 1.1 se presentan con mayor detalle las fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México.

Tabla 1.1 Fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México al año 2008

Fuente de Abastecimiento	Municipios de los que se extraen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008 [m³/s]
Fuentes externas al Distrito Federal		
Fuentes operadas por la Gerencia de Aguas del Valle de México		
Sistema Cutzamala	Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Estado de México.	9.575
Sistemas Barrientos y Risco	Tultitlán, Cuautitlán, Tlalnepantla, Estado de México.	2.239
Sistema de Aguas del Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Valle de Chalco y La Paz, Estado de México.	0.382
SUBTOTAL		12.196
Fuentes operadas por la el Sistema de Aguas de la Ciudad de México		
Sistema Lerma	Lerma, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Lorenzo Oyamel, Temoaya, Xonacatlán, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calpuhuac, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Joquicingo, San Pedro Techuchulco, Santa Cruz Atizapán y Santiago Tianguistenco, Estado de México.	3.832
Sistema Chiconautla	Ecatepec, Tecámac, Acolman, Estado de México.	1.402
SUBTOTAL		5.234
Fuentes ubicadas dentro del Distrito Federal		
Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Distrito Federal.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Distrito Federal.	2.037

Pozos a la Red Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Distrito Federal.	7.853
Pozos a la Red Oriente	Iztacalco, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Distrito Federal.	2.773
Pozos a la Red Poniente	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Distrito Federal.	0.213
Río Magdalena	Magdalena Contreras, Distrito Federal.	0.203
Manantiales	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Distrito Federal.	0.792
SUBTOTAL		14.908
TOTAL AL D.F.		32.338

FUENTE: Recuperado del portal "Transparencia Distrito Federal".

http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415

En cuanto a la provisión, lo que se observa es que de 1998 a la fecha no ha cambiado la estructura porcentual de la participación de las diferentes fuentes, tal y como se muestra en la Figura 1.1.

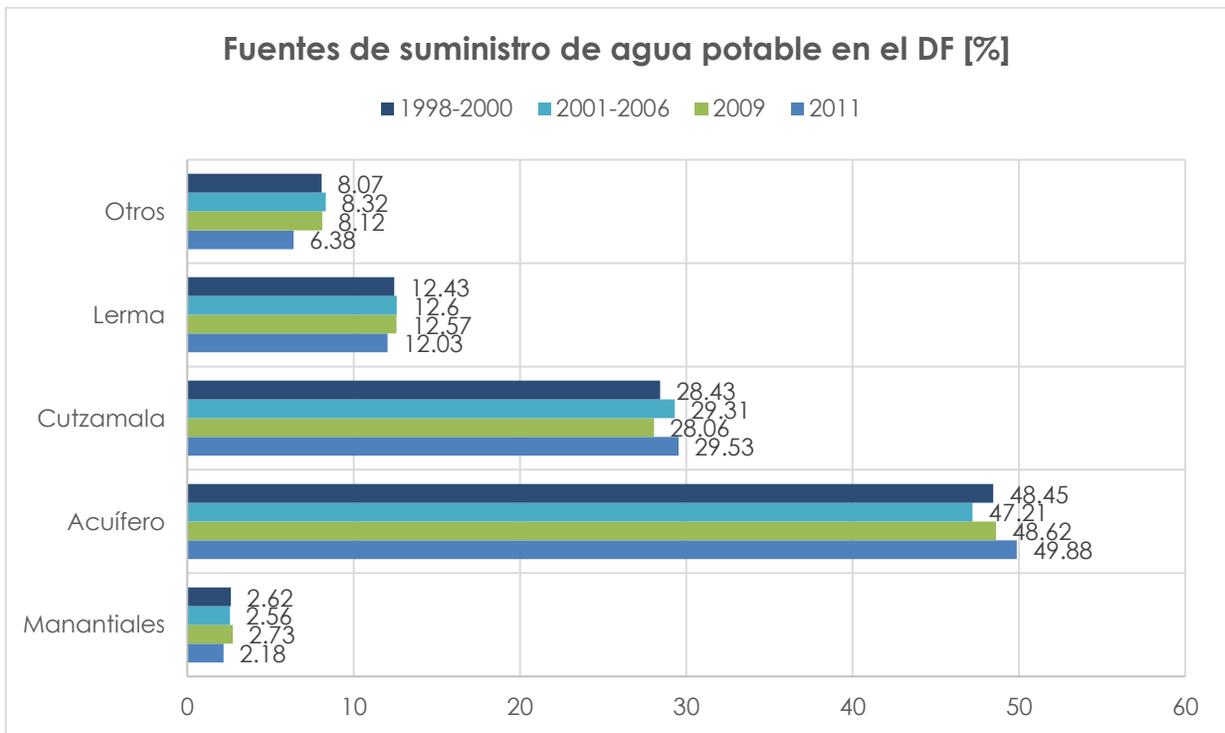


Figura 1.1 Porcentajes Fuentes de suministro desde 2001

FUENTE: Recuperado del portal "Fundación Rafael Preciado Hernández, A.C.", http://www.fundacionpreciado.org.mx/biencomun/bc211/agua_DF.pdf

En el Distrito Federal el promedio de disponibilidad de agua para cada habitante es de 320 [l/hab*d], pero lo cierto es que la distribución del agua es muy desigual. Por ejemplo, los habitantes de la Delegación Venustiano Carranza reciben 203 litros de agua cada día, en tanto que los de Tlalpan reciben 560 litros por día, estas diferencias se deben a la ubicación de las delegaciones, a si cuentan con cuerpos de agua locales o si reciben agua de otras fuentes, entre otras razones.

La Tabla 1.2 y la Figura 1.2 muestran con mayor detalle la disponibilidad de agua en cada una de las 16 Delegaciones que conforman al Distrito Federal.

Tabla 1.2 Dotación de agua según la Delegación

DELEGACIÓN	POBLACIÓN (Año 2010)	DOTACIÓN [l/hab*d]
Álvaro Obregón	727,034	321
Azcapotzalco	414,711	404
Benito Juárez	385,439	406
Coyoacán	620,416	355
Cuajimalpa de Morelos	186,391	293
Cuauhtémoc	531,831	332
Gustavo A. Madero	1,185,772	237
Iztacalco	384,326	219
Iztapalapa	1,815,786	235
La Magdalena Contreras	239,086	554
Miguel Hidalgo	372,889	502
Milpa Alta	130,582	410
Tláhuac	360,265	210
Tlalpan	650,567	560
Venustiano Carranza	430,978	203
Xochimilco	415,007	374

FUENTE: Recuperado del portal “Cuidar el agua” Portal del Gobierno del DF, http://cuidarelagua.df.gob.mx/delegacion.html#.VRleG_mG-So

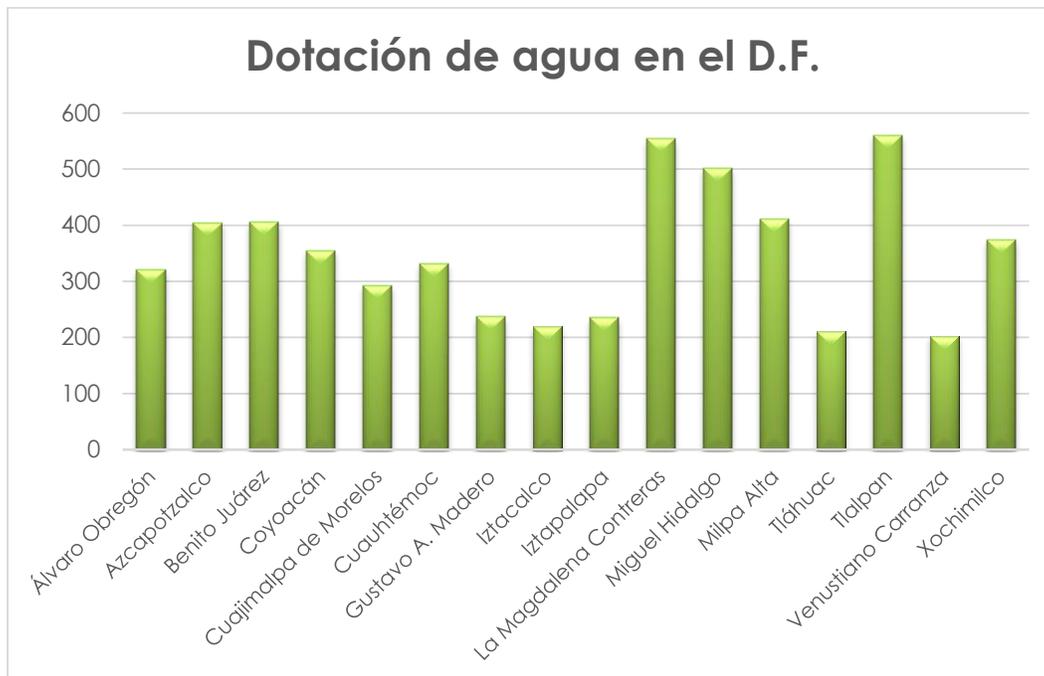


Figura 1.2 Dotación de agua en la Ciudad de México
FUENTE: Recuperado del portal "Cuidar el agua" Portal del Gobierno del DF,
http://cuidarelagua.df.gob.mx/delegacion.html#.VRleG_mG-So

A continuación se presenta información relevante sobre las diferentes fuentes de suministro de la Ciudad de México.

➤ **SISTEMA CUTZAMALA**

El sistema Cutzamala aprovecha el agua de la cuenca alta del río del mismo nombre. Está conformado por las presas Tuxpan y el Bosque, en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo, en el Estado de México. Con excepción de esta última, que se construyó para aprovechar el agua del río Malacatepec, los otros embalses formaban parte del Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán; actualmente, sólo 3 [m³/s] son usados para generación de energía durante horas pico con la finalidad de abastecer los requerimientos de energía para los sectores agrícola e industrial.

El sistema ha sido diseñado, construido y operado por el Gobierno Federal, su construcción y operación consistió de tres etapas, iniciando en 1982 con el aprovechamiento de la Presa Villa Victoria, la segunda etapa se concluyó en 1985 e incluyó el aprovechamiento de la presa Valle de Bravo, finalmente en 1993 se puso en funcionamiento la tercera etapa la cual integró los subsistemas Chilesdo y Colorines.

En total el Sistema Cutzamala está integrado por siete presas (tres de almacenamiento y cuatro derivadoras), que almacenan agua del río Cutzamala, además se tienen seis macroplantas de bombeo que en conjunto vencen un desnivel de más de 1100 metros, un acueducto de 205.7[km] con tubería de acero y concreto con diámetros entre 1.07 y 3.50 metros, 43.99 [km] de túnel, 72.55[km] de canal abierto, y la planta potabilizadora Los Berros que consta de 5 módulos de 4000 [l/s] cada uno (Conagua, 2012).

La Figura 1.3 Detalla los elementos y etapas del sistema.

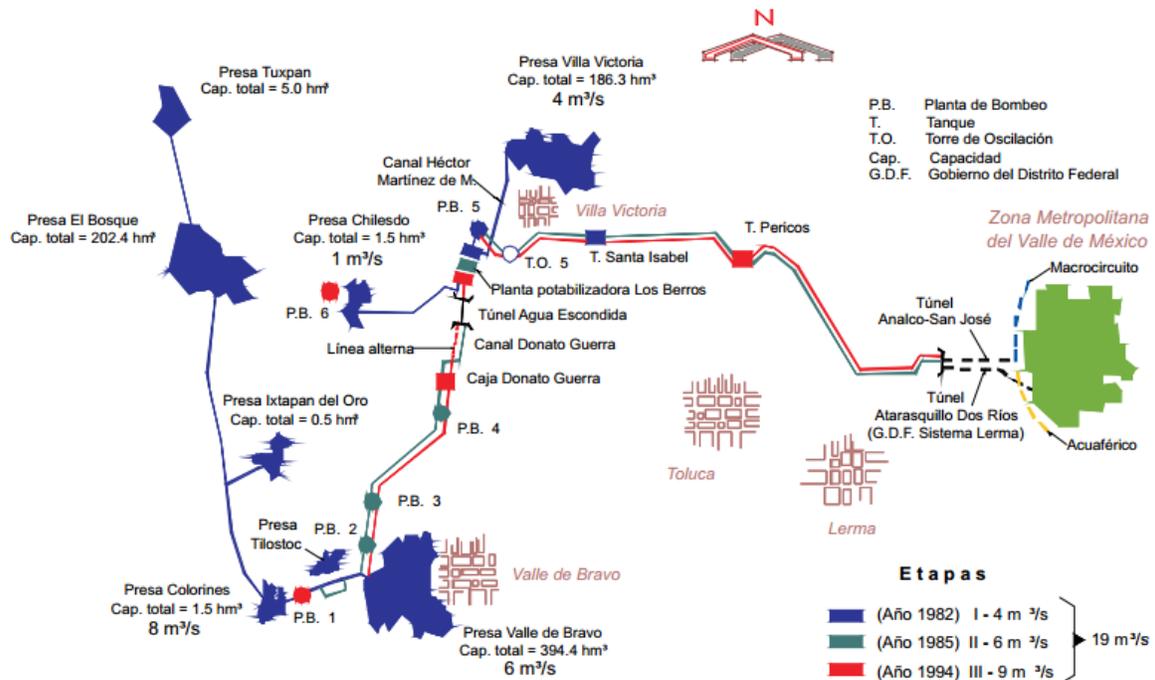


Figura 1.3 Esquema del Sistema Cutzamala

FUENTE: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, CONAGUA, 2012

La Tabla 1.3 resumen las características de los elementos que componen el sistema.

Tabla 1.3 Características de los elementos que componen el sistema Cutzamala

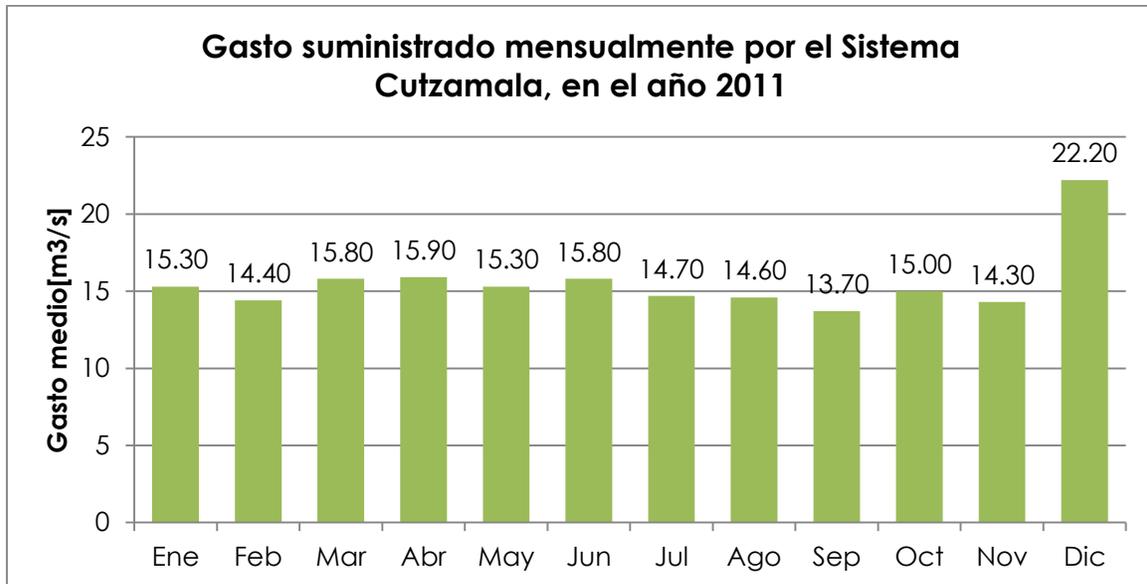
Elemento	Tipo	Capacidad	Elevación [msnm]	Observaciones	NAME	NAMO	NAMIN
Tuxpan	Presas Derivadora	5 hm³	1751		1762	1751	1750
El Bosque	Presas de Almacenamiento	202 hm³	1741	Altura del vertedor	1743	1741	1723
Ixtapan del Oro	Presas Derivadora	0.5 hm³	1650		1700	1699	1692
Colorines	Presas Derivadora	1.5 hm³	1629		1629	1628	

Elemento	Tipo	Capacidad	Elevación [msnm]	Observaciones	NAME	NAMO	NAMIN
Valle de Bravo	Presa de Almacenamiento	394.4 hm ³	1768		1833	1830	1799
Villa Victoria	Presa de Almacenamiento	186 hm ³	2545		2608	2606	2592
Chilesdo	Presa Derivadora	1.5 hm ³	2396		2359	2357	2355
Planta de Bombeo 1	Bombas	20 m ³ /s	1600				
Planta de Bombeo 2	Bombas	24 m ³ /s	1722	Opera en serie con la P.B. 3 y 4			
Planta de Bombeo 3	Bombas	24 m ³ /s	1833	Opera en serie con la P.B. 2 y 4			
Planta de Bombeo 4	Bombas	24 m ³ /s	2179	Opera en serie con la P.B. 2 y 3			
Planta de Bombeo 5	Bombas	29.1 m ³ /s	2497				
Planta de Bombeo 6	Bombas	5.1 m ³ /s	2324				
Planta Potabilizadora los Berros	Planta Potabilizadora	20 m ³ /s	2540				

Fuente: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, CONAGUA, 2012.

En el año 2010, el caudal promedio suministrado por el Sistema Cutzamala fue de 13.70 metros cúbicos por segundo, en beneficio de 4.4 millones de habitantes de las zonas metropolitanas de los Valles de México y Toluca. La primera derivación del Sistema Cutzamala es hacia Toluca, en la cual se entrega un promedio de 0.8 metros cúbicos por segundo y el resto se envía a la Zona Metropolitana del Valle de México.

En los últimos años el agua suministrada por el Sistema Cutzamala se ha mantenido por encima de los 15 metros cúbicos por segundo, salvo en 2009 y 2010, en los cuales el gasto suministrado por el sistema fue de 12.65 y 13.70 [m³/s] respectivamente. En 2011, el caudal total de agua suministrada aumentó a 15.57 [m³/s], la Figura 1.4 presenta el gasto suministrado mensualmente por el Sistema Cutzamala en ese año.



NOTA: Para el mes de diciembre, debido al cambio de calendario de las estimaciones mensuales al Gobierno del Distrito Federal, se consideraron 45 días para el periodo, en lugar de 30.

Figura 1.4 Gasto suministrado por el Sistema Cutzamala en 2011

FUENTE: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, CONAGUA, 2012.

El requerimiento anual de energía necesario para operar el sistema es de aproximadamente 1787 millones [kWh], representando un costo de 1348 millones de pesos. La energía consumida para bombear el volumen total de agua desde el Sistema Cutzamala sólo hasta la planta de tratamiento equivale a la energía que consume la ciudad de Puebla. El costo de operación se incrementa en 357 millones de pesos con el costo de personal y del proceso de tratamiento de agua, sin embargo estos rubros representan sólo el 21% del costo total de operación.

- **Calidad del agua y fuentes potenciales de contaminación**

La Tabla 1.4 muestra resultados de calidad del agua en el embalse de la presa Valle de Bravo. De manera general se concluye que cumplen parcialmente con los criterios ecológicos de calidad de agua (CECA). Los parámetros fuera de los CECA son turbiedad, color, grasas y aceites, nitritos, ortofosfatos, aluminio y coliformes fecales.

Tabla 1.4 Características fisicoquímicas y bacteriológicas en la presa de Valle de Bravo de acuerdo a los diferentes estudios que se han realizado.

Parámetro	Valor promedio (CNA/IDECA 1999)	Valor promedio (CNA/IDECA 2000)	Valor promedio (CNA/IMTA 2001) nivel superficial	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2002)	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2003)	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2004)
pH	6.8	7.1	8.7	7.12	6.06	8.5
Conductividad (µmhos/cm)	133	126	108.67	146.94	125.35	137.5
Turbiedad (UTN)	3.6	3.8	nd	5.5	8.97	23.74
Alcalinidad (mg/l)	81.7	92.4	nd	65.5	81.5	89.2
Dureza total (mg/l)	76.1	84.7	nd	58.7	71.5	59.2
Transparencia (m)	1.4	2.23	1.41	1.26	nd	1.3
DBO ₅ (mg/l)	5	nd	nd	4.24	5.8	3.2
DQO (mg/l)	8	8	13.56	10.33	11	6.18
NTK (mg/l)	0.74	0.68	nd	0.57	0.52	0.40
N-amoniaco (mg/l)	0.08	0.12	0.37	0.14	0.21	0.24
Nitritos (mg/l)	0.006	0.003	0.028	0.02	0.14	0.01
Nitratos (mg/l)	0.106	0.116	0.232	0.106	0.184	0.20
Fosfato total (mg/l)	0.145	0.066	nd	0.182	0.071	0.034
Ortofosfatos (mg/l)	0.024	0.004	0.176	0.077	nd	nd
Grasas y aceites (mg/l)	0.2	0.33	nd	0	0.4	0.87
SAAM (detergentes) (mg/l)	0.104	0	nd	0.011	nd	nd
Sólidos Totales (mg/l)	107	126	nd	105.91	93.05	91
Sólidos Totales Fijos (mg/l)	36	40	nd	23.63	25.76	26.1

Parámetro	Valor promedio (CNA/IDECA 1999)	Valor promedio (CNA/IDECA 2000)	Valor promedio (CNA/IMTA 2001) nivel superficial	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2002)	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2003)	Valor promedio (CNA/ ACUAGRANJAS, 2004)
Sólidos Total Volátiles (mg/l)	71	86	nd	81.19	67.2	65
Sólidos Disueltos Total (mg/l)	82	92	nd	97.18	83.58	82.58
Sólido Suspendido Total mg/l	25	34	nd	8.74	9.47	8.41
Coliformes Total NMP/100 ml	9000	19	nd	7021.44	6477.91	5379.81
Coliforme Fecal NMP/100 ml	120	4	nd	3401.66	4012.75	508.18

nd= No determinado

FUENTE: CONAGUA/IMTA, 2006

Es de gran interés mencionar las principales fuentes de contaminación que afectan a las presas que conforman el Sistema Cutzamala:

- Las descargas de agua residual.
- Los desechos orgánicos y nutrientes provenientes de la acuacultura, según estimaciones, la producción de las 500 toneladas de trucha cultivada en la cuenca, genera por año 533 toneladas de materia en suspensión, 91 toneladas de amoniaco, 3.75 toneladas de nitratos, 4.8 toneladas de fosfatos y 10.5 toneladas de fósforo total.
- Agua de retorno agrícola. El principal aporte proviene del río Amanalco, donde se localiza la zona agrícola más importante de la cuenca. Este río arrastra importantes cantidades de fosfatos y nitratos utilizados en la agricultura.

- Otra fuente de contaminación corresponde a los desechos sólidos que son descargados a barrancas y ríos, y arrastrados por el agua hasta llegar al embalse.
- Erosión del suelo. Evaluaciones realizadas por el IMTA entre 1993 y 2006 determinaron que 60% de los nitratos, fosfatos y azolves provienen del área de captación del río Amanalco; en esta porción de la cuenca se desarrolla la agricultura en parcelas con pendientes de hasta 50%, presentando suelos altamente erosivos.

➤ SISTEMA LERMA

Antes de la construcción del Sistema Cutzamala, la importación de agua de la Cuenca Alto Lerma al Valle de México fue la única fuente externa de agua, conforme presentó fuertes impactos por la explotación intensiva, fue parcialmente sustituida por el Sistema Cutzamala.

El Sistema Lerma inició su operación en el año de 1951 y es operado por el Gobierno del Distrito Federal y consiste en la extracción de agua subterránea del acuífero del río Lerma, la cual es conducida hacia la Ciudad de México a través del túnel Atarasquillo- Dos Ríos, el cual tiene una longitud de 14 [km], atravesando la Sierra de las Cruces hacia el Valle de México.

El túnel Atarasquillo- Dos Ríos tiene capacidad total de 15[m³/s] y diámetro de 3.2 [m]; la infraestructura incluye además la planta de bombeo y planta cloradora Almoloya, y la planta cloradora Atarasquillo.

La primera etapa del Sistema Lerma fue construida entre 1942 y 1951 e incluyó la captación de manantiales y agua superficial de Almoloya del Río y su conducción hasta los tanques de Dolores en Chapultepec. Se captó un caudal de 4 [m³/s] de la región Lerma situada a aproximadamente 300 metros por arriba de la altura del DF y se perforaron los primeros 5 pozos de entre 50 y 308 metros de profundidad.

Actualmente el Sistema Lerma abarca 250 pozos activos conectados a los acueductos, además el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) opera varios pozos de riego y abastecimiento local de agua potable, sumando un total de 398 pozos a cargo de este organismo. Según información de la Dirección Local de la Conagua, el uso de los pozos se desglosa de la siguiente manera¹:

- 87 pozos de riego (9.5 hm³/año)
- 40 pozos de agua potable (9.0 hm³/año)
- 123 pozos conectados a los acueductos (152 hm³/año)

¹ Los volúmenes son basados en gasto instantáneo de un censo en 2005

- 134 pozos con uso mixto (182 hm³/año, de estos 167 hm³/año para acueductos)
- 17 pozos fuera de operación

Los pozos que abastecen al D.F. cuentan con una profundidad total promedio de 200 [m] siendo sus máximos y mínimos 61 y 401 [m] respectivamente.

En el año 2003, debido al agotamiento del acuífero, el Sistema Lerma disminuyó el caudal entregado al Distrito Federal. En el periodo 2006-2011, el año de mayor suministro fue 2009 y para 2011, sufrió una baja del 10% en relación con 2009.

En la Figura 1.5 es posible apreciar el caudal o gasto suministrado por el Sistema Lerma a la Ciudad de México durante el periodo 2006- 2011.

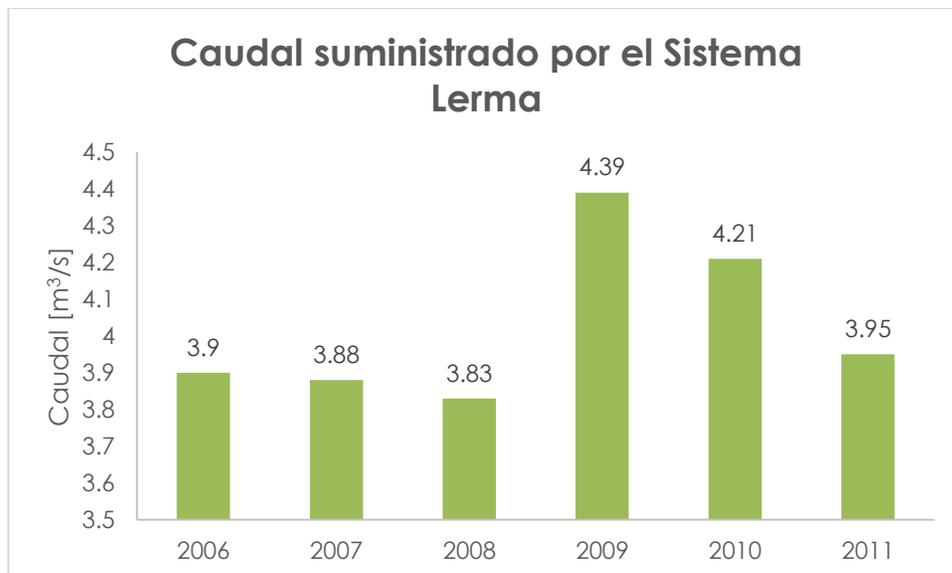


Figura 1.5 Gasto suministrado por el Sistema Lerma al Distrito Federal, 2006-2011
FUENTE: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, CONAGUA, 2012

En cuanto al requerimiento de energía eléctrica es importante mencionar que para el trasvase de agua se aprovecha el desnivel natural de 273 metros entre los dos valles, por lo que el agua a partir del túnel Atarasquillo fluye por gravedad. No se cuenta con datos sobre el costo o consumo de energía para operar el acueducto y los pozos. Breceda- Lapeyre (2004) estimó el consumo de energía en 0.52 [kWh/m³] para el sistema Lerma, a un precio de 0.865 [\$/kWh].

- **Calidad del Agua y fuentes potenciales de contaminación**

Respecto a la calidad del agua que se extrae, datos de monitoreo de la Dirección Local de la CONAGUA para el periodo 1991-1998, muestran valores

bajos en conductividad y temperatura (con promedios de 220 y $<20^{\circ}\text{C}$). En 2004, el muestreo realizado indicó problemas de metales pesados en 8 pozos ubicados en los municipios de Toluca, Metepec y Calimaya. Según los datos del SACM, en el año 2007 se encontraron 7 pozos parcialmente parados por problemas de calidad del agua en Almoloya.

Las fuentes potenciales de contaminación incluyen:

- Los cuerpos de agua superficial altamente contaminados por descargas de aguas residuales.
- Fuentes puntuales en las zonas industriales (parte del Sistema Lerma se ubica en el corredor industrial Toluca- Lerma).
- Una gran cantidad de basureros ubicados en áreas de alta infiltración.

➤ **SISTEMA DE POZOS "PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA (PAI)**

El Plan de Acción Inmediata (PAI) se elaboró en 1970 por la entonces Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM) para satisfacer la creciente demanda de agua potable del Valle de México. La primera etapa del plan contempló el aprovechamiento transitorio de los acuíferos del valle por medio de 9 baterías de pozos, así como la captación de agua superficial en la cuenca a través de la presa Guadalupe en el norte, y de 3 presas en la parte alta del Río Pánuco. La segunda fase consideraba la importación de agua de la cuenca del Balsas. En total el plan preveía la aportación de 31.83 [m³/s] al Valle de México.

Los pozos del PAI entraron en operación en 1974 como una solución temporal al problema de abasto y se convirtieron en una fuente regular y vital de suministro de agua en bloque para el D.F. y el Estado de México. De los pozos originales, en 1995 se transfirieron 84 al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) y 70 pozos al Estado de México, y en 1997 fueron transferidos 17 pozos al Estado de Hidalgo.

Actualmente este sistema está integrado por siete baterías de pozos, que en conjunto suman un total de 218, ubicados en el Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo; ocho acueductos con una longitud superior a los 200 kilómetros, seis plantas de rebombeo, la presa y la planta potabilizadora Madín, localizadas en el municipio de Naucalpan, Estado de México. Actualmente el Sistema PAI entrega agua a 27 delegaciones y municipios del Distrito Federal, Hidalgo y Estado de México.

En la Figura 1.6 se muestra la distribución de los ramales que conforman el Sistema PAI.

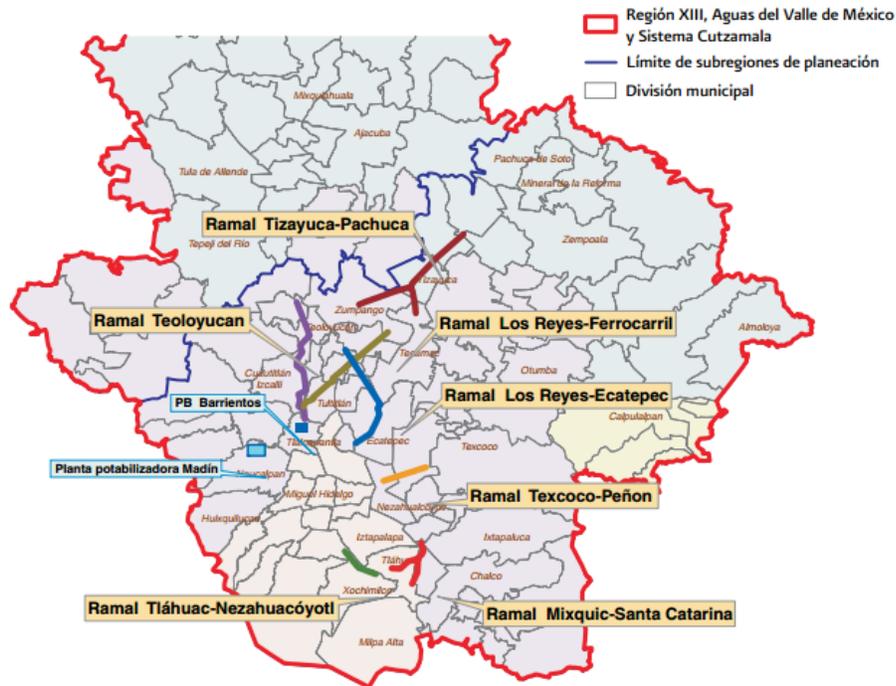


Figura 1.6 Sistema de pozos del Plan de Acción Inmediata
FUENTE: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, CONAGUA, 2012

Las delegaciones del D.F. beneficiadas por este sistema son:

- Azcapotzalco
- Gustavo A. Madero
- Iztapalapa
- Venustiano Carranza
- Tiáhuac

Es interesante destacar que, el 95% del caudal proporcionado por el Sistema PAI proviene de fuentes subterráneas, mientras que el otro 5% es suministrado por la planta potabilizadora Madín.

- Efectos de la extracción intensiva

La extracción de agua subterránea causa el abatimiento de la superficie piezométrica y produce subsidencia del terreno por la consolidación de las arcillas superficiales. Actualmente, la subsidencia o hundimiento del terreno en la mayor parte de la ciudad varía de 5 a 10 [cm] anuales y existen zonas locales con hasta 35 [cm/año] en el área de Xochimilco.

El hundimiento acumulado de 1981 a 1995 alcanza máximos en la parte central de la Ciudad de México, que van de 8 a 10 [m]; la mayor parte del asentamiento

fue generado en el periodo de 1940 a 1960. La explotación de agua subterránea disminuyó en el centro de la CM a partir de 1960 y el ritmo de subsidencia se redujo. Al mismo tiempo que la explotación de agua subterránea se reducía en el centro, se incrementaba en el sur, causando asentamientos del terreno en esta última región.

No se tienen cifras confiables sobre los costos que la sobreexplotación del acuífero ha originado, pero es de gran interés reflexionar lo siguiente:

- El hundimiento provoca que las redes de agua potable y de drenaje sufran fallas frecuentes, las primeras se fracturan mientras que las segundas pierden su pendiente, debido a esto último ha sido necesario construir y operar el Drenaje Profundo así como costosos sistemas de bombeo para más de 200 [m³/s], lo anterior con la finalidad de elevar el agua del manejo secundario al principal.
- Los costos para corregir fallas en los edificios de la ciudad son cuantiosos. Un ejemplo es el de la Catedral de la Ciudad de México en la que tan sólo hasta el año 2000 se habían invertido 32.5 millones de dólares para re nivelarla.
- Las inversiones para re nivelar periódicamente las vías del metro son cada vez más importantes y se corre el riesgo de que, en algunas partes, se sobrepase el límite de lo que se considera como mantenimiento y sean necesarias reparaciones mayores.

➤ **POZOS DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Los 588 pozos que opera el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) se ubican dentro del Distrito Federal, con excepción de la batería Chiconautla. Las baterías de pozos se integran en 5 sistemas según la región: Norte, Centro, Oriente, Sur y Poniente. Dentro de éstos, el Sistema Sur (el más grande con 284 pozos) se divide en los subsistemas Coyoacán, Tulyehualco, Pozos Aislados G.A.V.M, Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Auxiliar Xotepingo, mientras el Oriente con 94 pozos comprende las baterías Sistema Oriente, Ampliación Tláhuac, Agrícola Oriental y Santa Cruz Meyehualco. La profundidad promedio de los pozos es de 200 [m], con valores extremos de más de 1000 [m] (Figura 1.7).

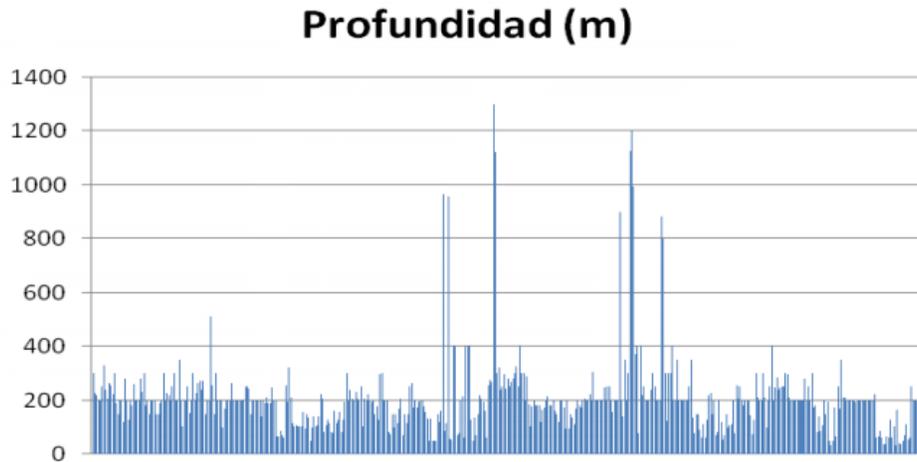


Figura 1.7 Profundidad de los pozos de la Ciudad de México
FUENTE: Recuperado del portal “Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México”,
http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero_infinal_org.pdf

Los primeros pozos se perforaron en 1935 y la batería Milpa Alta en el sur fue la última en los años sesenta, por lo tanto, todos los pozos ya superaron su vida útil estimada en 30 años, lo que causa constantes reposiciones. De los 549 pozos, descontando los pozos de Chiconautla, en 2008 se encontraron 86 fuera de operación y se realizaron 72 reposiciones entre 2006 y 2008 (Tabla 1.5) afectando la productividad de las baterías.

Tabla 1.5 Características de los pozos del SACM en el acuífero ZMVM

	Número de pozos	Años Perf.	Edad promedio	Prof. Máx.	Prof. Mín.	Prof. Prom.	%Repos.	%Rehab.
Centro	79	1935-1999	40	512	102	223	23	33
Norte	39	1935-1999	38	300	100	204	15	18
Chiconautla	39	1955-1957	53	321	50	126	10	0
Oriente	91	1935-1999	33	965	48	192	43	30
Poniente	25	1942-1994	45	1302	200	362	12	12
Sur- Auxiliar Xotepingo	32	1948-1988	48	216	95	167	34	16
Sur-Coyoacán	99	1944-1999	30	1200	80	317	15	23
Sur Milpa Alta	48	1962-1999	32	350	53	158	8	13
Sur Tlalpan	66	1938-1999	30	401	100	231	9	27
Sur Xochimilco	70	1940-1999	33	350	31	145	11	20
General	588	1935-1999	36	1302	31	207	19	22

FUENTE: Recuperado de “Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México”,

http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero_inffinal_org.pdf

A continuación se presentará información relevante sobre cada sistema regional:

- **Sistema Sur**
En el 2008, 15% de los pozos se encontraban fuera de operación y se necesitó la reposición de 38 de ellos; además se pararon 8 pozos por causa del abatimiento local en los subsistemas Tlalpan, Xochimilco y Auxiliar Xotepingo. Otro factor que afecta los pozos en el sur de la Ciudad es la mala calidad del agua.
- **Sistema Oriente**
Los problemas de mala calidad del agua afectaron a 21 pozos en el año 2001 por lo que se necesitó la instalación de plantas de potabilizadoras en el lugar, esto a su vez trajo limitaciones debido a que la capacidad de tratamiento era en muchos casos inferior a la capacidad de bombeo, por lo que gran parte del agua extraída se tiraba al drenaje (al menos 100 [l/s]).
- **Sistema Centro**
Son pocas las situaciones referidas a la calidad del agua, el verdadero problema es el descenso de los niveles, razón por la cual, se tienen que dejar de operar algunos pozos para permitir su recuperación.
- **Sistema Norte**
En esta región no se tienen inconvenientes sobre la calidad del agua extraída de los pozos, el problema de abatimiento hasta ahora no ha representado problemas graves en la zona.
- **Sistema Poniente**
En 2008 fue necesario parar 27 pozos por abatimiento de los niveles. En esta zona la demanda de agua proveniente del acuífero es más baja debido a que casi en su totalidad se abastece por el Lerma- Cutzamala, mientras que, la zona oriente cuenta únicamente con fuentes locales que presentan los problemas ya indicados de calidad y escasez.

- **Calidad del agua**

En relación a la calidad del agua, la degradación puede deberse a la contaminación directa del acuífero o la mezcla de agua de diferente origen. Los parámetros químicos que se presentan en mayor concentración en algunos pozos son hierro y manganeso, así como el NH₄ y microorganismos que indican el aporte de contaminación de origen antropogénico (doméstico, municipal y/o lixiviados).

Se puede decir que el agua del subsuelo tiene un contenido de sólidos totales de 200 a 400 [mg/l], en algunas zonas como la colonia Agrícola Oriental llega a 1000 [mg/l] e incluso a más de 20 000 [mg/l] en la zona del lago de Texcoco.

Además en Azcapotzalco, Agrícola Oriental, Sierra de Santa Catarina, Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco se observan altas concentraciones de manganeso y particularmente de hierro (del orden de 1 a 5 [mg/l]), elementos presentes de manera natural. En los pozos localizados a lo largo de la Sierra de las Cruces, así como en las inmediaciones de la zona montañosa, en lo que se conoce como zona de transición, se reportan altas concentraciones de nitratos, amonio y coliformes fecales que indican descargas de aguas domésticas directas al subsuelo o de lixiviados que provienen de confinamientos de residuos sólidos. En la zona sur, y por los mismos motivos, se observa presencia de amonio y coliformes fecales.

En lo que concierne a la calidad microbiológica del agua subterránea, los escasos estudios realizados en la ciudad indican la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales y otras bacterias patógenas, algunas de ellas presentes a lo largo del año, e incluso en algunos casos después de la desinfección.

De hecho, se han identificado 84 microorganismos de 9 géneros que pueden asociarse con contaminación fecal humana. En particular, se ha detectado la bacteria *Helicobacter pylori* en casi 20% de las muestras, después de la cloración. Aunque en México no se dispone de estudios epidemiológicos de dicha bacteria, en países desarrollados esta bacteria se asocia con úlceras y cáncer gástrico.

La mala calidad microbiológica del acuífero se explica por las fisuras del suelo, acentuadas por el hundimiento, las filtraciones del agua del drenaje y vertidos directos de agua residual. Además, se cuenta con estudios que demuestran la introducción de contaminantes al acuífero, dichos contaminantes provienen de rellenos sanitarios o depósitos clandestinos de basura.

Como consecuencia de la creciente degradación de la calidad del agua, las plantas potabilizadoras a pie de pozo se encuentran operando fuera de sus factores de diseño.

- **Conflictos potenciales**

Si bien este sistema de abastecimiento no tiene los problemas inherentes a la importación de agua de otros estados, existen fuertes desigualdades y conflictos por transferencia de agua entre diferentes delegaciones. En general se puede decir que la calidad y cantidad del abastecimiento es fundamentalmente desigual, tendiendo a decrecer hacia el oriente de la ciudad donde se ubican las

delegaciones con mayor crecimiento y menor acceso a las fuentes externas de agua.

➤ **SISTEMA CHICONAUTLA**

Se refiere a una batería de pozos en el Estado de México (Municipio de Ecatepec de Morelos) que capta agua del acuífero Cuautitlán-Pachuca cuya principal zona de recarga se considera el Cerro Chiconautla. El sistema empezó a operar en 1957 para abastecer a la zona norte de la ciudad, según un acuerdo entre el municipio de Ecatepec y el Gobierno del Distrito Federal, incluía 3 ramales con un total de 39 pozos, además de 2 plantas de bombeo y tanques de almacenamiento con una capacidad de 105 000 [m³].

Actualmente el sistema abarca 41 pozos con una profundidad entre 50 y 321 [m], el agua se distribuye en el noreste de la ciudad a través de un acueducto de 2.2 [m] de diámetro.

El rápido crecimiento de la población en el municipio de Ecatepec ha llevado a que en años recientes fuera necesario entablar negociaciones entre el gobierno municipal, la CONAGUA y el GDF para lograr detener el trasvase de agua al Distrito Federal.

• **Calidad del agua**

Se tienen numerosas fuentes potenciales de contaminación dada la acelerada urbanización e industrialización de la zona, y la cercanía de puntos críticos como el tiradero municipal de Chiconautla y Sosa Texcoco, dicho basurero operó de 1990 a 2008 y allí se depositaron 800 toneladas diarias de residuos las cuales a su vez generaron 40 000 litros de lixiviados, el lugar no cuenta con drenaje profundo ni protección sanitaria, fue instalado en antiguas minas de arena lo cual facilita la infiltración de contaminantes. En 2012, se detectaron altos niveles de plomo, coliformes y otros microorganismos en pozos ubicados a 1 [km] del tiradero.

➤ **MANANTIALES**

El sistema de abastecimiento de la Ciudad de México incluye el aprovechamiento de 18 manantiales los cuales se ubican en la parte oeste y suroeste del Distrito Federal dentro de la zona de suelos de conservación, a excepción de los manantiales: Fuentes Brotantes, Peña Pobre y Santa Fe.

Las áreas de conservación cumplen un rol fundamental ya que están ligadas a las zonas de recarga de acuíferos y manantiales que abastecen la Ciudad de México. Un manejo adecuado de estas áreas es prioritario para la conservación de la cantidad y calidad del recurso hídrico, sin embargo, en los últimos años estas áreas han estado en riesgo creciente debido al desarrollo urbano, tan sólo

entre 1980-2000 se permitió que sobre estos terrenos se construyeran casas, pero sumado a esto se tienen asentamientos ilegales, por ejemplo, en 2003 se reportaron 804 asentamientos irregulares con aproximadamente 60 000 familias, 80% de los cuales fueron en áreas de conservación.

La Tabla 1.6 presenta información general sobre los diversos manantiales que son parte del suministro de agua de la ciudad.

Tabla 1.6 Características de los manantiales de la Ciudad de México

Nombre	Delegación	Localidad	Gasto [l/s]	Extracción [m³/año]
Tulmiac	Tlalpan	---	2	63072
La Sauceda	Tlalpan	Rancho Las Cruces	19	599184
Monte Alegre	Tlalpan	km 22 carretera Ajusco	107	3374352
Viborillas	Tlalpan	km 26.5 carretera Ajusco	4	126144
El Sauco	Tlalpan	km 12 carretera Ajusco	2	63072
Fuentes Brotantes	Tlalpan	Parque Nal. Fuentes Brotantes	79	2491344
Rancho Viejo	Tlalpan	Col. Héroes de Padierna	3	94608
Peña Pobre	Tlalpan	San Fernando e Insurgentes	138	4351968
Potrero	Magdalena Contreras	Magdalena Contreras	29	914544
Apaxtla y Ojo de Agua	Magdalena Contreras	Segundo dinamo	38	1198368
Las Palomas	Magdalena Contreras	San Bernabé	4	126144
San Bartolo Ameyalco	Álvaro Obregón	San Bartolo Ameyalco	32	1009152
Santa Rosa Xochiac	Álvaro Obregón	Santa Rosa Xochiac	3	94608
Santa Fe	Álvaro Obregón	Santa Fe	192	6054912

Nombre	Delegación	Localidad	Gasto [l/s]	Extracción [m ³ /año]
El Ranchito	Cuajimalpa	Valle de las Monjas	35	1103760
Chimalpa	Cuajimalpa	Chimalpa	7	220752
Cuajimalpa	Cuajimalpa	Cuajimalpa	106	3342816

FUENTE: Recuperado de “Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México”, http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero_inffinal_org.pdf

De la tabla anterior se observa que se tienen manantiales que proporcionan un gasto de hasta 192 [lps] sin embargo es importante mencionar que, estos cuerpos de agua se encuentran en constante peligro debido a que muchos de ellos no cuenta con las medidas de protección para su conservación.

1.2 Tratamientos de potabilización más comúnmente empleados

El término “agua potable” se emplea para designar el agua que es susceptible para el uso y consumo humano, es decir, no contiene contaminantes objetables para la salud.

Es evidente que el agua natural posee composiciones muy variadas y normalmente se necesita modificar dicha composición para ajustarla a un uso en particular. En consecuencia, se requiere una variedad de operaciones y/o procesos de tratamiento para separar los diversos contaminantes que con seguridad se encontrarán; razón por la cual las plantas para potabilización de agua se han convertido en un elemento fundamental para lograr dar a este líquido la calidad deseada.

Los contaminantes pueden estar presentes como:

- 1. Sólidos en suspensión flotantes o grandes:**
En el agua natural: hojas, ramas, etc.
- 2. Sólidos suspendidos pequeños y coloidales:**
En el agua natural: partículas de arcilla y limo, microorganismos.
- 3. Sólidos disueltos:**
En el agua natural: alcalinidad, dureza, ácidos orgánicos.
- 4. Gases disueltos:**
En el agua natural: bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno.

5. Líquidos no mezclables:

Grasas y aceites.

Dependiendo de la calidad del agua cruda, el grado de complejidad del tratamiento es diferente. El diseño de una planta de tratamiento eficiente y económico requiere un estudio de ingeniería cuidadoso basado en la calidad de la fuente y en la selección apropiada del tren de tratamiento, el cual se define como la secuencia de operaciones y procesos unitarios para remover contaminantes y con ello producir agua de la calidad requerida.

A continuación se explicará brevemente en qué consisten las principales operaciones y procesos unitarios que se emplean para la potabilización del agua cruda.

- Operaciones unitarias

Se conocen como operaciones unitarias a los métodos de tratamiento en los que se aplica una fuerza física para remover contaminantes. Las operaciones unitarias dependen esencialmente de las propiedades físicas de la impureza, como tamaño de partícula, peso específico, viscosidad, etc.

Ejemplos comunes de este tipo de operaciones son el cribado, sedimentación y flotación, filtración y transferencia de gases.

- Procesos unitarios

Se denomina proceso unitario al método en el cual la eliminación de los contaminantes se basa en fenómenos químicos y/o biológicos.

Los procesos químicos dependen de las propiedades químicas de una impureza y generalmente se utilizan reactivos. Algunos procesos químicos son: coagulación, precipitación, intercambio iónico.

En los procesos biológicos se utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales, normalmente sustancias orgánicas. Los procesos biológicos aerobios incluyen: filtros percoladores, lodos activados, entre otros.

En la Tabla 1.7 se resumen las operaciones y procesos de purificación de agua más usados en la actualidad.

Tabla 1.7 Operaciones y procesos de potabilización

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
TRATAMIENTO PRELIMINAR		
Cribado (rejillas)	<p>Las aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, y su limpieza se hace bien manualmente o mecánicamente. Las rejillas de finos tienen aberturas de 5 [mm] o menos. Generalmente están fabricadas de malla metálica de acero, o en base a placas o chapas de acero perforado. Las rejillas o cribas de gruesos tienen aberturas que pueden oscilar entre los 4 y 8 o 9 [cm]. A veces se utilizan trituradoras en lugar de rejillas de gruesos.</p>	Remoción de desechos grandes que puedan obstruir o dañar los equipos de la planta.
Pretratamiento químico	<p>En el pretratamiento es habitual incluir una oxidación primaria, por ejemplo con dióxido de cloro (ClO₂), cuyo objetivo principal es destruir las sustancias orgánicas precursoras de trihalometanos, actuando también como etapa de predesinfección.</p>	Remoción eventual de algas y otros elementos acuáticos que causan sabor, olor y color.
Sedimentación del Tipo I (Sedimentación simple)	<p>Se entiende por sedimentación la remoción, por efecto gravitacional, de las partículas en suspensión en un fluido, y que tengan peso específico mayor que el fluido. La sedimentación como tal, es en esencia un fenómeno netamente físico. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. Se denomina "sedimentación simple" al proceso de depósito de partículas discretas y generalmente el concepto se presenta en desarenadores.</p>	Remoción de grava, arena, limo y otros materiales sedimentables.

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
TRATAMIENTO PRINCIPAL		
Aireación	<p>Es el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ellas. En resumen, es el proceso de introducir aire al agua.</p>	<p>Las funciones más importantes de la aireación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Transferir oxígeno al agua para aumentar el OD. *Disminuir la concentración de CO₂ *Remover gases como metano, cloro y amoníaco. *Oxidar hierro y manganeso. *Remover compuestos orgánicos volátiles. *Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores.
Mezcla rápida (coagulación)	<p>La mezcla rápida es un proceso empleado en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como: saltos hidráulicos en canales, canales Parshall, mezcladores mecánicos en línea y tanques con equipo de mezcla rápida,</p>	<p>En plantas de purificación de agua el mezclado rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La coagulación es una operación consistente en neutralizar las cargas eléctricas de una suspensión coloidal. De esta forma dejan de actuar las fuerzas de repulsión y las partículas coloidales comienzan a agregarse.</p>

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
Mezcla lenta (floculación)	<p>El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas; es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar las colisiones entre ellas sin romper los agregados preformados. Al igual que la coagulación, la floculación es influenciada por fuerzas químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos.</p>	<p>En la floculación las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, mediante agitación lenta prologanda, durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad.</p>
<p>En conjunto la coagulación/floculación persiguen alterar el estado de los sólidos filtrables y en suspensión para facilitar su separación mediante sedimentación.</p>		
Sedimentación del Tipo II	<p>Corresponde a la sedimentación de partículas floculentas (aquellas producidas por la unión de partículas coloidales por medio de agentes químicos). Los factores primordiales que influyen en la velocidad de sedimentación son el tamaño, forma y densidad de la partícula.</p>	<p>La sedimentación después de la adición de coagulantes y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico.</p>
Ablandamiento	<p>La reducción de dureza o ablandamiento es un proceso comúnmente practicado en tratamiento de agua. El ablandamiento puede ser realizado en la planta potabilizadora o por el consumidor en el punto de uso.</p> <p>El proceso de ablandamiento se hace comúnmente por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Precipitación química *Intercambio iónico <p>Los cationes causantes de dureza son: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺</p>	<p>Remoción de dureza; el consumo de jabón por las aguas duras representa una pérdida económica para el usuario del agua, ya que la espuma no ocurre hasta que todos los iones de la dureza se precipitan. El precipitado formado por la dureza y el jabón se adhiere a la superficie de bañeras, tarjas y lavadoras de platos y puede manchar la ropa, platos y otros objetos.</p>

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
Filtración	<p>Aunque cerca del 90% de la turbiedad y el color con removidos por la coagulación y la sedimentación, una cierta cantidad de flóculo pasa al tanque de sedimentación y se requiere su remoción. Por ello, para lograr la clarificación final se usa la filtración a través de medios porosos; generalmente dichos medios son arena o arena y antracita.</p>	<p>En la planta potabilizadora la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto de flóculo, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración. El propósito principal de la filtración es separar impurezas coloidales o suspendidas del agua ya que estas interfieren en la desinfección pues proveen protección a los microorganismos de la acción del desinfectante.</p>
Desinfección	<p>La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos, dichos desinfectantes no sólo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua.</p> <p>Compuestos químicos para la desinfección del agua:</p> <p>*Cloro (Cl₂), Dióxido de Cloro (ClO₂), Hipoclorito (OCl⁻), Ozono (O₃), Halógenos: Bromo (Br₂), Yodo (I), Permanganato potásico (KMnO₄).</p> <p>Compuestos físicos para la desinfección del agua:</p> <p>*Luz Ultravioleta (UV), Rayos gamma, Calor, radiación electrónica.</p>	<p>La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. La desinfección es una medida que se debe adoptar en todos los sistemas de abastecimiento, bien con carácter correctivo, bien preventivo, ya que el agua puede tener un largo recorrido hasta el momento que es consumida.</p>

FUENTE: Elaborado por la autora con base en la revisión de las referencias 4, 6, 12, 19 y 20 mostradas en el Bibliografía, y de las referencias 5, 6,30,31,32,33 y 34 de la Mesografía.

En algunas situaciones, uno solo de estos procesos de tratamiento puede dar el cambio deseado en la composición, pero en la mayoría de los casos, es necesario utilizar una combinación de varios procesos.

En la Tabla 1.8 se dan las combinaciones probables de procesos de tratamiento que se requieren para producir agua potable de diferentes fuentes.

Tabla 1.8 Combinaciones de procesos de tratamiento en base a la fuente de suministro

Fuente	Tratamiento probable	Adiciones posibles
Cuenca en lo alto	Cribado o microfiltrado Desinfección	Filtrado en arena Estabilización Remoción de color
Río de tierras bajas	(i) Cribado o microtamizado, coagulación, filtrado rápido, desinfección (ii) Cribado o microtamizado, filtrado rápido, filtrado lento, desinfección.	Almacenaje Ablandamiento Estabilización Adsorción Desalación Remoción de Nitrato
Agua subterránea profunda	Desinfección	Ablandamiento Estabilización Remoción de hierro Desalación Remoción de nitrato

FUENTE: Tebbut, T.H.Y., *Fundamentos de control de la calidad del agua*, Ed. Limusa, México 1999.

En la Tabla 1.8 se presentaron algunos procesos que pueden ser agregados al tren de potabilización cuando el agua a tratar proviene de una fuente subterránea pues esta se caracteriza por concentraciones considerables de hierro y manganeso. Lo anterior es de gran importancia sobre todo en el Distrito Federal, ya que como se presentó en el apartado anterior, gran parte del agua que se suministra día con día proviene del acuífero del valle de México, ante esto, es de interés mencionar las principales características de las operaciones y procesos, que se suman a los ya presentados.

- **Membranas**

Una operación de membrana puede definirse como una operación donde una corriente de alimentación se divide en dos: un permeado que contiene el material que ha pasado a través de la membrana y un rechazo conteniendo especies que no la atraviesan.

En la Tabla 1.9 se describen las principales características de este tratamiento.

Tabla 1.9 Operaciones de membrana

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
MEMBRANAS		
<p>La principal fuerza impulsora del desarrollo industrial de las membranas ha sido la desalación para suministros municipales de agua potable. Una membrana puede definirse como un film delgado (fino) que separa dos fases y actúa como una barrera selectiva al transporte de materia. Las operaciones de membranas en las que la fuerza actuante es una diferencia de presión a través de la membrana son: microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (OI).</p>		
<p>La MF y UF son usadas frecuentemente para remoción de partículas y SS por exclusión de tamaño y no remueven iones, o en general, sólidos disueltos.</p>		
<p>En la NF y OI la remoción es lograda por la difusión, exclusión de carga y exclusión de tamaño.</p>		
<p>Ósmosis inversa</p>	<p>Si una solución salina concentrada está separada del agua pura por una membrana porosa, la diferencia de potencial químico tiende a promover la difusión del agua desde el compartimiento diluido al compartimiento concentrado para igualar concentraciones. En el equilibrio, la diferencia de niveles entre los dos compartimientos corresponde a la presión osmótica de la solución salina. Lo descrito hasta ahora ocurre en situaciones normales, en que los dos lados de la membrana estén a la misma presión, si se aumenta la presión del lado de mayor concentración, puede lograrse que el agua pase desde el lado de alta concentración al de baja concentración de sales.</p>	<p>El objetivo de la OI es obtener agua purificada partiendo de un gasto de agua que está impura o que posee un alto contenido de sales, lo anterior se logra por medio de la aplicación de presión para forzar el paso del agua a través de una densa membrana fabricada expresamente para retener sales y solutos de bajo peso molecular.</p>

OPERACIÓN O PROCESO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO
Nanofiltración	En esta técnica los iones monovalentes son rechazados débilmente por la membrana. Esto explica por qué la NF permite una contrapresión osmótica mucho menor que la experimentada por la OI. En consecuencia, la presión de trabajo usada en NF es mucho menor que en OI (normalmente de 0.5 a 1.5 MPa).	También llamada ósmosis inversa a baja presión o desendurecimiento por membranas relaciona la OI y UF en términos de selectividad de la membrana, la cual está diseñada para eliminar iones polivalentes (calcio y magnesio) en operaciones de ablandamiento. Más recientemente, la NF ha sido empleada para eliminar o separar la materia orgánica.
Ultrafiltración	La UF puede definirse como una operación de clarificación y desinfección por membrana. Debido a que los solutos de bajo peso molecular no son retenidos por la UF, la contrapresión osmótica puede ser despreciada, y la presión de trabajo se mantiene baja (50 a 500 kPa).	Las membranas empleadas en la UF son porosas y permiten sólo el rechazo de solutos gruesos (macromoléculas), todo tipo de microorganismos como virus y bacterias y otros tipos de partículas.
Microfiltración	Una diferencia fundamental entre MF y UF es el tamaño del poro de la membrana; los de MF son de 0.1 μm o mayores.	La aplicación primaria de este tipo de operación es la remoción de partículas (clarificación). Las presiones son similares a las de la UF.

FUENTE: Elaborado por la autora con base en la revisión de las referencias 4, 6, 12, 19 y 20 mostradas en el Bibliografía, y de las referencias 5, 6, 30, 31, 32, 33 y 34 de la Mesografía.

En la Tabla 1.10 se resumen las características generales de las operaciones de membrana previamente mencionadas:

Tabla 1.10 Clasificación general de las operaciones de membrana

Operación de membrana	Fuerza directora	Mecanismo de separación	Estructura de membrana
Microfiltración	Presión	Cribado	Macroporos
Ultrafiltración	Presión	Cribado	Mesoporos
Nanofiltración	Presión	Cribado +(solución/difusión+ exclusión)	Microporos
Ósmosis inversa	Presión	Solución/difusión+ exclusión	Densa

FUENTE: Recuperado de "Red Institucional de Tecnologías Limpias",
www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/.../Catalogo%20ID34.doc

- **Desgasificación**

El objetivo principal de la desgasificación es la de desorber (eliminar) los gases disueltos que contiene el agua cruda de pozo, estos gases son producto, en su mayoría, del metabolismo bacteriano de los diversos microorganismos que se encuentran en los estratos del subsuelo a profundidad en el manto freático.

La desorción es una operación unitaria en la cual las moléculas disueltas en un líquido se transfieren del agua a un flujo gaseoso o corriente de vapor. La fuerza para la transferencia es suministrada por el gradiente de concentración; las moléculas de soluto se mueven del líquido al gas hasta alcanzar el equilibrio.

Los principales gases que se encuentran son: amoníaco (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2SO_4), bióxido de carbono (CO_2), oxígeno (O_2) y metano (CH_4) en pequeñas concentraciones.

Dado que los gases mencionados anteriormente son nocivos para la salud, no deben estar presentes en el agua y por tal motivo deben eliminarse; para ello se diseñan torres desgasificadoras en las cuales se pone en contacto el agua con aire atmosférico para que se lleve a cabo la transferencia del gas, de la fase líquida a la fase gaseosa. Dichas torres regularmente contienen empaques de diversas configuraciones y geometrías, su objetivo principal es incrementar el área superficial de contacto de las dos fases presentes, logrando hacer más eficiente la transferencia del gas contaminante.

- **Oxidación**

El proceso de oxidación consiste en una serie de fenómenos químicos durante los cuales se verifica un intercambio de electrones entre las especies químicas involucradas (cambio de estado de oxidación o valencia de las especies reaccionantes).

Los objetivos que se persiguen con la oxidación son los siguientes:

- Eliminación de las sustancias que pueden encontrarse disueltas en el agua, tanto minerales (Fe, Mn, etc.), como orgánicas (ácidos, derivados de amonio, etc.).
- Eliminación de olores y sabores, provocados por los compuestos orgánicos.
- Eliminación de organismos contaminantes en forma de gérmenes y patógenos causantes de enfermedades de transmisión hídrica.

La elección del agente oxidante depende del tipo de contaminante que se tenga que oxidar y de la instalación con la que se dispone en la planta. Los agentes oxidantes más empleados son:

- Cloro y sus derivados.
- Ozono.
- Permanganato de potasio.
- Oxígeno.

- **Biofiltración**

Un biofiltro es un reactor biológico empleado en la purificación de gases contaminados y consta esencialmente de un material de empaque activo biológicamente denominado lecho, encargado de soportar los microorganismos que realizan la biodegradación de los contaminantes.

La principal característica del proceso es el aprovechamiento de la capacidad de algunos microorganismos para oxidar microbiológicamente una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos como el ácido sulfhídrico (H₂S) de característica volátil, a otros compuestos menos inofensivos como CO₂ y compuestos ácidos. La Figura 1.8 resume las transformaciones generales que ocurren en el biofiltro.



Figura 1.8 Esquema de la biodegradación de contaminantes en los biofiltros

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica.

La oxidación microbiológica es posible por la utilización de los contaminantes como fuente de energía para los microorganismos. La principal reacción que ocurre en la biofiltración es una oxidación catabólica, es decir, los compuestos contaminantes de mayor peso molecular se oxidan en compuestos más simples.

En los biofiltros los microorganismos se hallan adheridos al lecho, el cual está compuesto de partículas porosas rodeadas de una capa húmeda activa biológicamente, conocida como biopelícula. La biopelícula es una zona donde se presenta un permanente intercambio de masa entre las fases líquidas y vapor,

es allí donde los contaminantes gaseosos se difunden y son biodegradados por la actividad de las bacterias aerobias.

- **Adsorción**

Adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido. Este fenómeno tiene lugar cuando se coloca dicha superficie en contacto con una solución. Una capa de moléculas de soluto se acumula en la superficie del sólido debido al desequilibrio de las fuerzas superficiales. El sólido (comúnmente, carbón activado) se denomina adsorbente y el soluto a absorber se denomina adsorbato.

El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, desodorizar y decolorar el agua.

El carbón activado se caracteriza por poseer una superficie específica (alrededor de 500 a 1500 m² por gramo) con una infinita cantidad de poros muy finos que son los que retienen (adsorben) ciertos compuestos no deseados. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que "activa" y crea la porosidad.

La adsorción con carbón activado consiste en retirar del agua las sustancias solubles mediante el filtrado a través de un lecho de este material, separando y reteniendo en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados.

El funcionamiento es muy simple, consiste en introducir el agua por la parte superior de una columna que contiene el carbón activo para que, mediante la acción de la gravedad o una presión artificial, circule hacia abajo y se recupere a través de un sistema de drenaje inferior. Durante este filtrado, el lecho va acumulando sustancias que, cada cierto tiempo es preciso retirar.

- **Recomendaciones de tren de potabilización**

Como se mencionó previamente, la selección del tren de tratamiento adecuado dependerá de las características físicas, biológicas y químicas que posea la fuente de abastecimiento de interés; sin embargo, las Figuras 1.9 a 1.12 muestran algunas de las propuestas con mayor aplicación hoy en día.

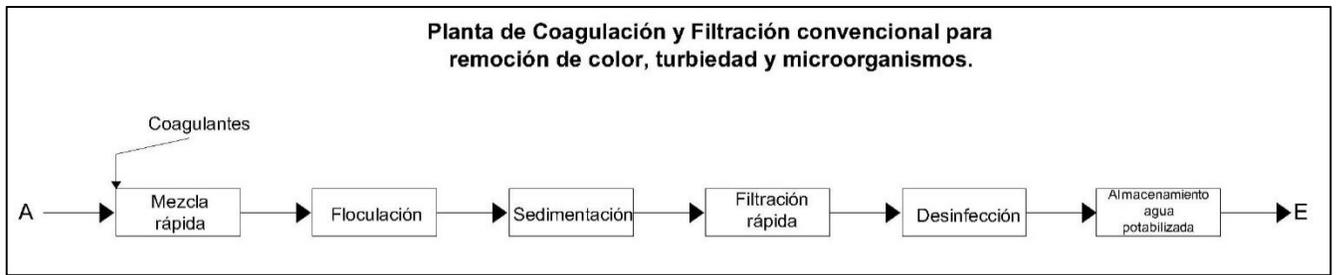


Figura 1.9 Propuesta de tren de tratamiento 1

FUENTE:

Romero Rojas, Jairo, Potabilización del agua, Tercera Edición, Ed. Alfaomega, México 1999.

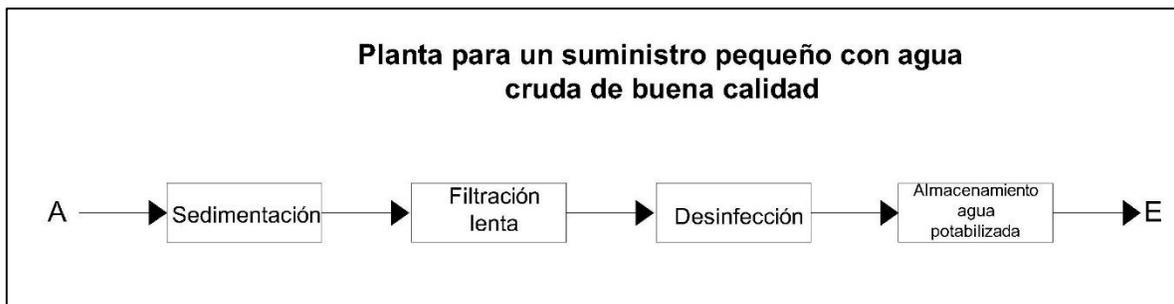


Figura 1.10 Propuesta de tren de tratamiento 2

FUENTE:

Romero Rojas, Jairo, Potabilización del agua, Tercera Edición, Ed. Alfaomega, México 1999.

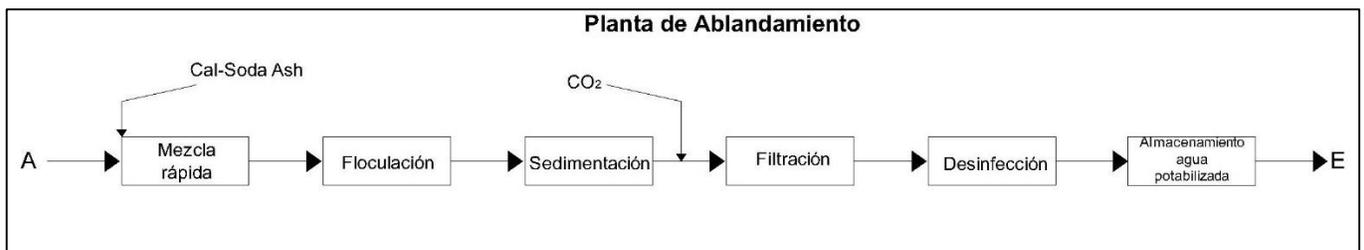


Figura 1.11 Propuesta de tren de tratamiento 3

FUENTE:

Romero Rojas, Jairo, Potabilización del agua, Tercera Edición, Ed. Alfaomega, México 1999.



Figura 1.12 Propuesta de tren de tratamiento 4

FUENTE:

Romero Rojas, Jairo, Potabilización del agua, Tercera Edición, Ed. Alfaomega, México 1999.

En el Distrito Federal operan 44 Plantas Potabilizadoras, entre las cuales destaca la planta del Río Magdalena, la cual aplica un proceso a base de coagulación /floculación, sedimentación por gravedad, filtración de arenas rápidas y desinfección con cloro.

Por otro lado, la Comisión Nacional del Agua se encarga de dar tratamiento al agua importada del Río Cutzamala en la planta llamada los Berros. Éste consiste en precloración, coagulación/ floculación, sedimentación por gravedad y filtración de arenas rápidas. Los tratamientos se efectúan cerca de la fuente de extracción, antes de que el agua penetre al sistema Lerma-Cutzamala para ser transportada a la Zona Metropolitana del Valle de México.

El tratamiento de las fuentes de agua subterránea consiste en aplicarles el procedimiento de cloración para obtener un valor de cloro residual total de 0.2 a 1.5 mg/l, incluyendo los puntos más alejados en la red de distribución. De manera adicional, existen 435 estaciones de recloración a lo largo del sistema de distribución, que tienen por objeto mantener el cloro residual a nivel conveniente.

1.3 Legislación en materia de agua potable

Es importante especificar que la normatividad correspondiente a calidad del agua enfatiza en todo momento que, **“No deben considerarse como fuentes de abastecimiento para uso y consumo humano, aquellas que por el tipo, magnitud y toxicidad de sus componentes físicos, químicos y microbiológicos presentes, sean potencialmente un riesgo a la salud humana, a menos que se realice tratamiento para su potabilización”**.

Tomando en cuenta lo anterior y a fin de abastecer de agua de buena calidad que propicie la disminución de enfermedades gastrointestinales que afectan sobre todo a los niños, se ha promovido y apoyado la construcción, rehabilitación y ampliación de plantas potabilizadoras; así como la ejecución de acciones de

desinfección del agua y el establecimiento de normas de calidad que regulen los estándares mínimos de los servicios que proporcionan dichos sistemas.

La Secretaría de Salud, en coordinación con la CONAGUA y otras entidades de gobierno, establecieron las siguientes normas que regulan los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable:

Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.

Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo.

Publicada el 12 de julio de 2005.

Está norma canceló a las siguientes:

- Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumos públicos y privados.
- Norma Oficial Mexicana NOM 013-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.
- Norma Oficial Mexicana NOM -014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

A continuación se destacan algunas de las más importantes especificaciones establecidas dentro de la NOM-230-SSA1-2002:

-Las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse mediante cercas de malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales. La obra de captación debe mantenerse libre de malezas permanentemente.

-El acceso a las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse con bardas y puertas con cerraduras, candados o sistemas de seguridad y permitir la entrada únicamente a personal autorizado.

-Las áreas interiores de estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras deben mantenerse siempre aseadas. Se deben limpiar y desinfectar con la frecuencia que determinen las condiciones del sistema, equipo y proceso de manera que se eliminen los riesgos asociados.

-Las instalaciones destinadas al almacenamiento y aplicación de desinfectantes, sea cloro, compuestos de cloro u otros productos químicos, se deben mantener con el piso seco y ventilación adecuada que permita circulación cruzada del aire. Se debe evitar el almacenamiento de productos ajenos a la potabilización.

- Las paredes interiores de los tanques de almacenamiento o regulación, los cárcamos de bombeo, las cajas colectoras o repartidoras deben ser o estar recubiertos de material sanitario. Debe existir un programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua. La limpieza debe incluir la extracción de sólidos sedimentados y remoción de materiales incrustados. Se deben limpiar y desinfectar paredes y piso con la frecuencia que determinen las condiciones del tanque de manera que se eliminen los riesgos asociados.

- Las paredes internas y rompeolas de las cisternas, destinadas al transporte y distribución de agua, deben ser o revestirse con material resistente a la oxidación y corrosión.

- La cisterna debe utilizarse exclusivamente para el transporte de agua para uso y consumo humano, asimismo debe mantenerse limpia y ostentar en el exterior de la cisterna y en ambos lados, la leyenda de Agua Potable la cual deberá incluir la clave asignada por el organismo operador.

- El organismo operador de la cisterna debe exhibir copia de la bitácora del último mantenimiento y desinfección efectuados a la cisterna, así como de los resultados de los últimos análisis físicos, químicos y microbiológicos, a solicitud de la autoridad sanitaria competente.

-Debe preservarse la calidad microbiológica del agua en cualquier parte del sistema hasta en los puntos más alejados de la red de distribución, mediante la desinfección continua y permanente del agua.

Con la finalidad de lograr un monitoreo ordenado y conciso sobre las diversas variables de calidad del agua, la NOM-230-SSA1-2002 establece los procedimientos sanitarios que deben aplicarse para que las muestras obtenidas sean realmente representativas y no se alteren las condiciones reales del agua en estudio. Dichos procedimientos se presentan a continuación.

Procedimiento sanitario para el muestreo de acuerdo con la NOM-230-SSA1-2002

Se establecen los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento y cisternas para el transporte y distribución, público y privado, incluyendo características microbiológicas, físicas, químicas y radiactivas, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras. Se enfatiza el hecho de que, el procedimiento de muestreo debe iniciar con la toma de muestras para análisis microbiológico.

Dentro de la norma se establece que debe existir como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de tratamiento; de igual forma, los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen al sistema y deben tener una distribución uniforme a lo largo del sistema y, en su caso, considerar los lugares más susceptibles de contaminación tales como:

- Puntos muertos.
- Zonas de baja presión.
- Zonas con antecedentes de problemas de contaminación.
- Zonas con fugas frecuentes.
- Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente.
- Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y
- Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.

En la Tabla 1.11 se indican aspectos esenciales para la correcta preservación de muestras, indicando incluso, el material del envase en el que estas deben ser almacenadas.

Tabla 1.11 Preservación de muestras de agua para uso y consumo humano

DETERMINACIÓN	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO [ml]	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Características microbiológicas	p,v	125	Refrigerar de 4 a 10°C	6 horas
Cianuros	p,v	1000	Adicionar NaOH a pH>12; refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas
Cloro residual	p,v	50	Analizar inmediatamente	
Cloruros	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Color	p,v	500	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	49 horas
Dureza total	p,v	100	Adicionar HNO3 o H2SO4 a pH>2(*)	14 días

DETERMINACIÓN	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO [ml]	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Fenoles	p,v PTFE	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	Analizar tan pronto sea posible
Fluoruros	P	500	Refrigerar de 4 a 10°C	28 días
Hidrocarburos aromáticos (BTEX)	S	25	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Metales en general	p,v(A)	1000	Adicionar 1[ml] de ácido nítrico concentrado por cada 100[ml] de muestra	180 días (Sólo para la determinación de mercurio almacenar por un máximo de 4 semanas)
Nitratos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Nitritos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	
Nitrógeno amoniacal	p,v	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	7 días
Olor	V	500	Analizar tan pronto como sea posible. Refrigerar	6 horas
pH	p,v	50	Analizar inmediatamente	
Plaguicidas	s	1000	Refrigerar de 4 a 10°C	7 días
Sólidos	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Turbiedad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas

FUENTE: Elaborado por la autora con base en la NOM-230-SSA1-2002.

(*) Omitir la preservación en caso de que la muestra se analice inmediatamente.

p - Plástico

pH- Potencial de hidrógeno

v – Vidrio

v(A) – enjuagado con HNO₃ 1+1

PTFE – tapa de politetrafluoroetileno

BTEX- benceno, tolueno, etilbenceno, xileno

Es importante resaltar que para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:

- Número de control para identificar la muestra
- Fecha y hora de muestreo
- Punto o sitio de muestreo

- Temperatura del agua
- pH
- Cloro residual libre
- Tipo de análisis a efectuar
- En su caso, reactivo empleado para la preservación

Norma Oficial Mexicana 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. Publicada el 18 de enero de 1996 y modificada el 22 de noviembre de 2000.

El principal objetivo de esta norma es establecer los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, con lo cual se pretende establecer un eficaz control sanitario del vital líquido a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

Se define como límite permisible a la concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

Se presentan a continuación los límites permisibles de diversos parámetros, los cuales han sido clasificados de acuerdo a la característica de interés:

Características microbiológicas

Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y *Escherichia coli* o coliformes fecales.

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.12.

Tabla 1.12 Límites permisibles de características microbiológicas

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectable
E. coli o coliformes fecales u organismo termotolerantes	Ausencia o no detectable

FUENTE: Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000.

Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 [ml]; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución durante un periodo de doce meses de un mismo año.

Características físicas y organolépticas

Este apartado hace referencia a las características del agua que pueden ser detectadas sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico)
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método

FUENTE: Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000.

Características químicas

Las características químicas son debidas a elementos o compuestos químicos que se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana. En la Tabla 1.14 se muestran algunos elementos y/o compuestos químicos, así como el límite permisible que establece la norma para cada uno de ellos.

Tabla 1.14 Límites permisibles de características químicas

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE [mg/l]
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE [mg/l]
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fierro	0.30
Manganeso	0.15
Nitratos (como N)	1.00
Nitritos	1.00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno)	6.5- 8.5
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)*	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20
DDT(total de isómeros)	1.00
Gamma HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.00
Heptacloro y epóxido de heptacloro*	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4-D	30.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50

FUENTE: Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000

Nota 1. Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Nota 2. El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

Tabla 1.15 Cumplimiento gradual arsénico

Límite permisible [mg/l]	Año
0.045	2001
0.040	2002
0.035	2003
0.030	2004
0.025	2005

FUENTE: Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000

Resulta interesante destacar que en aquellos sistemas de abastecimiento en los cuales la desinfección del agua no incluya cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinará los casos en donde sea necesario dosificar cloro adicional al agua distribuida, con la finalidad de que esta cumpla con el rango de cloro residual libre que establece la norma.

Características radiactivas

Como su nombre lo indica, las características radiactivas son aquellas que resultan de la presencia de elementos radiactivos. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Tabla 1.16 Límites permisibles de características radiactivas

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE[Bq/l]
Radiactividad alfa global	0.56
Radiactividad beta global	1.85

FUENTE: Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, publicada el 22 de noviembre de 2000

Una vez que se han realizado las pruebas necesarias y se conocen los valores de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y radiactivos de la fuente de abastecimiento de interés, se debe comparar dichos valores respecto a la NOM-127-SSA1-1991 con la finalidad de revisar si el agua posee la calidad requerida para ser usada y consumida por la población que será beneficiada, aun cuando la calidad de agua sea excelente, esta deberá ser sujeta por lo menos a un proceso de desinfección.

Cuando uno o más de los parámetros exceden los límites permisibles establecidos, se deben aplicar los tratamientos específicos que sean necesarios o que resulten de las pruebas de tratabilidad.

La NOM-127-SSA1-1991 especifica diferentes trenes de tratamiento según el contaminante que deba ser removido.

Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998.

Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por los sistemas de abastecimiento público. Publicada el 24 de septiembre de 2001.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos y especificaciones que deberán observarse en las actividades de control de la calidad del agua para uso y consumo humano.

En sistemas de abastecimiento de localidades con una población de 50 000 habitantes o menor, el organismo operador debe cumplir como mínimo con lo especificado dentro del Programa de Análisis de Calidad del Agua, los resultados obtenidos y su análisis correspondiente se deberá conservar en archivo, durante tres años como mínimo, y estar a disposición de la autoridad competente, cuando ésta lo solicite; en sistemas de abastecimiento de localidad con una población mayor a 50 000 habitantes, el organismo operador debe contar con Certificado de calidad sanitaria del agua , otorgado por la Secretaría de Salud, siendo el propio organismo el responsable del cumplimiento de los siguientes programas:

- Programas de análisis de calidad del agua
- Inspección de instalaciones hidráulicas
- Mantenimiento y capacitación

El desarrollo de las actividades de los programas ya mencionados, debe registrarse en bitácoras actualizadas o archivo; tanto los programas como el desarrollo de sus actividades, deben estar a disposición de la autoridad competente cuando ésta lo solicite, durante un mínimo de cinco años.

El programa de análisis de calidad del agua debe incluir como mínimo lo especificado en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16 Requerimiento del Programa de Análisis de Calidad del agua

DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN		
POBLACIÓN ABASTECIDA No. DE HABITANTES	MUESTRAS POR NÚMERO DE HABITANTES	FRECUENCIA
≤2500	1/≤2500	semanal
2501-50 000	1/5000	semanal

50 001-500 000	5/50 000	semanal
>500 000	1/50 000	diaria
EXAMEN MICROBIOLÓGICO EN RED DE DISTRIBUCIÓN		
POBLACIÓN ABASTECIDA No. DE HABITANTES	MUESTRAS POR NÚMERO DE HABITANTES	FRECUENCIA
≤50 000	1/≤50 000	semanal
50 001-500 000	1/50 000	semanal
>500 000	1/250 000	diaria
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y EXAMEN MICROBIOLÓGICO		
SITIO DE MUESTREO	No. DE MUESTRAS	FRECUENCIA
En la entrada a red de distribución proveniente de :		
Fuente de abastecimiento superficial	1	Trimestral
Fuente de abastecimiento subterránea	1	Semestral
Mezcla de dos o más tipos de fuentes y/o tanque de almacenamiento y regulación	1	Semestral (Trimestral si incluye fuentes superficiales)
Planta potabilizadora	1	Trimestral

FUENTE: NOM-179-SSA1-1998

Nota 1. El agua en la red de distribución, incluyendo los puntos más alejados, debe contener cloro residual libre entre los límites de 0.2 a 1.5 [mg/l] (de conformidad con la NOM-127-SSA1-1994).

Nota 2. Cuando se especifica frecuencia diaria, se debe entender que incluye los siete días de la semana.

Nota 3. El examen microbiológico debe incluir la determinación de organismo coliformes totales y *E. coli* o coliformes fecales u organismo termotolerantes (de conformidad con la NOM-127-SSA1-1994).

Dependiendo del sitio de muestreo se especifican los mínimos parámetros que deberán ser tomados en cuenta para realizar la evaluación de la calidad del agua (Tabla 1.17).

Tabla 1.17 Determinaciones del análisis fisicoquímico

No.	DETERMINACIÓN	En la entrada a sistemas de distribución proveniente de:		Mezcla de dos o más tipos de fuentes y/o tanques de almacenamiento y regulación	Planta potabilizadora
		Fuente superficial	Fuente subterránea		
1	Color	X	X	X	X
2	Olor y sabor	X	X	X	X
3	Turbiedad	X	X	X	X
4	Aluminio*				X
5	Arsénico	X	X	X	X
6	Bario*				
7	Cadmio	X	X	X	X
8	Cianuros*				
9	Cloruros	X	X	X	X
10	Cobre*				
11	Cromo total*				
12	Dureza total*		X	X	X
13	Fenoles o compuestos fenólicos*	X			
14	Fierro	X	X	X	X
15	Fluoruros*		X	X	
16	Benceno*				
17	Etilbenceno*				
18	Tolueno*				
19	Xileno (tres isómeros)*				
20	Manganeso	X	X	X	X
21	Mercurio*				
22	Nitratos	X	X	X	X
23	Nitritos	X	X	X	X
24	Nitrógeno amoniacal	X	X	X	X
25	pH (potencial de hidrógeno)	X	X	X	X
26	Aldrín y dieldrín (separados o combinados)*				X
27	Clordano (total de isómeros)*				X
28	DDT(total de isómeros)*				X
29	Gamma HCH (lindano)*				X
30	Hexaclorobenceno*				X

No.	DETERMINACIÓN	En la entrada a sistemas de distribución proveniente de:		Mezcla de dos o más tipos de fuentes y/o tanques de almacenamiento y regulación	Planta potabilizadora
		Fuente superficial	Fuente subterránea		
31	Heptacloro y epóxido de heptacloro*				X
32	Metoxicloro*				X
33	2,4-D*				X
34	Plomo*	X			
35	Sodio*				
36	Sólidos disueltos totales	X	X	X	X
37	Sulfatos*		X	X	X
38	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)*	X			X
39	Trihalometanos totales*				
40	Zinc*				
41	Especiales de acuerdo a las características de la fuente (Nota 1)	X	X	X	X

FUENTE: NOM-179-SSA1-1998

Nota 1.- Considerando lo especificado por la autoridad sanitaria competente, entre los que se consideran las características radiactivas, especificadas en la NOM-127-SSA1-1994.

Nota 2.- Los resultados de los análisis de agua de sistemas que abastecen localidades de hasta 50 000 habitantes deben conservarse en archivo por un periodo mínimo de tres años; y por cinco años las mayores a 50 000 habitantes.

Dentro de la norma se destaca que, cuando el agua de un sistema de abastecimiento ponga en riesgo la salud de los consumidores, se procederá a ordenar que la distribución se suspenda o se condicione, hasta que se le dé al agua el tratamiento adecuado o, en su caso, se localice otra fuente apropiada, cuando lo anterior ocurra se debe contar con un plan de contingencia por parte del organismo operador correspondiente.

Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002.

Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

Publicada el 18 de octubre de 2002.

Dentro de esta Norma Oficial Mexicana se establecen las disposiciones y especificaciones sanitarias que debe cumplir el agua y hielo para consumo humano envasados y a granel, excepto la que es consumida directamente de los sistemas de abastecimiento. La norma es de carácter obligatorio para las personas físicas o morales que la procesan o importan.

Se considera como agua para consumo humano a granel a la que no contiene materia extraña, ni contaminantes químicos, físicos o microbiológicos, que causen efectos nocivos a la salud y, que es suministrada en presencia del consumidor, a diferencia del agua pre envasada la cual, como su nombre lo indica, se presenta al consumidor en envases cerrados, en esta clasificación se encuentra el agua de manantial, agua mineral, agua mineralizada, etc.

En lo referente a especificaciones sanitarias se indica que en plantas, expendios y máquinas automáticas el equipo, tuberías, tanques de almacenamiento o cualquier otra superficie que entre en contacto directo con el producto o materia prima se deben limpiar y desinfectar con la frecuencia que determinen las condiciones del establecimiento, proceso y equipo de tal forma que se garanticen la eliminación de riesgos asociados, de igual forma, las cisternas o tanques de almacenamiento deben estar protegidos contra la contaminación, corrosión y permanecer tapados.

El productor y el comercializador de agua o hielo, cada uno dentro del ámbito de su responsabilidad deben observar que las sustancias empleadas para la eliminación de plagas en cualquier área de proceso, cumplan con las disposiciones y especificaciones establecidas en el catálogo de plaguicidas vigente.

También se debe contar con procedimientos escritos para la realización de las operaciones de limpieza y desinfección que especifiquen como mínimo: productos usados, concentraciones, tiempos de contacto, enjuagues y medidas para evitar la contaminación del equipo, utensilios o productos.

En el caso particular de las plantas productoras de agua, además de cumplir con lo anterior, se debe contar con un sistema que evite que el agua lista para envasarse y el agua en proceso entren en contacto; el lavado de los envases debe hacerse en un área específica cerrada dentro de la planta y se deben tomar las medidas necesarias para evitar que los envases se vuelvan a contaminar.

Si el agua será comercializada en envases retornables, éstos deben ser sometidos a procesos de lavado y desinfección interna, lavado externo, así como enjuague, una vez realizado lo anterior, no deben quedar residuos de las sustancias utilizadas.

Es importante resaltar que, los productos envasados en botellas o garrafones, cuando se encuentren listos para la venta, deben al menos estar cerrados con tapa inviolable o tapa con sello o banda de garantía.

2. CARACTERIZACIÓN REGIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Situada en el Distrito Federal, la capital mexicana es heredera de la urbe que los conquistadores españoles construyeron sobre las ruinas de la previamente arrasada ciudad azteca Tenochtitlán, que había sido levantada por sus primitivos moradores sobre una isla en medio del lago Texcoco. Con los siglos, a medida que la metrópoli se fue extendiendo, sus habitantes fueron rellenando de tierra la laguna, hasta que esta fue engullida por el imparable avance de una de las mayores ciudades del mundo en la actualidad.

La Ciudad de México se localiza en el centro del país, dentro del Valle de México; abarca una superficie territorial de 1485.5 [km²], lo cual representan el 0.1% de la superficie total del país. Por su ubicación geopolítica, colinda al norte, este y oeste con el estado de México y al sur con el estado de Morelos.

El territorio capitalino se divide en 16 delegaciones, cada una es encabezada por un jefe delegacional desde el año 2000, elegido por sufragio universal. A diferencia de los municipios, las delegaciones no tienen cabildos, en su lugar, la Ley de Participación Ciudadana del Distrito Federal contempla la conformación de Comités Ciudadanos por unidades territoriales. La extensión territorial y proporciones de cada delegación se presentan en la Tabla 2.1, su ubicación es mostrada en la Figura 2.1

Tabla 2.1 Delegaciones políticas del Distrito Federal e información territorial

Clave	Delegación	Población (2010)	Superficie [km ²]	Densidad de población [hab/km ²]
002	Azcapotzalco	414,711	33.54	12,379.40
003	Coyoacán	620,416	54.03	11,510.50
004	Cuajimalpa de Morelos	186,391	70.73	2,617.90
005	Gustavo A. Madero	1,185,772	87.65	13,490.00
006	Iztacalco	384,326	23.21	16,637.50
007	Iztapalapa	1,815,786	113.45	16,026.40
008	La Magdalena Contreras	239,086	63.51	3,771.10
009	Milpa Alta	130,582	288.13	437.90
010	Álvaro Obregón	727,034	96.03	7,557.50
011	Tláhuac	360,265	85.91	4,203.80
012	Tlalpan	650,567	311.62	2,095.90
013	Xochimilco	415,007	118.13	3,511.10
014	Benito Juárez	385,439	26.72	14,435.90
015	Cuauhtémoc	531,831	32.69	16,364.00

Clave	Delegación	Población (2010)	Superficie [km ²]	Densidad de población [hab/km ²]
016	Miguel Hidalgo	372,889	46.39	8,036.40
017	Venustiano Carranza	430,978	33.77	12,713.20

FUENTES:

- * *Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.*
- * *Panorama sociodemográfico del Distrito Federal, 2010.*

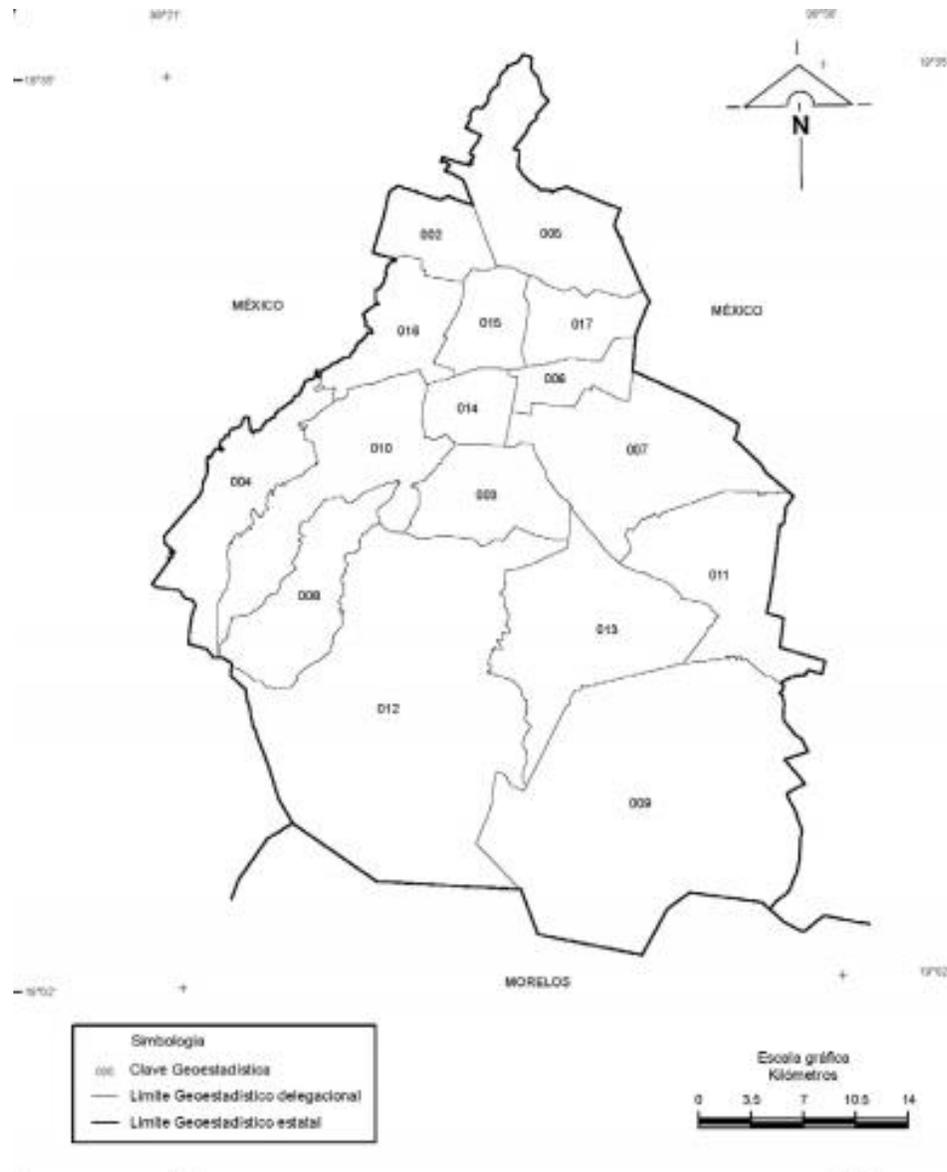


Figura 2.1 Ubicación geográfica de las delegaciones políticas de la Ciudad de México.

FUENTE:

- * *Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.*

2.1 Ambiente físico

- **Orografía**

El Distrito Federal se ubica en la parte sur del Valle de México, en las coordenadas 19° 25' 10" N y 99° 8' 44" W; presenta alturas que van desde 2240 [msnm], en sus áreas planas (las partes centrales), como las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez, Azcapotzalco, Iztacalco, entre otras, y elevaciones que pasan de 3700 [msnm] (Tlalpan, Milpa, Alta, La Magdalena Contreras y Tláhuac).

Las principales elevaciones que se ubican dentro de la Ciudad de México se presentan en el Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Elevaciones principales en la Ciudad de México

Elevaciones principales	Altitud [msnm]
Cerro la Cruz del Marqués (Ajusco)	3930
Volcán Tláloc	3690
Volcán Pelado	3620
Cerro El Charco	3530
Volcán Cuautzin	3510
Volcán Chichinautzin	3490
Volcán Guadalupe (El Borrego)	2810
Cerro del Chiquihuite	2730
Volcán Teuhtli	2710
Cerro de la Estrella	2450
Cerro de Chapultepec	2280

FUENTE: *Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.*

El territorio de la Ciudad de México se localiza en la provincia geológica de Lagos y Volcanes del Anáhuac, gran parte de su superficie forma parte del Valle de México, y más específicamente, de los vasos drenados de los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco.

El límite norte del Distrito Federal está dado por la **Sierra de Guadalupe**, un conjunto de montañas que forman una herradura que envuelve la comunidad de Cuauhtepac de Madero, y baja hasta las inmediaciones de la Villa de Guadalupe, donde termina el cerro del Tepeyac. Hacia el centro oriente del D.F. se localiza la **Sierra de Santa Catarina**, una cadena de volcanes apagados cuyo punto más alto es el volcán de Guadalupe o El Borrego. Entre el territorio de Miguel Hidalgo, Cuajimalpa de Morelos y La Magdalena Contreras discurre la **Sierra de las Cruces**,

se trata de una región alta, de la cual bajan la mayor parte de los ríos que aún se encuentran dentro de la ciudad, finalmente en la zona sur del Distrito Federal se encuentra una cadena montañosa perteneciente al Eje Neovolcánico y que recibe el nombre de Sierra **Chichinautzin**, en esta zona se ubican los volcanes Xitle, Chichinautzin, Tláloc y Teuhtli.

- **Clima**

En el 87% del territorio de la Ciudad de México se presenta clima templado subhúmedo, en 7% del territorio se tiene clima seco y semiseco, mientras que, en 6% de la ciudad el clima es templado húmedo.

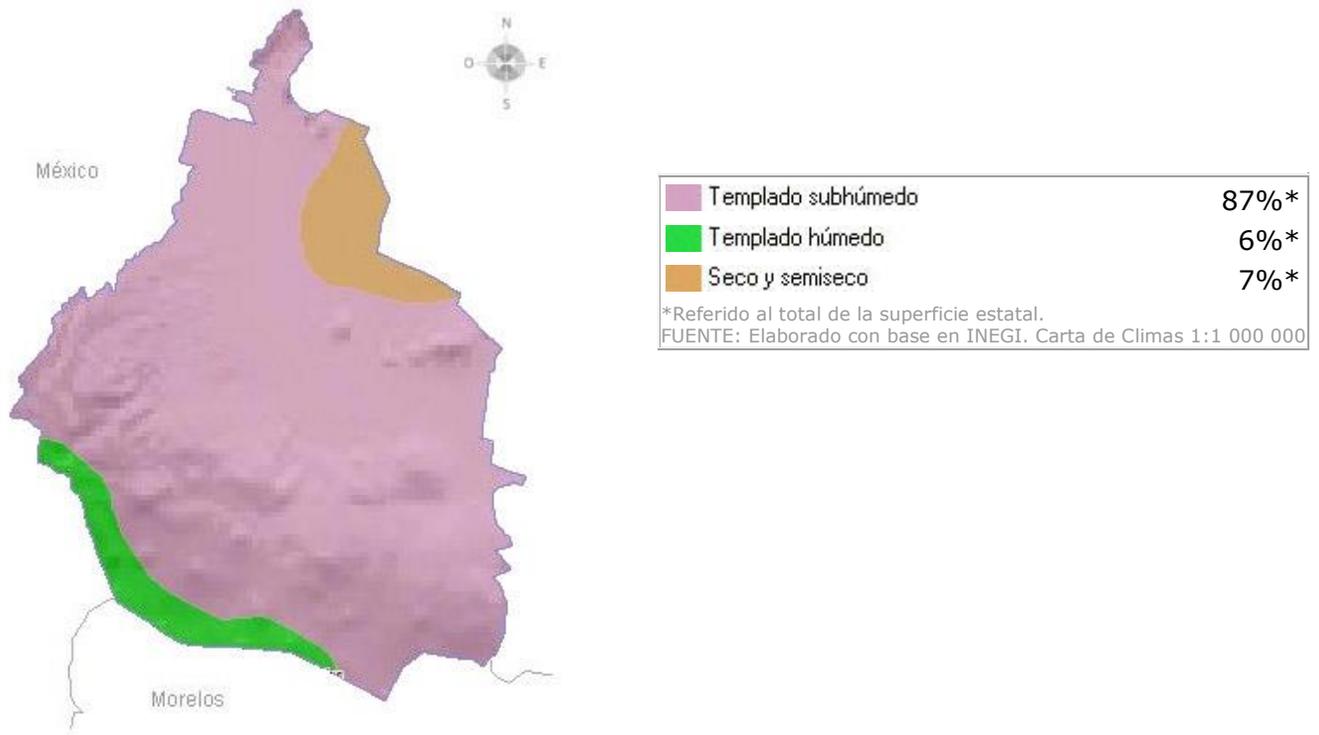


Figura 2.2 Tipos de Climas de la Ciudad de México

FUENTE: Recuperado de “Cuéntame de México” (Portal de INEGI),

<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09>

La temperatura media anual es de 16°C; la temperatura más alta, mayor a 25°C, se presenta en los meses de marzo a mayo y la más baja, alrededor de 5°C, en el mes de enero.

Las lluvias se presentan en verano, la precipitación total anual es variable: en la región seca es de 600 [mm] y en la parte templada húmeda (Ajusco) es de 1200 [mm] anuales.

En la Tabla 2.3 se presenta información del año 2010 sobre la temperatura media anual y precipitación de tres estaciones meteorológicas ubicadas en la Ciudad de México.

Tabla 2.3 Información estaciones meteorológicas de la Ciudad de México

Estación meteorológica	Temperatura [°C]	Precipitación [mm]
Tacubaya	15.6	787.7
El Guarda	9.4	1343.7
Colonia San Juan de Aragón	16.5	586.9

FUENTE: Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.

- **Hidrología**

Hablar de la hidrología del Distrito Federal es referirse a avenidas con nombres de ríos o ríos que han sido entubados, esto es debido al intenso crecimiento urbano que se presentó durante la segunda mitad del siglo XX en el llamado Valle de México.

Cuando en 1325 se fundó Tenochtitlán, el Valle de México contenía un lago en proceso de desecación por asolvamiento. Con el crecimiento de la ciudad, su conquista por los españoles y posterior florecimiento de la ciudad colonial, se aceleró su desecación.

A manera de canales, surgieron algunos ríos (Churubusco, Consulado, Los Remedios, La Piedad), que se sumaron a los existentes en las zonas montañosas del oeste y sur del Distrito Federal (arroyos: El Borracho, Texcalatlaco; ríos: Hondo, Los Venados, Cieneguita o La Magdalena), muchos de éstos actualmente entubados, total o parcialmente. Subsisten en la zona de Xochimilco y Tláhuac algunos canales que son vestigios de las áreas de chinampas, entre los más relevantes se encuentran los canales de Chalco, Nacional, Apatlaco y Santa Cruz.

Hoy en día en el territorio del Distrito Federal corren los ríos Mixcoac (entubado), Agua de Lobo, Churubusco (entubado), Los Remedios, La Piedad (entubado), Tacubaya, Becerra, Consulado (entubado), Santo Desierto, La Magdalena, San Buenaventura, El Zorrillo y Oxaixtla.

Además se tienen cuerpos de agua, tales como los que se presentan en la Tabla 2.4.

- **Zonificación del Valle de México**

Tomando como referencia el Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF-04), la Ciudad de México se divide en tres zonas (Figura 2.4):

- **Zona I:** Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que puede existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados.
- **Zona II:** Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 [m] de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre.
- **Zona III:** Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por arenas aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 [m].

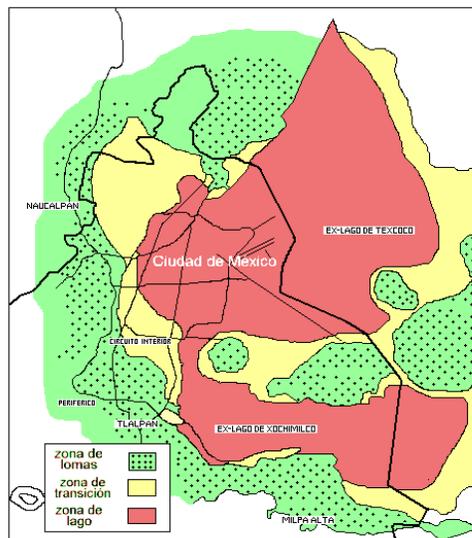


Figura 2.4 Zonificación del Valle de México
FUENTE: Recuperado del portal “Servicio Sismológico Nacional”,
<http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/RSVM/zona-valle.jsp>

2.2 Características del medio socioeconómico

- **Población**

Los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 indican que, el Distrito Federal es la segunda entidad más poblada del país, justo después del Estado de México. En el D.F. habitan 8 851 080 personas, que representa el 7.88% de la población nacional. La densidad de población es de 5,921 [hab/km²] lo que la convierte en la entidad federativa con el porcentaje más alto de este parámetro y en una de las ciudades más densamente pobladas del mundo, es de interés resaltar que la segunda entidad con el valor más alto de densidad es el Estado de México con 679 [hab/km²], es decir, la densidad de población de la Ciudad de México es casi 9 veces mayor.

Las delegaciones más pobladas del D.F. son: Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Tlalpan y Coyoacán, quienes en conjunto concentran casi el 56.5% de la población. La delegación con mayor población es Iztapalapa (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Número de habitantes por delegación

Delegación	Población	[%] de Población D.F.	Edad media
Iztapalapa	1,815,786	20.51	28
Gustavo A. Madero	1,185,772	13.40	31
Álvaro Obregón	727,034	8.21	30
Tlalpan	650,567	7.35	30
Coyoacán	620,416	7.01	34
Cuauhtémoc	531,831	6.01	33
Venustiano Carranza	430,978	4.87	32
Xochimilco	415,007	4.69	28
Azcapotzalco	414,711	4.69	33
Benito Juárez	385,439	4.35	36
Iztacalco	384,326	4.34	32
Miguel Hidalgo	372,889	4.21	32
Tláhuac	360,265	4.07	27
La Magdalena Contreras	239,086	2.70	30

Delegación	Población	[%] de Población D.F.	Edad media
Cuajimalpa de Morelos	186,391	2.11	28
Milpa Alta	130,582	1.48	26
Distrito Federal	8,851,080	100.00	31

FUENTE: Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.

La población en la Ciudad de México nunca ha dejado de crecer. A partir de 1950, la población presentó un crecimiento apresurado; sin embargo, la población de la entidad ha crecido a un ritmo menos acelerado que el estándar nacional, creciendo a una tasa media anual de 0.30% (Figura 2.5).

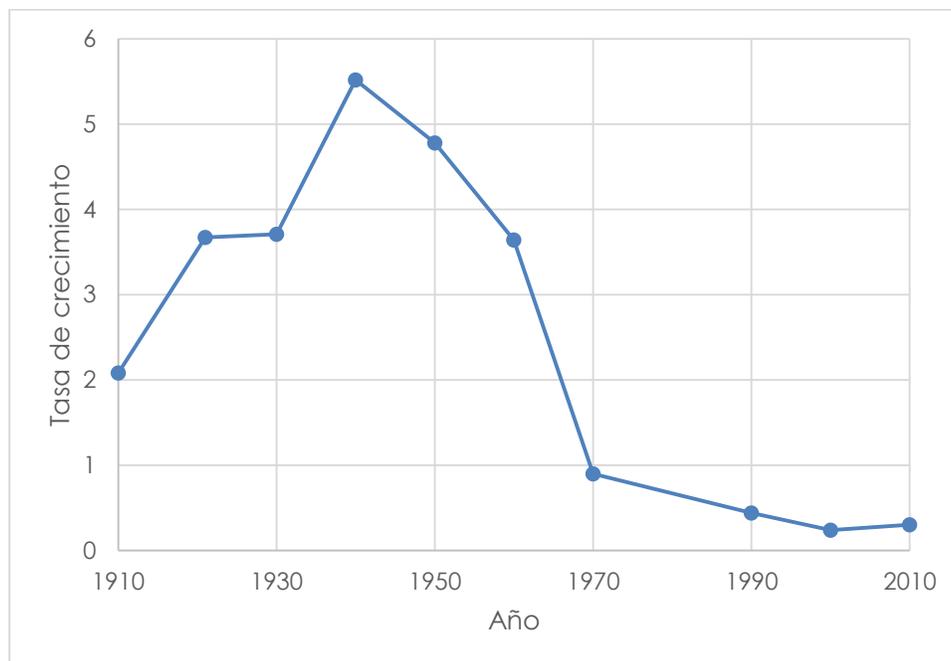


Figura 2.5 Crecimiento de la población en la ciudad de México

FUENTE: Recuperado del portal “Instituto Nacional de Estadística y Geografía: Censo de Población y Vivienda, 2010”.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=9>

- **Índice de Marginación**

El índice de Marginación permite diferenciar entre las entidades federativas y municipios según el impacto de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a viviendas adecuadas, a ingresos monetarios suficientes, y de las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

De manera particular, el índice de marginación es un indicador compuesto, desarrollado por el CONAPO con base en los resultados de los Censos Generales de Población y Vivienda. Para su construcción, se utiliza un total de 9 indicadores que se pueden agrupar en cuatro áreas: escolaridad, disponibilidad de servicios en la vivienda, población residente en localidades menores de 5,000 habitantes y población con ingresos de hasta dos salarios mínimos. La variación de este índice va de lo negativo a lo positivo; en donde entre más negativo sea el valor menor es la marginación, y entre más positivo sea, más alta es la marginación.

Según los resultados del índice mencionado, el Distrito Federal ha permanecido como la entidad con menores niveles de marginación, seguido por Nuevo León, Baja California y Coahuila de Zaragoza.

La Tabla 2.6 presenta la información empleada para obtener el índice de Marginación de la Ciudad de México.

Tabla 2.6 Índice de marginación Distrito Federal

Delegación	Población total	%Población de 15 años o más analfabeta	%Población de 15 años o más sin primaria completa	%Ocupantes en vivienda sin drenaje ni excusado	%Ocupantes en vivienda sin energía eléctrica	%Ocupantes en vivienda sin agua entubada	%Viviendas con algún nivel de hacinamiento	%Ocupantes en viviendas con piso de tierra	%Población en localidades con menos de 5000 habitantes	%Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contexto estatal
Distrito Federal	8851080	2.11	8.72	0.08	0.08	1.79	26.08	1.08	0.67	28.51	-1.482			
Azcapotzalco	414711	1.63	7.19	0.03	0.01	0.17	23.39	0.6	0.00	24.34	-1.990	Muy bajo	5.182	12
Coyoacán	620416	1.55	6.48	0.09	0.02	0.06	18	0.85	0.00	20.23	-2.107	Muy bajo	3.859	14
Cuajimalpa de Morelos	186391	2.37	9.64	0.12	0.08	1.67	29.51	1.53	1.54	24.21	-1.831	Muy bajo	6.977	8
Gustavo A. Madero	1185772	2.17	9.15	0.06	0.04	0.29	27.79	0.96	0.00	31.76	-1.817	Muy bajo	7.147	7
Iztacalco	384326	1.79	8.19	0.03	0.02	0.04	25.31	0.75	0.00	26.09	-1.930	Muy bajo	5.865	11
Iztapalapa	1815786	2.8	10.89	0.08	0.07	0.73	33.09	1.2	0.00	36.04	-1.662	Muy bajo	8.888	4
La Magdalena Contreras	239086	2.65	11.13	0.1	0.09	3.57	30.83	1.36	0.27	26.99	-1.754	Muy bajo	7.857	5
Milpa Alta	130582	4.06	12.7	0.68	0.42	10.71	42.98	4.22	21.61	52.39	-1.115	Bajo	15.068	1
Álvaro Obregón	727034	2.19	9.43	0.04	0.04	0.76	26.94	1.18	0.05	23.64	-1.895	Muy bajo	6.259	9
Tláhuac	360265	2.46	9.65	0.13	0.16	1.6	33.11	1.49	2.27	38.29	-1.644	Muy bajo	9.096	3
Tlalpan	650567	2.25	9.46	0.13	0.23	11.37	26.07	1.46	1.78	25.6	-1.794	Muy bajo	7.399	6
Xochimilco	415007	2.73	9.92	0.19	0.31	6.69	32.8	2.38	1.72	32.72	-1.643	Muy bajo	9.103	2
Benito Juárez	385439	0.56	3.06	0.02	0.01	0.04	8.19	0.26	0.00	17.07	-2.342	Muy bajo	1.211	16
Cuauhtémoc	531831	1.44	6.45	0.05	0.05	0.08	19.42	0.33	0.00	26.07	-2.042	Muy bajo	4.598	13
Miguel Hidalgo	372889	1.1	6.02	0.02	0.02	0.03	17.06	0.52	0.00	20.63	-2.134	Muy bajo	3.557	15
Venustiano Carranza	430978	1.58	7.41	0.04	0.03	0.03	26.63	0.42	0.00	28.64	-1.908	Muy bajo	6.11	10

FUENTE: Recuperado del portal CONAPO, Secretaría de Gobernación, “Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010”.

http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones

Al llevar a cabo el análisis de la marginación al interior del D.F., se observa que en el 2010 todas las delegaciones tenían un nivel bajo o muy bajo en el índice de marginación. Destaca la delegación Benito Juárez al ser la de menor marginación a nivel nacional. Las delegaciones Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta son las que presentan una mayor marginación en la entidad.

Destacan los siguientes aspectos del análisis puntual de la marginación por variable y área geográfica:

- Considerando a la población analfabeta de 15 años y más, la delegación Milpa Alta registra el mayor porcentaje en la entidad con 4.06%.
- En las delegaciones Iztacalco, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco y Coyoacán, el porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario es menor al 0.1%.
- El mayor porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica se encuentra en Tlalpan, Xochimilco y Milpa Alta. En estas delegaciones también se encuentra el mayor porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada; estado de precariedad que se conserva al tomar en cuenta el nivel de hacinamiento.

• **Educación**

Información general

- Proporción de la población de 5 a 14 años que asiste a la escuela : 95.9%
- Proporción de la población de 15 años y más con instrucción postprimaria: 78.8%
- En la Ciudad de México existen 10, 381 escuelas: 8,482 son de educación básica, 683 de educación media superior, 696 de educación superior y 520 de capacitación para el trabajo.

• **Salud**

La Tabla 2.7 presenta información de interés sobre la situación del Sector Salud en la Ciudad de México.

Tabla 2.7 Unidades médicas de consultas externas y hospitalarias de las instituciones públicas de salud

CONCEPTO	Número	Porcentaje
Total de unidades médicas	609	100
Población asegurada	204	33.5
Población no asegurada	405	66.5
De consulta externa	529	100
Población asegurada	160	30.2
Población no asegurada	369	69.8
Hospitalarias	80	100
Población asegurada	44	55
Población no asegurada	36	45

FUENTE: Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.

Información general (Datos del año 2011)

- Total de defunciones: 66,383.
- Defunciones por Diabetes mellitus: 10,332.
- Defunciones por influenza y neumonía: 2,448.
- Defunciones por accidentes: 1,905.

• **Economía**

El Valle de México ha transformado su actividad productiva en los últimos 20 años: una gran cantidad de industrias salieron del área urbana, generando huecos de actividad al interior de la ciudad; asimismo, los servicios financieros incrementaron su presencia y se concentraron en algunas zonas de la ciudad. Estos fenómenos consolidan dos áreas productivas principales: una de ellas es **industrial**, y comprende principalmente la parte norte y noreste de la capital; la otra está conformada por los **servicios globales** que ofrece, ubicados principalmente en el corredor Reforma, desde el Centro Histórico hasta el desarrollo Santa Fe.

Entre 1850 y 1980, el Distrito Federal llegó a producir hasta el 36% del PIB nominal nacional. Sin embargo, a inicios del siglo XXI sólo representaba menos del 20% total. El retroceso de la actividad industrial, implicó, por una parte, el crecimiento en términos relativos de los ingresos aportado por el sector terciario (de servicios), y por otra parte, también se reflejó en el crecimiento de la economía informal de la ciudad.

A pesar de lo anterior, después de la crisis económica de las décadas de 1980 y 1990, el Distrito Federal fue una de las pocas entidades federativas cuya

participación en el PIB nacional mejoró. Pasó de 21% en 1988 a 23% en 1996. Además el ingreso per cápita se incrementó, debido en parte a la contracción demográfica resultado del terremoto de 1985.

En 2004 produjo el 18.40% del producto interior bruto nacional, que equivale a casi 137,000 millones de dólares, para el año 2007 dicho porcentaje disminuyó a 17.8 (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Producto Interno Bruto Total, 2003-2011

Año	PRODUCTO INTERNO BRUTO TOTAL		
	Miles de pesos constantes	Porcentaje en el total nacional	Lugar nacional
2003	1,325,151,578.00	18.5	1°
2004	1,368,286,880.00	18.4	1°
2005	1,404,695,021.00	18.3	1°
2006	1,472,402,931.00	18.2	1°
2007	1,517,059,079.00	18.2	1°
2008	1,524,067,054.00	18	1°
2009	1,449,226,567.00	18.2	1°
2010	1,501,610,700.00	17.9	1°
2011	1,552,226,253.00	17.8	1°

FUENTE: Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.

En la Tabla 2.9 se presenta la estructura sectorial del producto interno bruto PIB en la Ciudad de México, se resaltan los tres sectores con mayor contribución.

Tabla 2.9 Estructura sectorial del producto interno bruto, 2011

SECTOR		VALOR [Miles de pesos]	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	
Clave	Descripción		En la entidad	Respecto al total nacional
TOTAL DE LA ENTIDAD		2 291 440 934.70	100	
11	Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	1 149 036.50	0.1	0.2
21	Minería	73 498.3	NS	NS
22	Electricidad, agua y suministro de gas	11 762 014.3	0.5	6.9
23	Construcción	96 463 276.0	4.2	10.4
31-33	Industrias manufactureras	240 042 558.4	10.5	9.6

SECTOR		VALOR [Miles de pesos]	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	
Clave	Descripción		En la entidad	Respecto al total nacional
43-46	Comercio	452 641 702.5	19.8	19.8
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	213 860 337.6	9.3	22.3
51	Información en medios masivos	151 072 593.3	6.6	38
52	Servicios financieros y de seguros	264 121 423.6	11.5	54.3
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes de muebles e intangibles	196 380 620.4	8.6	14.7
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	178 422 257.2	7.8	42.7
55	Dirección de corporativos y empresas	46 171 675.4	2	85
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	116 2653 085.9	5.1	35.6
61	Servicios educativos	106 074 934.2	4.6	15.6
62	Servicios de salud y asistencia social	89 471 825.4	3.9	21.9
71	Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos y entre otros servicios recreativos	11 946 531.4	0.5	23.7
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	46 952 687.8	2	15.4
81	Otros servicios	73 869 824.0	3.2	22.8
93	Actividades del gobierno	165 455 569-1	7.2	28
99	Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente	-170754516.5	-7.5	56.6

FUENTE: Perspectiva estadística Distrito Federal, Marzo 2013.

- **Agricultura y Ganadería**

Información general (Datos del año 2007)

- En el D.F. existen 19 692 [ha] destinadas a la actividad agropecuaria o forestal.
- En términos de ganado de cuentan con las siguientes cabezas: 8 874 bovino, 4 495 equino, 16 339 porcino, 33 889 ovino, 1071 caprino, 17 375 conejos, 81 215 aves de corral y 2027 colmenas.

- Los principales cultivos son: noche buena, geranio, rosa de invernadero. Avena forrajera, papa, brócoli, maíz de grano, romerito, apio, nopales, árboles de navidad y peras.

- **Industria**

Según datos de la Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal, la entidad cuenta con 54 zonas industriales y de su superficie total, 2 578 [ha] son destinadas para uso industrial.

En el año 2003, existían 27 727 unidades económicas que fueron calificadas como industriales y que dieron empleo a más de 547 000 capitalinos. En 2010, la industria química y de transformación del petróleo, la industria alimentaria, la industria farmacéutica, y la producción de aparatos electrónicos, maquinaria y otros artículos metálicos, concentraron gran parte de la mano de obra del ramo industrial de la ciudad. La ciudad de México ocupa el primer lugar dentro de la industria de la construcción en el país, manteniendo un crecimiento del 6.5%.

2.3 Servicios

Abastecimiento de agua potable

Información general (Datos del año 2011)

- Agua suministrada: 31 930 [l/s].
- Agua desinfectada para consumo humano: 98.7%
- Dotación de agua potable por habitante: 320 [l/hab*d].
- Plantas Potabilizadoras de agua en operación: 44.
- Capacidad instalada (Plantas potabilizadoras): 4 448.5 [l/s].
- Caudal potabilizado: 67.8%
- Viviendas con agua entubada: 96.9%.

Alcantarillado

Información general (Datos del año 2011)

- Viviendas que cuentan con conexión a la red municipal de drenaje: 99%
- Agua residual generada: 22 461.6 [l/s].
- Agua residual colectada: 22 121.40 [l/s].
- Plantas de tratamiento de aguas residuales en operación (delegacionales): 28.
 - Capacidad instalada: 6 770.5 [l/s].
 - Caudal tratado: 3 329.8 [l/s].

- Plantas de tratamiento de aguas residuales en operación (industriales): 155.
Capacidad instalada: 572.8 [l/s].
Caudal tratado: 160.2 [l/s].

Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

En la Ciudad de México como en cualquier urbe del mundo, el desarrollo económico de la sociedad, de actividades industriales, comerciales y de servicios, además del crecimiento poblacional ha implicado un aumento en la generación de residuos, en el caso particular del Distrito Federal se generan cerca de 12,816 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos producidos por 8,851,080 habitantes de población fija, así como por la población flotante que proviene de la Zona Metropolitana del Valle del Valle de México que ingresa diariamente a la ciudad. La generación promedio por habitante es de 1.31 kilogramos por día presentando una variación de 0.89 y 2.48 entre delegaciones (Figura 2.6).



Figura 2.6 Generación de residuos sólidos por delegación
FUENTE: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2013, recuperado de
www.sedema.df.gob.mx

Se considera que, prácticamente más del 90% de la población tiene acceso al servicio de recolección, función y responsabilidad realizada por las 16 delegaciones políticas.

Dentro del **Inventario de Residuos Sólidos 2013** sobresalen los siguientes datos (Tabla 2.10):

Tabla 2.10 Infraestructura para el manejo de RSU del D.F.

Generación de residuos	12,816 [ton/día]	
Disposición final	7,613 [ton/día]	
Vehículos recolectores	2,552 unidades	
Estaciones de transferencia	13 estaciones	
Plantas de selección	2 plantas	
Plantas de composta	Secretaría de Obras y Servicios (1)	
	Álvaro Obregón (1)	
	Cuajimalpa (1)	
	Iztapalapa (1)	
	Milpa Alta (2)	
	Xochimilco (1)	
La Ciudad de México no cuenta con un sitio de disposición final por lo que deposita sus residuos sólidos en los siguientes sitios:		
Sitios de disposición final	Estado de México	La Cañada
		Cuautitlán
		El Milagro
	Morelos	Tepoztlán
		Cuautla

FUENTE: *Inventario de residuos sólidos, 2013, recuperado de www.sedema.df.gob.mx*

- **Transportes y comunicaciones**

Información general (Datos del año 2011)

- Existen 27 897 unidades destinadas al transporte público y 121 168 que se emplean para transporte de carga.

- La ciudad de México cuenta únicamente con un aeropuerto, actualmente existe el proyecto de construir uno nuevo debido a la gran demanda existente.
- Por cada 100 habitantes, se tienen 46 automóviles destinados a uso particular.
- Existen 62 estaciones radiodifusoras y 11 estaciones televisoras.
- Se estima que hay 47.1 líneas telefónicas por cada 100 habitantes.

- **Oferta turística**

Información general (Datos del año 2011)

- Existen 651 hoteles: 30% corresponden a establecimientos de 5 estrellas, 20.3 % a 4 estrellas, 20.3% a 3 estrellas, 13.1% a 2 estrellas, 11.2% a 1 estrella y 5.2% no posee categoría turística.
- Hay 18 discotecas y centros nocturnos, 78 bares turísticos, 1 223 restaurantes turísticos, 443 agencias de viajes y 18 centros de convenciones.

2.4 *Sistema hidráulico de la Ciudad de México*

Este sistema es el medio a través del cual la ciudad se relaciona con el sistema hidrológico para satisfacer sus demandas de agua, defenderse de las inundaciones y disponer las aguas residuales.

El objetivo básico del sistema hidráulico del Distrito Federal (SHDF), es el de satisfacer las necesidades de la ciudad. Estas necesidades son de diferente naturaleza, si bien todas ellas están relacionadas con el manejo del agua dentro del D.F. Para ello, el SHDF dispone de diferentes obras de infraestructura con las que proporciona tres diferentes servicios: abastecimiento de agua; desalojo de aguas residuales, y control y desalojo de aguas pluviales. Toda esta infraestructura se expande casi al ritmo que la ciudad a la que sirve.

- **Sistema de abastecimiento de agua potable**

El primer servicio que presta el SHDF se refiere al suministro del agua que requiere la ciudad para diferentes usos. Cada uso impone al sistema una demanda de agua específica, tanto en cantidad como en calidad. Además, las características técnicas de las instalaciones de los distintos usuarios definen algunas características del sistema hidráulico, principalmente en lo relativo al almacenamiento y presión del agua.

El sistema de suministro de agua para la ciudad de México está integrado por fuentes internas y externas y por componentes de la infraestructura hidráulica que permiten obtener, conducir, regular y distribuir el caudal que requieren los diversos usuarios. Para atender la demanda de agua potable de los habitantes de la ciudad se suministra un caudal promedio de 32 [m³/s], el cual se obtiene de diversas fuentes de abastecimiento tales como el Sistema Cutzamala, Sistema Lerma, manantiales y acuíferos del Valle de México².

Infraestructura de agua potable

En 2002, la capital del país tenía **1 031.2 [km] de red primaria** (de ½ a 12 pulgadas de diámetro) conectada directamente a los grandes ductos del sistema de distribución y **12 287.4 [km] de red secundaria** (con tuberías de menor diámetro) conectada directamente a las tomas domiciliarias.

En el mismo año, la infraestructura hidráulica del D.F. estaba constituida por 13 866 [km], divididos en acueductos, líneas de conducción, redes primaria y secundaria, **254 plantas de bombeo, 44 plantas potabilizadoras, 972 pozos, 68 manantiales y 56 estaciones que miden la presión** del líquido.

Durante ese año se estimó que 32% del agua abastecida se perdía por fugas en la red de conducción y en las tomas domiciliarias, para 2008 dicho valor aumento a 37%.

- **Sistema de alcantarillado**

No todos los volúmenes de agua que se suministran a los distintos usuarios son consumidos por éstos. Por ello, el segundo servicio que presta el SHDF se refiere al desalojo de las aguas residuales; las características de cantidad y calidad de dichas aguas dependen también de cada uso específico.

Un grave problema, común en las urbes densamente pobladas, es el relacionado con el drenaje, porque el asentamiento de un número considerable de seres humanos en un área reducida modifica drásticamente las condiciones naturales del escurrimiento, una parte de estos escurrimientos se puede controlar, almacenar y aprovechar posteriormente para el abastecimiento de agua; pero en el Distrito Federal la lluvia se concentra en el tiempo y en el espacio, y los escurrimientos rebasan la capacidad de la infraestructura existente o se generan en el área urbanizada, por lo cual es necesario desalojar importantes volúmenes de agua fuera de la ciudad.

² En el capítulo 2 “Potabilización” se presenta información sobre las fuentes de abastecimiento mencionadas.

Parte de las aguas residuales es reutilizada previo tratamiento que les da el SHDF. Hasta la fecha, los niveles de reutilización han dependido fundamentalmente de la calidad del agua producida, de la demanda existente para ese tipo de agua y de los costos bajo los cuales puede suministrarse.

Infraestructura de drenaje

El sistema de drenaje de la Ciudad de México es un sistema muy complejo, cuya finalidad es captar las aguas residuales y transportarlas fuera de la ciudad. En general, el sistema está integrado por tres tipos de estructuras hidráulicas: salidas artificiales, red secundaria y red primaria.

Salidas artificiales

1. El Tajo de Nochistongo es la primera salida artificial, se construyó sobre el río Cuautitlán e inició su operación en 1789.
2. El Gran Canal del Desagüe tiene dos túneles, sus características más relevantes son:
 - Es un canal trapecial que va de San Lázaro en el D.F. a la población de Tequixquiac, Estado de México y tiene una longitud total de 47 [km].
3. El Sistema de Drenaje Profundo integrado por un Emisor Central y nueve interceptores, sus principales características se muestran en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Características del Sistema de Drenaje Profundo

Conducto	Longitud [km]	Diámetro [m]	Capacidad [m ³ /s]	Profundidad (mín-máx)[m]
Emisor Central	50	6.5	220	48-217
Interceptor Central	16.1	5	90	22-41
Interceptor Centro-Centro	3.7	5	90	25-26
Interceptor Oriente	22.2	5	85	37-55
Interceptor Centro-Oriente	16	4	40	22-51
Interceptor del Poniente	16.5	4	25	20-40
Interceptor Iztapalapa	5.5	3.1	20	11--16
Interceptor Obrero Mundial	0.8	3.1	20	10--16
Interceptor Oriente-Sur	13.8	5	85	20-34
Canal Nacional-Canal Chalco	8.7	3.1	20	15-17

FUENTE: Recuperado de “Sistema multimedia de apoyo a la docencia UAM”, <http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/libro2-hidrologia/HU1-2-03.pdf>

En resumen, el sistema de drenaje de la Ciudad de México está compuesto como se indica en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Infraestructura del drenaje D.F.

Red primaria	2 087 [km]
Red secundaria	10 237 [km]
Coletores marginales	144 [km]
Plantas de bombeo urbanas	87
Capacidad instalada	752 [m ³ /s]
Presas	21
Capacidad de almacenamiento de presas	3.10 [hm ³]
Lagunas y lagos de regulación	10
Longitud total del drenaje profundo	165 [km]
Tanques de tormenta	10

**FUENTE: Recuperado del Portal del Consejo de Cuenca del Valle de México”,
<http://cuencavalledemexico.com/informacion/cuenca-del-valle-de-mexico/situacion-del-recurso-hidrico-2/alcantarillado/>**

En la actualidad la capacidad del Sistema de Drenaje es insuficiente y presenta serios problemas. En 1975, cuando la población de la zona metropolitana era de 10 millones de habitantes, la capacidad de desalojo era de 280 [m³/s], para el año 2007 ésta vía se vio reducida a sólo 165 [m³/s], con casi el doble de población, haciéndose necesaria la implementación de acciones de emergencia para la inspección y reparación del Sistema de Drenaje Profundo, además se decidió la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO) el cual tendrá 62 [km] de longitud y 7 [m] de diámetro con capacidad para conducir 150 [m³/s] y de igual manera se tendrán 25 lumbreras.

El TEO trabajará por gravedad y recibirá las aguas residuales y pluviales provenientes de los túneles Interceptor Oriente y del Interceptor Río de los Remedios, el túnel emisor oriente conducirá las aguas residuales de la Ciudad de México a la PTAR Atotonilco para el tratamiento y reúso de hasta 35 [m³/s],

3. PLANTAS DE POTABILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO

3.1 Antecedentes

El esmero por usar agua limpia se remonta a la antigüedad. Textos en sánscrito, 2000 a.C., describen la purificación del agua mediante filtrado y hervido. En dibujos egipcios del siglo XIII a.C., se hace referencia a sistemas de sifones para filtrar las impurezas suspendidas. En algunos acueductos romanos había zonas de sedimentación previas a las fuentes o áreas de suministro público. En Venecia, debido a la ausencia de agua dulce, se captaba el agua de lluvia que caía en los techos y ésta se conducía a cisternas, previo paso por filtros de arena. En el siglo XVIII se desarrollaron los primeros sistemas patentados de filtrado, en Francia e Inglaterra. Pero es hasta el año 1804 cuando se realiza la potabilización en gran escala y se reconoce a la ciudad de Paisley, Escocia como la primera con abastecimiento de agua tratada. Ese sistema incluía sedimentación y filtración en arena.

En México, durante el siglo XVII, se filtraba el agua de diversas formas. Para la de manantiales y ríos se construía un depósito de decantación seguido de filtros de arena o grava. Cuando procedía de lagunas o almacenamientos se seguían las siguientes opciones:

- El paso a través de plantas acuáticas, carbón vegetal o arena, o bien,
- El empleo de una serie de filtros que operan mediante la acción de la gravedad.
- Además de lo anterior, hervir el agua resultaba el recurso más común.

En siglos pasados, el agua extraída del acuífero del Valle de México únicamente necesitaba ser desinfectada ya que su calidad era bastante aceptable; sin embargo, en años recientes y debido a la extracción de agua a mayor profundidad, el tratamiento de potabilización ha tenido que ser más sofisticado.

Actualmente en el Distrito Federal operan 44 plantas potabilizadoras, las cuales son operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), este es el organismo responsable de suministrar y distribuir los servicios de agua potable y drenaje a los habitantes del Distrito Federal con la cantidad, calidad y eficiencia necesarios.

De acuerdo a la calidad del influente, se ha establecido el tren de tratamiento requerido en cada una de las plantas; de manera general se conoce lo siguiente:

- 3 plantas potabilizadoras tiene como principal tratamiento la adsorción.
- 21 plantas operan bajo filtración directa.

- 1 planta tiene como operación principal la filtración lenta.
- 18 plantas cuentan con ósmosis inversa.
- 1 planta se especializa en la remoción de Fierro- Manganeso.

En total las 44 potabilizadoras suman una capacidad instalada de 4935.50 [lps] y se potabilizan 3871.00 [lps], lo que implica una eficiencia general del 78%.

Por ser Gustavo A. Madero, Xochimilco e Iztapalapa tres de las delegaciones que históricamente han registrado más problemas en cuanto a la calidad del agua suministrada, la mayor parte de las plantas que se han construido han sido situadas dentro de sus demarcaciones con el propósito estratégico de atender de manera directa estas deficiencias; por lo anterior, 25 plantas se ubican en la Delegación Iztapalapa, 7 en la Delegación Xochimilco, 4 en la Delegación Gustavo A. Madero, 2 en La Magdalena Contreras, mientras que, Iztacalco y Azcapotzalco cuentan cada una con 1 planta.

El número de plantas en operación en la Ciudad de México ha variado a lo largo de los años, lo anterior se debe no sólo a la puesta en marcha de nuevas instalaciones, sino también a que algunas potabilizadoras dejan de trabajar por un año o más debido a actividades de rehabilitación. En la Figura 3.1 se muestra el número de plantas que han operado en el D.F. en el periodo 2006-2014.

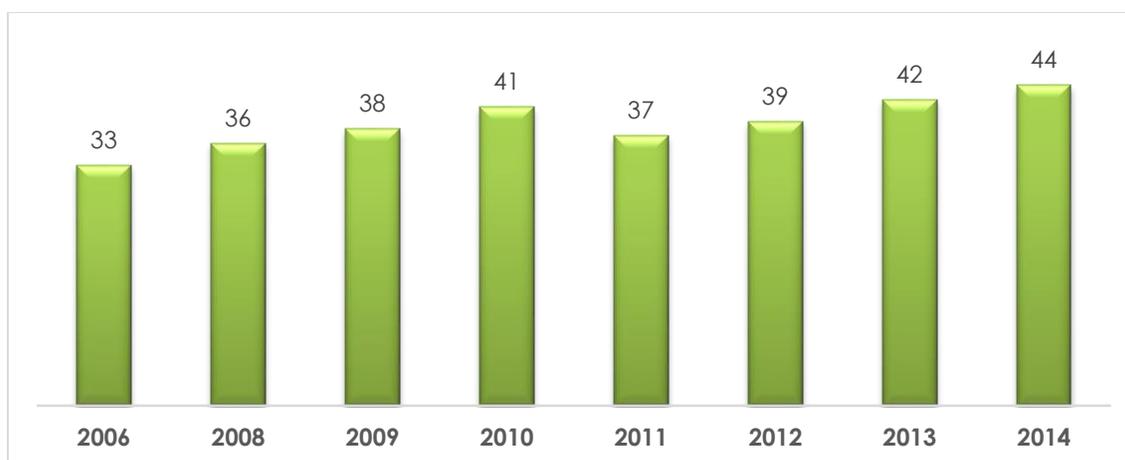


Figura 3.1 Plantas potabilizadoras en operación D.F. 2006-2014

FUENTE: : Elaborado por la autora con base en la revisión de las referencias las referencias 49,50,51,52,53,54 y 55 de la Mesografía

De las 44 plantas que actualmente operan en el D.F. las más antiguas son Río Magdalena y Agrícola Oriental, las cuales iniciaron actividades en 1979 y 1969 respectivamente.

3.2 Plantas de potabilización operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México

A continuación se presenta información recopilada sobre las 44 plantas potabilizadoras que operan en la Ciudad de México, para lo anterior se consultaron diferentes documentos de la biblioteca del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

3.2.1 Planta Potabilizadora Santa María Aztahuacan

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa María Aztahuacan.
- Domicilio: Av. Las Palmas S/N Esquina Av. Primavera, Colonia Santa María Aztahuacan, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.



Figura 3.2 Ubicación PP Santa María Aztahuacan
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.1 Características de la Planta Santa María Aztahuacan

Fecha de inicio de operación de la planta:		19 de abril de 1997	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 247 (Santa María Aztahuacan)
Gasto potabilizado:	25 [lps]		
Población beneficiada:	16 400 [hab]	Colonias:	Santa María Aztahuacan
Costo por inversión inicial:	\$3,473,596.34		Costo actual de operación³: 3.86 [\$/m ³]

³ Corresponde al costo por metro cúbico de agua potable, dicho valor considera: consumo de energía, consumo de reactivos, mantenimiento y personal operativo.

FUENTE:

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2011.**

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora Santa María Aztahuacan comienza con el pozo de extracción el cual en 2008 reportaba un flujo de 46 [lps], dicha extracción es conducida hasta el sistema de desgasificación en el cual se remueven los gases disueltos contenidos en el agua, posteriormente es bombeada mediante bombas horizontales que están conectadas a la base de la torre desgasificadora.

El efluente de las bombas llega a los filtros a presión los cuales están construidos en concreto. El efluente de los filtros se divide en dos corrientes, la primera que va a ósmosis inversa; el flujo promedio es de 83% del total del influente y el 17% del flujo va a la torre de carbón activado.

Finalmente, el efluente de los dos sistemas se mezcla en un cárcamo donde se dosifica hipoclorito de sodio para bombearlo a la red posteriormente (Figura 3.3).

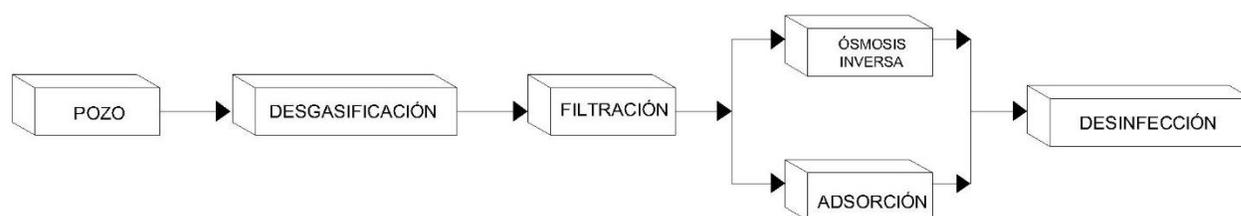


Figura 3.3 Tren de tratamiento Santa María Aztahuacan

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo I, Agosto 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- Una torre de desgasificación.
- 4 filtros de tasa constante.
- 4 unidades de adsorción.
- Un cárcamo destinado a desinfección.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.2 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del

SACMEX, a pesar de que es recomendable realizar los análisis sobre muestras compuestas, se consideró que un periodo de 5 años de muestras simples era suficiente para mostrar el comportamiento de la planta.

Tabla 3.2 Calidad influente Santa María Aztahuacan

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.4-7.9	upH
Turbiedad	27.5-0.5	NTU
Color	100.0-15.0	U Pt/Co
DQO	22.0-12.4	mg/l
SDT	1484-816	mg/l
Conductividad Elec.	2200-1513	[μS/cm]
Alcalinidad	439.0-310.0	mg/l
Dureza Total		mg/l
Nitrógeno amoniacal	3.86-1.43	mg/l
Nitrógeno proteico	0.36-0.17	mg/l
Sodio	396-179	mg/l
Coliformes totales	8	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo I, Agosto 2008.

Equipo electromecánico

El estado del equipo electromecánico es de suma importancia en el funcionamiento de la planta, ya que es el encargado de proporcionar la energía necesaria para trasladar el fluido de un proceso a otro.

La planta consta del siguiente equipo electromecánico:

- Filtración: Bombas de traspaleo (1+1)
- Ósmosis inversa: Bombas de alta presión (1+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de antiincrustante (1+1), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia (una planta), oficinas (planta alta), sanitarios y regaderas (planta baja); caseta para

subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros (planta alta), cuarto de salida de agua filtrada(planta baja), caseta para generación de ozono, área techada para sistemas de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento electromecánico, caseta (posterior) de vigilancia. En la Figura 3.4 se presenta una vista en planta de la potabilizadora.

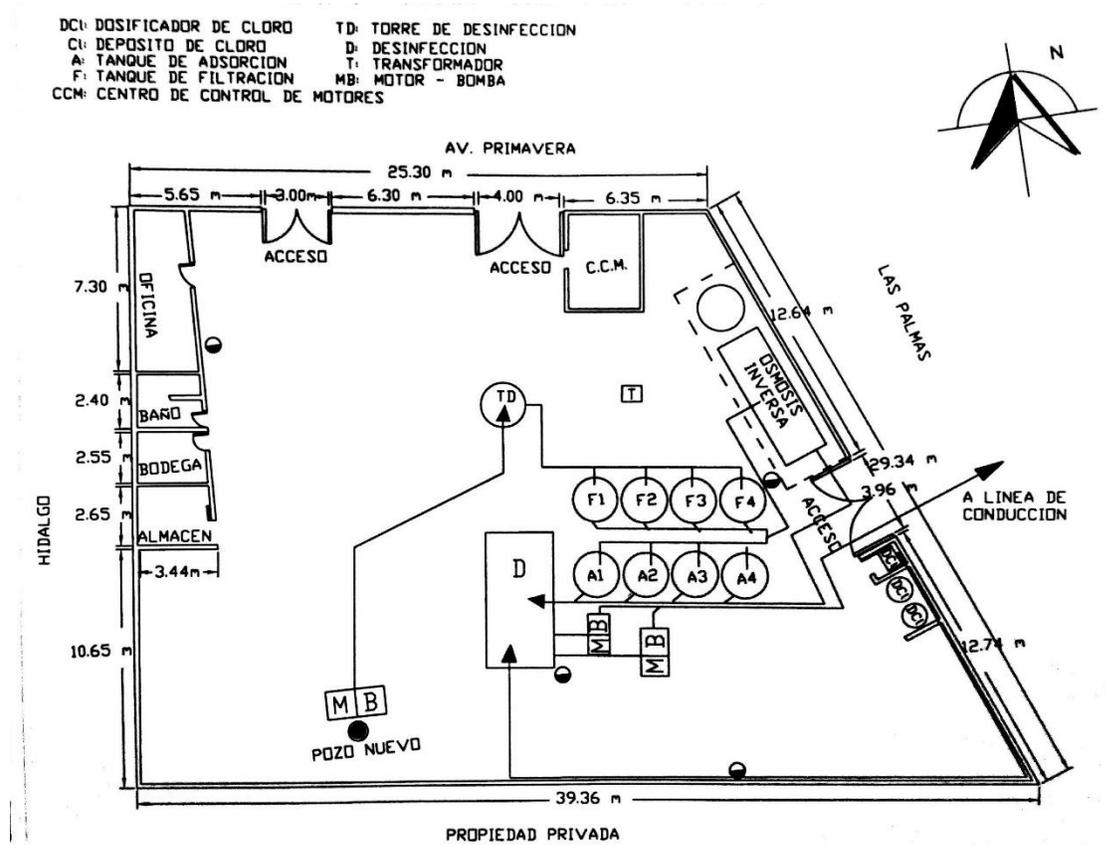


Figura 3.4 Vista en planta de la PP Santa María Aztlahuacan.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 27 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo I, Agosto 2008.

Problemas operativos

Los problemas presentados durante la operación de la potabilizadora se presentan de acuerdo a los procesos y operaciones unitarias del tren de potabilización:

Fuente de suministro: la planta se encuentra ubicada a pie de pozo. **El gasto de diseño es de 60 [lps]. Actualmente está operando con un gasto menor a 45 [lps]**

resultando una eficiencia hidráulica de 76.00%, los principales contaminantes son color, DQO, nitrógeno amoniacal, hierro y manganeso.

Desgasificación: aunque no se cuenta con un sistema de medición de sulfuros en el proceso, se reporta que bajo las condiciones actuales de operación se alcanzan remociones satisfactorias de sulfuros, es importante mencionar que durante la revisión realizada en el año 2008 **no se observaron mediciones del gasto de aire, del pH o algún otro parámetro para el control del proceso.**

Filtración: el sistema de filtración se realiza mediante 4 filtros de tasa constante, la operación se realiza en modo manual, **el retrolavado se realiza por tiempo o por pérdida de carga, lo que ocurra primero**, es recomendable que se considere la opción de retrolavar las unidades considerando la mala calidad del efluente, lo anterior resultaría en un ahorro de agua al disminuir los ciclos de filtración.

Adsorción: el proceso de adsorción se lleva a cabo mediante 4 unidades de adsorción, la alimentación se realiza por la parte superior a través de un sistema distribuidor para cada torre, los retrolavados de las unidades se realizan cuando se incrementa la caída de presión en cada una de ella; adicionalmente **no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua.**

Ósmosis inversa: desde el año 2008 el equipo de ósmosis inversa se encuentra fuera de operación, el personal de la planta indica que se debe a problemas con el sistema de instrumentación y control, se recomienda que el agua de alimentación hacia los equipos de ósmosis sea la de salida de las unidades de adsorción, y reciba un tratamiento adicional.

Desinfección: el proceso de desinfección opera eficientemente; sin embargo, es recomendable que las mediciones de cloro libre residual se realicen en la planta para hacer más eficiente el proceso.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento son:

- 1) Sistema de distribución en torre gasificadora.
- 2) Bombas de alta presión de equipos de ósmosis inversa.
- 3) Tableros eléctricos de arranque y paro.
- 4) Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- 5) Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- 6) Revisión del sistema de dosificación de químicos.
- 7) Sistema de ósmosis inversa.

En la planta se carece de programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, lo anterior ocasiona periodos prolongados de paro de los procesos respectivos cuando se presentan fallas mecánicas.

3.2.2 Planta Potabilizadora Santa Cruz Meyehualco

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Cruz Meyehualco (Ing. Roberto Gayol)
- Domicilio: Reforma Administrativa S/N Esq. Reforma Social, Colonia Reforma Política, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.



Figura 3.5 Ubicación PP Santa Cruz Meyehualco.

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.3 Características de la Planta Santa Cruz Meyehualco

Fecha de inicio de operación de la planta:		16 de abril de 1997	
Capacidad instalada:	120 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Santa Cruz Meyehualco 1 y Santa Cruz Meyehualco 2
Gasto potabilizado:	80 [lps]		
Población beneficiada:	25 400 [hab]	Colonias:	Reforma Política, Palmitas, Tenorios, Infonavit las Minas e Infonavit Palmitas
Costo por inversión inicial:	---		Costo actual de operación: 4.16 [\$/m ³]

FUENTE:

*Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

*Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora comienza con el pozo de extracción, el cual en el año 2008 reportaba un flujo de 120 [lps]. Dicha extracción es conducida hasta el sistema de desgasificación en el cual se remueve los gases disueltos contenidos en el agua, posteriormente cae por gravedad a un cárcamo en donde el agua es bombeada a la cámara de contacto de ozono en donde se oxidan los metales como fierro y manganeso.

Una vez oxidado los metales contenidos en el agua, el influente es conducido hacia los filtros a gravedad los cuales están contruidos de concreto. El efluente de los filtros se divide en dos corrientes, la primera que va a ósmosis inversa y el flujo promedio es de 83% del total del influente y el 17% del flujo que va a la torre de carbón activado. El efluente de los dos sistemas se mezcla en un cárcamo donde se dosifica hipoclorito de sodio para bombearlo a la red posteriormente (Figura 3.6).

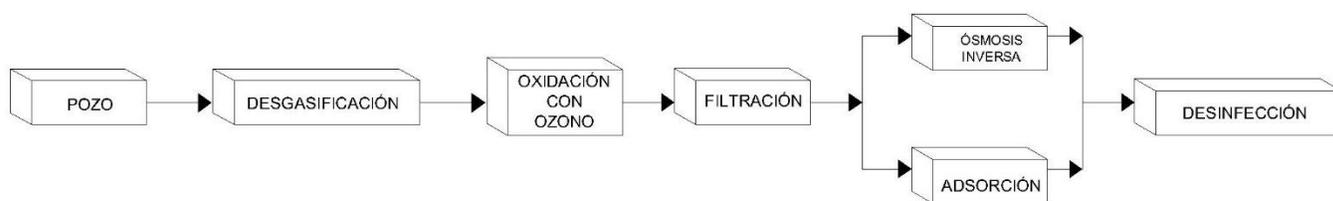


Figura 3.6 Tren de tratamiento Santa Cruz Meyehualco

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo II, Agosto 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- Una torre de desgasificación.
- 4 filtros de tasa constante.
- 3 unidades de adsorción.
- Una unidad de ozonación.
- Un cárcamo destinado a desinfección.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.4 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.4 Calidad influente Santa Cruz Meyehualco

Parámetro	Influente	Unidad
pH	9.0-8.0	upH
Turbiedad	28.0-0.5	NTU
Color	120.0-10.0	U Pt/Co
DQO	100.24-14.4	mg/l
SDT	2252-1460	mg/l
Conductividad Eléctrica	3721-2016	µS/cm
Alcalinidad	1157.3-340.0	mg/l
Nitrógeno amoniacal	9.47-1.71	mg/l
Nitrógeno proteico	1.11-0.11	mg/l
Sulfatos	591.0-778.0	mg/l
Magnesio	71.3-10.5	mg/l
Sodio	396-179	mg/l
Boro	3.4-1.5	
Coliformes totales		Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo II, Agosto 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Ozonación: Bombas de traspaleo (4+1), Destructor de ozono (3+1), Generador de ozono (2+1), Compresor de aire (2+1).
- Filtración: Bombas para retrolavado (1+1), Soplador (1+1).
- Adsorción: Bombas de traspaleo (3+1).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (3+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bomba para dosificación de antiincrustante (3+3), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico.
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros, caseta

agua desgasificada llegue directamente al proceso de filtración. Es recomendable que en estos casos se contase con alguna opción para llevar a cabo tal oxidación mientras la ozonación se encuentre fuera de servicio, de otra manera, el proceso de filtración a gravedad que le sigue es ineficiente.

Es relevante mencionar que, **el personal no cuenta con la suficiente capacitación para realizar el manejo del equipo generador para regular la cantidad de ozono** de acuerdo a las necesidades de operación de la planta.

Filtración: la problemática principal reside en la limpieza de los filtros, el sistema actual de limpieza debe optimizarse mediante lavados aire-agua, de esta manera se incrementará la tasa de filtración. **Las unidades de filtración no cuentan con instrumentos para medir la calidad del agua filtrada.**

Adsorción: los retrolavados de las torres se realizan cuando se incrementa la caída de presión en las respectivas unidades. Los medidores de presión se encuentran en la parte superior de las torres, para algunos operadores de cierta edad subir a revisar las presiones es complicado, por lo que muchas veces se realizan los retrolavados cuando los tanques alcanzan altas presiones, y se observan fugas en las bridas de las entradas y salidas de las torres. Además, **no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, por lo cual la duración de estos es determinada en base a la experiencia del operador, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua.**

Ósmosis inversa: frecuentemente se detiene la operación de los equipos de ósmosis inversa, el personal de la planta comenta que lo anterior se debe a la mala calidad del agua de alimentación a los equipos, ya que esto provoca incrustaciones en las membranas.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Cárcamo de agua filtrada, cárcamo de agua hacia la red.
- 2) Bombas de alta presión para la alimentación de los módulos de ósmosis inversa.
- 3) Bombas y motores del sistema de limpieza del proceso de ósmosis inversa.

Los equipos que requieren de mantenimiento correctivo son:

- 1) Sistema de generación de ozono.
- 2) Sistema de destrucción de ozono.
- 3) Sistema de ósmosis inversa.
- 4) Línea de salida de filtros hacia cárcamo de bombeo.

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora es alimentado por un pozo, el efluente de este es conducido hasta dos filtros a presión empacados con arena sílica, el agua filtrada es conducida en serie hacia las torres de adsorción en carbón y posteriormente entra a una torre desgasificadora la cual por la parte inferior conduce el agua hasta un cárcamo de desinfección para finalmente ser bombeada hacia la red (Figura 3.9).

En el año 2012 la planta fue rehabilitada, ya que el paro de la unidad de ósmosis inversa era frecuente y la calidad del agua entregada al consumidor era por mucho deficiente, desde el año 2008 y hasta su rehabilitación la potabilizadora permaneció fuera de operación.

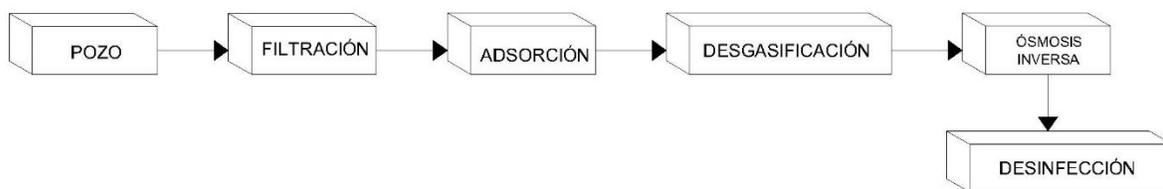


Figura 3.9 Tren de tratamiento Iztapalapa 8

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IV, Diciembre 2008 (Modificado por la autora en base a los cambios realizados en 2012).

La potabilizadora cuenta con:

- 2 filtros de tasa constante.
- 4 torres de acero destinadas a la adsorción con carbón activado.
- Una torre de desgasificación.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.6 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.6 Calidad influente Iztapalapa 8

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.6-8.4	upH
Turbiedad	0.8-0.5	NTU

Color	20.0-10.0	U Pt/Co
DQO	33.18-10.66	mg/l
Cloruros	256.0-222.0	mg/l
SDT	1771.0-1720.0	mg/l
Conductividad Eléctrica	2725.0-2220	µS/cm
Alcalinidad	855.0-292.0	mg/l
Nitrógeno amoniacal	8.0-5.48	mg/l
Nitrógeno proteico	0.67-0.21	mg/l
Sodio	626.0-381.0	mg/l
Coliformes totales	1	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IV, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (2+0), Bomba para solución de lavado (1+0).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, **carece de caseta para mantenimiento, así como de caseta para almacenar químicos**. En la Figura 3.10 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

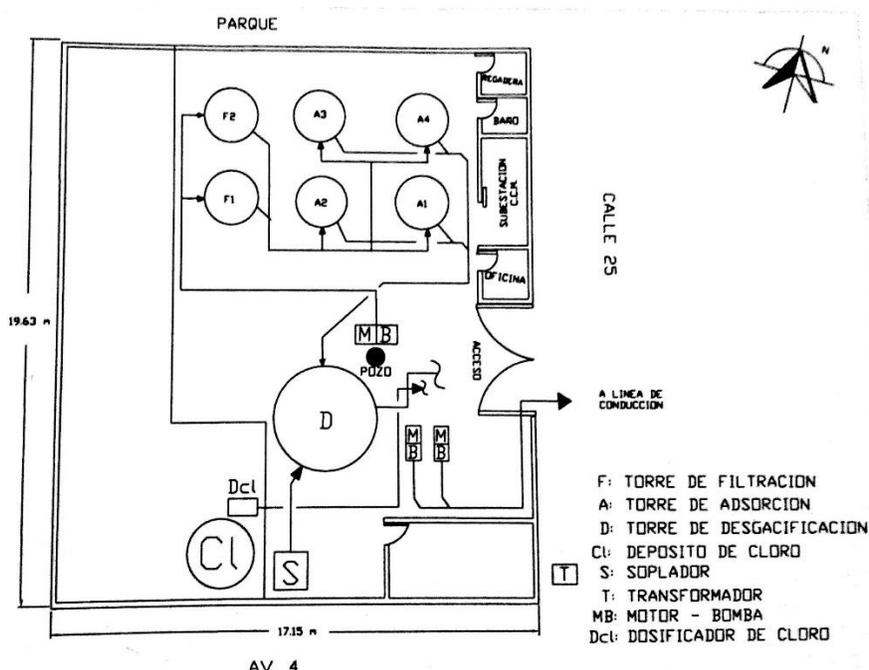


Figura 3.10 Vista en planta de la PP Iztapalapa 8

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IV, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Los problemas presentados durante la operación de la potabilizadora se presentan de acuerdo a los procesos y operaciones unitarias del tren de potabilización:

Filtración: el único parámetro que es monitoreado es la presión, no se cuenta con el monitoreo de la calidad de agua a la entrada y salida de los filtros, por lo que la carrera de filtración está sujeta a la percepción del operador ante la caída de presión.

Adsorción: no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, dejando a la experiencia de cada operador la duración de los retrolavados, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua.

Ósmosis inversa: hasta la rehabilitación en 2012, los equipos de ósmosis inversa se encontraban fuera de operación y el equipo de limpieza de los cartuchos presentaba un estado de abandono.

Desgasificación: no se cuantifica la cantidad de sulfuros removidos, lo anterior ocasiona que, los operadores sólo se preocupen por la entrada y salida de agua de la torre sin considerar la calidad de la misma.

3.2.4 Planta Potabilizadora Trabajadores del Hierro.

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Trabajadores del Hierro.
- Domicilio: Calle Mineros Metalúrgicos, Colonia Trabajadores del hierro, Delegación Azcapotzalco.
- Instalación a pie de pozo: Sí.

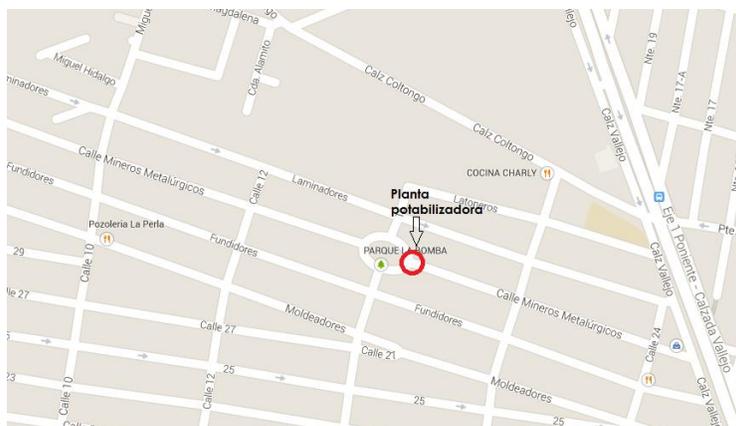


Figura 3.11 Ubicación PP Trabajadores del Hierro
FUENTE:

Características de la Planta

Tabla 3.7 Características de la Planta Trabajadores del Hierro

Fecha de inicio de operación de la planta:		2011	
Capacidad instalada:	66 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Trabajadores del Hierro
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	---	Colonias:	Trabajadores del Hierro
Costo por inversión inicial:	---	Costo actual de operación:	---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

Tren de tratamiento

El tren de potabilización está conformado por oxidación y filtración. El influente pasa por un mezclador estático donde se le agrega el oxidante hipoclorito de sodio; el agua oxidada llega a cuatro unidades de filtración con lecho de zeolita, posteriormente el agua filtrada pasa al cárcamo de desinfección y finalmente es bombeada a red (Figura 3.12).

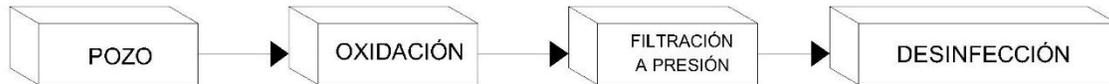


Figura 3.12 Tren de tratamiento Trabajadores del Hierro
FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Trabajadores del Hierro”,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_trabajadoreshierro

El proceso de oxidación está conformado por el mezclador estático “ME-200” que está fabricado en acero inoxidable, tiene un diámetro de 8” y altura de 1.0 [m]. Tiene elementos internos que son los causantes de crear turbulencia en el agua para así incrementar la velocidad de reacción entre el agua y el cloro, lo anterior con la finalidad de garantizar la oxidación de los metales disueltos (hierro y manganeso) y así formar los microfóculos de los contaminantes presentes en el agua.

La filtración a presión se utiliza para remover los microfóculos generados en el proceso de oxidación (hierro y manganeso oxidados). El tanque es cuádruple con diámetro de 3[m] y altura de 8 [m] y posee una cama de lecho filtrante de zeolita de 0.50 [m] de altura.



Figura 3.13 Filtro a presión de la PP Trabajadores del Hierro.
FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Trabajadores del Hierro”,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_trabajadoreshierro

La potabilizadora cuenta con un sistema de monitoreo remoto con cámaras IP.

Calidad del agua

Los contaminantes que no cumplen con los criterios de la NOM-127-SSA-1994 son: hierro y manganeso, las concentraciones respectivas son: 3.00 [mg/l] y 0.2 [mg/l].

La calidad del influente de la planta se presenta en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Calidad influente Trabajadora del Hierro

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8	upH
Turbiedad	4.6	NTU
Color	32	U Pt/Co
Nitrógeno amoniacal	0.48	mg/l
Hierro soluble	2.78	mg/l
Manganeso	0.2	mg/l
Coliformes totales	4	Col/100ml
Coliformes fecales	Ausencia	Col/100ml
Sulfatos	185	mg/l

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Trabajadores del Hierro”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_trabajadoreshierro

3.2.5 Planta Potabilizadora Acueducto Sierra Santa Catarina.

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Acueducto Sierra Santa Catarina
- Domicilio: Anillo Periférico (entre Río Nazas), Colonia Puente Blanco, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: No, el influente es proporcionado por el Acueducto Santa Catarina.



Figura 3.14 Ubicación PP Acueducto Sierra Santa Catarina

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.9 Características de la Planta Acueducto Sierra Santa Catarina

Fecha de inicio de operación de la planta:		27 de marzo de 2009	
Capacidad instalada:	250 [lps]	Pozos de abastecimiento:	----
Gasto potabilizado:	250 [lps]		
Población beneficiada:	145 000 [hab]	Colonias:	Santa María Tomatlán, San Nicolás Tolentino, Lomas de San Lorenzo, Las Peñas y la Sierra de Santa Catarina.
Costo por inversión inicial:	\$82 000 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**http://www.portalpolitico.tv/content/2/module/news/op/displaystory/story_id/207/format/html/*

Tren de tratamiento

La selección de los procesos tiene como premisa los sugeridos en la NOM-127-SSA1-1994 (MOD 2000). Así se llegó al tren de tratamiento mostrado en la Figura 3.15.

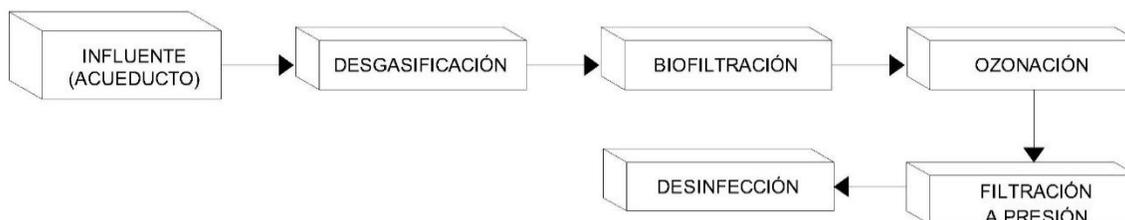


Figura 3.15 Tren de tratamiento Acueducto Sierra Santa Catarina

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Acueducto Sierra Santa Catarina”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_santacatarina

En la potabilizadora se emplea el proceso de desgasificación para la remoción del ácido sulfhídrico (H₂S) que es el causante del olor en el agua proveniente del acueducto, posteriormente el agua es enviada por gravedad al sistema de biofiltración, el cual está conformado por 5 unidades con un gasto unitario de 55 [lps], el objetivo de este proceso es remover el nitrógeno amoniacal.



Figuras 3.16-3.17 Del lado izquierdo se presenta una de las torres desgasificadoras de la potabilizadora, en el lado derecho se muestra la unidad de biofiltración
FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Acueducto Sierra Santa Catarina”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_santacatarina

El efluente es dirigido al proceso de ozonación, el ozono es producido en sitio mediante un generador que produce 6.5 [kg/h] de ozono a partir de aire atmosférico, después es enviado a los filtros a presión donde se remueven las partículas suspendidas en el agua gracias a su paso a través de un medio filtrante de zeolita (Figura 3.18).



Figura 3.18 Filtros a presión
FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Acueducto Sierra Santa Catarina”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_santacatarina

Al final el agua es enviada a un cárcamo de desinfección y posteriormente es enviada a la red pública.

En la planta se cuenta con un Sistema de Control-Instrumentos actualizado y que emplea tecnología muy precisa (Figuras 3.19 y 3.20), además del sistema de monitoreo remoto con cámaras IP.



Figuras 3.19-3.20 Empleando tecnología de punta se monitorean las condiciones en cada una de las unidades que conforman el tren de potabilización

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Acueducto Sierra Santa Catarina”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_santacatarina

Calidad del agua

Los contaminantes que no cumplen con los criterios de la NOM-127-SSA-1994 son: turbiedad, color, demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno amoniacal, ácido sulfhídrico, hierro total y manganeso total.

La calidad del influente de la planta se presenta en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Calidad influente Acueducto Santa Catarina

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.9	upH
Turbiedad	1.1	NTU
Alcalinidad	201	mg/l
Color	14-20	U Pt/Co
DQO	5.27-11	mg/l
SDT	356	mg/l
Sulfuros	0.86	mg/l
Nitrógeno Amoniacal	0.31-2.51	mg/l
Coliformes Totales	3	Col/100ml
Coliformes Fecales	Negativo	Col/100ml
Manganeso	0.66-0.9	mg/l

Nitrógeno proteico	0.1	mg/l
Cloruros	57	mg/l
Hierro	0.66-0.9	mg/l

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Acueducto Sierra Santa Catarina”, http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_santacatarina

3.2.6 Planta Potabilizadora Purísima Democrática

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima Democrática.
- Domicilio: Av. De Las Torres S/N Esq. Camino a Santiago, Colonia 1ª. Amp. de Santiago Acahualtepec, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.



Figura 3.21 Ubicación PP Purísima Democrática
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.11 Características de la Planta Purísima Democrática

Fecha de inicio de operación de la planta:		21 de junio de 1999.	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 243 (Purísima Democrática)
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	26 000 [hab]	Colonias:	Pueblo de Santa Martha Acatitla, Parajes de Zacatepec, Primera y Segunda Ampliación de Santiago Acahualtepec.
Costo por inversión inicial:	\$11 465 000.00		Costo actual de operación: 3.98 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Durante los años 2012, 2013 y 2014 la planta permaneció completamente fuera de operación, regresó a actividades el 27 de enero de 2015. El Gobierno del Distrito Federal puntualizó que las obras de rehabilitación significaron un monto de inversión de 15 millones de pesos.

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora es alimentado por el pozo existente dentro de la misma planta, el cual bombea el agua hasta el biofiltro empacado y con inyección de aire a contra corriente de tiro forzado. El efluente del biofiltro cae a un cárcamo de bombeo y con apoyo de equipo electromecánico el agua es llevada hasta el proceso de floculación en línea, ahí se dosifica sulfato de aluminio; posteriormente el agua es dirigida a través de una tubería hasta cuatro filtros a presión y en serie pasa a la torre de adsorción, después cae en un cárcamo de bombeo en donde es llevada hasta el equipo de ósmosis inversa, finalmente el agua es desinfectada para ser mandada a la red (Figura 3.22).

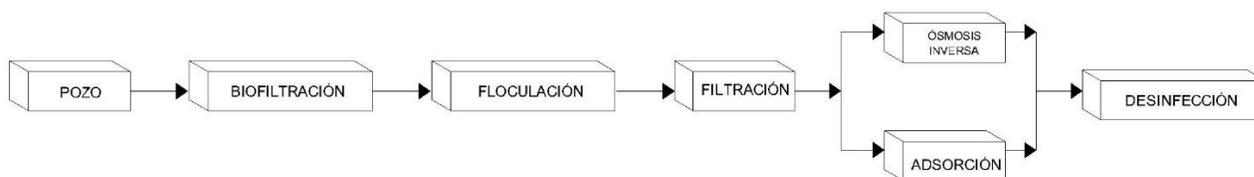


Figura 3.22 Tren de tratamiento Purísima Democrática

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo V, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 4 filtros a presión.
- Una unidad de biofiltración.
- Una torre empacada con CAG.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.12 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.12 Calidad influente Purísima Democrática

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.6-8.1	upH
Turbiedad	19.0-0.5	NTU
Color	200-40	U Pt/Co
DQO	78.4-30.4	mg/l
Cloruros	384-210	mg/l
SDT	1704-1244	mg/l
Conductividad Eléctrica	2725-2018	µS/cm
Alcalinidad	646-517	mg/l
Nitrógeno amoniacal	7.33-3.05	mg/l
Nitrógeno proteico	1.74-0.22	mg/l
Hierro	0.45-0.052	mg/l
Sodio	593-456	mg/l
Coliformes totales	7	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo V, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Biofiltración: Ventiladores (2+0).
- Coagulación: Bombas dosificadoras (1+1).
- Filtración: Bombas de transferencia.
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (3+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de antiincrustante (4+2), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (4+2).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, área techada para sistema de ósmosis inversa y caseta de químicos. En la Figura 3.23 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

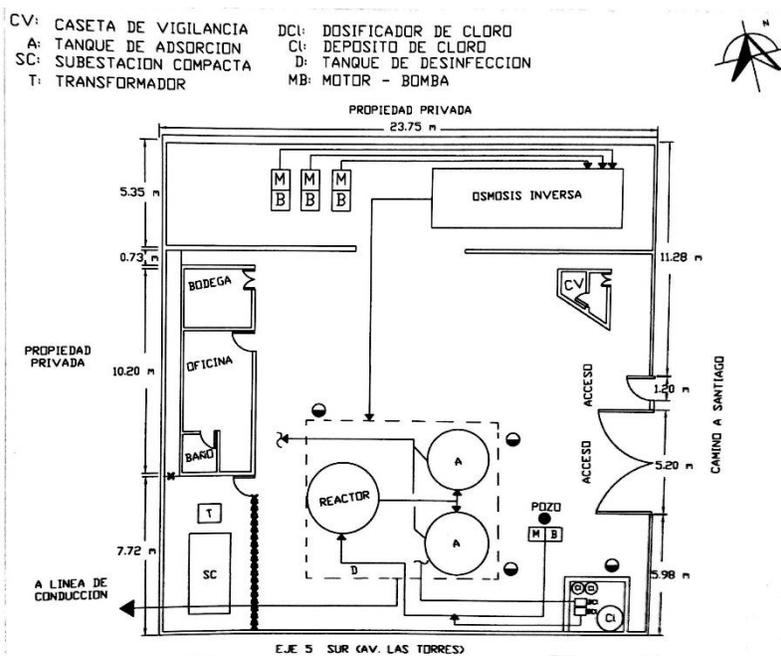


Figura 3.23 Vista en planta de la PP Purísima Democrática.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo V, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Antes de su rehabilitación la planta operaba con un gasto de 23.66 [lps], resultando un eficiencia hidráulica de 39.4 % (el gasto de diseño es de 60 [lps]), es decir, muchos de los procesos funcionaban a menos de su capacidad lo cual a su vez provocaba pérdidas económicas pues gran parte de las instalaciones ni siquiera eran utilizadas, inclusive en el año 2008 el proceso de coagulación se encontraba fuera de operación y por consecuencia la unidad de ósmosis inversa tampoco trabajaba ya que el agua de alimentación del proceso no contaba con la calidad requerida y de ser operada, rápidamente las membranas debían ser cambiadas.

Durante revisiones realizadas en 2008, no se pudo constatar la medición de la concentración de oxígeno disuelto en el proceso de biofiltración, a pesar de que este es un parámetro importante para el control de biofiltros.

3.2.7 Planta Potabilizadora Agrícola Oriental

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Agrícola Oriental (Ing. Manuel Marroquín y Rivera).
- Domicilio: Av. Javier Rojo Gómez S/N Esq. F.F.C.C de Río Frío, Colonia Dr. Alfonso Ortiz Tirado, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: No.
- La planta cuenta con una extensión de 3000 metros cuadrados aproximadamente. La entrada principal es por Ferrocarril de Río Frío, y la entrada para el suministro de químicos es por la Avenida Javier Rojo Gómez.



Figura 3.24 Ubicación PP Agrícola Oriental.
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.13 Características de la Planta Agrícola Oriental

Fecha de inicio de operación de la planta:		4 de septiembre de 1969.	
Capacidad instalada:	240 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 2, 5,6, 9 y 10.
Gasto potabilizado:	100 [lps]		
Población beneficiada:	138 000 [hab]	Colonias:	Leyes de Reforma, Paseo de Churubusco, U.H. Real del Moral, Dr. Alfonso Ortiz Tinoco, Carlos Zapata Vela, U.H. Cuchilla del Moral.
Costo por inversión inicial:	\$65 554 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

La planta potabilizadora contaba inicialmente con procesos de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección, pero debido a una deficiente calidad en el agua producida, en el año 2003 fue rehabilitada para operar con un gasto de 260 [lps].

El costo por dicha rehabilitación fue de \$71 400 000.00

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora es alimentado por cinco pozos, el agua extraída es conducida hasta 4 torres desgasificadoras, después cae por gravedad a un cárcamo en donde el agua es bombeada hasta la cámara de contacto de ozono, posteriormente se dirige a los filtros de lecho mixto, el efluente es conducido por gravedad hasta otro cárcamo en donde una parte del agua es bombeada hacia las torres de carbón activado y el resto pasa por ósmosis inversa; el agua proveniente de los dos sistemas es mezclada en un cabezal, el cual tiene un mezclador estático en donde es dosificado hipoclorito de sodio para finalmente llegar hasta un cárcamo final de bombeo hacia la red. (Figura 3.25).

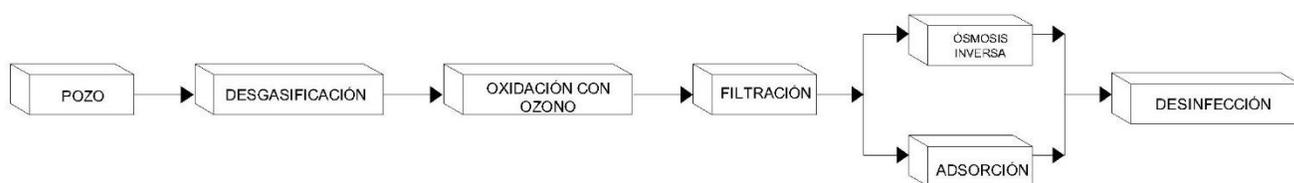


Figura 3.25 Tren de tratamiento Agrícola Oriental.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VI, Diciembre 2008.

En la planta se tienen 6 torres de acero al carbón destinadas al proceso de adsorción, 5 filtros de tasa declinante y 4 torres destinadas a desgasificación.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.14 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.14 Calidad influente Agrícola Oriental

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.3-7.3	upH
Turbiedad	10.0-1.80	NTU
Color	100.0-12.5	U Pt/Co
DQO	31.0-5.0	mg/l
Cloruros	387.2-221.0	mg/l
SDT	1564-1040	mg/l
Conductividad Eléctrica	2523-1710	µS/cm
Alcalinidad	861-519	mg/l
Dureza total	574.0-300.5	mg/l
Nitrógeno amoniacal	6.14-0.34	mg/l
Nitrógeno proteico	1.18-0.1	mg/l
Hierro	1.75-0.1	mg/l
Manganeso	0.58-0.102	mg/l
Sodio	390.0-215.0	mg/l
Coliformes totales	100	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VI, Diciembre 2008.

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia (una planta), oficinas (planta alta), sanitarios y regaderas (planta baja), caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros (planta alta), cuarto de salida de agua filtrada (planta baja), caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento electromecánico, caseta (posterior) de vigilancia y laboratorio. En la Figura 3.26 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

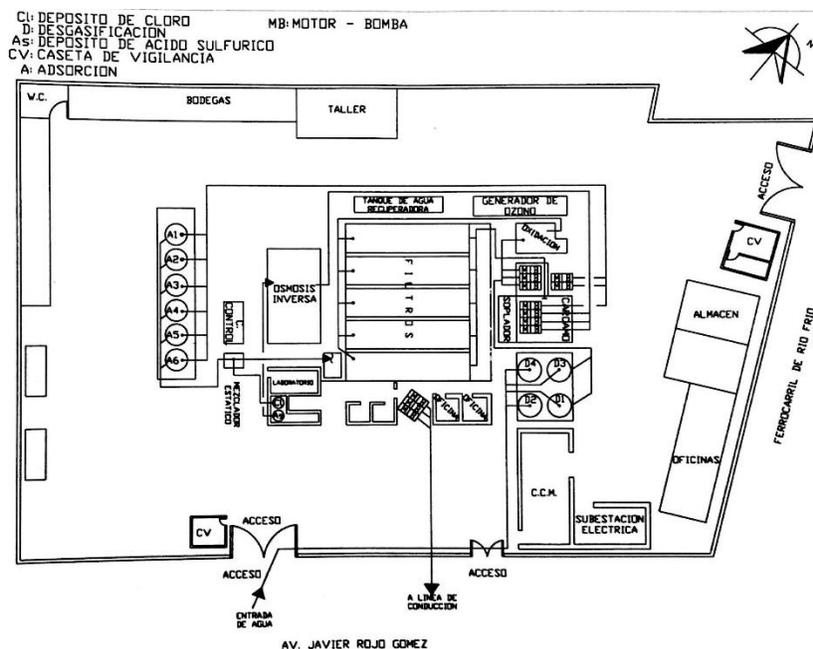


Figura 3.26 Vista en planta de la PP Agrícola Oriental.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VI, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En ocasiones no todos los pozos que alimentan la planta se encuentran operando de manera simultánea lo que ocasiona que la planta funcione por debajo del gasto de diseño (240 [lps]). En el año 2013 se reportó un gasto de operación de 100 [lps], lo que significa que la planta está operando por debajo del 50% de su capacidad.

De manera regular, el sistema de desgasificación se encuentra fuera de servicio, sin embargo el personal de la planta reporta que bajo dichas condiciones de operación se alcanzan remociones satisfactorias de sulfuros, es importante mencionar que, no se cuenta con un fundamento técnico que respalde lo anterior.

De igual manera, es frecuente que el sistema de ozonación se encuentre fuera de servicio por lo cual el agua llega directamente al proceso de filtración. La planta no cuenta con un sistema alternativo para la oxidación de hierro y manganeso, es decir, la flexibilidad operativa es nula, es recomendable que en estos casos se contase con alguna opción para llevar a cabo tal oxidación mientras la ozonación se encuentre fuera de servicio, de otra manera el proceso de filtración a gravedad que le sigue es ineficiente. Es de interés enfatizar que, el personal no

tiene la capacitación requerida para realizar el manejo del equipo generador para regular la cantidad de ozono de acuerdo a las necesidades de operación de la planta.

El sistema de filtración también presenta fallas importantes ya que los controladores de nivel se encuentran en mal estado lo que ocasiona que los filtros se desborden si el operador no está pendiente del proceso. Durante los retrolavados se han presentado pérdidas del material granular de lecho debido a lavados con flujos de agua mayores a los recomendados.

La mala calidad del agua de alimentación de los equipos de ósmosis inversa ocasiona paros continuos en la operación, requiriéndose lavado constante de los módulos.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Los sistemas de bombeo de los cárcamos de agua desgasificada, cárcamo de agua filtrada, cárcamo de agua hacia la red.
- 2) Bombas dosificadoras del sistema de acidificación previa desgasificación.
- 3) Bombas de alta presión para la alimentación de los módulos de ósmosis inversa.
- 4) Bombas y motores del sistema de limpieza del proceso de ósmosis inversa.

Los equipos que requieren de mantenimiento correctivo son:

- 1) Sistema de generación de ozono.
- 2) Sistema de destrucción de ozono.
- 3) Sistema de distribución y flotadores de filtros atmosféricos.
- 4) Línea de salida de filtros hacia cárcamo de bombeo.
- 5) Sistema de ósmosis inversa.

Las válvulas requieren mantenimiento para el control de fugas y las líneas de conducción hidráulica de limpieza y pintura. **Personal de operación reporta que se carece de programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo**, lo anterior ocasiona periodos prolongados de paro de los procesos respectivos cuando se presentan fallas mecánicas.

3.2.8 Planta Potabilizadora Purísima Iztapalapa 4

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima Iztapalapa 4.

- Domicilio: Maíz Mamatlac S/N Esq. 3ª. Cerrada de Maíz, Colonia Infonavit Rebeca, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 200 metros cuadrados aproximadamente, entrada principal se encuentra por la calle tercera cerrada de maíz.



Figura 3.27 Ubicación PP Purísima Iztapalapa 4
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.15 Características de la Planta Purísima Iztapalapa 4

Fecha de inicio de operación de la planta:		Febrero de 2003	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 126 (Purísima Iztapalapa 4)
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	---	Colonias:	Infonavit Rebeca
Costo por inversión inicial:	\$17 000 000		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

Tren de tratamiento

El agua extraída del pozo es conducida hacia una torre desgasificadora para posteriormente caer a un tanque de clarifloculación. El efluente está conectado a una cámara de pre-oxidación con ozono, el agua de salida de la pre-oxidación pasa a una batería de filtros a gravedad para posteriormente pasar a otra cámara post-ozonación, después el agua es dirigida a las unidades de adsorción y a la salida de dicho proceso, una parte es enviada directamente hasta el

tanque de contacto de cloro y otra parte alimenta a la ósmosis inversa al final el agua que sale de este último proceso se mezcla en el tanque de contacto de cloro con el agua restante y posteriormente es enviada a red (Figura 3.28).

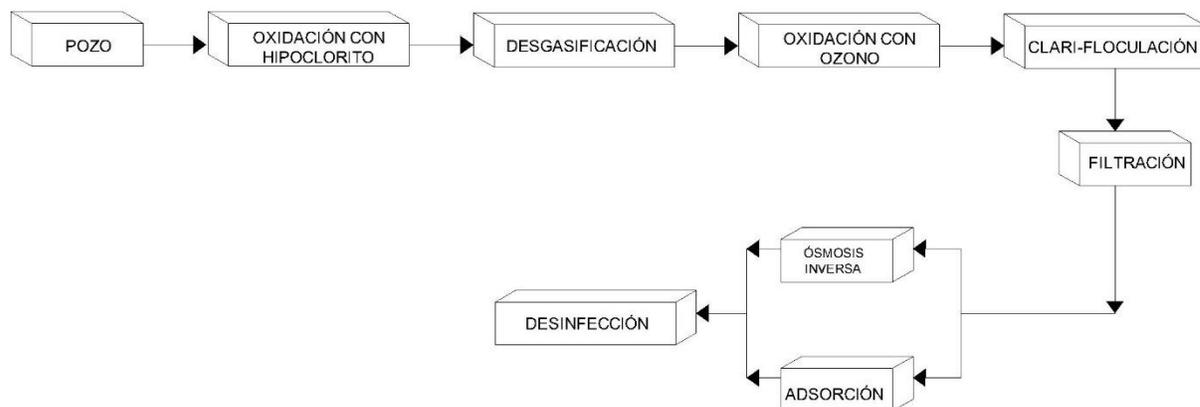


Figura 3.28 Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 4
FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VII, Diciembre 2008.

En la planta se tienen 2 torres de acero al carbón destinadas al proceso de adsorción, 3 filtros de tasa declinante, un tanque para clari-floculación y un tanque desgasificador.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.16 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.16 Calidad influente Purísima Iztapalapa 4

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.5-7.9	upH
Turbiedad	77.0-1.8	NTU
Color	320.0-80.0	U Pt/Co
DQO	93.7-36.1	mg/l
Cloruros	375.0-173.0	mg/l
SDT	1820.0-1558.0	mg/l
Conductividad Eléctrica	2927-2514	µS/cm
Alcalinidad	784.0-458.0	mg/l
Nitrógeno amoniacal	7.7-3.57	mg/l
Nitrógeno proteico	1.62-0.28	mg/l

Hierro	0.39-0.052	mg/l
Manganeso	1.06-0.02	mg/l
Sodio	688.0-456.0	mg/l
Boro	4.07-0.75	mg/l
Coliformes totales	3	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VII, Diciembre 2008.

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, centro de control de motores, cuarto de operadores, sanitario, caseta para generación de ozono, caseta para hipoclorito de sodio, sin embargo, la potabilizadora carece de una caseta para mantenimiento, laboratorio de control de calidad y de regaderas. En la Figura 3.29 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

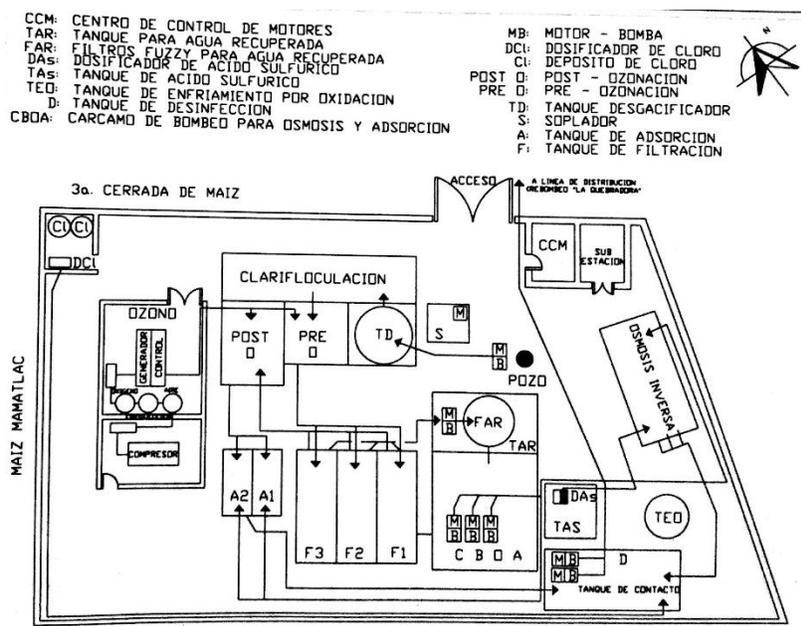


Figura 3.29 Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 4

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Desgasificación: Bombas desgasificadoras (2+1), ventiladores (1+0).
- Ozonación: Destructor de ozono (1+0), generador de ozono (1+0), compresor de aire (1+0).
- Filtración: Bombas para retrolavado (1+1), Bombas para aguas recuperadas (1+0).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (2+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de antiincrustante (2+1), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (2+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Problemas operativos

En el 2006 la planta fue reportada debido a la mala calidad del agua que era enviada a los usuarios, pero fue hasta el año 2007 cuando la planta se encontró fuera de operación para su rehabilitación; sin embargo, aún no se resuelve la problemática en la operación de los filtros, ya que no se cumple con la calidad requerida para suministrar agua a los equipos de ósmosis inversa.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento son:

- 1) Los sistemas de bombeo de los cárcamos de agua desgasificada, cárcamo de agua filtrada, cárcamo de agua hacia la red.
- 2) Bombas dosificadores del sistema de acidificación previa desgasificación.
- 3) Bombas de alta presión para la alimentación de los módulos de ósmosis inversa.
- 4) Bombas y motores del sistema de limpieza del proceso de ósmosis inversa.
- 5) Sistema de distribución y flotadores de filtros atmosféricos.
- 6) Línea de salida de filtros hacia cárcamo de bombeo.
- 7) Sistema de ósmosis inversa.

3.2.9 Planta Potabilizadora Panteón Civil

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Panteón Civil.
- Domicilio: Camino Real a San Lorenzo S/N Esq. Puente Ramírez, Colonia Paraje de San Juan 2ª. Ampliación, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: no.
- La planta cuenta con una extensión de 410.04 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Av. San Lorenzo.



Figura 3.30 Ubicación PP Panteón Civil
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.17 Características de la Planta Panteón Civil

Fecha de inicio de operación de la planta:		2003	
Capacidad instalada:	180 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Panteón Civil 1,2 y 3
Gasto potabilizado:	180 [lps]		
Población beneficiada:	104 000 [hab]	Colonias:	U.H. San Juan Xalpa, El Rodeo, Paraje San Juan, U.H. San Lorenzo y U.H. Fovissste San Lorenzo.
Costo por inversión inicial:	----	Costo actual de operación:	1.62 [\$/m ³]

FUENTE: Recuperado del portal de noticias “La Jornada”,

*** <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/08/19/inician-rehabilitacion-de-planta-potabilizadora-en-iztapalapa-1068.html>**

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

La planta permaneció fuera de operación durante el 2013, el 19 de agosto de 2014 fue realizada la inauguración de las obras de rehabilitación integral, las cuales contaron con una inversión de más de 38 millones de pesos, y para beneficio de más de 78 mil habitantes de la colonia Rodeo, San Juan Xalpa y Amanecer Bellavista.

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora es alimentado por tres pozos, el efluente de estos es conducido hasta un mezclador estático en donde se dosifica hipoclorito de sodio con la finalidad de remover hierro y manganeso

mediante la oxidación de dichos elementos, la adición de hipoclorito de sodio permite transformar el hierro soluble al estado férrico insoluble, es decir el Fe^{2+} pasa a Fe^{3+} , este fenómeno se da cuanto al combinarse una molécula del ion hipocloroso con el elemento a oxidar este le quitara dos electrones, en el caso del manganeso la síntesis es la misma sólo que el Mn^{2+} pasa a Mn^{4+} ; una vez que la mezcla ha sido homogenizada, el agua cae a un tanque de contacto y después es conducida por gravedad hasta la batería de filtros, posteriormente cae a un cárcamo donde es bombeada hacia tres torres de carbón activado, finalmente pasa a otro cárcamo donde se adiciona hipoclorito de sodio para la desinfección y después en enviada hacia la red de distribución(Figura 3.31).



Figura 3.31 Tren de tratamiento Panteón Civil

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo VIII, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- Un mezclador estático y tanque de contacto.
- 4 filtros de tasa declinante.
- 5 torres de acero donde se llevaba a cabo la adsorción empleando carbón activado.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.18 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.18 Calidad influente Panteón Civil

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.4-6.2	upH
Color	30.0-10.0	U Pt/Co
DQO	14.22-3.85	mg/l
Nitrógeno amoniacal	0.96-0.1	mg/l
Nitrógeno proteico	0.52-0.1	mg/l
Hierro	0.872-0.07	mg/l
Manganeso	0.47-0.1	mg/l

Problemas operativos

En el año 2011 la planta operó con un gasto de 135[lps] (75% de eficiencia) y en 2012 con 100 [lps] (56% de eficiencia), lo anterior provocó que diversas instalaciones se encontraran en situación de abandono por lo cual su rehabilitación era necesaria.

Lamentablemente el personal desconoce los principios básicos bajo los que trabajan los diferentes procesos y operaciones del tren de potabilización, por ejemplo, en el sistema de oxidación el personal de operación dosifica de acuerdo a su experiencia resultando generalmente en el desperdicio excesivo de la sustancia química empleada. Lo mismo ocurre en la filtración y adsorción, pues no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, dejando a la experiencia del operador la duración de estos.

3.2.10 Planta Potabilizadora Iztapalapa 1

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Iztapalapa 1.
- Domicilio: Av. Hidalgo S/N dentro de la Explanada de la Delegación, Colonia Barrio de la Asunción, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 394.30 metros cuadrados aproximadamente.



Figura 3.33 Ubicación PP Iztapalapa 1
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.19 Características de la Planta Iztapalapa 1

Fecha de inicio de operación de la planta:		15 de marzo de 1997	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 59 (Iztapalapa 1)
Gasto potabilizado:	50 [lps]		
Población beneficiada:	25 900 [hab]	Colonias:	Barrio de Iztapalapa
Costo por inversión inicial:	\$4 626 751.69		Costo actual de operación: 1.32 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora comienza con el pozo de extracción, el agua es conducida por una tubería de 8" (203 [mm]) de diámetro hasta el primer proceso que es la torre desgasificadora, el efluente cae en un cárcamo en donde es bombeado hacia dos cámaras de contacto de ozono, dichas cámaras tienen una altura de 6.5 [m], un metro de ancho y 1.5 [m] de largo.

En el tanque de oxidación, la mezcla se logra a través de difusores de disco, el efluente de estas cámaras es bombeado hacia los filtros a presión lo cuales funcionan con flujo descendente y tienen una altura de 3.8 [m] y diámetro de 3[m], posteriormente la corriente principal se divide en 2, la primera corriente es enviada a las torres de adsorción (diámetro =3[m] y altura =7.5 [m]) y el resto se manda a la unidad de ósmosis inversa, el tratamiento termina cuando el agua llega a un tanque de cloro en donde se lleva a cabo la desinfección(Figura 3.34).

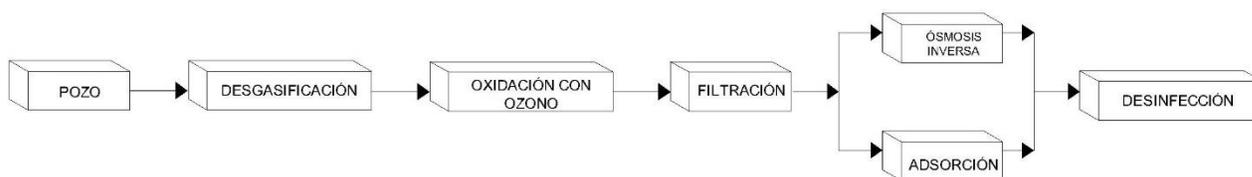


Figura 3.34 Tren de tratamiento Iztapalapa 1

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo X, Diciembre 2008.

El agua desinfectada es bombeada hacia la red con una presión de ± 2.5 [kg/cm²].

La potabilizadora cuenta con:

- Una torre desgasificadora.
- Dos cámaras de contacto de ozono.
- Tres filtros a presión (operan en forma paralela) poseen un empaque de lecho mixto el cual consiste en gravilla, arena y antracita.
- Dos unidades de adsorción (trabajan en paralelo)

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.20 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.20 Calidad influente Iztapalapa 1

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.8-7.6	upH
Turbiedad	20.0-0.5	NTU
Color	50.0-5.0	U Pt/Co
SDT	2048-1176	mg/l
Conductividad Eléctrica	3027-1513	μS/cm
Alcalinidad	743-426	mg/l
Dureza total	564-196	mg/l
Nitrógeno amoniacal	3.53-0.1	mg/l
Nitrógeno proteico	0.61-0.1	mg/l
Calcio	87.0-22.0	mg/l
Manganeso	1.25-0.03	mg/l
Sodio	664-208	mg/l
Coliformes totales	6	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo X, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro (Bomba de pozo (1+0)).

- Ozonación: Bombas de traspaleo (1+1), Generador de ozono (1+0), Compresor de aire (1+0).
- Filtración y adsorción: Bombas de traspaleo (1+1).
- Sistema de dosificación de hipoclorito: Bombas dosificadoras (1+0).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros y caseta para generación de ozono. En la Figura 3.35 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

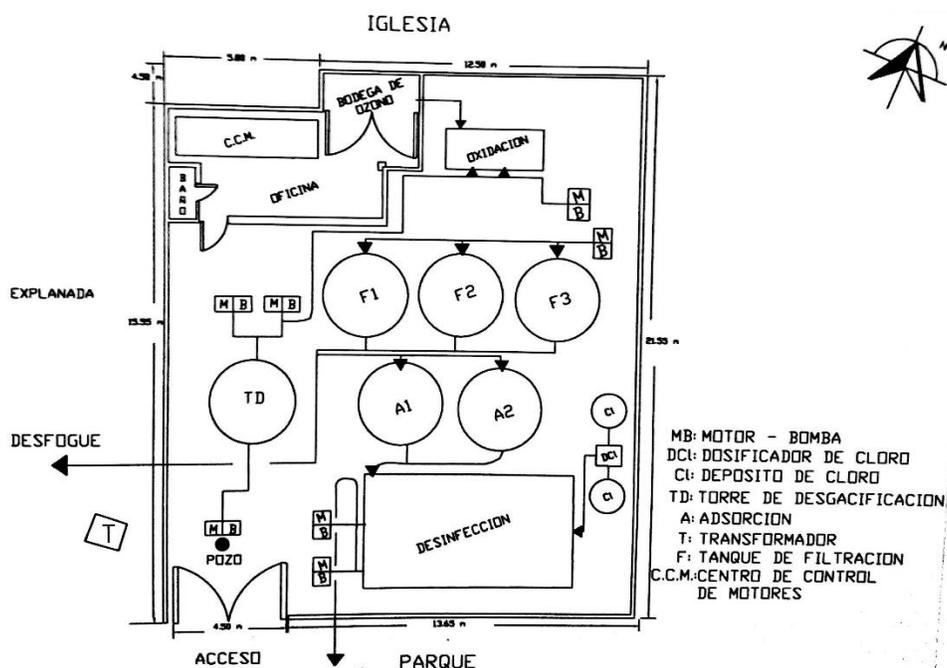


Figura 3.35 Vista en planta de la PP Iztapalapa 1

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo X, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Bomba de pozo: la bomba opera sin problemas, sin embargo, en el tren de descarga está desmontada la válvula de admisión y expulsión de aire, debido al alto grado de corrosión que presenta (ocasionado por compuestos de azufre reducido) en su lugar existe un tapón de madera para evitar fugas.

El operador no tiene los medios para monitorear la presión de descarga del pozo.

Ozonación: el paro de actividades del sistema de ozonación es regular debido a que el compresor carece de refacciones que le permitan funcionar, cuando eso ocurre los tanques de contacto sólo funcionan como tanques de transferencia.

Filtración: el sistema de filtración no cuenta con medidores de presión a la entrada y a la salida del sistema, lo anterior impide al operador identificar el momento adecuado para detener la carrera de filtración e iniciar el retrolavado.

Requerimientos de mantenimiento

Los requerimientos de mantenimiento de acuerdo a los procesos son los siguientes:

- 1) Bomba de pozo: se necesita instalar la válvula de alivio, cambiar el medidor de presión, así como pintar el equipo.
- 2) Cárcamo de transferencia hacia tanques de oxidación: este cárcamo requiere retiro de sedimento y limpieza general.
- 3) Ozonación: mantenimiento correctivo al compresor, calibración de instrumentos y mantenimiento general al sistema.

3.2.11 Planta Potabilizadora Cerro de la Estrella 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Cerro de la Estrella 2.
- Domicilio: Av. 11 S/N entre Sabadell y Bilbao, Colonia Benito Juárez, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 150.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal es por la Av. 11.
- La planta fue rehabilitada en 2012.



Figura 3.36 Ubicación PP Cerro de la Estrella 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.21 Características de la Planta Cerro de la Estrella 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		20 de Abril de 1998	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo NO. 314 (Cerro de la Estrella 2)
Gasto potabilizado:	50 [lps]		
Población beneficiada:	25 900 [hab]	Colonias:	San Juan Xalpa
Costo por inversión inicial:	\$2 013 000.00		Costo actual de operación: 1.63 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora comienza con el pozo de extracción, el cual en 2008 reportaba un flujo de 42 [lps], el agua extraída es conducida por una tubería de 8" (203[mm]) de diámetro, el agua pasa por un mezclador estático de 8" de diámetro y una longitud de 1 [m], en dicho lugar se lleva a cabo la oxidación con hipoclorito de sodio, posteriormente pasa por un segundo mezclador estático con 1.20 [m] de longitud y 8" de diámetro en donde se lleva a cabo la floculación con un polímero catiónico de alto peso molecular.

El efluente de la floculación está conectado en serie con los filtros a presión de flujo descendente, posteriormente el agua es dirigida al tanque de contacto de cloro en donde se lleva a cabo la desinfección (Figura 3.37).



Figura 3.37 Tren de tratamiento Cerro de la Estrella 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XI, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 4 unidades de filtros que operan en forma paralela, estos filtros tienen una altura de 2.20 [m] y diámetro de 2.44 [m]. Los filtros consisten en un paquete de lecho mixto (gravilla, arena y antracita).

- Un tanque de contacto de cloro, este tanque es de concreto armado y tiene dos bombas las cuales conducen a la red de distribución.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.22 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.22 Calidad influente Cerro de la Estrella 2

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8-7.6	upH
Turbiedad	5.2-1.23	NTU
Color	30-30	U Pt/Co
DQO	16.5-13.6	mg/l
Conductividad Eléctrica	1514-1307	µS/cm
Alcalinidad	418-316	mg/l
Nitrógeno proteico	0.25-0.1	mg/l
Hierro	0.9-0.5	mg/l
Manganeso	2.31-1.86	mg/l
Sulfuros	Presencia	mg/l
Sodio	201-133	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XI, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Oxidación: Bombas dosificadoras hipoclorito (1+1), Bombas dosificadoras de polímero (1+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas centrífugas verticales (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica y caseta para

centro de control de motores. En la Figura 3.38 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

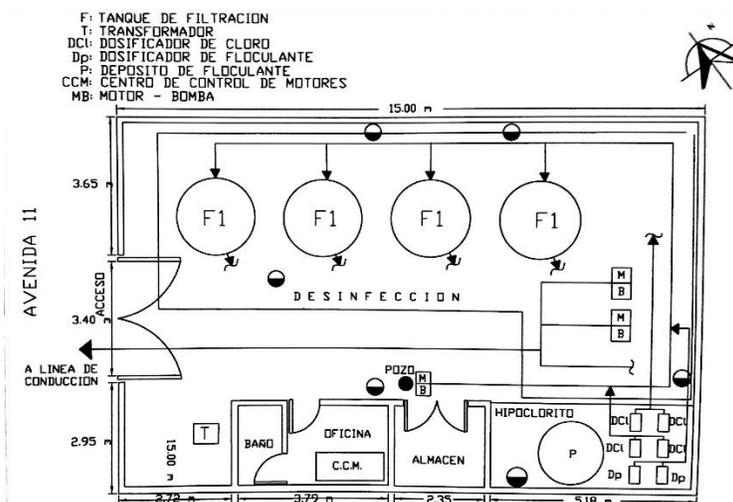


Figura 3.38 Vista en planta de la PP Cerro de la Estrella 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XI, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Antes de su rehabilitación en 2012, la planta operaba con una eficiencia del 73%, a pesar de no ser un valor tan bajo, gran parte de las instalaciones lucían con aspecto de abandono, por lo cual se trató de remediar esto.

Un gran problema es que, el personal realiza la dosificación del hipoclorito (necesario en la oxidación) de manera empírica, lo anterior provoca que las dosificaciones sean insuficientes y el efluente no tenga la calidad requerida.

Durante mucho tiempo el proceso de coagulación se suspendió debido a que no se contaba con la solución del polímero y las bombas dosificadoras estaban fuera de servicio por fallas mecánicas, a partir del año 2012 se ha estado en constante monitoreo para que la situación anterior no vuelva a ocurrir.

Al igual que en muchas otras plantas potabilizadoras, no se tiene control sobre los parámetros de retrolavado de los filtros, ya que no se cuentan con las mediciones necesarias y además, el personal desconoce los principios bajo los cuales funciona este proceso.

3.2.12 Planta Potabilizadora Iztapalapa 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Iztapalapa 2.
- Domicilio: Calz. Ermita Iztapalapa S/N casi Esq. Los Reyes, Colonia Barrio de San Lucas, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 450.45 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal es por la Av. Ermita Iztapalapa.



Figura 3.39 Ubicación PP Iztapalapa 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.23 Características de la Planta Iztapalapa 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		27 de enero de 1997	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 61 (Iztapalapa 2)
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	18 246 [hab]	Colonias:	Barrio de Iztapalapa
Costo por inversión inicial:	\$198 300		Costo actual de operación: 2.37 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua proviene del pozo No. 61, pasa por bombeo a los tanques de filtración, previamente y en la tubería de conducción, se le dosifica un polímero para la

floculación e hipoclorito de sodio para la oxidación. Desde los tanque de filtración, el agua descende por gravedad hasta un cárcamo de contacto de cloro (desinfección), finalmente es descargada por bombeo hasta la red de suministro (Figura 3.40).



Figura 3.40 Tren de tratamiento Iztapalapa 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XII, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.24 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.24 Calidad influente Iztapalapa 2

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.9-7.7	upH
Color	2.5-15.0	U Pt/Co
DQO	4.4-10.15	mg/l
SDT	964.0-1002.0	mg/l
Conductividad Eléctrica	1665-1513	µS/cm
Alcalinidad	459.0-644.0	mg/l
Nitrógeno proteico	0.1-0.35	mg/l
Calcio	43.0-71.0	mg/l
Manganeso	0.40-0.578	mg/l
Sodio	174-209	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de Pozo (1+0).
- Dosificación de químicos: Bombas dosificadoras (4+2).
- Filtración: se aprovecha la bomba de pozo.
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta presenta una deficiencia en cuanto a las estructuras civiles con las que debería de contar, ya que únicamente se tiene lo más indispensable como cuarto de control de motores y sanitarios; sin embargo, carece de una caseta en forma para el personal de operación, así como de caseta para mantenimiento, caseta para químicos y laboratorio. En la Figura 3.41 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

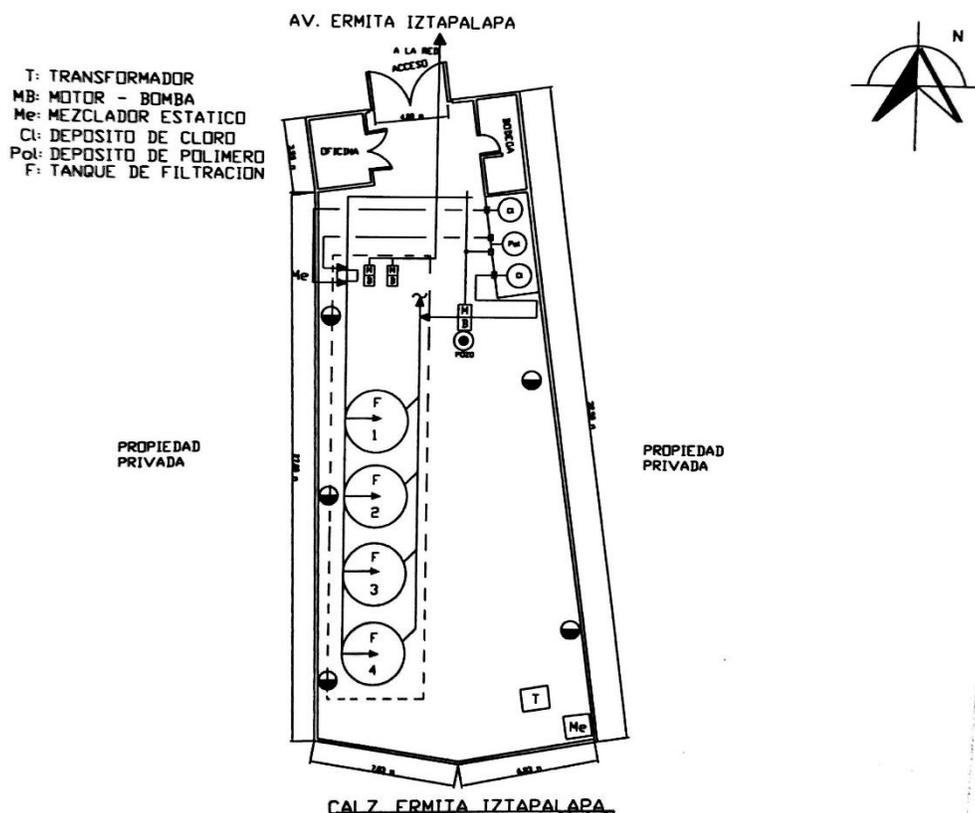


Figura 3.41 Vista en planta de la PP Iztapalapa 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

El tiempo de retrolavado de los filtros es determinado en base a la experiencia del operador, gran parte del personal desconoce la manera en la cual funcionan

Características de la Planta

Tabla 3.25 Características de la PP Granjas San Antonio

Fecha de inicio de operación de la planta:		8 de abril de 2003	
Capacidad instalada:	60[lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 53 (Granjas San Antonio)
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	20 700 [hab]	Colonias:	U.H. 27 de Septiembre, Granjas San Antonio.
Costo por inversión inicial:	\$3 327 908.30		Costo actual de operación: ----

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo es bombeada hasta la parte superior del tanque de oxidación de ozono, en dicho tanque se lleva a cabo el contacto a contracorriente de ozono y agua, el ozono es difundido en el medio por medio de 6 difusores tubulares de 24 [cm] de longitud y 2" de diámetro.

El efluente del tanque de contacto de ozono está conectado en serie con los filtros a presión; después de dicho proceso, el agua es dirigida a las torres de adsorción y posteriormente a un tanque de desinfección donde se le dosifica hipoclorito de sodio para finalmente ser descargada por gravedad a la línea de conducción (Figura 3.43).



Figura 3.43 Tren de tratamiento Granjas San Antonio

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIII, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- Un tanque de contacto de ozono el cual tiene un diámetro de 2.3 [m] y altura de 4[m], el tiempo de contacto es de 4.8 minutos.

- 3 tanques de filtración con un diámetro de 2.5 [m] y altura de 2.4 [m]. El lecho mixto consiste en gravilla, arena y antracita.
- 3 unidades de adsorción empacadas con carbón activado, las torres poseen un diámetro de 2.4 [m] y altura de 6[m], las 3 unidades trabajan en paralelo.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.26 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.26 Calidad influente Granjas San Antonio

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.0-7.63	UpH
Color	12.5-2.5	U Pt/Co
DQO	15.0-3.6	mg/l
Nitrógeno amoniacal	0.86-0.2	mg/l
Nitrógeno proteico	0.35-0.1	mg/l
Hierro	0.9-0.18	mg/l
Manganeso	0.7-0.5	mg/l
Sodio	192	mg/l
Coliformes totales	3	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba vertical (1+1).
- Ozonación: Bombas de traspaleo (1+1), Destructor de ozono (1+1), Generador de ozono (1+0), Compresor de aire (1+0).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (2+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros, cuarto

de salida de agua filtrada, caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento y caseta posterior de vigilancia. En la Figura 3.44 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

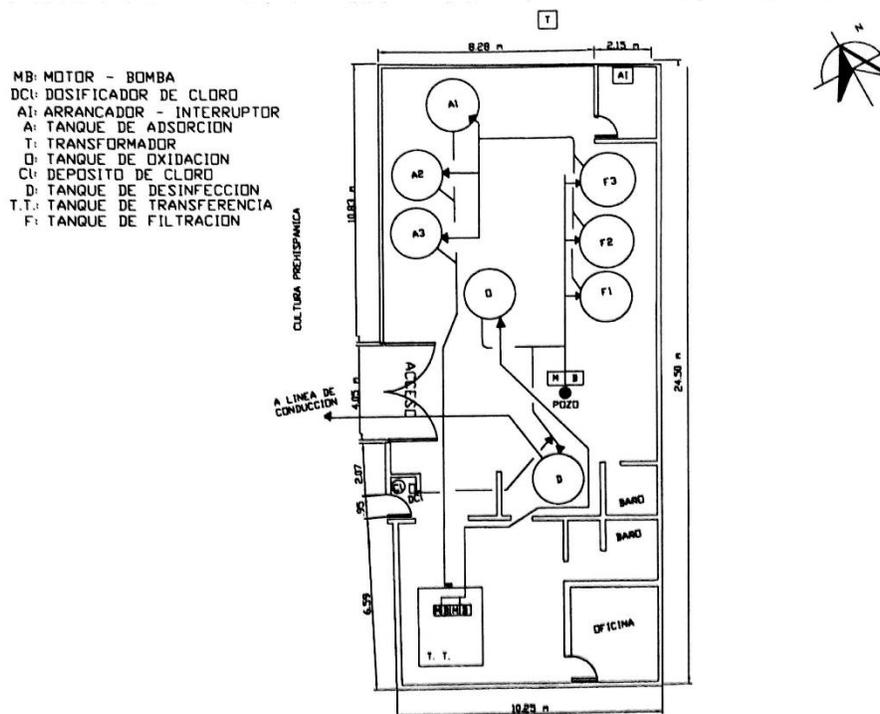


Figura 3.44 Vista en planta de la PP Granjas San Antonio

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

El pozo no cuenta con un medidor de flujo para conocer el gasto instantáneo de operación, este parámetro es de suma importancia para realizar adecuadamente la operación y control de cada uno de los procesos.

El sistema de ozonación constantemente se encuentra fuera de servicio, el personal operario no cuenta con un registro sistemático de datos para controlar el proceso como flujo de aire de alimentación, flujo del gas producido, concentración de ozono dentro del reactor y concentración de ozono a la salida del reactor, debido a lo anterior el personal no puede llevar a cabo los ajustes en el suministro de ozono ante variaciones de gasto.

Cuando la unidad de ozonación no funciona, la materia inorgánica como hierro y manganeso no es oxidada, consecuentemente el proceso de filtración opera

deficientemente, además se presenta un consumo mayor de hipoclorito de sodio debido a la demanda de los elementos ya mencionados.

Tanto en el sistema de adsorción como en el de filtración, no existe un procedimiento para realizar los retrolavados, dejando a la experiencia de cada operador la duración de estos, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua.

La carga hidráulica de las unidades de filtración debe incrementarse, ya que se encuentra fuera del rango de operación recomendado, por lo que es necesario aumentar el número de unidades.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Bombas de transferencia hacia filtros a presión.
- 2) Bombas dosificadoras para desinfección.
- 3) Tableros eléctricos de arranque y paro.
- 4) Sistema de distribución de ozono en torre de contacto.
- 5) Revisión del sistema de distribución y captación de filtros a presión.
- 6) Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- 7) Revisión del estado de corrosión en tanques de desinfección.

3.2.14 Planta Potabilizadora Santa Catarina 11

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina 11.
- Domicilio: Calle Desposorios S/N Esq. con Baltazar Echave Rioja, Colonia Barrio San Antonio, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 204.97 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal es por la calle Desposorios.



Figura 3.45 Ubicación PP Santa Catarina 11
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.27 Características de la PP Santa Catarina 11

Fecha de inicio de operación de la planta:		20 de abril de 1998	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Santa Catarina 11
Gasto potabilizado:	40 [lps]		
Población beneficiada:	13 292[hab]	Colonias:	Barrio San Antonio
Costo por inversión inicial:	\$1 434 000.00		Costo actual de operación: 2.00 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

La planta es alimentada con el agua proveniente del pozo Santa Catarina No.11, la cual es bombeada a los tanques de filtración con arena sílica, previamente a este punto y sobre la línea de conducción se le dosifica hipoclorito de sodio al 12% para llevar a cabo la oxidación de hierro y nitrógeno amoniacal; desde los filtros, el agua baja a un cárcamo de desinfección también con hipoclorito de sodio, sitio desde el cual es descargada a red mediante bombeo (Figura 3.46).



Figura 3.46 Tren de tratamiento Santa Catarina 11

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIV, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 4 filtros a presión de lecho de arena sílica, los filtros tienen una altura de 4 metros y diámetro de 3.3 metros.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.28 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.28 Calidad influente Santa Catarina 11

Parámetro	Influente	Unidad
DQO	12.4-4.85	mg/l
Conductividad Eléctrica	1513-787	µS/cm
Nitrógeno amoniacal	1.79-0.34	mg/l
Nitrógeno proteico	0.31-0.1	mg/l
Manganeso	0.3-0.16	mg/l
Sulfuros	presencia	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIV, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Oxidación: Bombas dosificadoras de hipoclorito (1+1).
- Filtración: Bombas de transferencia (1+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras de hipoclorito de sodio (1+1).

- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica y caseta para centro de control de motores. En la Figura 3.47 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

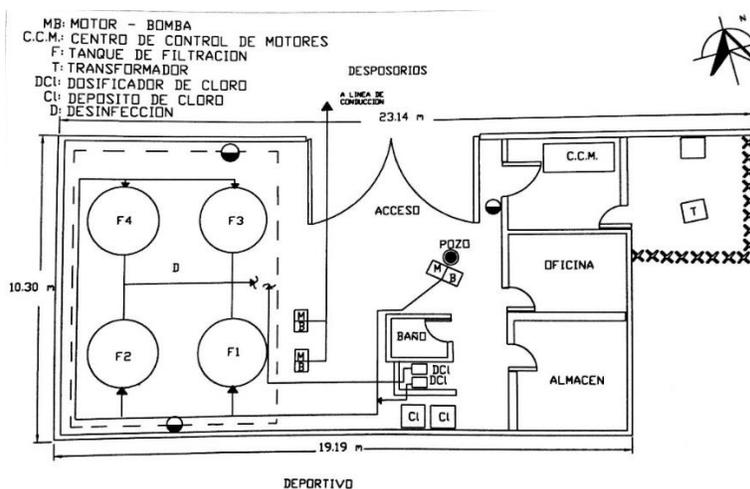


Figura 3.47 Vista en planta de la PP Santa Catarina 11

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIV, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En años recientes la planta ha llegado a operar a 52 [lps] que es mayor a las condiciones bajo las cuales fue diseñada, por lo cual en ocasiones la calidad del agua entregada a red no es la esperada.

En el proceso de oxidación, no se cuenta con instrumentos para la dosificación eficiente del hipoclorito, por lo tanto el personal realiza la dosificación de manera empírica, lo anterior causa que la cantidad suministrada no sea la adecuada para el gasto que está siendo tratado.

La problemática principal en el sistema de filtración es que, los medidores de presión se encuentran en pésimas condiciones, por lo que el personal de operación no tiene manera de cuantificar la presión en el interior de los filtros, esto se traduce en que los retrolavados se realizan cuando se presentan fugas en las bridas de los tanques.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento correctivo son:

- 1) Sistema de dosificación de oxidante (NaClO).
- 2) Medidores de presión en los filtros.
- 3) Sistema de distribución y captación en filtros de tasa constante.
- 4) Sistema de dosificación de hipoclorito como desinfectante.
- 5) Sistema de bombeo hacia la red.
- 6) Limpieza y resane de grietas en el cárcamo de almacenamiento del agua filtrada.

Además, las válvulas requieren corrección de fugas y las líneas de conducción hidráulica de limpieza y pintura. Personal de operación reporta que se carece de programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, lo anterior ocasiona periodos prolongados de paro de los procesos cuando se presentan fallas mecánicas.

3.2.15 Planta Potabilizadora Carlos Gracida

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Carlos L. Gracida.
- Domicilio: Av. Genaro Estrada S/N Esq. Eje 6 Sur (Luis Méndez), Unidad Vicente Guerrero, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 110.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Av. Genaro Estrada.

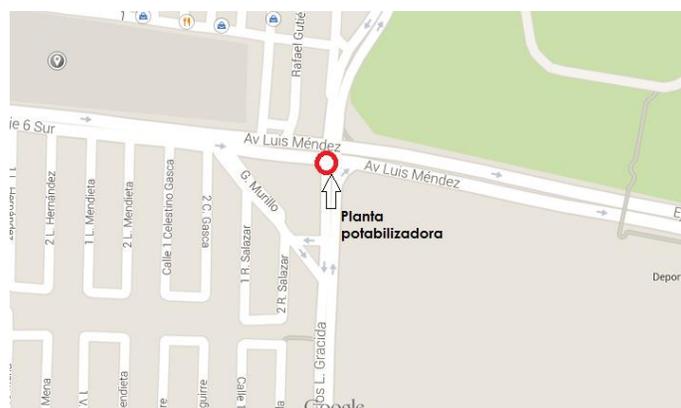


Figura 3.48 Ubicación PP Carlos Gracida
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.29 Características de la PP Carlos Gracida

Fecha de inicio de operación de la planta:		1° de marzo de 1997	
Capacidad instalada:	38 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 325 (Carlos L. Gracida)
Gasto potabilizado:	38 [lps]		
Población beneficiada:	69 000[hab]	Colonias:	U.H. Vicente Guerrero
Costo por inversión inicial:	\$423 054.08		Costo actual de operación: 1.37 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua proviene del pozo No. 325, pasa por bombeo a un tanque de degasificación de donde baja a un cárcamo para posteriormente ser enviada a dos tanques de adsorción con carbón activado, desde ahí es conducida por gravedad hasta un tanque superficial de almacenamiento, en dicho lugar se lleva a cabo la desinfección con hipoclorito de sodio, finalmente, el agua es enviada por gravedad hasta la red de conducción (Figura 3.49).

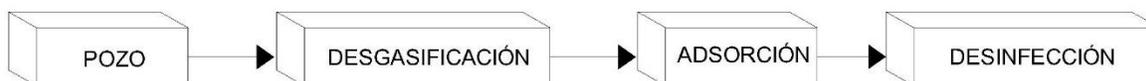


Figura 3.49 Tren de tratamiento Carlos Gracida

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XV, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 6 torres de acero al carbón destinadas al proceso de adsorción.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.30 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.30 Calidad influente Carlos Gracida

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.3-8.1	upH
Turbiedad	1.8-0.5	mg/l
DQO	12.24-5.89	mg/l
Nitrógeno amoniacal	1.6-1.18	mg/l
Nitrógeno proteico	0.46-0.1	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XV, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Desgasificación: Ventilador (1+0).
- Bombeo a red pública: Bomba de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores; es de gran interés mencionar que, las casetas no cuentan con el área mínima recomendada. En la Figura 3.50 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

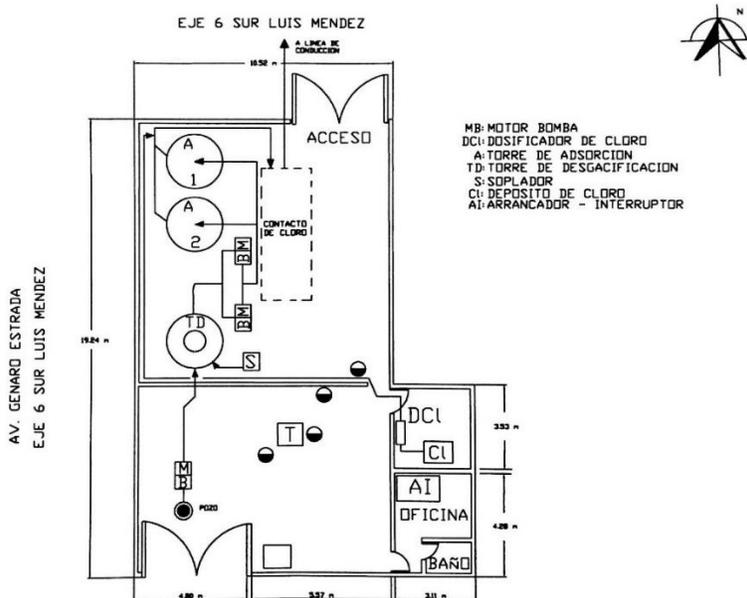


Figura 3.50 Vista en planta de la PP Carlos Gracida

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XV, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En ocasiones la planta trabaja con un gasto mayor al de diseño, por lo cual se sobrepasa su capacidad hidráulica, ante esta situación, los operadores deciden regresar parte del caudal al pozo para evitar daños en los equipos de proceso.

Es común que, en el proceso de desgasificación, el ventilador se encuentre fuera de operación debido a fallas mecánicas, lo anterior ocasiona que la calidad del agua no sea la adecuada y se afecte a los procesos u operaciones subsecuentes.

En las torres de adsorción, los medidores de presión se encuentran en mal estado por lo que no es posible conocer la pérdida de carga para poder realizar oportunamente los retrolavados del lecho de carbón, además no se cuenta con la medición de la calidad del agua de salida del proceso, lo que impide identificar cuando el carbón activado granular se encuentra saturado.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento son:

- 1) Ventilador de torre desgasificadora.
- 2) Tanques de acero al carbón de torres de adsorción.
- 3) Válvulas y líneas de tubería de acero al carbón.
- 4) Bombas horizontales de salida hacia la red.
- 5) Sistema de dosificación de químicos.

3.2.16 Planta Potabilizadora Purísima 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima 2.
- Domicilio: Calle Quetzal S/N casi Esq. Av. Hidalgo, Colonia La Purísima, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 235.26 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Calle Quetzal.

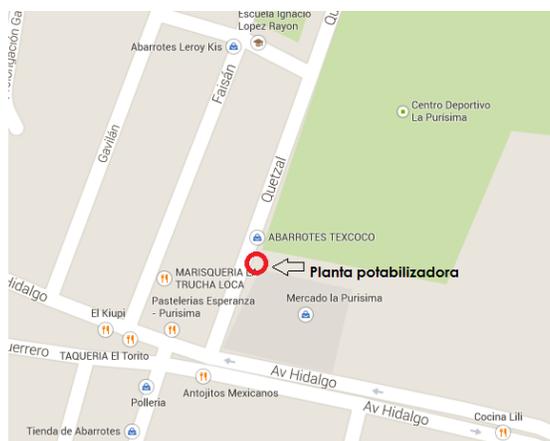


Figura 3.51 Ubicación PP Purísima 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.31 Características de la PP Purísima 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		15 de diciembre de 1996	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 124 (Purísima 2)
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	23 300 [hab]	Colonias:	Purísima y Vicentina
Costo por inversión inicial:	\$2 643 858.11		Costo actual de operación: ----

FUENTE:

- *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*
- *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua es extraída por bombeo del pozo No. 124 y enviada a los tanques de filtración con arena sílica, desde donde pasa por gravedad a un tanque de adsorción con carbón activado, posteriormente y también por gravedad, es conducida a un tanque superficial de almacenamiento en donde se le suministra hipoclorito de sodio para su desinfección. Finalmente, el agua es descargada por bombeo a la red de suministro (Figura 3.52).

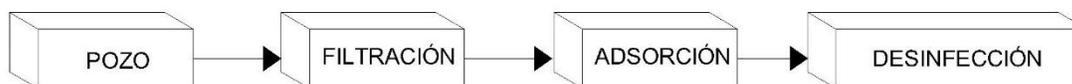


Figura 3.52 Tren de tratamiento Purísima 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVI, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 3 torres de acero al carbón destinadas al proceso de adsorción.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.32 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.32 Calidad influente Purísima 2

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.0-7.9	upH
DQO	10.0-9.20	mg/l
Nitrógeno amoniacal	0.78-0.5	mg/l
Nitrógeno proteico	0.2-0.11	mg/l
Manganeso	0.2-0.11	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVI, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Desinfección: Bomba dosificadora (1+0).
- Bombeo a red pública: Bomba de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores y caseta de químicos. En la Figura 3.53 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

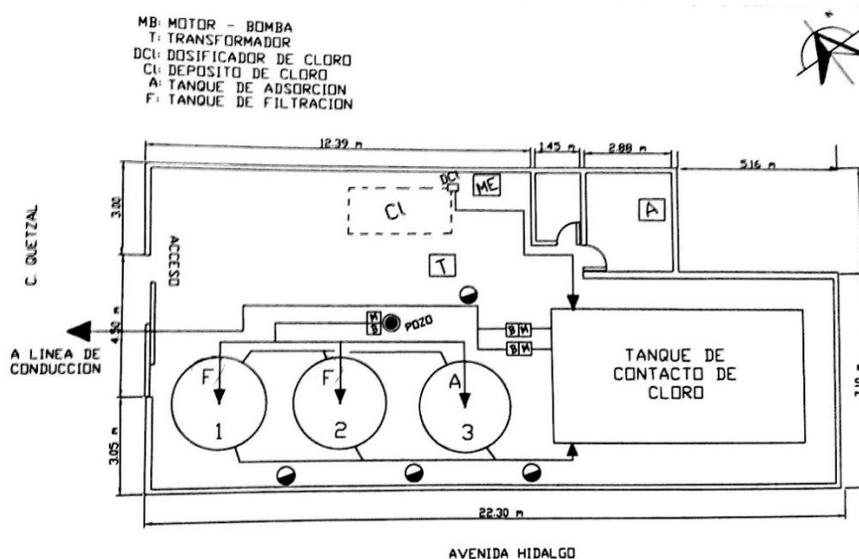


Figura 3.53 Vista en planta de la PP Purísima 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVI, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En el inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización se indica que la planta potabiliza un gasto de 60 [lps]; sin embargo, en registros del SACMEX se muestra que el caudal es 43. 68 [lps] lo que significa que está operando al 73% de su capacidad.

Los tanques de acero al carbono, donde se lleva a cabo el proceso de adsorción, presentan un grado elevado de corrosión en la tapa inferior, incluso las picaduras ya presentan fugas; muchas veces se realizan los retrolavados cuando los tanques alcanzan altas presiones, y se observan fugas en las bridas de las entradas y salidas de las torres.

3.2.17 Planta Potabilizadora El Sifón

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: El Sifón.
- Domicilio: Av. Zacatepec Esq. Morelos, Colonia Paraje de Zacatepec, Delegación Iztapalapa. La planta se ubica a un costado de la Penitenciaría de Santa Martha Acatitla.
- Instalación a pie de pozo: Sí.

- La planta cuenta con una extensión de 2000 metros cuadrados aproximadamente.
- Fue rehabilitada en 2012.

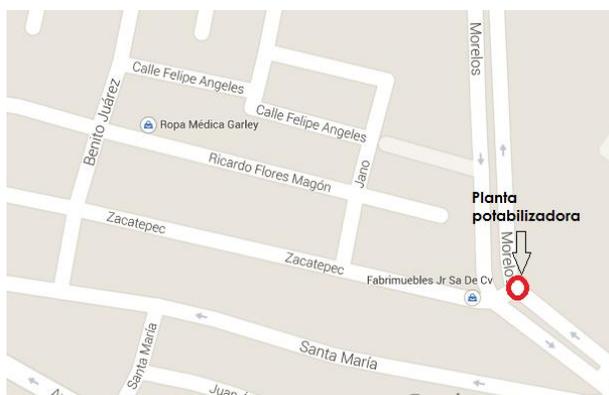


Figura 3.54 Ubicación PP El Sifón
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.33 Características de la PP El Sifón

Fecha de inicio de operación de la planta:		2006	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo El Sifón
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	27 000 [hab]	Colonias:	Paraje de Zacatepec
Costo por inversión inicial:	---		Costo actual de operación: 3.90 [\$/m ³]

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo se bombea hacia dos unidades de biofiltración, posteriormente es conducida al proceso de oxidación con ozono y después a las unidades destinadas a la filtración con zeolita, el efluente es enviado a los módulos de ósmosis inversa y finalmente, el agua es desinfectada con hipoclorito de sodio. Es de interés mencionar que, antes de su rehabilitación, la planta operaba bajo los procesos de decoloración y adsorción, pero estos fueron sustituidos por la filtración con Zeolita, ya que en esta operación además de tener un medio filtrante se realiza un intercambio iónico (Figura 3.55).

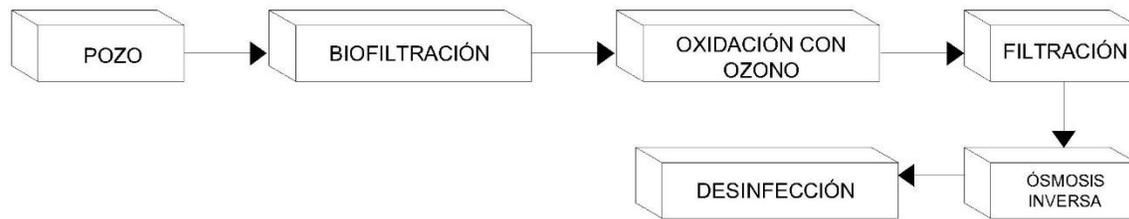


Figura 3.55 Tren de tratamiento El Sifón

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVII, Diciembre 2008.

Desde 2006 la bomba de pozo ha sido cambiada en 5 ocasiones, el agua extraída del subsuelo está a una profundidad de 160 [m]

La potabilizadora cuenta con:

- 2 unidades de biofiltros.
- 2 módulos de ósmosis inversa, cada uno con un gasto de diseño de 20 [lps] de los cuales se recupera el 80% (es decir 20% constituye el rechazo), sólo un porcentaje del flujo total es tratado por ósmosis inversa con la finalidad de que el agua tratada se mezcle con la parte que no sufrió este proceso para lograr con esto alcanzar el equilibrio de sales establecido por la norma.

El proceso de OI se divide en 2 etapas:

- Etapa 1: cuenta con 12 tubos de presión.
- Etapa 2: cuenta con 6 tubos de presión, a esta etapa entra el rechazo o concentrado obtenido en la etapa 1.

Cada recipiente a presión requiere de 6 cartuchos de membranas que tienen una vida útil de 5 años.

Cuando el diferencial de presiones a la entrada y a la salida del proceso es mayor a 10%, el cartucho ya se encuentra saturado y debe ser limpiado.



Figura 3.56 Contenedores destinados a la filtración por zeolita



Figura 3.57 Tubos de presión

Es importante señalar que el agua es sometida a un pre-tratamiento para su posterior ingreso a la ósmosis inversa, dicho pre-tratamiento consiste en filtros de cartucho, lo anterior con la finalidad de acondicionar el agua de alimentación y alargar el tiempo entre dos limpiezas de membrana subsecuentes.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.34 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.34 Calidad influente El Sifón

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.7-7.0	upH
Turbiedad	1.8-0.73	NTU
Color	200.0-2.5	U Pt/Co
DQO	36.8-5.6	mg/l
Nitrógeno amoniacal	2.39-0.1	mg/l
Nitrógeno proteico	0.39-0.11	mg/l
Conductividad Eléctrica	2522-1060	µS/cm
SDT	1480-1246	mg/l
Alcalinidad	524-427	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba vertical (1+0).
- Biofiltración: Bombas de traspaleo (1+0).
- Ósmosis inversa: Bombas para alimentación (3+1), Bombas de alta presión (2+0).
- Dosificación de químicos: Bombas dosificadoras para H₂SO₄ (2+1), Bombas dosificadoras para anti incrustante.
- Desinfección: Bombas dosificadoras (2+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (3+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las instalaciones para el centro de control de motores, caseta de operadores, caseta de almacenamiento de reactivos químicos, caseta para resguardo del sistema de dosificación de químicos, baños y regaderas debidamente construidos, así como monitoreo de la calidad del agua. En la Figura 3.58 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

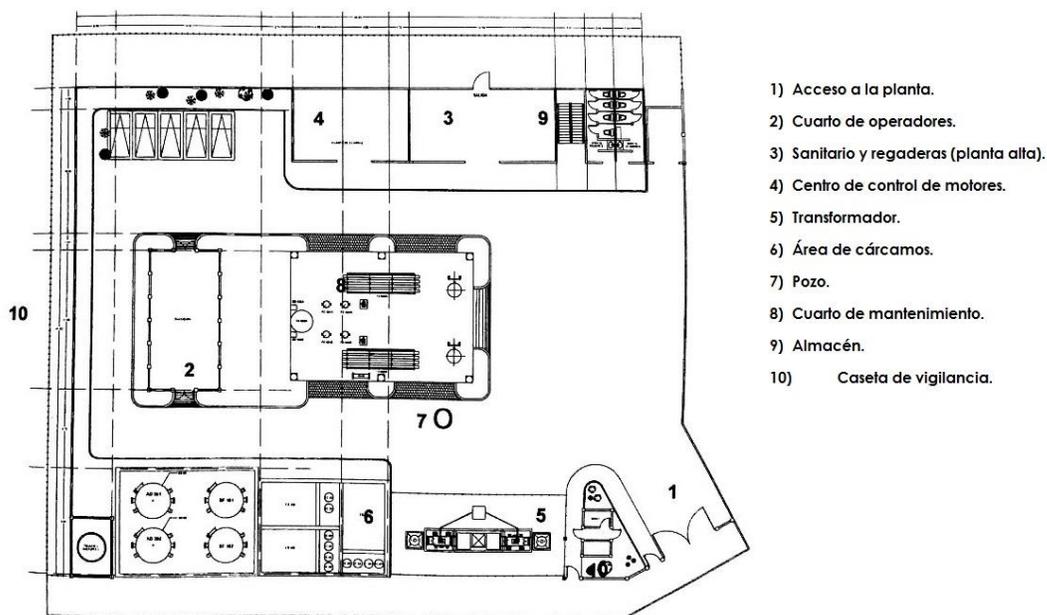


Figura 3.58 Vista en planta de la PP El Sifón.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVII, Diciembre 2008

Problemas operativos

Desde el año 2012 el proceso de oxidación con ozono se encuentra fuera de operación, lo que a su vez causa que se tengan problemas en los procesos subsecuentes.

En la planta no se tiene un manual de operaciones, además el personal que ahí labora (2 personas por turno, cada turno de 24 [h]) no recibió una capacitación adecuada, por lo cual desconocen los fundamentos de los sistemas y la operación se reduce a “un buen funcionamiento hidráulico” sin tener en cuenta el control propio del proceso.

3.2.18 Planta Potabilizadora Santa Catarina 13

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina 13.
- Domicilio: Esq. del predio del Reclusorio Oriente y Calle Reforma, Colonia Lomas de San Lorenzo, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.



Figura 3.59 Ubicación PP Santa Catarina 13
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.35 Características de la PP Santa Catarina 13

Fecha de inicio de operación de la planta:		24 de febrero de 2007	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Santa Catarina 13
Gasto potabilizado:	50 [lps]		
Población beneficiada:	20 000 [hab]	Colonias:	Lomas de San Lorenzo
Costo por inversión inicial:	\$20 000 000		Costo actual de operación: 3.90 [\$/m ³]

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***<http://www.eluniversal.com.mx/notas/408757.html>**

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo se bombea hasta el biofiltro empacado, el efluente cae por gravedad a un cárcamo y posteriormente es bombeado a un mezclador estático donde se dosifica polímero de ahí pasa a cuatro filtros a presión y posteriormente a dos torres de adsorción, después el agua es conducida a los dos módulos de ósmosis inversa (OI) y finalmente, al cárcamo de desinfección donde se adiciona hipoclorito de sodio (Figura 3.60).

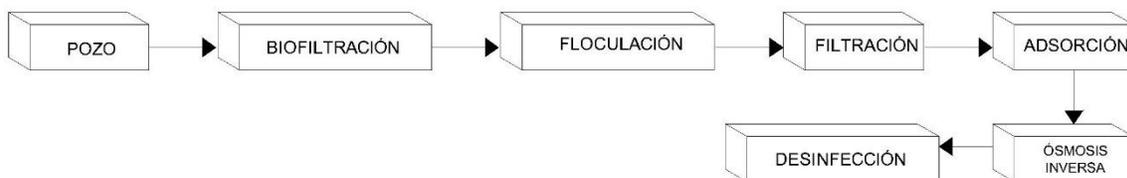


Figura 3.60 Tren de tratamiento Santa Catarina 13

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVIII, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.36 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.36 Calidad influente Santa Catarina 13

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.3-7.6	upH
Turbiedad	1.62-0.60	NTU
Color	40.0-20.0	U Pt/Co
DQO	37.6-14.23	mg/l
SDT	1530-1088	mg/l
Conductividad Eléctrica	1800-1300	µS/cm
Alcalinidad	809-527	mg/l
Nitrógeno amoniacal	0.74-0.31	mg/l
Nitrógeno proteico	0.62-0.22	mg/l
Hierro	0.578-0.252	mg/l
Manganeso	0.773-0.335	mg/l
Sodio	293.7-184.6	mg/l
Boro	1.7-1.4	mg/l
Magnesio	75.2-42	mg/l
Coliformes totales	1	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVIII, Diciembre 2008.

Los parámetros fuera de la norma de agua potable son: turbiedad, color, DQO, nitrógeno amoniacal, nitrógeno proteico, manganeso, sodio, magnesio, boro y coliformes totales.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Filtración: Bombas para retrolavado (1+1), Soplador (1+1).
- Adsorción: Bombas de traspaleo (3+1).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (3+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bomba para dosificación de anti incrustante (3+3), Bomba para dosificación de ácido sulfúrico.
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros, cuarto de salida de agua filtrada, caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento electromecánico y caseta posterior de vigilancia. En la Figura 3.61 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

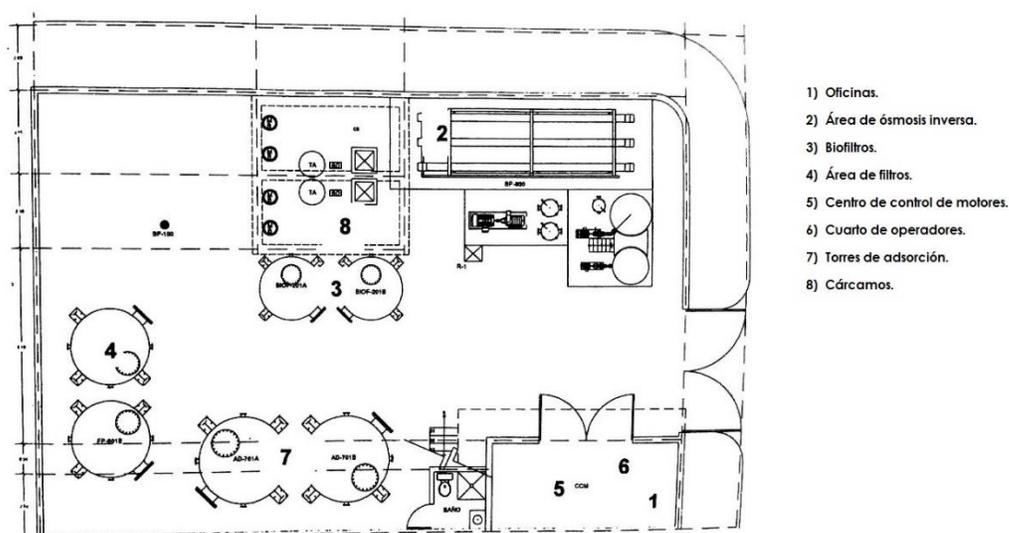


Figura 3.61 Vista en planta de la PP Santa Catarina 13

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XVIII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

El sistema de filtración se realiza mediante filtros de tasa constante, la operación se lleva a cabo en modo automático, por lo que los operadores se limitan a vigilar

su buen funcionamiento, el retrolavado se realiza por tiempo o por pérdida de carga, lo que ocurra primero.

En el proceso de adsorción, no se cuenta con un sistema de medición o de control para notificar que el CAG está alcanzando su punto de saturación.

Respecto a la OI, no se tiene un programa de lavado y enjuague de las membranas, ya que el personal desconoce la manera en que estos deben realizarse.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Bombas de transferencia hacia filtros.
- 2) Ventiladores de biofiltros.
- 3) Bombas de alimentación a OI.
- 4) Bombas de alta presión de equipos de OI.
- 5) Tableros eléctricos de arranque y paro.
- 6) Revisión del sistema de distribución y captación de biofiltros.
- 7) Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- 8) Revisión del sistema de dosificación de químicos.

En la planta se carece de programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

3.2.19 Planta Potabilizadora Santa Catarina 10

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina 10.
- Domicilio: Av. Tláhuac, dentro del Panteón de San Lorenzo Tezonco, Colonia Pueblos de San Lorenzo Tezonco, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 261 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra hacia la Av. Zacatlán.
- Fue rehabilitada en 2012.



Figura 3.62 Ubicación PP Santa Catarina 10
FUENTE:

Características de la Planta

Tabla 3.37 Características de la PP Santa Catarina 10

Fecha de inicio de operación de la planta:		---	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Santa Catarina 10
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	20 000 [hab]	Colonias:	Lomas de San Lorenzo y Barrio de Guadalupe
Costo por inversión inicial:	---		Costo actual de operación: 3.90 [\$/m ³]

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo es bombeada hacia dos unidades de biofiltración y después es conducida a un mezclador estático donde se dosifica polímero, posteriormente pasa a dos unidades de filtración de lecho de arena y por gravedad pasa a un tanque de contacto de ozono, el agua ozonada es bombeada, el 30% es destinada a dos torres de adsorción y 70% es dirigida al proceso de ósmosis inversa, el efluente de los dos procesos se mezcla en el cárcamo de desinfección (Figura 3.63).

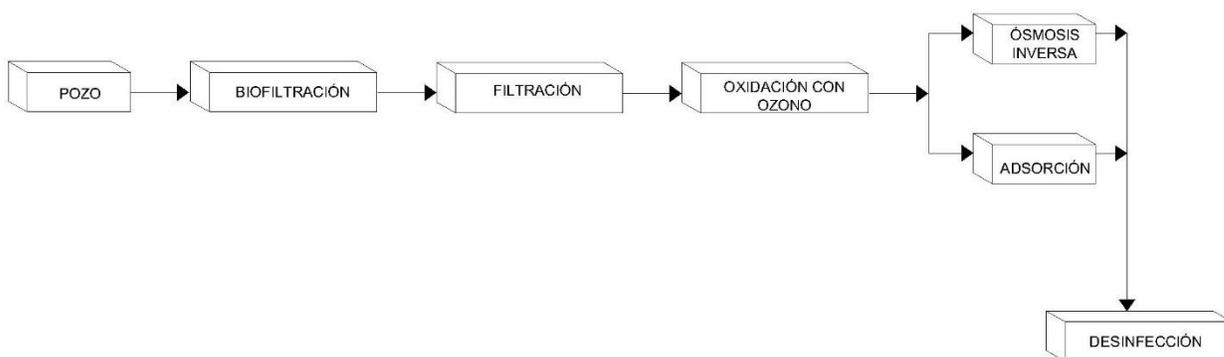


Figura 3.63 Tren de tratamiento Santa Catarina 10

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIX, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.38 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.38 Calidad influente Santa Catarina 10

Parámetro	Influente	Unidad
Turbiedad	15.5-3.66	NTU
Color	40-20	U Pt/Co
DQO	39.6-37.6	mg/l
SDT	1568-1528	mg/l
Conductividad Eléctrica	2623-1513	µS/cm
Alcalinidad	774-682	mg/l
Dureza total	642.5-423.8	mg/l
Nitrógeno amoniacal	3.81-3.03	mg/l
Nitrógeno proteico	0.66-0.34	mg/l
Manganeso	0.352-0.183	mg/l
Sodio	415.5-249.5	mg/l
Magnesio	118.1-75.0	mg/l
Coliformes totales	0	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIX, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Ozonación: Bombas de traspaleo (1+1), Generador de ozono (1+1), Compresor de aire (1+1).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (1+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de antiincrustante (1+1), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros, cuarto de salida de agua filtrada, caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento electromecánico y caseta posterior de vigilancia. En la Figura 3.64 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

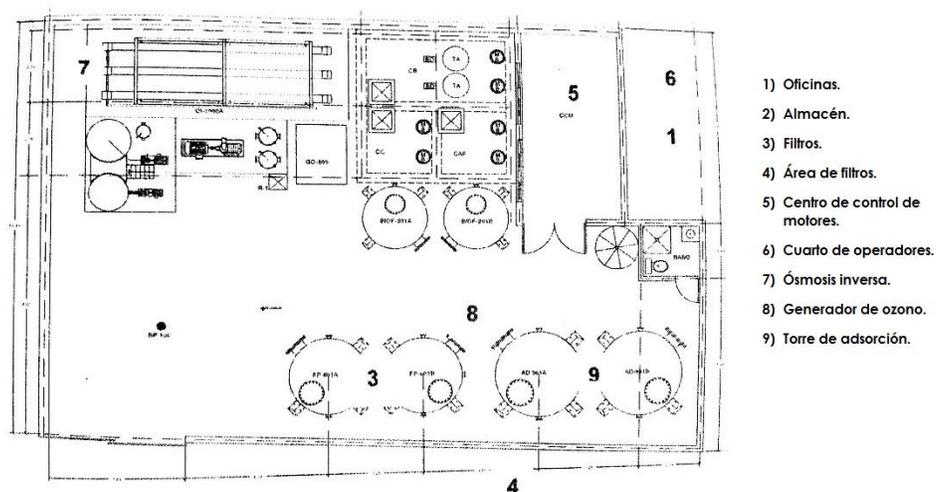


Figura 3.64 Vista en planta de la PP Santa Catarina 10

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XIX, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Antes de la rehabilitación realizada en 2012, era frecuente que el sistema de ozonación se encontrara fuera de servicio debido a fallas mecánicas en el sistema de generación de ozono, además, la planta no cuenta con un sistema

alternativo para la oxidación de hierro y manganeso, por lo tanto el proceso de filtración a gravedad que le seguía era ineficiente.

Los módulos de ósmosis inversa también dejaban de funcionar de manera constante debido a fugas en la línea de alimentación de ácido sulfúrico; lamentablemente, a pesar de los cambios realizados en 2012, aún no se cuenta con un programa de lavados para maximizar los periodos de operación de las membranas.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Bombas de transferencia hacia filtros.
- 2) Ventiladores de biofiltros.
- 3) Bombas de alimentación a ósmosis inversa.
- 4) Bombas de alta presión de equipos de ósmosis inversa.
- 5) Tableros eléctricos de arranque y paro.
- 6) Revisión del sistema de distribución y captación de biofiltros.
- 7) Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- 8) Revisión del sistema de dosificación de químicos.

3.2.20 Planta Potabilizadora Santa Catarina 4

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina 4.
- Domicilio: Av. Guillermo Prieto S/N casi Esq. Domingo Rodríguez de Arellano (Revolución), Colonia La Conchita, Delegación Tláhuac.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 500.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Av. Guillermo Prieto.



Figura 3.65 Ubicación PP Santa Catarina 4

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.39 Características de la PP Santa Catarina 4

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Santa Catarina 4
Gasto potabilizado:	60 [lps]		
Población beneficiada:	26 000 [hab]	Colonias:	Miguel Hidalgo
Costo por inversión inicial:	\$12 115 000		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

La planta se abastece con el agua proveniente del pozo Santa Catarina 4, desde donde es conducida por bombeo a la etapa de ósmosis inversa, lugar donde se le dosifica ácido sulfúrico como reactivo; posteriormente, pasa a un mezclador estático donde se le suministra hipoclorito de sodio para la oxidación , el agua oxidada es conducida a la parte superior de la torre de desorción en la cual se eliminan todos los gases disueltos en el agua , el efluente pasa a un cárcamo de bombeo donde se adiciona bisulfito de sodio, el agua declorada es bombeada a la torre de adsorción; el efluente de la torre de carbón es desinfectado con hipoclorito de sodio en línea y mandada a red (Figura 3.66).



Figura 3.66 Tren de tratamiento Santa Catarina 4

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XX, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 2 torres de acero al carbón.
- 2 módulos de ósmosis inversa.
- Una torre de desgasificación.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.40 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.40 Calidad influente Santa Catarina 4

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.3-7.1	upH
Turbiedad	9.9-1.0	NTU
Color	100.0-10.0	U Pt/Co
DQO	168.4-17.39	mg/l
Cloruros	642-234	mg/l
SDT	2988-1218	mg/l
Conductividad Eléctrica	4948-1557	µS/cm
Nitrógeno amoniacal	38.5-2.83	mg/l
Nitrógeno proteico	3.30-0.11	mg/l
Sodio	1130-321	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XX, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (2+0), Bomba para solución de lavado (1+0).
- Oxidación con hipoclorito de sodio: Bomba dosificadora (1+0).
- Decloración: Bomba dosificadora (1+0).
- Adsorción: Bombas de traspaleo (2+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa y caseta de químicos, sin embargo, carece de taller para mantenimiento electromecánico. En la Figura 3.67 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

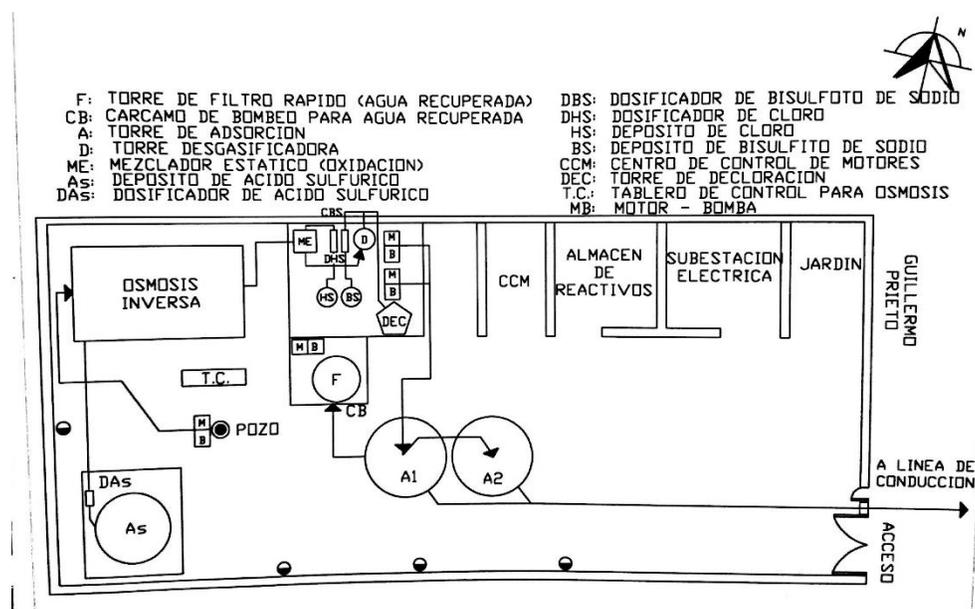


Figura 3.67 Vista en planta de la PP Santa Catarina 4

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XX, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Los equipos de ósmosis inversa requieren mantenimiento correctivo a la brevedad, ya que el agua de alimentación no posee la calidad requerida, ocasionando a su vez que, las condiciones en que se encuentran las membranas no sean las necesarias para operar de manera satisfactoria, por lo anterior, es frecuente que las unidades de ósmosis inversa no se encuentren operando. Además, no existe un procedimiento para realizar los retrolavados en las torres destinadas al proceso de adsorción.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento son:

- 1) Sistema de desgasificación.

- 2) Sistema de cloración-decloración.
- 3) Sistema de distribución y captación en torres de adsorción.
- 4) Sistema de bombeo de cárcamo de transferencia hacia adsorción.
- 5) Sistema de bombeo de cárcamo de transferencia hacia red pública.
- 6) Sistema de ósmosis inversa.

3.2.21 Planta Potabilizadora Panamericana

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Panamericana.
- Domicilio: Poniente 112, Colonia Panamericana, Delegación Gustavo A. Madero.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta fue rehabilitada en 2012.



Figura 3.68 Ubicación PP Panamericana
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.41 Características de la PP Panamericana

Fecha de inicio de operación de la planta:		---		
Capacidad instalada:	50 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Panamericana	
Gasto potabilizado:	50 [lps]			
Población beneficiada:	----	Colonias:	Panamericana	
Costo por inversión inicial:	----		Costo actual de operación:	---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

*** http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_panamericana**

Tren de tratamiento

De acuerdo con las prácticas recomendadas en países donde se trata agua subterránea para uso y consumo humano con problemas de calidad, fundamentalmente por color y turbiedad, se emplea el proceso de filtrado y adsorción.

Por lo anterior, el esquema básico de potabilización para la planta “Panamericana” es el mostrado en la Figura 3.69.



Figura 3.69 Tren de tratamiento Panamericana

FUENTE:

http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_panamericana

El proceso de oxidación tiene como objetivo el de oxidar hierro y manganeso solubles en el agua y la de dosificar un cloro residual para la desinfección.

El proceso empleado para la remoción de hierro y manganeso es la filtración, utilizando como coadyuvante el hipoclorito de sodio, el principal objetivo es retener los microflóculos de hierro y manganeso soluble oxidados previamente.

El tanque de filtros a presión tiene un diámetro de 3[m] y altura de 8 [m], cada tanque aloja 4 filtros de 2 [m] de altura, están fabricados de acero al carbón con un falso fondo de 0.20 [m], un soporte de gravilla de 0.15 [m] y una cama de lecho filtrante de zeolita de 0.50 [m] de altura.



Figura 3.70 Torre de filtros a presión

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Panamericana”,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_panamericana

En las instalaciones de la planta se cuenta con sistema de monitoreo remoto con cámaras IP.



Figura 3.71 Monitoreo de la potabilizadora

FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “Panamericana”,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_panamericana

Calidad del agua

La calidad del agua del pozo se caracteriza por elevadas concentraciones de hierro y manganeso, los valores de dichos parámetros y algunos más, se muestran en la Tabla 3.42.

Tabla 3.42 Calidad influente Panamericana

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8	upH
Turbiedad	4.6	NTU
Color	32	U Pt/Co
Nitrógeno amoniacal	0.48	mg/l
Hierro	0.87-1.34	mg/l
Manganeso	1.5-2.78	mg/l
Sulfatos	185	mg/l
Coliformes totales	4	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XX, Diciembre 2008.

3.2.22 Planta Potabilizadora Santa Catarina

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina.
- Domicilio: Calle de Las Bombas S/N frente al Panteón Viejo de Zapotitlán, Colonia Santiago Zapotitlán, Delegación Tláhuac.
- Instalación a pie de pozo: no.
- La planta cuenta con una extensión de 1600.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Av. Las Bombas.
- Fue rehabilitada en abril de 2003.



Figura 3.72 Ubicación PP Santa Catarina

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.43 Características de la PP Santa Catarina

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999		
Capacidad instalada:	500 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozos Santa Catarina 2, 3, 5, 6, 7,8 y 9. Pozo San Lorenzo Tezonco.	
Gasto potabilizado:	120 [lps]			
Población beneficiada:	26 000 [hab]	Colonias:	Miguel Hidalgo	
Costo por inversión inicial:	\$5 985 700.00		Costo actual de operación:	---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

La rehabilitación realizada en 2003 tuvo un costo por inversión de \$9 900 000.00.

Tren de tratamiento

El agua proveniente de los pozos es enviada a través de una línea hasta los tanques degasificadores, el efluente de las torres es conducido por un canal Parshall a las cámaras de contacto de ozono para posteriormente pasar a la etapa de filtración dual (arena sílica y antracita activadas), desde donde es conducida a un cárcamo de bombeo a partir del cual 33% del flujo total es enviado a las torres de adsorción con carbón activado y 67% hacia la ósmosis inversa; el agua resultante de los dos procesos se conduce hasta un tanque subterráneo de almacenamiento, en dicho lugar se le dosifica hipoclorito de sodio para la etapa de desinfección, finalmente, el agua es enviada por bombeo a la red de distribución(Figura 3.73).

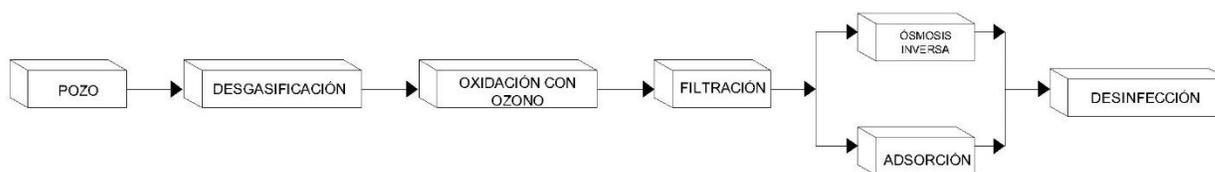


Figura 3.73 Tren de tratamiento Santa Catarina

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXI, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- 4 torres desgasificadoras con capacidad para tratar 125 [lps] cada una.
- 6 filtros de tasa declinante.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.44 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.44 Calidad influente Santa Catarina

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.6-7.9	upH
Turbiedad	45.0-2.4	NTU
Color	140.0-25.0	U Pt/Co
DQO	137.0-30.4	mg/l
Cloruros	559.0-173.0	mg/l
SDT	2878.0-1332.0	mg/l
Conductividad Eléctrica	4239-2119	µS/cm
Alcalinidad	1480-651	mg/l
Nitrógeno amoniacal	17.47-2.63	mg/l
Nitrógeno proteico	1.12-0.22	mg/l
Hierro (Pozo 3)	1-49-0.06	mg/l
Sodio	1191-363	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXI, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Desgasificación: Ventiladores (4+0).
- Ozonación: Generador de ozono (3+0), Destructor de ozono (3+0), Compresor de aire (3+0).
- Adsorción: Bombas de traspaleo (4+1).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (5+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de anti incrustante (5+5), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (5+5).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (4+2).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia (una planta), oficinas (planta alta), sanitarios y regaderas (planta baja), caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtros (planta alta), cuarto de salida de agua filtrada (planta baja), caseta para generación de ozono, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos, taller para mantenimiento electromecánico y caseta posterior de vigilancia. En la Figura 3.74 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

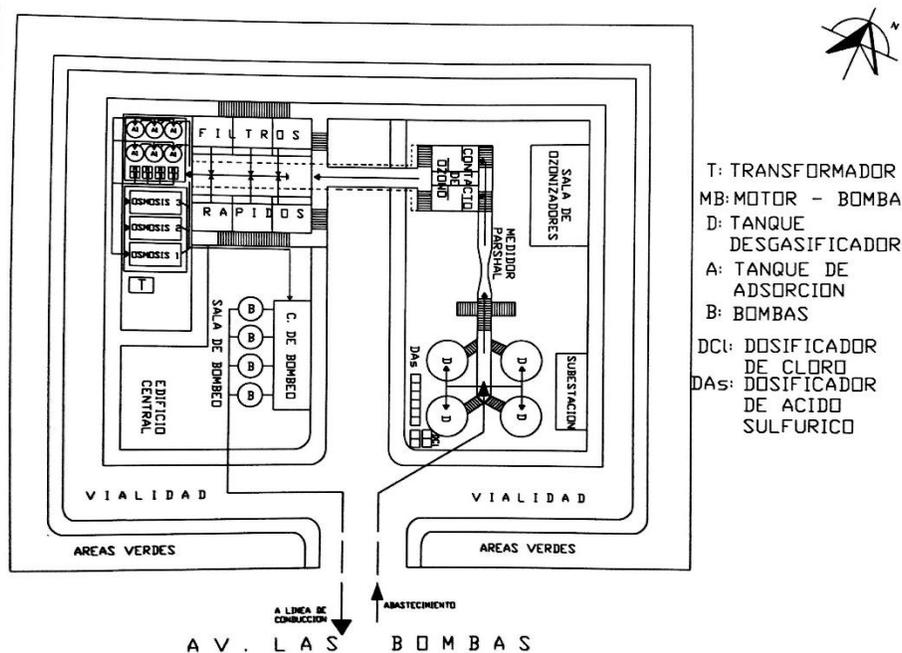


Figura 3.74 Vista en planta de la PP Santa Catarina

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXI, Diciembre 2008.

Problemas operativos

La planta tiene una eficiencia hidráulica menor al 30%, ya que opera con gastos menores a 150 [lps] cuando tiene la capacidad para 500 [lps], lo anterior se debe a que varios pozos de abastecimiento se encuentran fuera de operación.

En las torres desgasificadoras, el sistema de suministro de aire se encuentra fuera de servicio, personal de operación reporta que bajo las condiciones actuales se alcanzan remociones satisfactorias de sulfuros, sin embargo, no se cuenta con información técnica que respalde lo anterior.

El sistema de ozonación constantemente se encuentra fuera de servicio debido a fallas mecánicas en el sistema de generación de ozono, además, el personal requiere de mayor capacitación para realizar el manejo adecuado del equipo generador de acuerdo a las necesidades de operación de la planta.

Ante las fallas anteriores, el equipo de ósmosis inversas presenta dificultades serias, ya que continuamente se requiere el lavado de los módulos, pues el agua de alimentación no posee la calidad mínima requerida.

Es de gran interés mencionar que, las medidas de seguridad e higiene son precarias, el personal sólo posee los materiales e instrumentos básicos, lo que ocasiona que trabajos de reparación específicos no pueden ser realizados de manera breve.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento son:

- Sistema de distribución en torre desgasificadora.
- Bombas de alta presión de equipos de ósmosis inversa.
- Revisión del sistema de distribución y captación de filtros.
- Revisión del sistema de distribución y captación de torres de adsorción.
- Revisión del sistema de dosificación de químicos.
- Sistema de ósmosis inversa.

3.2.23 Planta Potabilizadora Río Magdalena

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Río Magdalena.
- Domicilio: Terreno Aledaño a 2.5 [km] aprox. Del Pueblo de Contreras, a la altura del 1er. Dinamo, Delegación Magdalena Contreras.
- Instalación a pie de pozo: no.
- La planta cuenta con una extensión de 1800.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra hacia el camino a los Dinamos.



Figura 3.75 Ubicación PP Río Magdalena.
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.45 Características de la PP Río Magdalena.

Fecha de inicio de operación de la planta:		3 de mayo de 1979	
Capacidad instalada:	210 [lps]	Cuenca de abastecimiento:	Cuenca del Río Magdalena
Gasto potabilizado:	210 [lps]		
Población beneficiada:	180 000[hab]	Colonias:	Zona poniente de la Delegación M. Contreras
Costo por inversión inicial:	\$6 955 000.00		Costo actual de operación: 1.27 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

La planta se alimenta con el gasto que es conducido por el río Magdalena, el cual aguas arriba es captado con un mecanismo de compuertas y es canalizado a través de una línea de tuberías hasta la planta, previamente se tienen un canal desarenador que corresponde a la sedimentación simple, en este punto el principal objetivo es que las partículas discretas presentes en el agua se sedimenten.

Al llegar a la planta, el agua entra en un canal Parshall, en dicho lugar se le dosifican los reactivos: polímeros (cal química y sulfato de aluminio) para la floculación e hipoclorito de sodio para la oxidación. Desde aquí el gasto se distribuye hacia dos módulos de floculadores, después pasan a dos sedimentadores y posteriormente a cuatro módulos de filtración dual (arena sílica

y antracitas activadas), después el agua es conducida a un tanque de almacenamiento en donde se lleva a cabo la desinfección con hipoclorito de sodio. Finalmente, el agua es conducida por gravedad hacia la red de distribución (Figura 3.76).

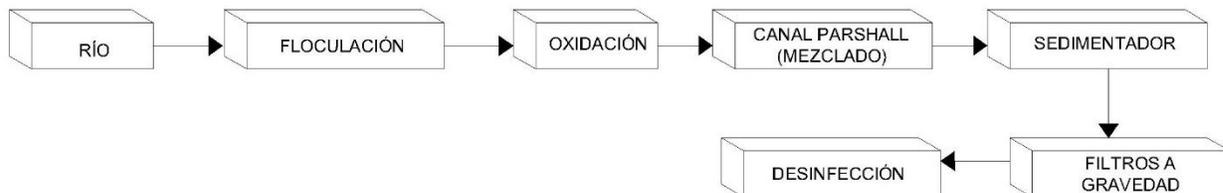


Figura 3.76 Tren de tratamiento Río Magdalena

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIV, Diciembre 2008.



Figuras 3.77-3.78 En la imagen del lado izquierdo se muestra el canal Parshall que tiene por objetivo generar turbulencia en el agua con el propósito de dispersar sustancias químicas.

En la imagen de la derecha se encuentran los tanques sedimentadores o clarificadores en el cual se decantarán las partículas floculentas.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.46 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.46 Calidad influente Río Magdalena

Parámetro	Influente	Unidad
Turbiedad	20.6-1.3	NTU

Color	25-2.5	U Pt/Co
DQO	10.0-3.2	mg/l
Nitrógeno proteico	0.17-0.1	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIV, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Coagulación- Floculación: Bombas para suministro de óxido de calcio (1+1), Bombas para suministro de NaClO (1+1), Bombas para suministro de polímero (1+1), Motor de mezclador de propela (4+0).
- Filtración: Bombas para lavado superficial (2+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras.
- Bombas para servicio general (3+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de control de válvulas automáticas, caseta para preparación de químicos y laboratorio para monitorear la calidad del agua en la planta. En la Figura 3.79 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

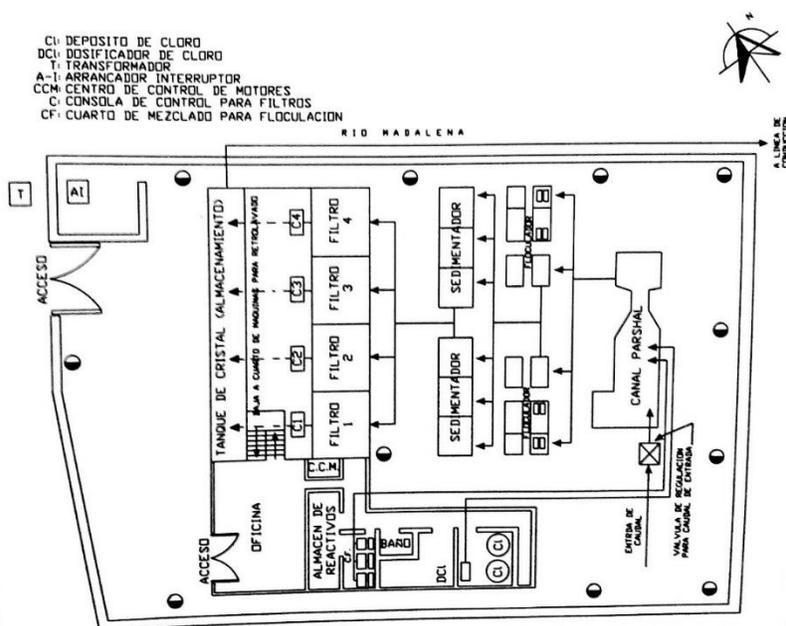


Figura 3.79 Vista en planta de la PP Río Magdalena.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIV, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En el Inventario Nacional de Plantas potabilizadoras se indica que el gasto potabilizado es igual a la capacidad instalada de la planta (210 [lps]), sin embargo, existen registros del SACMEX que muestran que la planta opera con un gasto de 174 [lps], lo anterior arroja una eficiencia del 83%.

Algunos problemas que se presentan en la potabilizadora son:

- La dosificación de los químicos se realiza de manera empírica, de acuerdo a la percepción del operador.
- Los agitadores para realizar el mezclado rápido presentan fallas mecánicas y los módulos de sedimentación tipo II se encuentran deteriorados.
- Durante los retrolavados de las unidades de filtración de tasa declinante, se ha ocasionado pérdida de material granular de lecho debido a lavados con flujos de agua mayores a los recomendados.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Los sistemas de dosificación de sulfato de aluminio, hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio.
- 2) Mezcladores de propela de la zona de mezcla lenta.
- 3) Bombas de lavado superficial de filtros de tasa declinante.
- 4) Sistema de control de válvulas de filtros.

3.2.24 Planta Potabilizadora Cerrillos 3

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Cerrillos 3.
- Domicilio: Cda. De Pirules S/N entrada por Camino Real a Milpa Alta, Colonia Las Mesitas, Delegación Xochimilco.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 131.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra hacia la calle cerrada de Pirules.



Figura 3.80 Ubicación PP Cerrillos 3
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.47 Características de la PP Cerrillos 3

Fecha de inicio de operación de la planta:		21 de junio de 1999	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 276 (Cerrillos 3)
Gasto potabilizado:	40 [lps]		
Población beneficiada:	17 300[hab]	Colonias:	Las Mesitas
Costo por inversión inicial:	\$1 200 000.00		Costo actual de operación: 1.87 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

La planta se alimenta con el gasto que se bombea desde el pozo No. 276, dicha extracción es conducida por una tubería de 8" (203[mm]) de diámetro, el agua es descargada directamente a los tanques de filtración con arena sílica, previa dosificación en la línea de conducción del hipoclorito de sodio para oxidar. El caudal que sale de los filtros es canalizado a través de una línea hasta los tanques de adsorción con carbón activado, antes de llegar a ellos y sobre la línea de conducción se le dosifica peróxido de hidrógeno para la deoloración. De los tanques de adsorción, el agua se conduce por gravedad a la línea de distribución, antes de salir de la planta y sobre la línea de salida, se dosifica hipoclorito de sodio para la etapa de desinfección (Figura 3.81).

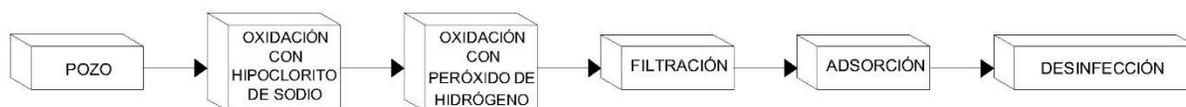


Figura 3.81 Tren de tratamiento Cerrillos 3

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXV, Diciembre 2008.

La planta cuenta con:

- 2 torres de acero al carbón destinadas al proceso de adsorción.
- Un tanque de contacto construido de acero (en dicho tanque ocurre la oxidación con hipoclorito).

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.48 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.48 Calidad influente Cerrillos 3

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.7-8.3	upH
DQO	11.92-9.20	mg/l
Nitrógeno amoniacal	3.40-1.43	mg/l
Nitrógeno proteico	0.52-0.11	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXV, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Oxidación: Bombas dosificadoras de hipoclorito (1+1), Bombas dosificadoras de peróxido (1+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).
- Bombeo a red pública: se aprovechada energía de bomba de pozo.

Infraestructura civil

La planta cuenta con oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica y caseta para centro de control de motores; carece de caseta de vigilancia, caseta de químicos y taller para mantenimiento electromecánico. En la Figura 3.82 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

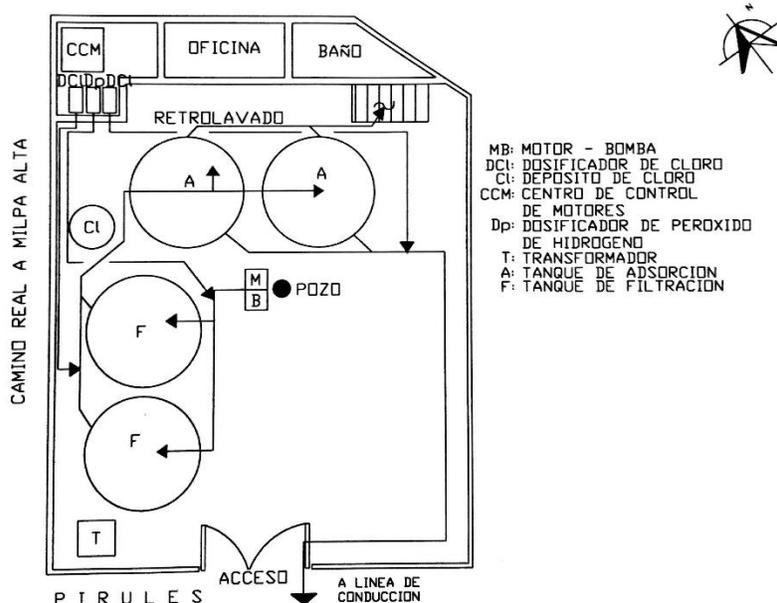


Figura 3.82 Vista en planta de la PP Cerrillos 3

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXV, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En el Inventario Nacional de Plantas potabilizadoras se indica que el gasto potabilizado es igual a la capacidad instalada de la planta (40 [lps]), sin embargo, existen registros del SACMEX que muestra que la planta opera con un gasto de 33 [lps], lo anterior arroja una eficiencia del 82.5%.

Algunos problemas que se presentan en la potabilizadora son:

- Constantemente la dosificación de hipoclorito se encuentra fuera de servicio debido a fallas mecánicas en la bomba dosificadora.
- No existe un procedimiento para realizar los retrolavados en las torres de adsorción.

Es de interés resaltar que, la planta presenta deficiencias serias para la remoción de la demanda química de oxígeno y del nitrógeno amoniacal, a pesar de que

se ha analizado la opción de optimizar el proceso de oxidación mediante el empleo de dióxido de cloro en solución y adicionar la filtración con zeolita, no se han realizado dichos cambios.

Requerimiento de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Sistema de dosificación de hipoclorito de sodio para oxidación.
- 2) Sistema de dosificación de peróxido de hidrógeno.
- 3) Revisión y corrección de sistemas de distribución en tanques de contacto para oxidación.
- 4) Sistema de dosificación de hipoclorito de sodio para desinfección.

Además las válvulas requieren corrección de fugas y las líneas de conducción hidráulica de limpieza y pintura.

3.2.25 Planta Potabilizadora Escudo Nacional 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Escudo Nacional 2.
- Domicilio: Cda. De Buenavista S/N Esq. Pabellón Tricolor, Colonia Olivar Santa María, Delegación Xochimilco.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 131.00 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra hacia la calle cerrada de Pirules.



Figura 3.83 Ubicación PP Escudo Nacional 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.49 Características de la PP Escudo Nacional 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		5 de junio de 1997	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Escudo Nacional 2
Gasto potabilizado:	40 [lps]		
Población beneficiada:	15 552[hab]	Colonias:	Las Mesitas
Costo por inversión inicial:	\$120 000		Costo actual de operación: 1.87 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo entra por bombeo a la planta y pasa a los tanques de oxidación con hipoclorito de sodio, el cual es dosificado poco antes de entrar a los tanques; en la línea de salida se adiciona peróxido de hidrógeno para llevar a cabo el proceso de deoloración, este proceso ocurre en el tanque reactor o tanque de contacto, a partir de ahí el agua que sale pasa a los tanques de adsorción con carbón activado y después es descargada por gravedad a la línea que la ha de conducir a la distribución, anterior a esto, se dosifica hipoclorito de sodio para la desinfección (Figura 3.84).



Figura 3.84 Tren de tratamiento Escudo Nacional 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVI, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.50 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.50 Calidad influente Escudo Nacional 2

Parámetro	Influente	Unidad
pH	9.0-8.5	upH
DQO	10.0-5.23	mg/l
Nitrógeno amoniacal	1.73-0.95	mg/l
Nitrógeno proteico	0.23-0.1	mg/l
Coliformes totales	2	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVI, Diciembre 2008.

Los parámetros fuera de la norma de agua potable son: DQO, nitrógeno amoniacal, nitrógeno proteico y coliformes totales.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Bomba de pozo (1+0).
- Oxidación: Bombas dosificadoras de hipoclorito (1+1), Bombas dosificadoras de peróxido (1+1).
- Filtración: Bombas para retrolavado (1+1), Soplador (1+1).
- Adsorción: Bombas de traspaleo (3+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).
- Bombeo a red pública: se aprovechada energía de bomba de pozo.

Infraestructura civil

La planta cuenta con oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores y caseta de químicos; carece de caseta de vigilancia y taller para mantenimiento electromecánico. En la Figura 3.85 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

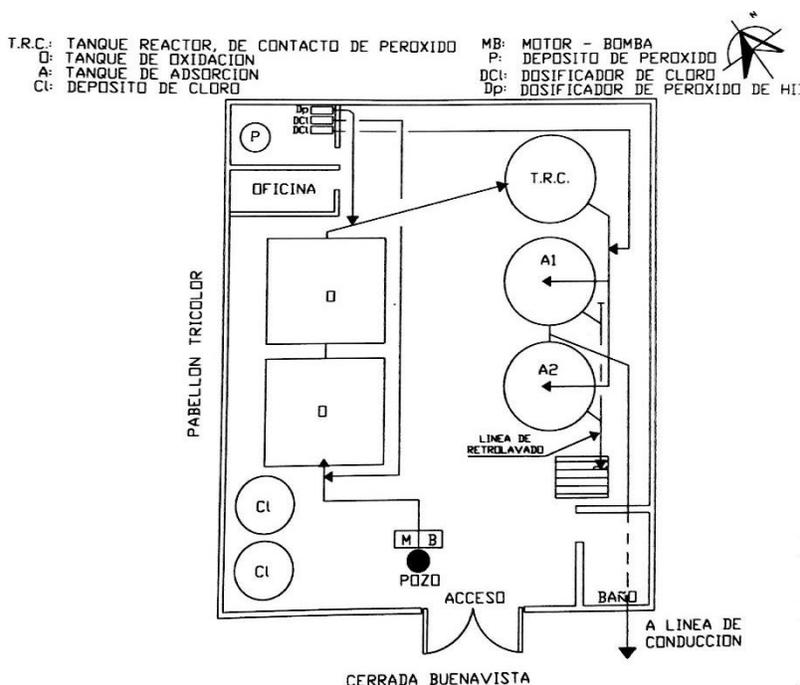


Figura 3.85 Vista en planta de la PP Escudo Nacional 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVI, Diciembre 2008.

Problemas operativos

No existe un procedimiento para realizar los retrolavados, resultando en la mayoría de los casos en desperdicios considerables de agua, es recomendable que el sistema cuente con la medición de variables a la salida de las torres de adsorción para saber cuándo realizar el retrolavado por la mala calidad del efluente o bien saber cuándo el lecho de carbón granular se encuentra saturado.

3.2.26 Planta Potabilizadora La Caldera

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: La Caldera.
- Domicilio: Oriente de la Ciudad de México en km 22.5 Autopista México-Puebla, San Francisco Apolocalco, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: no.
- Es la potabilizadora más grande de la Ciudad de México.



Figura 3.86 Ubicación PP La Caldera
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.51 Características de la PP La Caldera

Fecha de inicio de operación de la planta:		2009	
Capacidad instalada:	700 [lps]	Abastecimiento:	Ramal desde Canal de Chalco (CAVM), Ramal Tláhuac-Neza y Ramal Mixquic-Santa Catarina (pozos 1 al 13)
Gasto potabilizado:	580 [lps]		
Población beneficiada:	403 200[hab]	Colonias:	Sierra de Santa Catarina, San Miguel Teotongo, Santiago Acahualtepec.
Costo por inversión inicial:	\$16 600 000		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de Tratamiento

La planta es alimentada con agua proveniente del ramal de Chalco a cargo de la Comisión de Aguas del Valle de México; el agua llega al sistema de biofiltración directamente del acueducto con una presión manométrica promedio de 0.4 a 1.6 [kg/cm²], esta presión es aprovechada para distribuir el agua a las unidades respectivas, posteriormente el agua es conducida al proceso de ozonación que tiene como principal objetivo oxidar los metales presentes, el efluente se envía hacia el sistema de filtración con arena sílica, posteriormente el agua pasa al sistema de adsorción con carbón activado, el cual también consta de 12 tanques, previamente a este paso y sobre la línea de conducción, se le dosifica

un polifosfato. Desde el proceso de adsorción, el agua es conducida por una línea hasta una caja rompedora de presión, es en este lugar en donde se le dosifica hipoclorito de sodio para la etapa de desinfección, desde aquí y por gravedad, el agua es conducida hasta el tanque superficial de almacenamiento “La Caldera”, con capacidad para 50 000 [m³], a partir de dicho tanque el agua es enviada a red para su distribución.

La planta cuenta con 7 unidades de biofiltración cada una tiene la capacidad para recibir 110 [lps] (Figura 3.87)

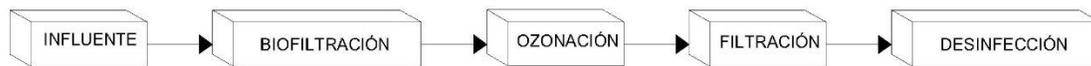


Figura 3.87 Tren de tratamiento La Caldera

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica, Tomo I, Diciembre 2013.

La planta cuenta con:

- 7 biofiltros de lecho sumergido empacado con zeolita natural, los biofiltros operan a gravedad y el retrolavado es realizado mediante autolimpieza.
- 10 torres de filtración, cada una conformada con 4 filtros, dando un total de 40 filtros de tasa constante.

Problemas operativos

El personal de operación reporta que los biofiltros no han operado de manera constante desde finales de 2012, lo anterior se atribuye a la calidad del influente presenta elevadas concentraciones de sólidos, lo que ocasiona que los biofiltros se saturan rápidamente.



Figura 3.88 Instalaciones PP La Caldera
FUENTE: Recuperado del portal ISSUU, presentación “La Caldera”,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_caldera

3.2.27 Planta Potabilizadora Purísima 3 y 7

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima 3-7.
- Domicilio: Calle Purísima S/N entre Calle 4 y San Rafael Atlixco, Colonia La Purísima, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.

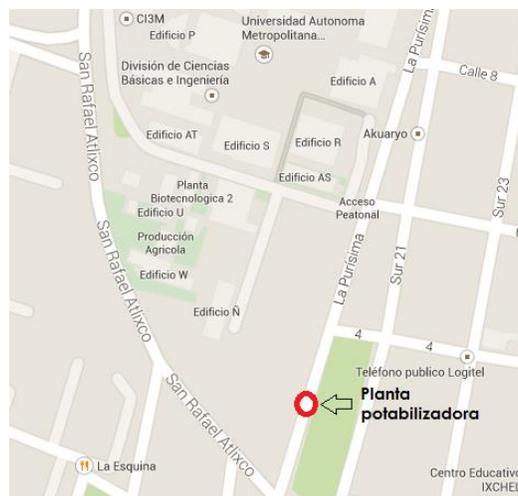


Figura 3.89 Ubicación PP Purísima 3-7
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.52 Características de la PP Purísima 3-7

Fecha de inicio de operación de la planta:		22 de junio de 1998	
Capacidad instalada:	135 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Purísima 3 y Purísima 7
Gasto potabilizado:	100 [lps]		
Población beneficiada:	39 018[hab]	Colonias:	Barrio de San Miguel, Progresista y la Purísima
Costo por inversión inicial:	\$4 240 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de Tratamiento

La planta puede ser abastecida indistintamente o en conjunto, por los pozos Purísima 7 o Purísima 3. En ambos casos, el agua es extraída por bombeo y transportada a través de una línea de conducción hasta los tanques de adsorción con carbón activado, previamente al ingreso a los tanques, se le dosifica hipoclorito de sodio para llevar a cabo la oxidación. De los tanques de adsorción, el agua pasa por gravedad hasta una cisterna en donde se lleva a cabo la desinfección con hipoclorito de sodio, posteriormente a este proceso, el agua es enviada por bombeo a la red de suministro (Figura 3.90).

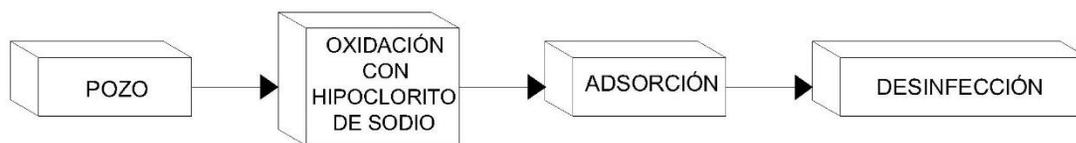


Figura 3.90 Tren de tratamiento Purísima 3-7.

FUENTE: Elaborado por la autora con base a lo revisado en *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

3.2.28 Planta Potabilizadora Purísima Iztapalapa 5

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima Iztapalapa 5.
- Domicilio: Calle de Ocote S/N Esq. Cerrada de Ocote, Colonia Ampliación Santiago Acahualtepec, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.



Figura 3.91 Ubicación PP Purísima Iztapalapa 5
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.53 Características de la PP Purísima Iztapalapa 5

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 187 (Purísima Iztapalapa 5)
Gasto potabilizado:	45[lps]		
Población beneficiada:	26 000[hab]	Colonias:	Barrio de San Miguel, Progresista y La Purísima
Costo por inversión inicial:	\$15 360 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de Tratamiento

El agua extraída del pozo es bombeada a un tanque de oxidación con ozono, de donde pasa a uno de adsorción con carbón activado, desde ahí, una parte pasa

directamente a un tanque de desinfección y la otra pasa a un tanque de almacenamiento de donde es transferida a un proceso de ósmosis inversa para luego pasar al tanque de desinfección y ser mezclada con la parte que no fue sometida a OI (Figura 3.92).

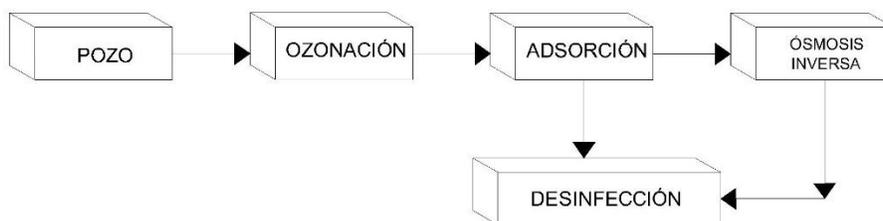


Figura 3.92 Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 5.
FUENTE: Elaborado por la autora con base a lo revisado en Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

En la Figura 3.93 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

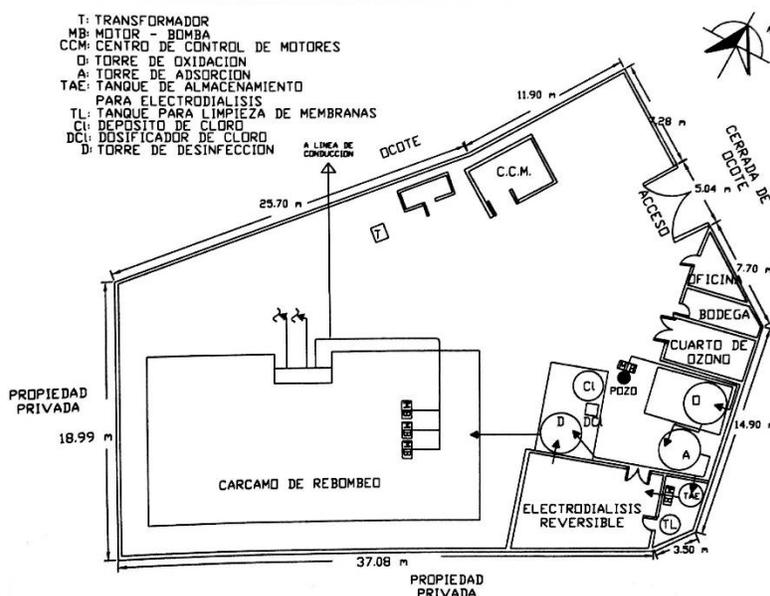


Figura 3.93 Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 5.
FUENTE: Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003

3.2.29 Planta Potabilizadora Viga 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Viga 2.

- Domicilio: Calzada de la Viga S/N Esq. Retorno 301, Unidad Modelo, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: no.



Figura 3.94 Ubicación PP Viga 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.54 Características de la PP Viga 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 151 (Viga 2)
Gasto potabilizado:	40[lps]		
Población beneficiada:	41 800[hab]	Colonias:	Héroes de Churubusco, Sector Popular y Escuadrón 201.
Costo por inversión inicial:	\$4 302 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

Tren de Tratamiento

El agua extraída del pozo es conducida hasta 4 tanques de filtración con arena sílica, previamente y en éste intervalo, se le dosifica un polímero floculante y posteriormente hipoclorito de sodio para oxidación. De los tanque de filtración, el agua es descargada por gravedad a un tanque de almacenamiento en donde se le adiciona hipoclorito de sodio para la desinfección, finalmente el agua es bombeada a red para su distribución (Figura 3.95).

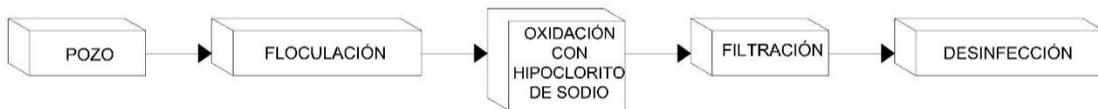


Figura 3.95 Tren de tratamiento Viga 2

FUENTE: Elaborado por la autora con base a lo revisado en Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

En la Figura 3.96 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

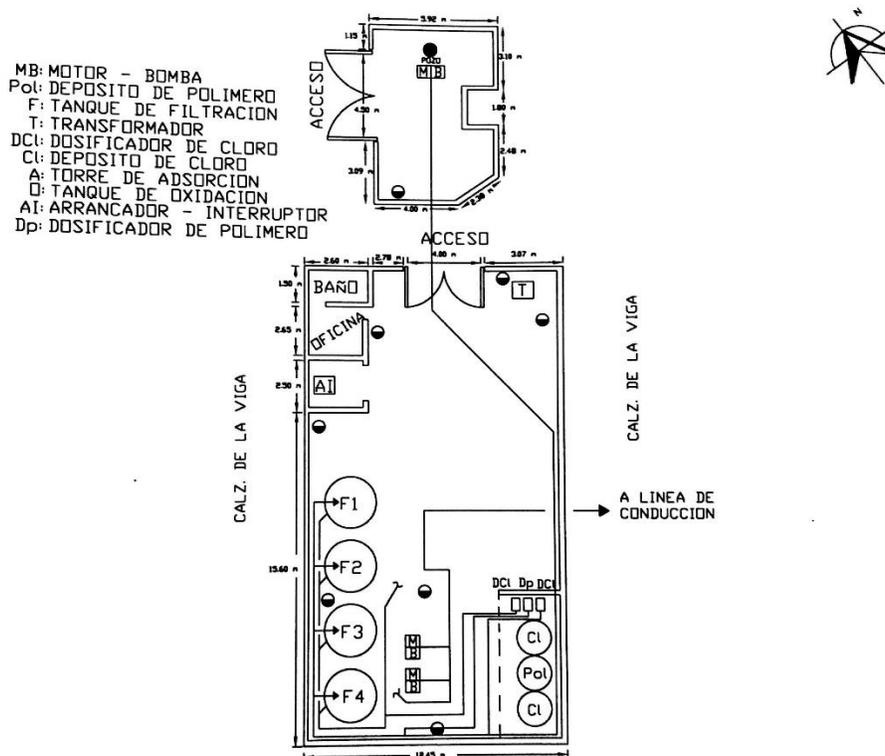


Figura 3.96 Vista en planta de la PP Viga 2

FUENTE: Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003

3.2.30 Planta Potabilizadora Viga 4

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Viga 4.
- Domicilio: Calzada de la Viga S/N Esq. Playa Roqueta, Colonia Benito Juárez, Delegación Iztacalco.
- Instalación a pie de pozo: sí



Figura 3.97 Ubicación PP Viga 4
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.55 Características de la PP Viga 4

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 170 (Viga 4)
Gasto potabilizado:	60[lps]		
Población beneficiada:	26 000[hab]	Colonias:	Lomas de la Estancia
Costo por inversión inicial:	\$4 206 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de Tratamiento

Por bombeo se extrae el agua del pozo y se manda a 2 tanques de filtración con arena sílica, poco antes de llegar a éstos, se le dosifica hipoclorito de sodio para oxidación. Desde los filtros, el agua desciende directamente a un tanque subterráneo de almacenamiento en donde se le vuelve a dosificar hipoclorito para la desinfección (Figura 3.98).

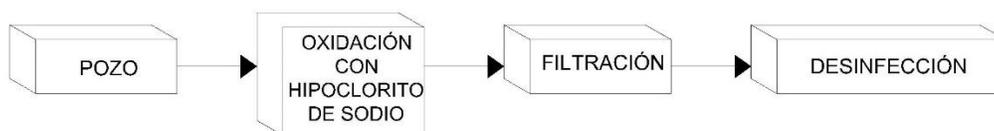


Figura 3.98 Tren de tratamiento Viga 4

FUENTE: Elaborado por la autora con base a lo revisado en Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

En la Figura 3.99 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

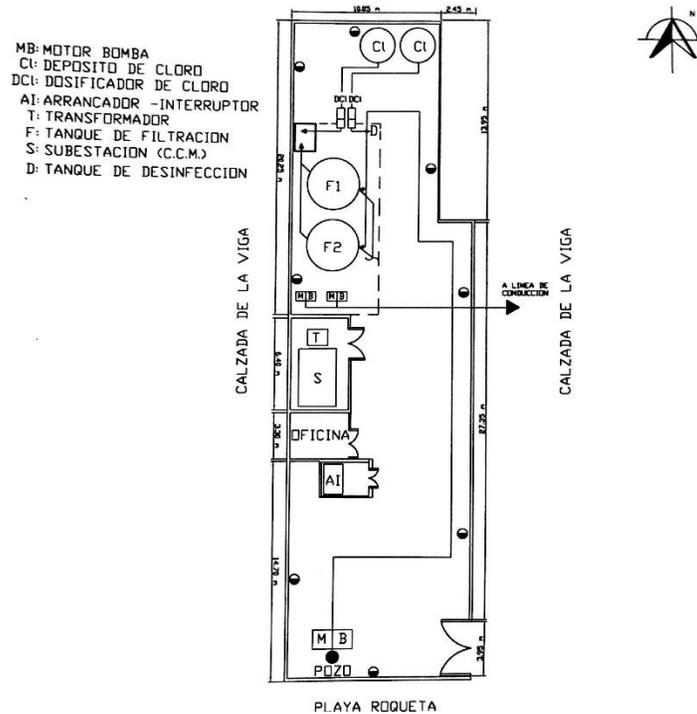


Figura 3.99 Vista en planta de la PP Viga 4

FUENTE: Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003

3.2.31 Planta Potabilizadora Cerrillos 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Cerrillos 2.
- Domicilio: Herradura S/N, Colonia 1ª. Sección de Cerrillos, Delegación Xochimilco.
- Instalación a pie de pozo: sí



Figura 3.101 Tren de tratamiento Cerrillos 2

FUENTE: : Elaborado por la autora con base a lo revisado en *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

En la Figura 3.102 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

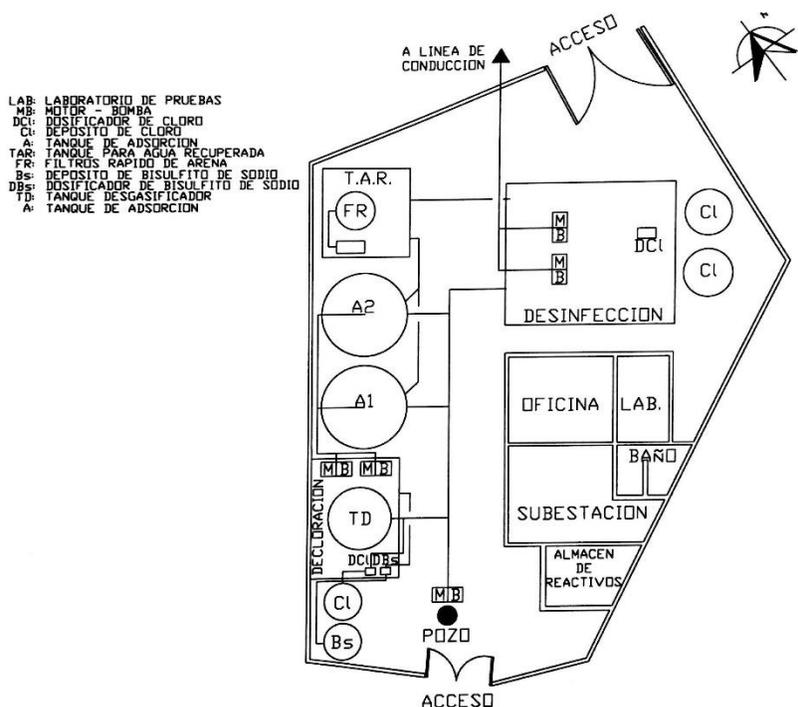


Figura 3.102 Vista en planta de la PP Purísima Cerrillos 2

FUENTE: *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003*

3.2.32 Planta Potabilizadora S-13

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: S 13.

- Domicilio: Benito Juárez S/N Esq. Agustín Lara, Colonia Las Mesitas, Delegación Xochimilco.
- Instalación a pie de pozo: sí



Figura 3.103 Ubicación S-13
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.57 Características de la PP S-13

Fecha de inicio de operación de la planta:		25 de enero de 1997	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 207 (S13)
Gasto potabilizado:	40[lps]		
Población beneficiada:	17 300[hab]	Colonias:	Los Cerrillos
Costo por inversión inicial:	\$9 000 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

Tren de Tratamiento

El caudal que alimenta a la planta proviene del pozo No. 207, el cual por bombeo llega a los tanques de adsorción con carbón activado, a partir de ahí, el agua pasa a un tanque de contacto en el cual se lleva a cabo la dosificación de hipoclorito de sodio para su desinfección. Finalmente, el agua baja a un tanque superficial de almacenamiento el cual también sirve como cárcamo de bombeo para descargar el caudal a la línea de distribución (Figura 3.104).



Figura 3.104 Tren de tratamiento S13.

FUENTE:

Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003

3.2.33 Planta Potabilizadora San Luis Nuevo

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: San Luis Nuevo o Nuevo San Luis.
- Domicilio: Floricultor S/N Entrada por 2ª. Cerrada de Floricultor, Colonia Guadalupita Tlaxialtemalco, Delegación Xochimilco.
- Instalación a pie de pozo: sí
- Durante 2002 y 2003 la planta se encontró fuera de operación por saturación en los tanques de filtración.



Figura 3.105 Ubicación PP San Luis Nuevo

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.58 Características de la PP San Luis Nuevo

Fecha de inicio de operación de la planta:		---	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Abastecimiento:	Pozo San Luis (SL-9)
Gasto potabilizado:	60[lps]		
Población beneficiada:	---	Colonias:	Guadalupita Tlaxialtemalco

Costo por inversión inicial:	\$6 020 000.00	Costo actual de operación:	---
------------------------------	----------------	----------------------------	-----

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de Tratamiento

La planta se alimenta con el gasto que se extrae del pozo SL-9, dicho gasto es bombeado directamente desde el pozo a los tanques de filtración con arena sílica, posteriormente, el agua pasa a un tanque superficial de almacenamiento, en dicho lugar se lleva a cabo la etapa de desinfección adicionando hipoclorito de sodio. Finalmente, el agua es descargada por gravedad a la red de distribución (Figura 3.106).



Figura 3.106 Tren de tratamiento San Luis Nuevo

FUENTE: : Elaborado por la autora con base a lo revisado en *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

En la Figura 3.107 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

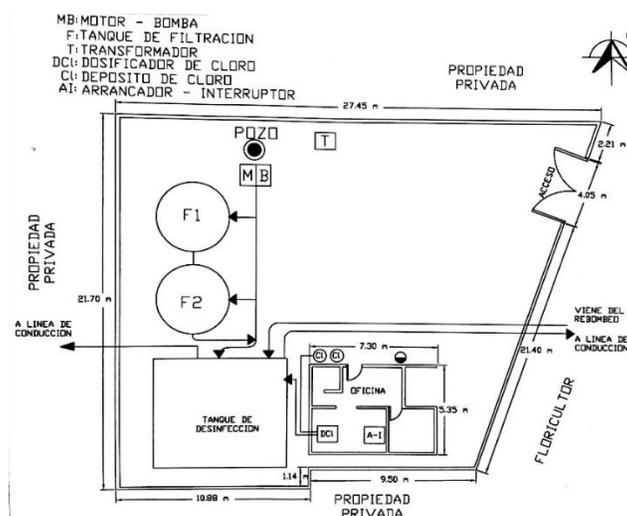


Figura 3.107 Vista en planta de la PP San Luis Nuevo

FUENTE: *Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003*

3.2.34 Planta Potabilizadora Xaltepec

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Xaltepec.
- Domicilio: Poligonal de La Laguna de Regulación “Ciénega Grande”, junto al Bordo Oriente, Delegación Xochimilco.

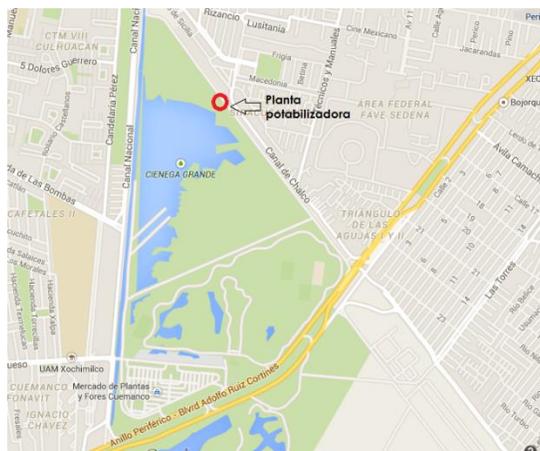


Figura 3.108 Ubicación PP Xaltepec
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.59 Características de la PP Xaltepec

Fecha de inicio de operación de la planta:		Enero de 2009	
Capacidad instalada:	500 [lps]	Abastecimiento:	Ramal Tláhuac-Neza
Gasto potabilizado:	458[lps]		
Población beneficiada:	144 000 [hab]	Colonias:	López Portillo, Molino Texcoco, Mixcoac, Barranca de Guadalupe, El Rosario y La Planta.
Costo por inversión inicial:	----	Costo actual de operación:	---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo II, Diciembre 2013.*

Tren de Tratamiento

La fuente de abastecimiento de la planta proviene del Ramal Tláhuac- Neza, con un gasto de diseño de 500 [lps]. Los contaminantes principales presentes son:

turbiedad, nitrógeno amoniacal, manganeso y coliformes totales. El agua llega a una cascada en donde se lleva a cabo una pre-oxidación de los compuestos oxidables de manganeso, para posteriormente pasar al tanque de contacto de ozono, el cual consta de 5 celdas. Posteriormente, el agua es conducida a las 5 unidades de filtración (primera etapa) donde se retienen los compuestos oxidados insolubles. Los filtros cuentan con un área unitaria de filtración de 50 [m²] y están empacados con arena sílice. El agua filtrada se envía, mediante dos bombas centrífugas, hacia las cinco unidades de biofiltración Nitrazur, en estas unidades se lleva a cabo la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal. El agua biofiltrada es enviada hacia las unidades de filtración (segunda etapa), donde se cuenta con un área de filtración de 70 [m²] aproximadamente. Finalmente, el agua se conduce hacia un cárcamo donde se envía a red, previa desinfección en línea con hipoclorito de sodio (Figura 3.109).

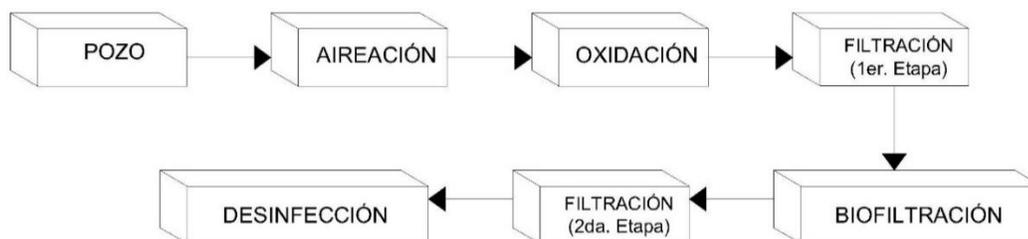


Figura 3.109 Tren de tratamiento Xaltepec

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo II, Diciembre 2013.

Calidad del agua

Tabla 3.60 Calidad del agua influente y efluente de la PP Xaltepec.

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Características físicas y organolépticas	1	Color	UPt/Co	20	6.100	3.800	37.70
	2	Turbiedad	UTN	5	0.800	0.600	25.00
Químicos	3	pH	upH	6.5-6.85	7.700	8.100	-5.19
	4	Dureza total	mg/l	500	167.500	169.500	-1.19
	5	SDT	mg/l	1000	404.600	400.300	1.06

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Químicos	6	Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.5	0.200	0.100	50.00
	7	Nitritos	mg/l	1	0.300	0.500	-66.67
	8	Nitratos	mg/l	10	0.020	0.010	50.00
	9	Sodio total	mg/l	200	69.000	68.500	0.72
	10	Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	400	41.200	39.500	4.13
	11	Cloruros	mg/l	250	55.700	57.000	-2.33
	12	Aluminio	mg/l	0.2	0.020	0.020	0.00
	13	Arsénico	mg/l	0.025	0.010	0.010	0.00
	14	Bario	mg/l	0.7	0.040	0.100	-150.00
	15	Cadmio	mg/l	0.005	0.005	0.004	20.00
	16	Cobre	mg/l	2	0.040	0.040	0.00
	17	Cromo	mg/l	0.05	0.004	0.005	-25.00
	18	Hierro	mg/l	0.3	0.100	0.050	50.00
	19	Manganeso	mg/l	0.15	0.400	0.030	92.50
	20	Mercurio	mg/l	0.001	0.000	0.000	
	21	Plomo	mg/l	0.01	0.010	0.010	0.00
	22	Zinc	mg/l	5	0.010	0.100	-900.00
	23	SAAM	mg/l	0.5	0.030	0.030	0.00
	24	Cloro libre residual	mg/l	0.2-1.5	0.000	1.600	
	Biológicos	25	Coliformes totales	Ausencia o no detectable		12.000	0.000
26		Coliformes fecales	Ausencia o no detectable		0.000	0.000	

FUENTE: Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo II, Diciembre 2013.

Problemas operativos

Actualmente se presenta el crecimiento de algas en las unidades de biofiltración, por lo que es necesario controlar y eliminarlas del sistema, de lo contrario se tiende a incrementar la demanda de nutrientes y oxígeno disuelto.

En el sistema de filtración (primera y segunda etapa) no se cuenta con un monitoreo de los principales parámetros de operación, lo que resulta en largas

carreras de filtración y lavados poco eficiente. La operación y retrolavado depende del criterio del operador en turno, por lo que deben establecerse procedimientos operativos.

3.2.35 Planta Potabilizadora Magdalena Contreras

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Magdalena Contreras.
- Domicilio: La Cañada y cauce sobre el Río Magdalena, Pueblo de Magdalena Contreras, Delegación Magdalena Contreras.



Figura 3.110 Ubicación PP Magdalena Contreras
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.61 Características de la PP Magdalena Contreras

Fecha de inicio de operación de la planta:		Abril de 2009	
Capacidad instalada:	200 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Pozos Magdalena Contreras 2
Gasto potabilizado:	200[lps]		
Población beneficiada:	115 200 [hab]	Colonias:	Envía el agua al tanque Reynaco
Costo por inversión inicial:	----	Costo actual de operación:	3.38 [\$/m ³]

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo VII, Diciembre 2013.**

Tren de Tratamiento

El agua extraída de los pozos es enviada a los sedimentadores de alta tasa, donde son separados los sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales, posteriormente el agua llega hacia un cárcamo de bombeo de agua clarificada y se adiciona un floculante para lograr la desestabilización de la carga de las partículas para facilitar su posterior aglomeración. A partir de este cárcamo se bombea hacia una batería de 12 filtros de tasa constante, de 3.0 [m] de diámetro y empacados con arena y antracita. El agua filtrada se colecta en el cárcamo de contacto y se le dosifica hipoclorito de sodio al 12.5%. Finalmente, es enviada a la red de agua potable (Figura 3.111).

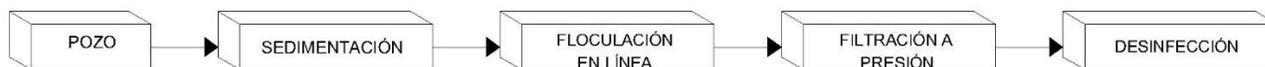


Figura 3.111 Tren de tratamiento Magdalena Contreras

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo VII, Diciembre 2013.

Calidad del agua

Tabla 3.62 Calidad del agua influente y efluente de la PP Magdalena Contreras

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Características físicas y organolépticas	1	Color	UPT/Co	20	7.000	5.000	28.57
	2	Turbiedad	UTN	5	2.142	1.660	22.50
Químicos	3	pH	upH	6.5-6.85	7.626	7.830	-2.68
	4	Dureza total	mg/l	500	30.726	28.620	6.85
	5	SDT	mg/l	1000	79.500	90.000	-13.21
	6	Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.5	0.100	0.100	0.00
	7	Nitritos	mg/l	1	0.280	0.310	-10.71
	8	Nitratos	mg/l	10	0.008	0.010	-25.00
	9	Sodio total	mg/l	200	5.890	8.890	-50.93

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Químicos	10	Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	400	9.780	11.040	-12.88
	11	Cloruros	mg/l	250	3.574	6.120	-71.24
	12	Aluminio	mg/l	0.2	0.153	0.160	-4.58
	13	Arsénico	mg/l	0.025	0.001	0.000	100.00
	14	Bario	mg/l	0.7	0.014	0.010	28.57
	15	Cadmio	mg/l	0.005	0.005	0.010	-100.00
	16	Cobre	mg/l	2	0.045	0.040	11.11
	17	Cromo	mg/l	0.05	0.011	0.000	100.00
	18	Hierro	mg/l	0.3	0.144	0.090	37.50
	19	Manganeso	mg/l	0.15	0.021	0.020	4.76
	20	Mercurio	mg/l	0.001	0.000	0.000	
	21	Plomo	mg/l	0.01	0.002	0.000	100.00
	22	Zinc	mg/l	5	0.017	0.000	100.00
	23	SAAM	mg/l	0.5	0.035	0.040	-14.29
24	Cloro libre residual	mg/l	0.2-1.5	0.000	0.800		
Biológicos	25	Coliformes totales	Ausencia o no detectable		100.000	0.000	100.00
	26	Coliformes fecales	Ausencia o no detectable		1.000	0.000	100.00

FUENTE:

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo VII, Diciembre 2013.**

Problemas operativos

La planta presenta los siguientes problemas:

- Los sedimentadores de alta tasa solo cuentan con una bomba sumergible, esto implica, que en caso de falla mecánica el sedimentador quedaría fuera de servicio.
- En la dosificación de reactivos el espacio es muy reducido, por lo que se tienen dificultades para la preparación de soluciones, trabajando el personal de operación bajo condiciones inseguras.
- En el proceso de oxidación, el personal operativo no puede determinar la concentración de cloro residual para poder determinar la dosis adecuada

ante las variaciones de flujo y/o calidad del agua de la fuente de abastecimiento.

3.2.36 Planta Potabilizadora Ciudad Deportiva 2

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Ciudad Deportiva 2.
- Domicilio: Avenida Añil enfrente de la calle Resina, interior de la Ciudad Deportiva, Colonia Magdalena Mixhuca, Delegación Iztacalco.

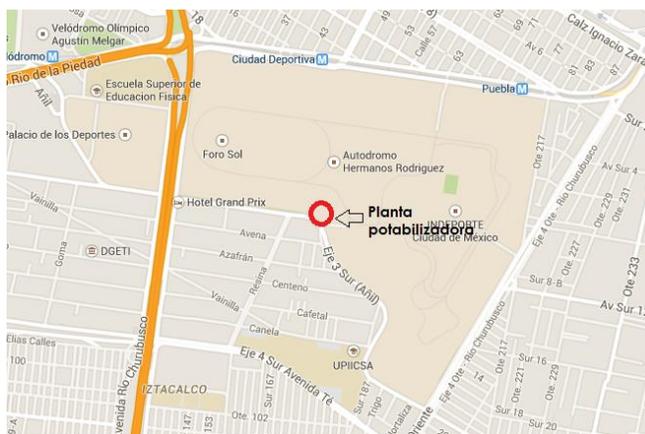


Figura 3.112 Ubicación PP Ciudad Deportiva 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.63 Características de la PP Ciudad Deportiva 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		Agosto de 2009	
Capacidad instalada:	100 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Ciudad Deportiva 2 y Santa Úrsula Xitla
Gasto potabilizado:	80[lps]		
Población beneficiada:	69 120 [hab]	Colonias:	Granjas Cabrera, La Turba, Los Olivos, La Nopalera, Lomas de San Lorenzo, Pueblo de San Juan Lorenzo, El Rosario y El Molino.
Costo por inversión inicial:	----		Costo actual de operación: 7.68 [\$/m ³]

FUENTE:

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.**

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XI, Diciembre 2013.**

Tren de Tratamiento

La planta potabilizadora recibe agua de los pozos Santa Úrsula y Ciudad Deportiva 2. Los contaminantes a remover son: color, turbiedad, nitrógeno amoniacal, hierro, manganeso y coliformes totales. El tren de potabilización está conformado por: biofiltración, oxidación en línea, filtración de tasa constante y desinfección. El agua biofiltrada llega a un cárcamo y por medio de 3 bombas centrífugas es enviada hacia el sistema de filtración, previamente se realiza la oxidación en línea dosificando hipoclorito de sodio al 12.5%. Los compuestos de hierro y manganeso insolubles formados durante la oxidación son retenidos en el lecho filtrante.

El agua filtrada se conduce hacia un cárcamo para su bombeo a red; la desinfección es realizada en línea y la homogenización se logra por medio de un mezclador estático (Figura 3.113).



Figura 3.113 Tren de tratamiento Ciudad Deportiva 2

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XI, Diciembre 2013.

La planta cuenta con 4 unidades de biofiltración operando en paralelo, las unidades están fabricadas de acero inoxidable; además se tienen 3 unidades de filtración, cada una con un área para filtración de 7.00 [m²].

Calidad del agua

Tabla 3.64 Calidad del agua influente y efluente de la PP Ciudad Deportiva 2

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Características físicas y organolépticas	1	Color	UPt/Co	20	32.300	7.000	78.33
	2	Turbiedad	UTN	5	10.300	0.890	91.36
Químicos	3	pH	upH	6.5-6.85	7.400	8.150	-10.14
	4	Dureza total	mg/l	500	272.300	281.010	-3.20
	5	SDT	mg/l	1000	647.200	729.800	-12.76

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influyente	Efluente	
Químicos	6	Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.5	0.500	0.310	38.00
	7	Nitritos	mg/l	1	0.400	0.810	-102.50
	8	Nitratos	mg/l	10	0.071	0.240	-238.03
	9	Sodio total	mg/l	200	131.000	174.190	-32.97
	10	Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	400	0.000	SD	
	11	Cloruros	mg/l	250	139.900	161.750	-15.62
	12	Aluminio	mg/l	0.2	0.030	0.030	0.00
	13	Arsénico	mg/l	0.025	0.010	0.010	0.00
	14	Bario	mg/l	0.7	0.200	0.160	20.00
	15	Cadmio	mg/l	0.005	0.003	0.000	100.00
	16	Cobre	mg/l	2	0.030	0.030	0.00
	17	Cromo	mg/l	0.05	0.010	0.010	0.00
	18	Hierro	mg/l	0.3	0.800	0.180	77.50
	19	Manganeso	mg/l	0.15	0.400	0.340	15.00
	20	Mercurio	mg/l	0.001	0.000	0.000	
	21	Plomo	mg/l	0.01	0.010	0.010	0.00
	22	Zinc	mg/l	5	0.010	0.010	0.00
	23	SAAM	mg/l	0.5	0.030	0.030	0.00
	24	Cloro libre residual	mg/l	0.2-1.5	SD	SD	
Biológicos	25	Coliformes totales	Ausencia o no detectable		1.000	17.000	-1600.00
	26	Coliformes fecales	Ausencia o no detectable		0.000	0.000	

FUENTE:

Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XI, Diciembre 2013.

Problemas operativos

La planta presenta los siguientes problemas:

- De los cuatro biofiltros, dos operan sin el sistema de aireación mecánico, el personal de la planta indica que se debe a fallas mecánicas. Lo anterior

implica incremento en el tiempo de permanencia hidráulica, resultando en el desarrollo de una biopelícula sobre el empaque.

- En los biofiltros, no se cuenta con la determinación de la concentración de nitrógeno amoniacal, flujo y aire a la entrada y salida de las torres, es decir, no se tienen un control operativo del proceso y por lo tanto se tiene gran consumo de energía y baja eficiencia.
- Los filtros de arena presentan fallas en algunas válvulas neumáticas lo que complica su operación en modo automático.

La carrera de filtración es demasiado larga y por lo tanto el grado de ensuciamiento es alto.

Es de interés resaltar que, para el retrolavado de tres unidades de filtración de cada torre se requieren de 2 horas, para realizar el retrolavado de las tres torres se requieren de 6 horas, en ese tiempo se deja de suministrar agua hacia la red de agua potable, lo que ocasiona quejas de los vecinos por la falta de suministro de agua a sus domicilios.

- Para el sistema de desinfección y oxidación no se cuenta con una medición de la concentración de cloro residual libre, por lo tanto la dosificación se realiza de manera empírica.

3.2.37 Planta Potabilizadora Santa Catarina 8 y 9

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Santa Catarina 8 y 9.
- Domicilio: Avenida Tláhuac Esq. Av. Zacatlán, dentro del Panteón de San Lorenzo Tezonco, Colonia San Lorenzo Tezonco, Delegación Iztapalapa.



Figura 3.114 Ubicación PP Santa Catarina 8 y 9

FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.65 Características de la PP Santa Catarina 8 y 9

Fecha de inicio de operación de la planta:		22 de marzo de 2010	
Capacidad instalada:	100 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Pozos Santa Catarina 8 y 9
Gasto potabilizado:	75[lps]		
Población beneficiada:	57 600 [hab]	Colonias:	Granjas Cabrera, La Turba, Los Olivos, La Nopalera, Lomas de San Lorenzo, Pueblo de San Juan Lorenzo, El Rosario y El Molino.
Costo por inversión inicial:	\$77 800 000		Costo actual de operación: 5.36 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XII, Diciembre 2013.*

**<http://www.eluniversal.com.mx/notas/667616.html>*

Tren de Tratamiento

Las fuentes de abastecimiento de la planta potabilizadora son los pozos Santa Catarina 8 y 9. Los contaminantes principales que deben removerse son: turbiedad, SDT, nitritos, nitrógeno amoniacal, sodio total, hierro, manganeso y coliformes totales. El agua llega a un cabezal de alimentación de donde se bombeo directamente a los filtros de tasa constante, previamente a este paso, se dosifica cloruro férrico en línea como ayuda para la filtración.

El agua filtrada se envía hacia dos unidades de microfiltración y posteriormente a los módulos de ósmosis inversa; el efluente se conduce a dos unidades de degasificación y posteriormente se envía a un cárcamo donde lleva a cabo la desinfección (Figura 3.115).

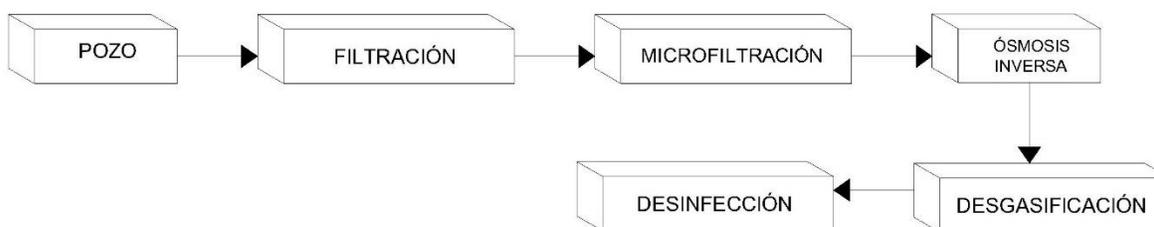


Figura 3.115 Tren de tratamiento Santa Catarina 8 y 9

FUENTE:

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XII, Diciembre 2013.**

La planta cuenta con una batería de cuatro filtros, los cuales están fabricados en acero al carbón y empacados con arena sílice; cada filtro cuenta con un área superficial de 12.56 [m²].

Además se tienen dos módulos de ósmosis inversa, cada módulo tienen un total de 36 tubos de alta presión, 24 en la primera etapa y 12 en la segunda, operando un gasto de 50 [lps] por módulo.

Calidad del agua

Tabla 3.66 Calidad del agua influente y efluente de la PP Santa Catarina 8 y 9

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Características físicas y organolépticas	1	Color	UPT/Co	20	51.250	13.210	74.22
	2	Turbiedad	UTN	5	4.220	0.700	83.41
Químicos	3	pH	upH	6.5-6.85	8.020	7.880	1.75
	4	Dureza total	mg/l	500	167.880	84.990	49.37
	5	SDT	mg/l	1000	813.670	554.670	31.83
	6	Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.5	3.650	0.370	89.86
	7	Nitritos	mg/l	1	0.920	0.700	23.91
	8	Nitratos	mg/l	10	0.009	0.020	-122.22
	9	Sodio total	mg/l	200	209.043	111.520	46.65
	10	Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	400	36.790	4.000	89.13
	11	Cloruros	mg/l	250	108.500	54.160	50.08
	12	Aluminio	mg/l	0.2	0.028	0.030	-7.14
	13	Arsénico	mg/l	0.025	0.003	0.000	100.00
	14	Bario	mg/l	0.7	0.048	0.030	37.50
	15	Cadmio	mg/l	0.005	0.004	0.000	100.00
	16	Cobre	mg/l	2	0.034	0.030	11.76
	17	Cromo	mg/l	0.05	0.005	0.000	100.00

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influyente	Efluyente	
Químicos	18	Hierro	mg/l	0.3	0.559	0.170	69.59
	19	Manganeso	mg/l	0.15	0.247	0.070	71.66
	20	Mercurio	mg/l	0.001	0.000	0.000	
	21	Plomo	mg/l	0.01	0.007	0.010	-49.03
	22	Zinc	mg/l	5	0.014	0.010	29.63
	23	SAAM	mg/l	0.5	0.033	0.100	-207.69
	24	Cloro libre residual	mg/l	0.2-1.5	0.000	3.500	
Biológicos	25	Coliformes totales	Ausencia o no detectable		27.000	16.000	40.74
	26	Coliformes fecales	Ausencia o no detectable		1.000	0.000	100.00

FUENTE:

****Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XII, Diciembre 2013.***

Problemas operativos

Las bombas están diseñadas para operar con un gasto de 100 [lps], sin embargo cuando uno de los pozos queda fuera de operación, el caudal disminuye y las bombas no operan eficientemente.

Frecuentemente el equipo de ósmosis inversa se encuentra fuera de operación, ya que las membranas no reciben el mantenimiento adecuado.

3.2.38 Planta Potabilizadora La Pastora

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: La Pastora.
- Domicilio: Calzada Vallejo Esq. con Calle 42 S/N U.H. Pipsa, Colonia San Juan Iztacala Ampliación Norte, Delegación Gustavo A. Madero.

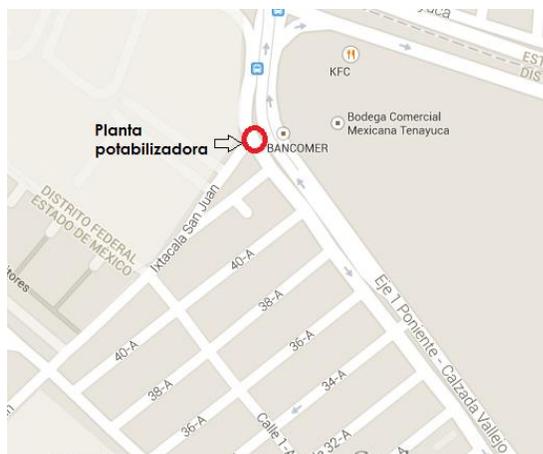


Figura 3.116 Ubicación PP La Pastora
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.67 Características de la PP La Pastora

Fecha de inicio de operación de la planta:		2011	
Capacidad instalada:	50 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Pozo La Pastora
Gasto potabilizado:	35[lps]		
Población beneficiada:	28 800 [hab]	Colonias:	Santa Rosa y U.H. Joyas de Vallejo
Costo por inversión inicial:	----	Costo actual de operación:	8.32 [\$/m ³]

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XVI, Diciembre 2013.*

Tren de Tratamiento

La planta potabilizadora La Pastora tiene como fuente de suministro el pozo del mismo nombre, la problemática de la calidad del agua de esta fuente de abastecimiento son: ácido sulfhídrico, color, turbiedad, dureza total, sólidos disueltos totales, sodio, cloruros, hierro y manganeso.

El tren de potabilización está conformado por oxidación, clarifloculación, filtración, dechloración, microfiltración, ósmosis inversa, desgasificación y desinfección. La oxidación se lleva a cabo mediante hipoclorito de sodio al 12.5% en línea, para ello se emplea un mezclador estático de 8 pulgadas de diámetro;

después de la oxidación, el agua es enviada a clarifloculación la cual se logra mediante un sistema de separadores centrífugos, previa floculación en línea. Posteriormente, el agua llega a filtros de tasa constante empacados con zeolita, el agua filtrada llega a un cárcamo donde se realiza la dechloración mediante la inyección de bisulfito de sodio. El agua dechlorada se envía, mediante bombeo, hacia una batería de ocho cartuchos de microfiltración y después a ósmosis inversa, el efluente se conduce hacia un par de torres desgasificadoras que cuentan con sopladores centrífugos, los cuales suministran aire a contracorriente para llevar a cabo la remoción de ácido sulfhídrico.

Finalmente, el agua llega hacia un cárcamo para ser enviada a la red de agua potable, previamente se realiza la desinfección en línea (Figura 3.117).

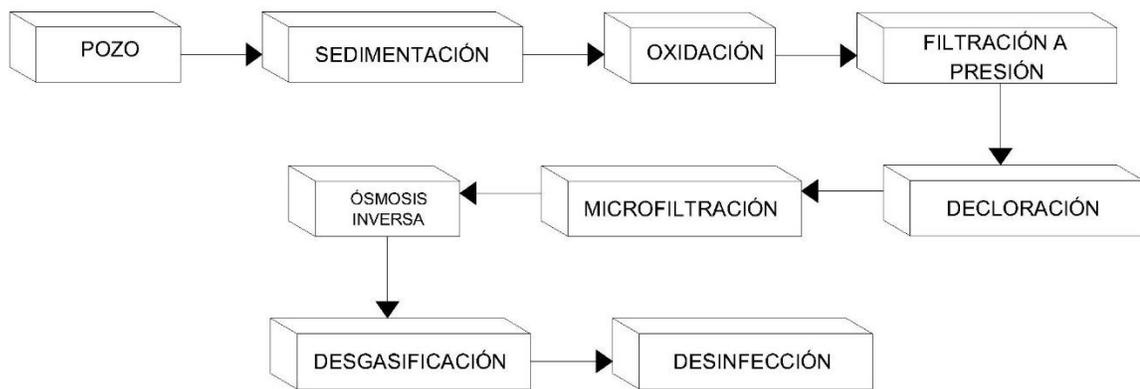


Figura 3.117 Tren de tratamiento La Pastora

FUENTE:

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XVI, Diciembre 2013.**

La planta cuenta con:

- 6 filtros de tasa constante de 3 [m] de diámetro, fabricados en acero al carbón y empacados de zeolita.
- Dos módulos de ósmosis inversa con un gasto unitario de 25 [lps].
- Un sistema de microfiltración conformado por 8 unidades de filtración tipo cartucho, el sistema se divide en 2 módulos.

Calidad del agua

Tabla 3.68 Calidad del agua influente y efluente de la PP La Pastora

Clasificación	No.	Parámetro	Unidad	Límite permisible NOM-127-SSA1-1994	Valor promedio		% Remoción
					Influente	Efluente	
Características físicas y organolépticas	1	Color	UPt/Co	20	16.600	21.900	-31.93
	2	Turbiedad	UTN	5	3.600	2.800	22.22
Químicos	3	pH	upH	6.5-6.85	6.800	7.600	-11.76
	4	Dureza total	mg/l	500	1088.800	257.200	76.38
	5	SDT	mg/l	1000	3538.400	1147.500	67.57
	6	Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.5	0.100	0.100	0.00
	7	Nitritos	mg/l	1	0.200	0.200	0.00
	8	Nitratos	mg/l	10	0.010	0.010	0.00
	9	Sodio total	mg/l	200	890.400	252.100	71.69
	10	Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	400	---	---	
	11	Cloruros	mg/l	250	1228.500	283.800	76.90
	12	Aluminio	mg/l	0.2	0.300	0.300	0.00
	13	Arsénico	mg/l	0.025	0.010	0.002	80.00
	14	Bario	mg/l	0.7	0.500	0.020	96.00
	15	Cadmio	mg/l	0.005	0.004	0.004	0.00
	16	Cobre	mg/l	2	0.040	0.100	-150.00
	17	Cromo	mg/l	0.05	0.010	0.004	60.00
	18	Hierro	mg/l	0.3	0.700	0.100	85.71
	19	Manganeso	mg/l	0.15	2.000	0.300	85.00
	20	Mercurio	mg/l	0.001	0.000	0.000	0.00
	21	Plomo	mg/l	0.01	0.010	0.005	50.00
	22	Zinc	mg/l	5	0.400	0.030	92.50
	23	SAAM	mg/l	0.5	0.040	0.100	-150.00
	24	Cloro libre residual	mg/l	0.2-1.5	0.000	0.800	
Biológicos	25	Coliformes totales	Ausencia o no detectable		4.000	2.000	50.00
	26	Coliformes fecales	Ausencia o no detectable		0.000	0.000	

FUENTE:

***Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XVI, Diciembre 2013.**

Problemas operativos

La planta presenta los siguientes problemas:

- Las torres desgasificadoras operan sin el sistema de aireación, debido a que estos se encuentran fuera de servicio por fallas mecánicas.
- Los filtros presentan fallas en las compuertas de alimentación ya que estas no sellan adecuadamente, además, no existen criterios para realizar el retrolavado por lo que se realiza de acuerdo a la experiencia del operador en turno.
- Constantemente los equipos de ósmosis inversa se encuentran fuera de operación, ya que no se realiza el lavado y enjuague de membranas de manera adecuada.
- Para el sistema de desinfección no se cuenta con una medición de la concentración del cloro libre residual, por lo que la dosificación se realiza de manera empírica.

3.2.39 Otras plantas potabilizadoras

Previamente se indicó que, actualmente el SACMEX opera 44 potabilizadoras dentro de la Ciudad de México; sin embargo, y de manera lamentable, no se logró obtener información más detallada sobre 6 de esas 44 plantas, razón por la cual en la Tabla 3.69 se presentan los únicos datos que pudieron ser recabados y con los cuales se pretende obtener información general sobre estas 6 potabilizadoras.

Tabla 3.69 Plantas potabilizadoras restantes

Nombre	Ubicación	Capacidad instalada [lps]	Gasto potabilizado [lps]	Proceso	Observaciones
Avenida del Castillo	Av. León de los Aldama Esq. Salagua, Colonia San Felipe de Jesús, Delegación Gustavo A. Madero	50.00	50.00	Ósmosis inversa	
Jardines del Pedregal 5	Gustavo A. Madero	40.00	40.00	Filtración directa	

CAPÍTULO III “PLANTAS DE POTABILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO”

Nombre	Ubicación	Capacidad instalada [lps]	Gasto potabilizado [lps]	Proceso	Observaciones
San Lorenzo Tezonco	tláhuac	7.50	5.00	Ósmosis inversa	
R-11	Xochimilco	40.00	40.00	Filtración lenta	
San Lorenzo Tezonco Nuevo	Iztapalapa	60.00	20.00	Ósmosis inversa	La planta fue inaugurada el 6 de agosto de 2010 para el beneficio de 25, 900 [hab] de las colonias San Francisco Apolocalco, Miguel de la Madrid, La Cañada, Campestre Potrero y Las Cruces. La inversión fue de \$59 600 000.
Vista Alegre	La planta se ubica frente a la base Córdones de la Secretaría de Seguridad Pública del D.F. y el Hangar Presidencial en el AICM.	40.00	40.00	Ósmosis inversa	El 20 de agosto de 2014 se inauguró la Rehabilitación y Modernización Tecnológica de la Planta y significó un inversión de 15.4 millones de pesos. La planta abastece a la Terminal 1 del AICM y a las colonias Hangares y Ampliación Caracol.

FUENTE:

Elaborado por la autora con base en la revisión de las siguientes referencias 35, 36, 37, 38, 39,49 y 55 presentadas en la Mesografía.

Además de las potabilizadoras ya presentadas, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México también es en parte responsable del monitoreo de la planta Almoloya del Río en conjunto con la Comisión del Agua del Estado de México, ya que a pesar de que dicha obra se ubica fuera de los límites del D.F., aporta gasto potabilizado para el suministro de algunas delegaciones, es por ello que a continuación se presenta información relevante sobre la planta.

3.3.40 Planta Potabilizadora Almoloya del Río

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Almoloya del Río.
- Domicilio: Acueducto de Lerma, Pueblo de Almoloya del Río, Estado de México.
- Instalación a pie de pozo: no.
- La planta cuenta con una extensión de 10 688 metros cuadrados aproximadamente.
- La planta se diseñó para el beneficio de 250,000 habitantes principalmente del pueblo de Almoloya del Río y parte del Distrito Federal.



Figura 3.118 Ubicación PP Almoloya del Río
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.70 Características de la PP Almoloya del Río

Fecha de inicio de operación de la planta:		1995	
Capacidad instalada:	580 [lps]	Abastecimiento:	Sistema Lerma, Ramal Sur: Pozos del 53-A al 78-A
Gasto potabilizado:	450[lps]		
Población beneficiada:	250 000[hab]	Colonias:	Pueblo de Almoloya del Río y localidades circunvecinas
Costo por inversión inicial:	\$3 580 970.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

*Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.

*Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

Tren de tratamiento

La planta es abastecida por una serie de pozos que descargan a un canal, a partir de ahí el agua es llevada por gravedad a un cárcamo de bombeo y posteriormente es enviada a la potabilizadora.

La primera etapa de potabilización consiste en la oxidación, para ello, en la línea de llegada se le dosifica peróxido de carbono, posteriormente pasa por un cuarto de galerías, el cual consta de dos mamparas de malla muy fina para la retención de los sedimentos y lodos del arrastre, después el agua es conducida a un cárcamo de bombeo desde donde se transfiere a los 14 tanques de filtración con arena sílica (filtros de tasa constante) , el efluente es enviado a un cuarto para su desinfección con hipoclorito de sodio; finalmente, el agua es transportada por el “Acueducto Lerma” para su distribución a las diferentes poblaciones y comunidades de la zona (Figura 3.119).

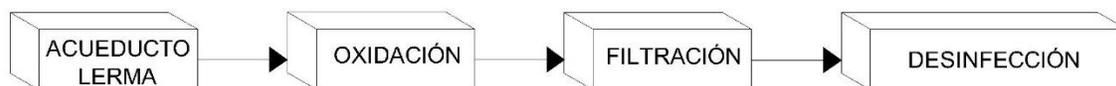


Figura 3.119 Tren de tratamiento Almoloya del Río

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVII, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.71 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.71 Calidad influente Almoloya del Río

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.8-7.2	upH
DQO	10.0-6.32	mg/l
Nitrógeno amoniacal	0.59-0.1	mg/l
Nitrógeno proteico	0.2-0.1	mg/l
Manganeso	0.1-0.033	mg/l
Coliformes totales	41	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta consta del siguiente equipo electromecánico:

- Preoxidación: Bombas dosificadoras (1+1).
- Filtración: Bombas verticales (4+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (4+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, cuarto de válvulas de alimentación a filtro, caseta de químicos y taller para mantenimiento electromecánico. En la Figura 3.120 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

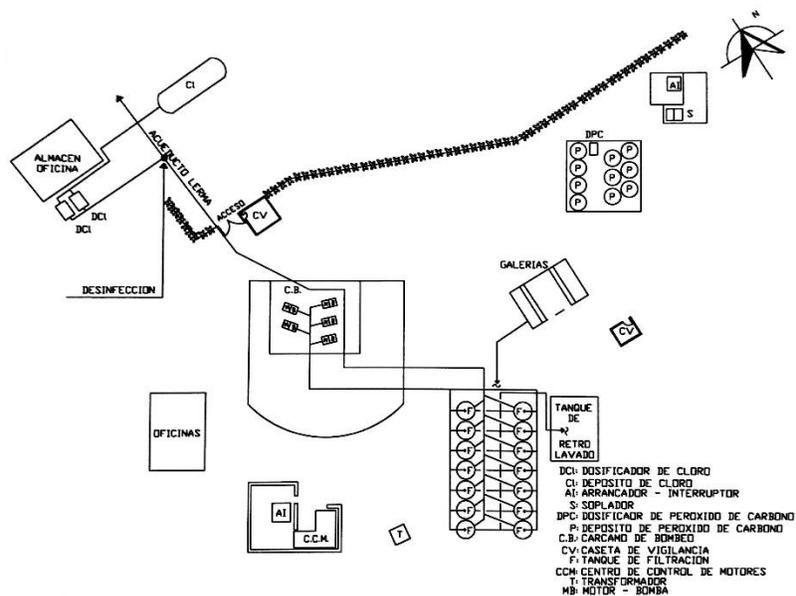


Figura 3.120 Vista en planta de la PP Almoloya del Río

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXVII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Generalmente la planta opera con 450 [lps], sin embargo, en ocasiones el caudal a tratar es únicamente de 184 [lps], lo que significa que está operando al 31% de su capacidad.

A la llegada del agua a la planta se dosifica peróxido de carbono, pero lamentablemente no se cuantifica la cantidad suministrada, lo anterior es de gran interés ya que la cantidad del químico debe estar relacionada con la cantidad de gasto que entra; lo anterior provoca que, se tengan bajas remociones cuando se dosifica por debajo de los requerido o que se desperdicie el peróxido en el caso contrario.

Los medidores de presión en las unidades de filtración se encuentran en malas condiciones, por lo que no se tiene un registro adecuado.

Requerimientos de mantenimiento

Los equipos que requieren de mantenimiento preventivo son:

- 1) Sistema de dosificación de peróxido de hidrogeno.
- 2) Sistema de bombeo hacia filtros a presión.
- 3) Sistema de bombeo hacia red.
- 4) Sistema de dosificación de hipoclorito de sodio.
- 5) Sistema de distribución en el interior de filtros a presión.
- 6) Sistema de captación en el interior de filtros a presión.

Los equipos que requieren de mantenimiento correctivo son:

- 1) Sistema de recuperación de aguas de retrolavado.
- 2) El canal de llegada requiere de limpieza, resanado y pintura.

3.3 Plantas de potabilización fuera de operación

3.3.1 Planta Potabilizadora San Sebastián Tecoloxtitla (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: San Sebastián Tecoloxtitla.
- Domicilio: Pedro Aceves S/N Esq. Federico González Garza, Colonia San Sebastián Tecoloxtitla, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.



Figura 3.121 Ubicación PP San Sebastián Tecoloxtitla
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.72 Características de la Planta San Sebastián Tecoloxtitla

Fecha de inicio de operación de la planta:		17 de abril de 1997		
Capacidad instalada:	43 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 246 (San Sebastián Tecoloxtitla)	
Gasto potabilizado:	---			
Población beneficiada:	69 000 [hab]	Colonias:	Unidad Habitacional Vicente Guerrero	
Costo por inversión inicial:	\$4 230 540.08		Costo actual de operación:	---

FUENTE:

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

Tren de tratamiento

El proceso de tratamiento de la planta potabilizadora comienza con el pozo de extracción, el cual durante su operación reportaba un flujo de 26 [lps]. Dicha extracción se conducía por una tubería de 8" (203 [mm]) de diámetro hasta el sistema de oxidación con ozono, posteriormente el agua caía por gravedad a un cárcamo en donde se bombeaba a los filtros a presión, en donde 1/3 del agua filtrada pasaba por carbón activado y 2/3 se iba a tratamiento de ósmosis inversa aproximadamente. Finalmente el efluente caía a un cárcamo, en donde se dosificaba hipoclorito de sodio para la desinfección (Figura 3.122).

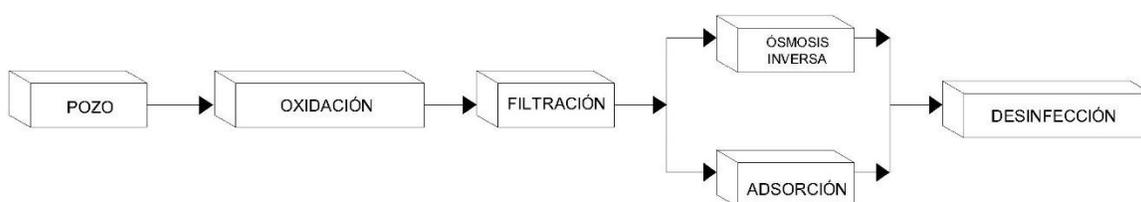


Figura 3.122 Tren de tratamiento San Sebastián Tecoloxtitla

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo III, Diciembre 2008.

La potabilizadora cuenta con:

- Una unidad de ozonación.
- 2 filtros a presión.
- 3 torres de acero donde se llevaba a cabo la adsorción empleando carbón activado.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.73 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.73 Calidad influente San Sebastián Tecoloxtitla

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.4-8.0	upH
Turbiedad	11.0-5.0	NTU
Color	150-25	U Pt/Co
DQO	42.0-19.04	mg/l

SDT	1608-1516	mg/l
Conductividad Eléctrica	2623-2018	µS/cm
Alcalinidad	880-464	mg/l
Nitrógeno amoniacal	6.16-2.69	mg/l
Nitrógeno proteico	0.96-0.17	mg/l
Sodio	632-401	mg/l
Coliformes totales	8	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo III, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+0).
- Ozonación (Destructor de ozono (1+0), Generador de ozono (1+0), Compresor de aire (1+0).
- Filtración: Bombas de alimentación (1+0).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (1+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de antiincrustante (1+1).
- Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, área techada para sistema de ósmosis inversa, caseta de químicos y taller para mantenimiento electromecánico. En la Figura 3.123 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

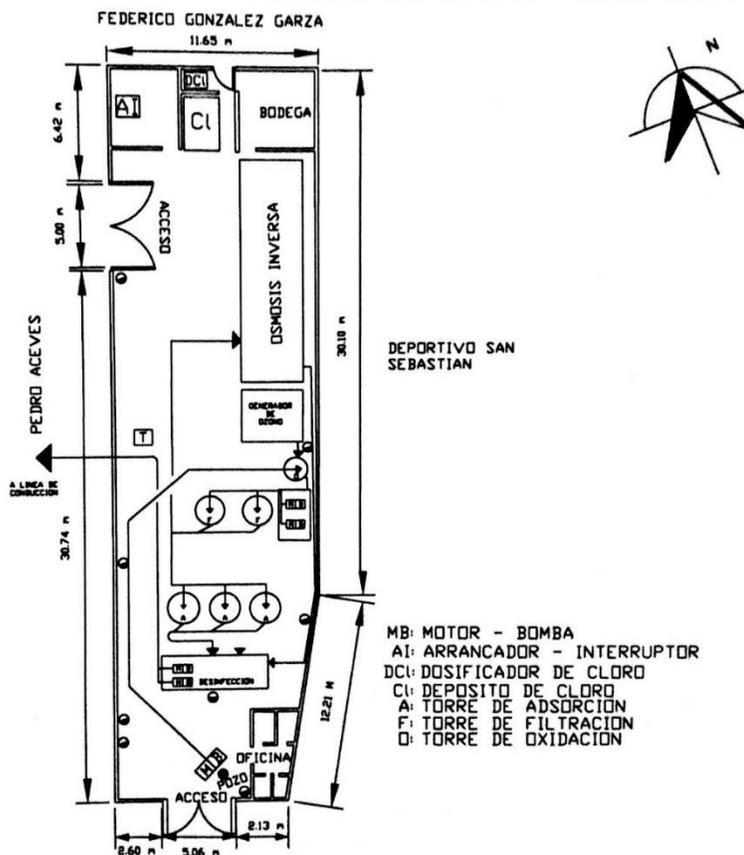


Figura 3.123 Vista en planta de la PP San Sebastián Tecoloxtitla

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo III, Diciembre 2008.

Problemas operativos

La planta se encuentra a pie de pozo y actualmente se encuentra fuera de operación, no se tienen reportes de los últimos aforos, por lo que se desconoce la eficiencia hidráulica a la que operaba.

Durante la operación de la planta era frecuente que las unidades de ozonación y de ósmosis inversa se encontraran fuera de operación, por lo cual el agua únicamente era tratada bajo filtración, adsorción y desinfección.

En sus últimos meses de operación el mal estado de los manómetros ocasionaba que los retrolavados se realizaran durante cada cierto periodo de acuerdo a la experiencia de cada operador, asimismo la duración del retrolavado dependía del criterio del personal de operación en turno, lo anterior ocasionaba lavados deficientes y desperdicio de agua debido a la falta de un procedimiento técnico de retrolavado específico.

Requerimientos de mantenimiento

En el año 2008 se requería mantenimiento en las siguientes unidades de la planta:

- 1) Sistema de generación de ozono.
- 2) Sistema destrucción de ozono.
- 3) Sistema de distribución y captación en filtros a presión.
- 4) Sistema de distribución y captación en torres de adsorción.
- 5) Sistema de bombeo de cárcamo de transferencia hacia filtración.
- 6) Sistema de bombeo de cárcamo de transferencia hacia red pública.
- 7) Sistema de ósmosis inversa.

El 27 de enero de 2015, durante la reinauguración de la PP “Purísima Democrática, el Jefe de Gobierno del Distrito Federal puntualizó que durante el presente año se destinarían 300 millones de pesos para 19 acciones hidráulicas en Iztapalapa, dichas obras incluyen la actualización tecnológica de la planta potabilizadora San Sebastián Tecoloxtitla, por lo cual se espera que la potabilizadora retome actividades en meses próximos.

3.3.2 Planta Potabilizadora Purísima Iztapalapa 1 (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Purísima Iztapalapa 1.
- Domicilio: Calle 18 de marzo S/N Esq. Calle Díaz Mirón, Colonia San Miguel Teotongo, Delegación Iztapalapa.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 498 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la calle 18 de marzo.



Figura 3.124 Ubicación PP Purísima Iztapalapa 1
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.74 Características de la Planta Purísima Iztapalapa 1

Fecha de inicio de operación de la planta:		1999	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 125 (Purísima Iztapalapa 1)
Gasto potabilizado:	---		
Población beneficiada:	26 000 [hab]	Colonias:	Lomas de la Estancia
Costo por inversión inicial:	\$15 560 000.90		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.*

Tren de tratamiento

El agua extraída del pozo era bombeada a un desgasificador, de ahí pasaba a un filtro fuzzy⁴ y posteriormente a un cárcamo donde el agua a través de bombeo se enviaba a un tanque de contacto donde se dosificaba ozono para oxidar contaminantes como hierro y manganeso; la corriente principal se dividía en dos, una que pasaba por carbón activado (30%) y la otra corriente entraba al equipo de electro diálisis reversible, al final las dos corrientes se juntaban y caían a un tanque de mezcla el cual por gravedad se une a un cárcamo de bombeo a red(Figura 3.125).

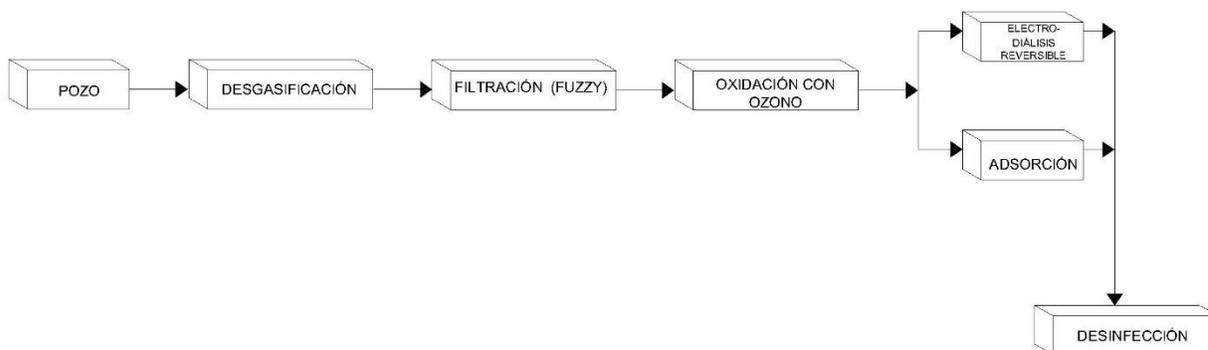


Figura 3.125 Tren de tratamiento Purísima Iztapalapa 1.

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IX, Diciembre 2008.

⁴ Este proceso tiene la finalidad de remover la turbiedad del agua mediante un empaque sintético el cual tiene la particularidad de cerrar el poro del empaque mediante compresión mecánica.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.75 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.75 Calidad influente Purísima Iztapalapa 1

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.9-9.0	upH
Turbiedad	0.5-23.0	NTU
Color	15-70	U Pt/Co
DQO	46.0-90.0	mg/l
Cloruros	245-516	mg/l
SDT	1408-2040	mg/l
Alcalinidad	542-779	mg/l
Nitrógeno amoniacal	1.46-3.48	mg/l
Nitrógeno proteico	0.34-0.92	mg/l
Hierro	0.052-1.76	mg/l
Sodio	412-694	mg/l
Coliformes totales	4	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IX, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Ozonación: Bombas de alimentación (1+1), Destructor de ozono (1+0), Generador de ozono (1+1), Compresor de aire (1+0).
- Filtración/ Adsorción: Bombas de traspaleo (1+1).
- Electrodialísis reversible: Bombas de alimentación (1+0), Bomba para solución de lavado (1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con las siguientes instalaciones civiles: caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, caseta para generación de ozono, área techada

para sistema de EDR y caseta de químicos. En la Figura 3.126 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

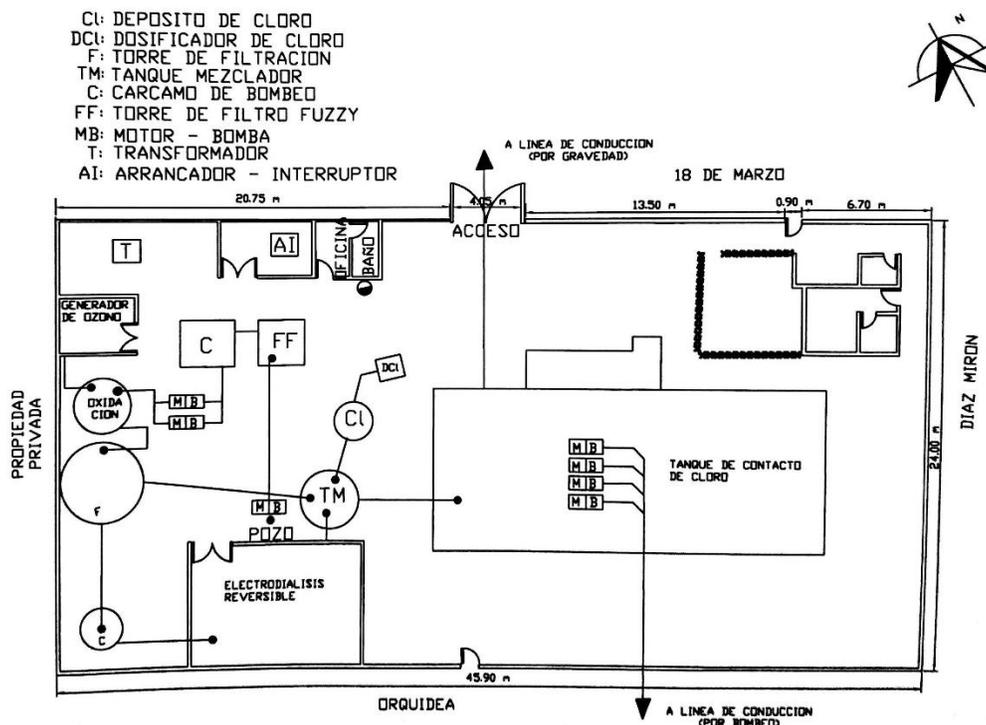


Figura 3.126 Vista en planta de la PP Purísima Iztapalapa 1

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo IX, Diciembre 2008.

Problemas operativos

La planta se encuentra fuera de operación desde el año 2007, las fallas que se tenían durante su funcionamiento eran varias:

- Fallas mecánicas en el sistema de generación de ozono.
- Los filtros fuzzy se encontraban en mal estado y era necesario el cambio del lecho filtrante.
- Existían numerosas fugas en las bridas de las entradas y salidas de las torres de adsorción.

3.3.3 Planta Potabilizadora Balbuena 2 (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Balbuena 2.

- Domicilio: Av. Luis de la Rosa S/N Esq. Av. Genaro García, Colonia Jardín Balbuena, Delegación Venustiano Carranza.
- Instalación a pie de pozo: sí.
- La planta cuenta con una extensión de 280 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la Av. Luis de la Rosa.
- Desde el año 2012 hasta la fecha, la planta se encuentra fuera de operación.



Figura 3.127 Ubicación PP Balbuena 2
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.76 Características de la Planta Balbuena 2

Fecha de inicio de operación de la planta:		19 de marzo de 1997	
Capacidad instalada:	40 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo Balbuena 2 (No. 28)
Gasto potabilizado:	---		
Población beneficiada:	16 400 [hab]	Colonias:	Jardín Balbuena
Costo por inversión inicial:	\$3 473 596.34		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

***Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.**

***Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2011.**

Tren de tratamiento

El agua proveniente del pozo era bombeada a un cárcamo de regulación y a partir de ahí era transferida al tanque de oxidación con ozono y posteriormente a 2 tanques de filtración con arena sílica, después el agua era enviada a 2 tanques

de adsorción con carbón activado y finalmente, al tanque de desinfección en donde se dosificaba hipoclorito de sodio (Figura 3.128).



Figura 3.128 Tren de tratamiento Balbuena 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXII, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.77 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.77 Calidad influente Balbuena 2

Parámetro	Influente	Unidad
pH	8.3-7.3	upH
Turbiedad	6.20-2.03	NTU
Color	35-7.5	U Pt/Co
DQO	7.6-0.1	mg/l
Nitrógeno amoniacal	1.74-1.28	mg/l
Nitrógeno proteico	0.29-0.1	mg/l
Calcio	46.0-28.0	mg/l
Hierro	0.93-0.67	mg/l
Manganeso	0.54-0.31	mg/l
Coliformes totales	1	Col/100ml
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministros: Bomba vertical (1+1).

- Ozonación: Bombas de traspaleo (1+1), Destructor de ozono (1+1), Generador de ozono (1+0), Compresor de aire (1+0).
- Filtración y adsorción: Bombas para alimentación y retrolavado (2+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (2+1).
- Desinfección: Bombas dosificadoras (1+1).

Infraestructura civil

Desde su puesta en marcha en 1997, la planta contaba con instalaciones improvisadas para el centro de control de motores y caseta de operadores; el baño y las regaderas fueron debidamente construidos; sin embargo, en el año 2011 las condiciones aún no eran las adecuadas.

No cuenta con cuarto de almacenamiento de reactivos químicos, y carece de laboratorio para monitoreo de la calidad del agua. En la Figura 3.129 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

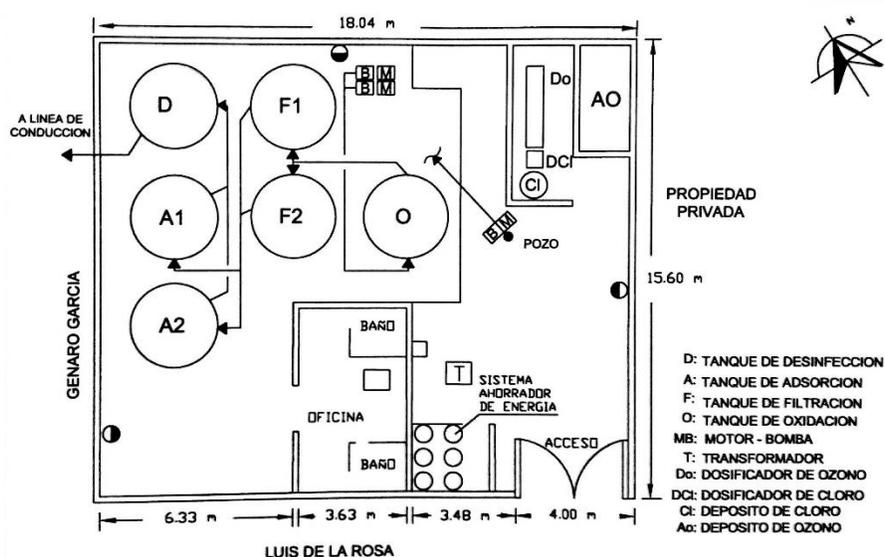


Figura 3.129 Vista en planta de la PP Balbuena 2

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

Se decidió dejar de operar la planta ya que el efluente no cumplía con la calidad exigida por la norma correspondiente, gran parte se debe a que el sistema de ozonación no funcionaba adecuadamente y por ende la materia orgánica como hierro y manganeso no era oxidada, provocando que el proceso de filtración operara deficientemente.

3.3.4 Planta Potabilizadora Tlacotal (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Tlacotal.
- Domicilio: Oriente 110 S/N Esq. Sur 183 (Secc. Bramadero), Colonia Gabriel Ramos Millán, Delegación Iztacalco.
- Instalación a pie de pozo: Sí.
- La planta cuenta con una extensión de 271 metros cuadrados aproximadamente, la entrada principal se encuentra por la calle Oriente 110.
- Desde el año 2013 hasta la fecha, la planta se encuentra fuera de operación.



Figura 3.130 Ubicación PP Tlacotal
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.78 Características de la Planta Tlacotal

Fecha de inicio de operación de la planta:		19 de abril de 1999	
Capacidad instalada:	60 [lps]	Pozos de abastecimiento:	Pozo No. 160 (Tlacotal)
Gasto potabilizado:	---		
Población beneficiada:	19 649[hab]	Colonias:	Gabriel Ramos Millán
Costo por inversión inicial:	\$2 135 000.00		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

*Plantas Potabilizadoras, Subdirección de Planeación de inversión, Unidad Departamental de Geohidrología, SACMEX, Agosto 2003.

*Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2012.

Tren de tratamiento

El agua que era extraída se enviaba a 5 filtros con sistema de filtración dual (arena sílica y antracitas activadas), desde donde una parte (aprox. 40%) pasaba a un proceso de filtración avanzada (nanofiltración) y la otra parte, se descargaba a un tanque subterráneo de contacto de cloro (hipoclorito), en dicho lugar también llegaba el agua proveniente del sistema de nanofiltración, finalmente y mediante bombeo, el agua se enviaba a la red de distribución (Figura 3.131).



Figura 3.131 Tren de tratamiento Tlacotal

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIII, Diciembre 2008.

Calidad del agua

Los resultados presentados en la Tabla 3.79 provienen de muestras simples tomadas en el influente una vez por semana y analizadas en el Laboratorio Central del SACMEX.

Tabla 3.79 Calidad influente Tlacotal

Parámetro	Influente	Unidad
pH	7.4-7.6	upH
Turbiedad	6.57-4.25	NTU
Color	35-15	U Pt/Co
Conductividad Eléctrica	1615-1413	µS/cm
Nitrógeno amoniacal	1-0.29	mg/l
Nitrógeno proteico	0.18-0.1	mg/l
Hierro	1.92-0.86	mg/l
Manganeso	0.422-0.326	mg/l
Sodio	251-22	mg/l
Coliformes fecales	Negativo	Col/100ml

FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIII, Diciembre 2008.

Equipo electromecánico

La planta cuenta con el siguiente equipo electromecánico:

- Fuente de suministro: Bomba de pozo (1+1).
- Filtración: Bombas de transferencia (1+1).
- Ósmosis inversa: Bomba de alta presión (1+0), Bomba para solución de lavado (1+0), Bombas para dosificación de anti incrustante (1+1), Bombas para dosificación de ácido sulfúrico (1+1).
- Bombeo a red pública: Bombas de suministro a red (1+1).

Infraestructura civil

La planta cuenta con caseta de vigilancia, oficinas, sanitarios y regaderas, caseta para subestación eléctrica, caseta para centro de control de motores, área techada para sistema de nanofiltración y caseta de químicos. En la Figura 3.132 se presenta la vista en planta de la potabilizadora.

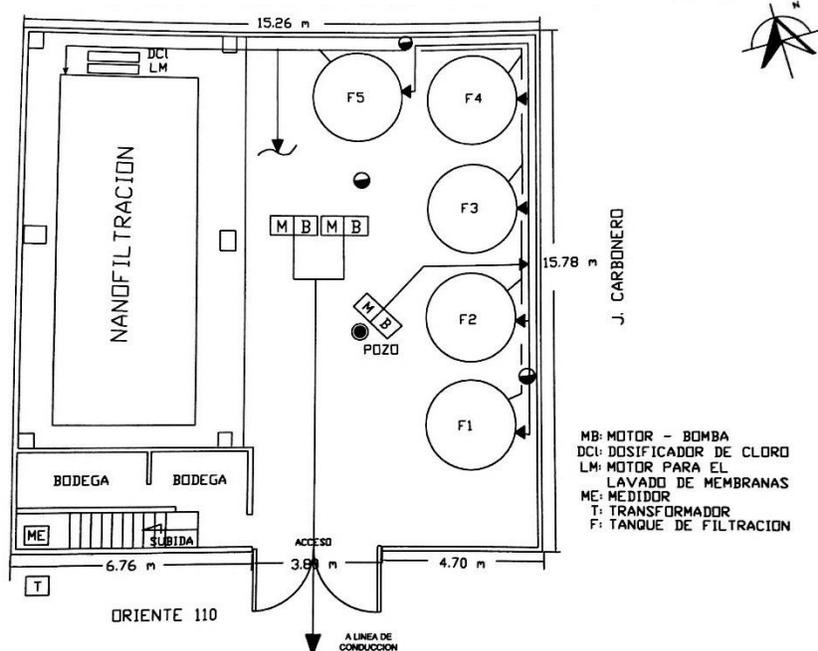


Figura 3.132 Vista en planta de la PP Tlacotal
FUENTE:

Estudio de evaluación de las condiciones generales de las 21 Plantas potabilizadoras que operan en el D.F., Tomo XXIII, Diciembre 2008.

Problemas operativos

En el año 2012, la planta aún se encontraba operando, pero a pesar de tener una capacidad instalada de 60 [lps], únicamente se potabilizaban 20 [lps], es decir, la eficiencia hidráulica era muy baja.

Además se tenían las siguientes dificultades:

- No se contaba con instrumentos para dosificar eficientemente el hipoclorito de sodio, el personal realizaba dicha dosificación de manera empírica.
- No se tenía manera de cuantificar la presión en el interior de los filtros de tasa constante.
- Las membranas de nanofiltración se encontraban severamente dañadas debido a incrustaciones en los poros.

3.3.5 Planta Potabilizadora Deportivo Los Galeana (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Los Galeana.
- Domicilio: Francisco Morazán S/N, Colonia La Providencia, dentro del Deportivo “Los Galeana”, Delegación Gustavo A. Madero.
- La planta se encuentra fuera de operación desde 2013, a tan sólo 2 años de su puesta en marcha.



Figura 3.133 Ubicación PP Deportivo Los Galeana
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.80 Características de la PP Deportivo Los Galeana

Fecha de inicio de operación de la planta:		15 de febrero de 2011	
Capacidad instalada:	100 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Pozos Nápoles y Mayorazgo
Gasto potabilizado:	---		
Población beneficiada:	46 080 [hab]	Colonias:	U.H. San Juan de Aragón, Pradera Campestre, Providencia, Ampliación Providencia y Casas Alemán
Costo por inversión inicial:	----		Costo actual de operación: ---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XIII, Diciembre 2013.*

Tren de Tratamiento

El tratamiento de agua de la planta Deportivo Los Galeana consiste en una torre de acondicionamiento, procesos de oxidación- coagulación, floculación, sedimentación, filtración, adsorción, microfiltración y ósmosis inversa (Figura 3.134).

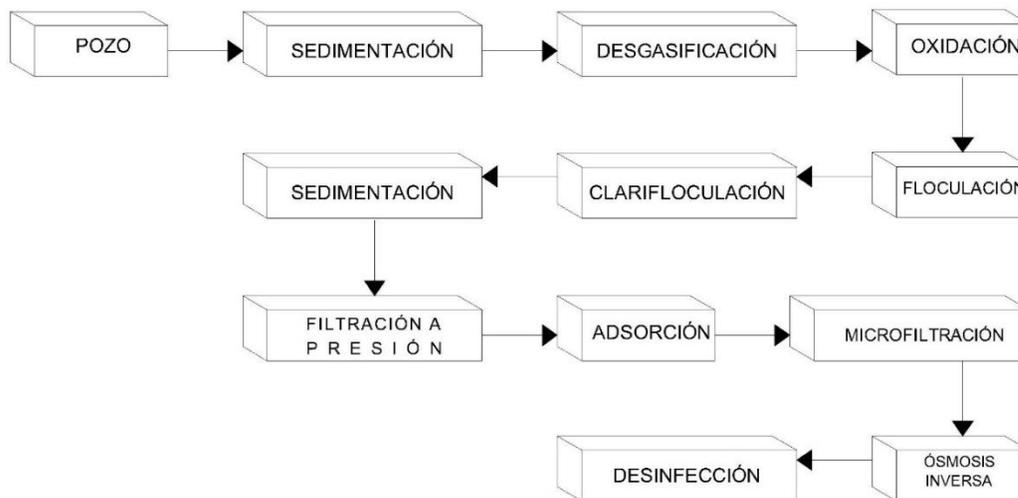


Figura 3.134 Tren de tratamiento Deportivo Los Galeana

FUENTE:

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XIII, Diciembre 2013.*

Problemas operativos

La planta se encuentra fuera de operación ya que se tenían los siguientes problemas:

- Las torres desgasificadoras se encontraban en pésimas condiciones físicas, además, no se tenía un control operativo del proceso.
- Los filtros de arena presentaban fallas en las válvulas de alimentación pues no sellaban adecuadamente.
- Las torres de adsorción presentaban escasa remoción de color y de sustancias que afectan las características organolépticas del agua, por lo que requerían la sustitución del carbón activado granular.
- El sistema de control, dosificación de químicos, lavado y enjuagues de membranas requerían de mantenimiento correctivo, de igual forma, las membranas debían ser sustituidas.

3.3.6 Planta Potabilizadora Deportivo Ferrería (Fuera de operación)

Datos de identificación

- Nombre de la instalación: Deportivo Ferrería.
- Domicilio: Av. Ceylán y Poniente 146, Colonia Industrial Vallejo, Delegación Azcapotzalco.
- La planta se encuentra a pie de pozo.



Figura 3.135 Ubicación PP Deportivo Ferrería
FUENTE: Google Maps

Características de la Planta

Tabla 3.81 Características de la PP Deportivo Ferrería

Fecha de inicio de operación de la planta:		----	
Capacidad instalada:	50 [lps]	Pozos de Abastecimiento:	Pozo Deportivo Ferrería 2
Gasto potabilizado:	---		

Población beneficiada:	38 016 [hab]	Colonias:	----
Costo por inversión inicial:	----	Costo actual de operación:	---

FUENTE:

**Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, Diciembre 2013.*

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XVII, Diciembre 2013.*

Tren de Tratamiento

La fuente de abastecimiento es el pozo del mismo nombre, el tren de potabilización consta de los siguientes procesos y operaciones unitarias: oxidación en línea y filtración; para la oxidación se inyecta hipoclorito de sodio en línea sobre un mezclador estático de 8 pulgadas de diámetro, posteriormente el agua pasa hacia dos filtros de tasa constante, cada filtro tiene un área transversal de 7.00 [m²]. Finalmente, el agua filtrada se desinfecta y es enviada hacia la red (Figura 3.136).

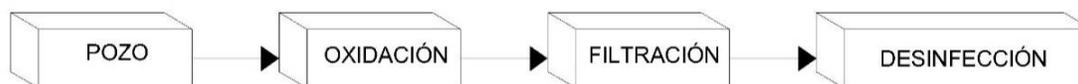


Figura 3.136 Tren de tratamiento Deportivo Ferrería

FUENTE:

**Diagnóstico de la situación actual de diferentes plantas potabilizadoras que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica. Tomo XVII, Diciembre 2013.*

Problemas operativos

La planta presentaba los siguientes problemas durante su operación:

- El personal operativo no contaba con los instrumentos necesarios para medir la concentración de cloro residual, es decir, no era posible determinar la dosis adecuada ante las variaciones de flujo y/o calidad del agua en la fuente de abastecimiento.
- No existía un procedimiento para realizar el retrolavado de los filtros, lo anterior ocasionaba que se desperdiciara agua en retrolavados innecesarios o que el efluente no tuviera la calidad establecida en la norma.

4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO

4.1 Técnico

Por definición, un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí y que funcionan como un todo; si uno de estos elementos falla se afectará consecuentemente al resto.

En el caso particular del sistema de potabilización del agua de la Ciudad de México, este se integra por cada uno de los elementos destinados a suministrar agua en calidad, cantidad y continuidad a los habitantes de esta gran urbe; previamente se presentó la infraestructura con la cual se cuenta y que abarca kilómetros de tubería, canales, acueductos, tanques de almacenamiento y/o regularización, así como plantas potabilizadoras; siendo estas últimas las que serán revisadas con mayor detalle, pues esta infraestructura es la encargada de producir agua potable, es decir, agua apta para consumo humano.

Con la finalidad de poder realizar un diagnóstico concreto sobre el aspecto técnico de las plantas potabilizadoras, se tomarán en cuenta temas como diseño, operación y mantenimiento, para ello se establecerán criterios que permitirán analizar de manera íntegra las principales características de cada una de las potabilizadoras.

La información referente a consideraciones de diseño se muestra en la Tabla 4.1, los puntos que se analizaron de operación se presentan en la Tabla 4.2 y finalmente, en la Tabla 4.4 se indican las consideraciones de mantenimiento. La Tabla 4.3 presenta la eficiencia hidráulica de las plantas potabilizadoras D.F.

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

Tabla 4.1 Diagnóstico de Diseño de las plantas potabilizadoras D.F.

		Consideraciones Técnicas						
		Diseño						
		Se conoce la calidad de la fuente de suministro	El tipo de tratamiento es técnicamente factible ⁵	La capacidad nominal de diseño es mayor o igual que la demanda máxima diaria	La planta cuenta con caseta de vigilancia	Existe caseta de químicos	Laboratorio para monitoreo de la calidad del agua	Se cuenta con el mínimo de unidades de tratamiento
Nombre de la planta	Trabajadores del Hierro	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Avenida del Castillo	SD ⁶	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Jardines del Pedregal 5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	La Pastora	✓		✓	✓	✓		✓
	Panamericana	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Ciudad Deportiva 2	✓	✓	✓	✓			✓
	Acueducto Sierra Sta. Catarina	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Agrícola Oriental	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Carlos Gracida	✓			✓			✓
	Cerro de la Estrella 2	✓		✓	✓	✓		✓
	El Sifón	✓		✓	✓	✓		✓
	Granjas San Antonio	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Iztapalapa 1	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Iztapalapa 2	✓		✓	✓			✓
	Iztapalapa 8	✓	✓	✓	✓			✓
	La Caldera	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Purísima 2	✓		✓	✓	✓		✓
	Purísima 3 y 7	✓		✓	✓			✓
	Purísima Iztapalapa 4	✓		✓	✓	✓		✓
	Purísima Iztapalapa 5	✓	✓	✓	✓	✓		✓
San Lorenzo Tezonco Nuevo	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
Santa Catarina 10	✓	✓	✓	✓	✓			

⁵ Se considera que el tren de tratamiento es el adecuado para remover los contaminantes presentes en el influente.

⁶ SD= Sin Datos, ✓ = la potabilizadora cumple con el criterio analizado

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

		Se conoce la calidad de la fuente de suministro	El tipo de tratamiento es técnicamente factible	La capacidad nominal de diseño es mayor que la demanda máxima diaria	La planta cuenta con caseta de vigilancia	Existe caseta de químicos	Laboratorio para monitoreo de la calidad del agua	Se cuenta con el mínimo de unidades de tratamiento
Nombre de la planta	Santa Catarina 11	✓	✓	✓	✓			✓
	Santa Catarina 13	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Santa Catarina 8 y 9	✓		✓	✓			✓
	Santa María Azahuacan	✓		✓	✓	✓		✓
	Sta. Cruz Meyehualco	✓		✓	✓	✓		✓
	Panteón Civil	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Viga 2	✓	✓	✓	✓			✓
	Purísima Democrática	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Viga 4	✓	✓	✓	✓			✓
	Magdalena Contreras	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Río Magdalena	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	San Lorenzo Tezonco	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Santa Catarina	✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Santa Catarina 4	✓		✓	✓	✓		✓
	Vista Alegre	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Xaltepec	✓	✓	✓	✓	SD	SD	✓
	Cerrillos 2	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	Cerrillos 3	✓		✓				✓
	Escudo Nacional 2	✓	✓	✓		✓		
	R-11	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
S-13	✓		✓	✓			✓	
San Luis Nuevo	✓		✓	✓			✓	

FUENTE:

Elaborado por la autora en base a la información presentada en el Capítulo 3 del presente escrito.

De la tabla anterior se obtienen los siguientes datos:

- En el 100% de las plantas se realizan las pruebas necesarias para determinar la calidad del influente, sin embargo, en 22 potabilizadoras (50% del total), el tren de tratamiento no logra remover de la forma esperada los contaminantes, esto se atribuye en gran manera a que, durante el diseño no se realizó la evaluación de los cambios posibles de calidad de la fuente durante la vida útil de la planta.

Resulta interesante que en la Planta Santa Catarina 4, el agua extraída del pozo es enviada directamente a ósmosis inversa sin dar un tratamiento previo, lo anterior indica que el diseño no se realizó de la manera adecuada.

Similar a lo anterior se observa en La Pastora, pues se tiene la operación de sedimentación simple cuando lo ideal es tener previamente un desarenador y posteriormente los procesos de coagulación y floculación con la finalidad de que más sólidos logren ser removidos.

- Más del 90% de las plantas operan bajo un gasto menor o igual al de diseño, es decir, son pocos los casos en los cuales se rebasa la capacidad instalada. Cabe resaltar que existen registros indicando que en ciertas plantas parte del gasto extraído de pozo es enviado a drenaje, lo anterior ocurre de manera frecuente en la potabilizadora Santa Cruz Meyehualco.
- Dos plantas no cuentan con caseta de vigilancia, a pesar que en la NOM-230-SSA1-2002 se indica que debe tenerse un sistema de seguridad y restringir el paso a personas ajenas al lugar.
- En 30% del total de potabilizadoras, no se tiene caseta para resguardar los químicos, lo anterior representa un peligro importante para el personal que trabaja dentro de las instalaciones, y para la preservación de los reactivos.
- Solamente 3 plantas (7%) poseen laboratorio para monitorear la calidad del influente y efluente.

A continuación en la Tabla 4.2 se presentan las consideraciones de operación, además del cumplimiento que se tiene sobre estas, es importante mencionar que el indicativo es una “marca de verificación” pero está no representa que la planta funcione de la manera adecuada, únicamente señala que la planta opera bajo la condición mostrada.

Tabla 4.2 Diagnóstico de Operación de las plantas potabilizadoras D.F.

		Consideraciones Técnicas				
		Operación				
		La dosificación de químicos se realiza de manera empírica	El personal de operación tiene capacidad técnica para operar los equipos y unidades	Agua de alimentación a tratamiento avanzado no posee la calidad requerida	La planta cuenta con normas y manuales de operación	Existe procedimiento para realizar retrolavado de filtros y/o limpieza de membranas según sea el caso
Nombre de la planta	Trabajadores del Hierro	✓				
	Avenida del Castillo	SD	SD	SD	SD	SD
	Jardines del Pedregal 5	SD	SD	SD	SD	SD
	La Pastora	✓		✓		
	Panamericana	✓				
	Ciudad Deportiva 2	✓				
	Acueducto Sierra Sta. Catarina	✓				
	Agrícola Oriental	✓		✓		
	Carlos Gracida	✓				
	Cerro de la Estrella 2	✓				
	El Sifón	✓				
	Granjas San Antonio	✓		✓		
	Iztapalapa 1	✓				
	Iztapalapa 2	✓				
	Iztapalapa 8	✓		✓		
	La Caldera	✓				
	Purísima 2	✓				
	Purísima 3 y 7	✓				
	Purísima Iztapalapa 4	✓		✓		
	Purísima Iztapalapa 5	✓				
San Lorenzo Tezonco Nuevo	SD	SD	SD	SD	SD	
Santa Catarina 10	✓					

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

		La dosificación de químicos se realiza de manera empírica	El personal de operación tiene capacidad técnica para operar los equipos y unidades	Agua de alimentación a tratamiento avanzado no posee la calidad requerida	La planta cuenta con normas y manuales de operación	Existe procedimiento para realizar retrolavado de filtros y/o limpieza de membranas según sea el caso
Nombre de la planta	Santa Catarina 11	✓				
	Santa Catarina 13	✓		✓		
	Santa Catarina 8 y 9	✓		✓		
	Santa María Aztahuacan	✓		✓		
	Sta. Cruz Meyehualco	✓		✓		
	Panteón Civil	✓				
	Viga 2	✓				
	Purísima Democrática	✓				
	Viga 4	✓				
	Magdalena Contreras	✓				
	Río Magdalena	✓				
	San Lorenzo Tezonco	SD	SD	SD	SD	SD
	Santa Catarina	✓		✓		
	Santa Catarina 4	✓		✓		
	Vista Alegre	SD	SD	SD	SD	SD
	Xaltepec	✓		✓		
	Cerrillos 2	✓				
	Cerrillos 3	✓				
	Escudo Nacional 2	✓				
	R-11	SD	SD	SD	SD	SD
S-13	✓					
San Luis Nuevo	✓					

FUENTE:

Elaborado por la autora en base a la información presentada en el Capítulo 3 del presente escrito.

A partir de la Tabla 4.2 se conoce lo siguiente:

- En las 38 plantas potabilizadoras de las cuales fue posible obtener información detallada, la dosificación de químicos, en cualquier proceso donde sean necesarios, se realiza de manera empírica.
- El residente de cada una de las plantas tiene el perfil técnico adecuado para llevar a cabo las funciones inherentes al puesto, caso contrario al del personal operario.
- Las 38 plantas revisadas carecen de personal capacitado para llevar a cabo buenas prácticas operativas, además no existe un programa integral de capacitación a los trabajadores. Lo anterior provoca que no se comprenda el funcionamiento de cada uno de los procesos y por consecuencia se desconocen los procedimientos adecuados para realizar el retrolavado de las unidades de filtración, así como el lavado de las unidades de membrana. De igual manera, en ciertas plantas el personal no tiene el estado físico que le permita el cabal cumplimiento de sus funciones.
- En todas las plantas que operan bajo tratamiento avanzado se tienen serios problemas, ya que generalmente el agua de alimentación no recibe el pretratamiento adecuado lo que a su vez provoca que equipos costosos dejen de funcionar en un tiempo relativamente corto después de su puesta en marcha.
- Desde el inicio de operaciones la planta debe mostrar flexibilidad para asegurar la producción normal, es decir, debe estar en capacidad de operar continuamente aunque haya uno o más equipos o unidades fuera de servicio por mantenimiento o reparación; lo anterior se cumple en las plantas analizadas, pero eso no quiere decir que el agua suministrada posea la calidad requerida, ya que en casi todos los casos en los cuales dejó de operar una unidad o equipo, el tiempo de paro fue indefinido.
- Ninguna de las plantas cuenta con manuales y normas de operación, lo anterior claramente explica por qué las potabilizadoras de la Ciudad de México enfrentan grandes dificultades, ya que se trabaja sin la planeación adecuada, además no se tiene la preparación y respaldo para que el personal operativo tome decisiones inmediatas en casos de contingencias minimizando el impacto negativo que se pueda tener.

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

- Cabe destacar que, las medidas de seguridad e higiene son precarias, el personal apenas si cuenta con lo básico para poder realizar sus funciones de manera cotidiana.
- A pesar de no contar con información sobre 6 potabilizadoras, la visión general muestra que en todas las plantas se opera de manera similar, es decir, la falta de personal capacitado y de procedimientos adecuados de operación es un problema que se tiene en las 44 plantas.

Con el objetivo de ofrecer un diagnóstico más amplio en la Tabla 4.3 se presenta la eficiencia hidráulica de las plantas de purificación que operan actualmente.

Tabla 4.3 Eficiencia hidráulica de las plantas potabilizadoras D.F.

Nombre de la planta	Capacidad Instalada [l/s]	Gasto Potabilizado [l/s]	Eficiencia hidráulica [%]	Nombre de la planta	Capacidad Instalada [l/s]	Gasto Potabilizado [l/s]	Eficiencia hidráulica [%]
Trabajadores del Hierro	50.00	50.00	100.00	Santa Catarina 10	60.00	60.00	100.00
Avenida del Castillo	50.00	50.00	100.00	Santa Catarina 11	40.00	40.00	100.00
Jardines del Pedregal 5	40.00	40.00	100.00	Santa Catarina 13	60.00	50.00	83.33
La Pastora	50.00	35.00	70.00	Santa Catarina 8 y 9	100.00	75.00	75.00
Panamericana	50.00	50.00	100.00	Santa María Aztahuacan	60.00	25.00	41.67
Ciudad Deportiva 2	100.00	80.00	80.00	Sta. Cruz Meyehualco	120.00	80.00	66.67
Acueducto Sierra Sta. Catarina	250.00	250.00	100.00	Panteón Civil	180.00	135.00	75.00
Agrícola Oriental	240.00	100.00	41.67	Viga 2	40.00	40.00	100.00
Carlos Gracida	38.00	38.00	100.00	Purísima Democrática	135.00	55.00	40.74
Cerro de la Estrella 2	60.00	50.00	83.33	Viga 4	60.00	60.00	100.00
El Sifón	60.00	60.00	100.00	Magdalena Contreras	200.00	200.00	100.00
Granjas San Antonio	60.00	60.00	100.00	Río Magdalena	210.00	210.00	100.00

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

Nombre de la planta	Capacidad Instalada [l/s]	Gasto Potabilizado [l/s]	Eficiencia hidráulica [%]	Nombre de la planta	Capacidad Instalada [l/s]	Gasto Potabilizado [l/s]	Eficiencia hidráulica [%]
Iztapalapa 1	60.00	50.00	83.33	San Lorenzo Tezonco	7.50	5.00	66.67
Iztapalapa 2	60.00	60.00	100.00	Santa Catarina	500.00	120.00	24.00
Iztapalapa 8	40.00	40.00	100.00	Santa Catarina 4	60.00	60.00	100.00
La Caldera	700.00	580.00	82.86	Vista Alegre	40.00	40.00	100.00
Purísima 2	60.00	60.00	100.00	Xaltepec	500.00	458.00	91.60
Purísima 3 y 7	135.00	100.00	74.07	Cerrillos 2	60.00	60.00	100.00
Purísima Iztapalapa 4	60.00	60.00	100.00	Cerrillos 3	40.00	40.00	100.00
Purísima Iztapalapa 5	60.00	45.00	75.00	Escudo Nacional 2	40.00	40.00	100.00
San Lorenzo Tezonco Nuevo	60.00	20.00	33.33	R-11	40.00	40.00	100.00
S-13	40.00	40.00	100.00	San Luis Nuevo	60.00	60.00	100.00

FUENTE:

Elaborado por la autora en base a la información presentada en el Inventario Nacional de Plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2013.

La gran mayoría de las plantas potabilizadora operan al 70% o más de su capacidad, sin embargo existen casos como “San Lorenzo Tezonco Nuevo” y “Santa Catarina” en donde el gasto potabilizado representa menos del 35% del gasto que puede tratarse en la planta, es importante considerar que dicho caudal no es constante durante todos los días del año, por lo cual existen temporadas en donde la eficiencia incrementa o disminuye, además este valor únicamente es un indicativo hidráulico más no representa la eficiencia con la cual opera el tren de tratamiento para cumplir con lo requerido por la NOM-127-SSA1-1994.

En la Tabla 4.4 se establecen las condiciones de mantenimiento, este aspecto es de vital importancia, puesto que el mantenimiento es el conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y equipos, **para la prevención de daños, o para la reparación de los mismos, cuando ya se hubieran producido**, a fin de conseguir el buen funcionamiento de la planta.

De manera general el mantenimiento se clasifica como se muestra a continuación:

- **Preventivo:** actividades encaminadas a la planificación y ejecución de las acciones de mantenimiento, antes de que se produzcan los daños. Se toma en cuenta la adquisición de repuestos.
- **Correctivo:** consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones y equipos.
- **Predictivo:** está relacionado con anticipación sobre la vida útil de los equipos.

Entre los principales factores por considerar para un mantenimiento satisfactorio, se tienen los siguientes:

1. La responsabilidad del mantenimiento debe estar claramente definida y asignada a personal competente.
2. Los recursos financieros deben estar claramente definidos y asegurada su disponibilidad oportuna.
3. Se debe contar con el tipo y la cantidad de herramientas, repuestos y equipos apropiados para proveer el mantenimiento.
4. Todas las actividades de mantenimiento preventivo deben ser planeada y programadas.
5. Debe existir un sistema de control y registro apropiado de las labores de mantenimiento.

Tabla 4.4 Diagnóstico de Mantenimiento de las plantas potabilizadoras D.F.

		Consideraciones Técnicas			
		Mantenimiento			
		La responsabilidad del mantenimiento es asignada a personal competente	Existe taller para mantenimiento	Se cuenta con el tipo de herramientas, repuestos y equipos apropiados para mantenimiento	Existe programa de mantenimiento preventivo
Nombre de la planta	Trabajadores del Hierro	✓		✓	
	Avenida del Castillo	SD	SD	SD	SD
	Jardines del Pedregal 5	SD	SD	SD	SD
	La Pastora	✓			
	Panamericana	✓		✓	
	Ciudad Deportiva 2	✓			
	Acueducto Sierra Sta. Catarina	✓		✓	
	Agrícola Oriental	✓	✓		
	Carlos Gracida	✓			
	Cerro de la Estrella 2	✓			
	El Sifón	✓			
	Granjas San Antonio	✓	✓		
	Iztapalapa 1	✓			
	Iztapalapa 2	✓			
	Iztapalapa 8	✓			
	La Caldera	✓		✓	
	Purísima 2	✓			
	Purísima 3 y 7	✓			
	Purísima Iztapalapa 4	✓			
	Purísima Iztapalapa 5	✓			
San Lorenzo Tezonco Nuevo	SD	SD	SD	SD	
Santa Catarina 10	✓	✓			

CAPÍTULO IV “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN”

		La responsabilidad del mantenimiento es asignada a personal competente	Existe taller para mantenimiento	Se cuenta con el tipo de herramientas, repuestos y equipos apropiados para mantenimiento	Existe programa de mantenimiento preventivo
Nombre de la planta	Santa Catarina 11	✓			
	Santa Catarina 13	✓	✓		
	Santa Catarina 8 y 9	✓			
	Santa María Aztahuacan	✓	✓		
	Sta. Cruz Meyehualco	✓	✓		
	Panteón Civil	✓	✓	✓	
	Viga 2	✓			
	Purísima Democrática	✓		✓	
	Viga 4	✓			
	Magdalena Contreras	✓			
	Río Magdalena	✓			
	San Lorenzo Tezonco	SD	SD	SD	SD
	Santa Catarina	✓	✓		
	Santa Catarina 4	✓			
	Vista Alegre	SD	SD	SD	SD
	Xaltepec	✓			
	Cerrillos 2	✓			
	Cerrillos 3	✓			
	Escudo Nacional 2	✓			
	R-11	SD	SD	SD	SD
S-13	✓				
San Luis Nuevo	✓				

FUENTE:

Elaborado por la autora en base a la información presentada en el Capítulo 3 del presente escrito

De la tabla anterior se obtiene lo siguiente:

- Todas las plantas reciben mantenimiento por personal capacitado y con experiencia en el área, ya que es realizado por brigadas de personal que son las responsables de poner en funcionamiento los equipos averiados, sin embargo dicho personal no corresponde a trabajadores de la planta, únicamente acuden a las instalaciones cuando es requerido.
- 8 plantas (18% del total) cuentan con taller para mantenimiento, es decir, se tiene un área designada para llevar a cabo las actividades correspondientes, más eso no implica que se tengan las herramientas y equipos necesarios para realizarlo.
- En general, no se observa una filosofía de mantenimiento predictivo y preventivo que permita disminuir paros de la planta, por lo que el mayor peso de tal actividad se deja al mantenimiento correctivo, agravándose la situación debido a que no se cuentan con refacciones en stock que permitan una rápida respuesta ante fallas mecánicas de los equipos.
- El no contar con manuales de operación y mantenimiento es una gran falla, ya que estos están compuestos por los procesos básicos de la administración: planeación, organización, ejecución y control, donde en cada una de las etapas se describen los procedimientos y las operaciones necesarias para administrar el proceso de mantenimiento de una forma amplia, en pocas palabras, el no tener dicho manuales equivale a tener un nulo conocimiento de las necesidades de la obra.

4.2 Económico

Desde que inicia la planeación de una planta potabilizadora, o cualquier otro proyecto, es de gran importancia el aspecto económico, ya que este es en ocasiones la limitante para la toma de decisiones, pero eso no quiere decir que siempre deba elegirse la opción que exige menos inversión.

En el caso particular de una planta para purificación de agua, se deben analizar opciones de operaciones y procesos unitarios que permitan un sistema de depuración técnicamente factible, socialmente aceptable y económica-financieramente atractivo.

Ante lo anterior, año con año el Gobierno del Distrito Federal otorga al SACMEX, como organismo responsable del servicio de abastecimiento de agua y drenaje, el presupuesto para realizar las acciones que se consideren necesarias, por ejemplo, en el Decreto de Presupuesto de Egresos del Distrito Federal para el Ejercicio Fiscal 2015, se indica que para el año 2014 el Sistema de Aguas de la Ciudad de México recibió \$11, 837, 565, 047. 00, lo que le coloca como el organismo descentralizado con mayor presupuesto; claro está que, dichos recursos no son destinados únicamente a proyectos y trabajos de agua potable, sino que son repartidos entre todas las áreas que trabajan bajo la jurisdicción del sistema.

De acuerdo a la publicación *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2013 de CONAGUA*, en 2012 en el Distrito Federal se invirtieron 400.5 millones de pesos al rubro de agua potable, lo que representa el 13.5% del presupuesto destinado de manera general a los servicios de suministro, evacuación y saneamiento de agua; en ese mismo documento se da a conocer que, la Ciudad de México es la octava entidad del país en donde se destina mayor presupuesto para proyectos, rehabilitación, estudios y demás actividades ligadas al área de agua potable.

En el capítulo 3 del presente trabajo “*Plantas de Potabilización en la Ciudad de México*”, se presentó el costo por inversión de algunas de las potabilizadoras, de igual manera, se indicaron aquellas que fueron rehabilitadas; con el objetivo de resumir dicha información se presenta la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Comparativo entre costo inicial y costo por rehabilitación

Nombre de la planta	Año inicio de operación	Costo por inversión inicial [\$]	Año de rehabilitación	Costo por rehabilitación [\$]	Costo rehabilitación/ Costo de inversión inicial
Purísima democrática	1999	11,465,000.00	2015	15,000,000.00	1.31
Agrícola oriental	1969	65,554,000.00	2003	71,400,000.00	1.09
Panteón Civil	2003	---	2014	38,000,000.00	---
Iztapalapa 8	1999	5,948,680.00	2012	---	---
Cerro de la Estrella 2	1998	2,013,000.00	2012	---	---
Santa Catarina	1999	5,985,700.00	2003	9,900,000.00	1.65

FUENTE:

Elaborado por la autora con la información presentada en el Capítulo 3 del presente escrito

En la tabla previa únicamente se presentaron algunas plantas potabilizadoras con la finalidad de poder establecer un comparativo entre el costo inicial y el costo por rehabilitación, lamentablemente en algunas de ellas no fue posible conocer ambos datos, pero se observa que en general, los recursos monetarios necesitados en la rehabilitación fueron mayores a los empleados durante la puesta en marcha inicial, lo anterior es un claro reflejo de las fallas técnicas que se enuncian a continuación:

- Si el diseño de la planta no se realizó adecuadamente, la rehabilitación implica iniciar desde cero, pues puede ser necesario establecer un tren de tratamiento totalmente diferente.
- La falta de mantenimiento preventivo está causando que unidades y equipos requieran reparaciones más costosas e incluso la sustitución total.

Es interesante enfatizar que, en algunos casos fue necesario rehabilitar integralmente la planta aun cuando su vida útil no terminaba, por ejemplo la potabilizadora “Santa Catarina” fue rehabilitada a tan sólo 4 años de haber iniciado actividades.

Además, la inadecuada operación de cada una de las plantas repercute claramente en costos adicionales que bien podrían ser evitados, por ejemplo, al dosificar los reactivos de manera empírica se desperdicia gran cantidad de estos, ya que no se tiene un control de la cantidad adecuada que debe ser adicionada de acuerdo a la calidad del influente. En 2008, el SACMEX registró que en la planta “Purísima Iztapalapa 2” se requerían 2, 093, 070.60 [\$/año] para adquirir los

reactivos necesarios en los procesos, mientras que, en “El Sifón” dicha cantidad asciende a 4, 719, 906.98 [\$/año] lo que representa el 64% del total de recursos monetarios que se destinan a esta potabilizadora.

4.3 Ambiental

En plantas de purificación de agua se remueven gases, sólidos suspendidos, coloidales y disueltos del agua para hacerla potable. Los sólidos removidos del agua cruda constituyen el residuo de la planta industrial de agua; el agua potable es el producto final. Tanto el tratamiento como la disposición y reuso de los residuos de una planta potabilizadora son problemas básicos del diseño y la operación de dichas plantas.

La fuente de los diferentes residuos de una planta potabilizadora, así como sus características y cantidades, es función del tipo de tratamiento aplicado, de la composición del agua cruda y de la calidad del producto. En general, los residuos de una potabilizadora provienen de las operaciones y procesos que se describen a continuación:

- **Sedimentación simple:** en algunas plantas se utilizan tanques de sedimentación de agua cruda, sin coagulación previa, para remover arena fina, limos, arcilla y residuos orgánicos vegetales. El material sedimentado puede ser removido continua, o esporádicamente, mediante dragado.
- **Remoción de hierro y manganeso:** en plantas de remoción de hierro y manganeso, los lodos están constituidos principalmente por los precipitados de hidróxido férrico y de óxidos mangánico.
- **Coagulación química:** los residuos de la coagulación química están constituidos, básicamente, por el lodo de los sedimentadores. El lodo está compuesto por los precipitados de aluminio o de hierro, provenientes del uso de alumbre o de sales de hierro como coagulantes, así como por los materiales orgánicos e inorgánicos removidos, arena, limo, arcilla, polímeros o ayudas de coagulación usados, y por el agua de arrastre utilizada para su transporte.
- **Ablandamiento por precipitación:** el ablandamiento con cal y soda ash produce un residuo de carbonato de calcio, hidróxido de magnesio y cal no reactiva. El lodo será proveniente, predominantemente, del reactor de ablandamiento, pero también de la sedimentación de los coagulantes. En general, estos lodos son estables, densos e inertes.
- **Adsorción:** en plantas potabilizadoras con problemas de olores y sabores, el carbón activado usado para su tratamiento contribuye a la cantidad de

sólidos de que hay que disponer. Aunque este aporte es pequeño en cantidad, puede ser importante por su contribución a la DQO del lodo.

- **Lavado de filtros:** la operación de lavado de filtros produce un lodo o agua residual de concentración baja de sólidos. La cantidad puede ser del orden del 2% al 6% del agua filtrada y los sólidos son los retenidos en el filtro durante la carrera de filtración. La porción de sólidos retenidos en el filtro depende del tipo de pretratamiento y del tipo de filtro; en muchas plantas de remoción de hierro, dicha porción puede ser del 50% al 90% de la porción total de sólidos removidos.
- **Intercambio iónico:** en este tipo de proceso el residuo más importante lo constituye la salmuera de NaCl, calcio y magnesio, proveniente de la operación de regeneración de las resinas de ablandamiento. La salmuera puede representar entre 3% y 10% del agua tratada.

Las descargas generadas en el interior de las plantas potabilizadoras, a pesar de ser mínimas comparadas con descargas industriales, son nocivas al medio ambiente, incluso pueden poner en riesgo la vida del personal que labora dentro de las plantas.

Resulta interesante y sorpréndete saber que, ninguna de las 44 plantas que operan actualmente cuenta con un sistema de tratamiento para las descargas generadas en el interior de la planta: gases desorbidos provenientes de torres desgasificadoras, descargas provenientes del agua de retrolavado del sistema de recuperación, descargas provenientes del rechazo de ósmosis inversa, descargas ácidas del drenaje de sistema de membranas, etc., dichos residuos son liberados a la atmósfera (si se trata de gases) y el resto, como lodos y el rechazo de la operación de membranas, son descargados directamente al drenaje sin estabilización o tratamiento alguno, lo anterior está estrictamente prohibido por la NOM-002-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

De igual manera las potabilizadoras del D.F. no cumplen con la NOM-004-SEMARNAT-2002- Protección ambiental.- Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Esta norma establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el objeto de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger el medio ambiente y la salud humana.

El tratamiento y disposición final de los lodos generados no es el único problema ambiental de las potabilizadoras de la ciudad, también, en aquellas con procesos de desgasificación se carece de tratamiento para los gases removidos y estos son liberados directamente a la atmósfera, lo anterior es de gran relevancia sobre todo porque en años recientes la lucha de diversas naciones para reducir la emisión de gases de efecto invernadero se ha incrementado en gran medida.

Lo anterior también ha implicado quejas realizadas por vecinos cercanos a las instalaciones de las potabilizadoras, ya que indican que frecuentemente se presentan problemas de olores desagradables en sus hogares.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua es un recurso vital e insustituible para las actividades humanas, inclusive el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales promovidos por la ONU, considera al agua como un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud; la disponibilidad del líquido en cantidad y calidad suficiente permite vivir dignamente.

Por lo anterior, las dependencias responsables de prestar el servicio de agua potable están comprometidos en todo momento para lograr suministrar el líquido a cada uno de los habitantes, se creería que en una ciudad desarrollada como lo es la Ciudad de México todos tienen acceso a este servicio, pero la situación es alarmante, ya que para miles de personas el suministro es insuficiente, pues aún hay zonas en las que el agua se proporciona de manera intermitente vía la red o mediante pipas, pero eso no es lo alarmante, el verdadero problema es que el organismo responsable parece enfocarse únicamente en entregar agua en cantidad más no en calidad.

El problema no sólo recae en las autoridades, puesto que los ciudadanos también tienen una importante participación, ya que gran parte de la población no valora todo lo que implica el poder contar con el servicio, lo anterior se debe en gran medida a que la gente no paga el costo real del agua, es decir, se debe enseñar a la sociedad a protegerla, conservarla y utilizarla en forma racional, para ello en numerosas ocasiones se ha considerado implementar un nuevo esquema tarifario; sin embargo, este es un tema de discusión, ya que la gente desconfía de que sus pagos sean realmente aprovechados, sumado a lo anterior, los partidos políticos aprovechan el tema para establecer promesas de campaña que incluye no aumentar el pago por el servicio.

La realidad es que, las autoridades deben encontrar la manera de mostrar a la sociedad que el aumento de tarifas tiene como único propósito la mejora del servicio, para lo cual se necesita el verdadero compromiso de que el presupuesto será empleado de la mejor manera posible y en donde el único beneficiado sea el usuario.

Condiciones actuales de las plantas potabilizadoras

Actualmente operan 44 plantas potabilizadoras en la Ciudad de México de las cuales aproximadamente el 80% presentan problemas que deben ser atendidos de manera inmediata, todas las potabilizadoras poseen fallas durante su operación, esto se debe a que no se cuenta con el personal calificado para realizar las tareas requeridas, ya que el puesto es asignado sin verificar que el solicitante posea los conocimientos básicos de los procesos y operaciones que

conforman el tren de tratamiento. Además no existen programas de capacitación, generalmente esta se da entre compañeros que llevan años laborando y han establecido sus propios criterios de operación, lo anterior es válido, pero se obtendrían mejores resultados si el personal fuese preparado adecuadamente.

Gran parte de las instalaciones de las potabilizadoras muestran descuido y falta de mantenimiento, la forma de trabajo parece estar ligada únicamente a mantenimiento correctivo, olvidando que el mantenimiento preventivo permitiría reducir gastos económicos en gran medida; el que el mantenimiento sea realizado por brigadas externas a la planta provoca que las unidades y equipos reportados se encuentren fuera de operación durante días, afectando indudablemente al resto de los procesos, pues a pesar de que una planta debe mostrar flexibilidad en todo momento, pareciera que las potabilizadoras revisadas fueron diseñadas sin tomar en cuenta dicho factor.

Resulta realmente lamentable saber que unidades costosas como lo son los módulos de ósmosis inversa, adsorción, microfiltración e intercambio iónico se encuentran sin operar durante periodos realmente largos y una vez que reinician actividades no tardan más de seis meses en dejar de funcionar nuevamente debido a la falta de un tratamiento previo adecuado, esto está relacionado directamente con el establecimiento incorrecto de los trenes de tratamiento, los cuales a su vez dependen de pruebas para la determinación de la calidad del agua; sin embargo, estas últimas no son realizadas adecuadamente, pues en el capítulo 3 se presentaron los resultados de diferentes parámetros de calidad en las fuentes de suministro de algunas potabilizadoras y llama la atención que algunos valores se encuentran supuestamente por debajo de lo establecido en el NOM-127-SSA1-1994. Lo anterior resulta increíble pues significaría que se está sometiendo a un tratamiento de potabilización a agua que no lo requería, inclusive resulta más sorprendente revisar que en algunos parámetros el efluente sale con valores mayores a los iniciales.

Dentro de las potabilizadoras las medidas de seguridad e higiene no son las adecuadas, no se enseña al personal la manera correcta de manejar sustancias químicas y en algunos casos inclusive no se les proporciona la ropa de trabajo necesaria y que debe ser resistente a los productos químicos que se emplean: botas de hule, botas tipo minero, impermeables, guantes, mascarillas, arnés, etc., esto es una falla por parte del SACMEX pues se debe brindar a los trabajadores condiciones de trabajo seguras.

Sin duda el SACMEX como organismo responsable debe reorganizar la manera en que hasta ahora se han construido, diseñado y operado las plantas de tratamiento de agua potable, pues si los resultados no son satisfactorios y se

presentan constantemente problemas, se puede reflexionar fácilmente que las cosas no se están haciendo adecuadamente, y el verdadero problema inicia inclusive desde los puestos administrativos.

Un aspecto alarmante es la falta de tratamientos para la estabilización de los lodos que se generan dentro de las plantas, ya que si en establecimientos propios del gobierno no se cumple con la normatividad correspondiente, es de pensarse que menos interés se tiene en el tema dentro de la industria privada; sin duda, esta es un área en donde se necesita la creación y puesta en marcha de proyectos, puesto que los biosólidos (lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización) pueden incorporarse al terreno para abastecerlo de nutrientes y para renovar la materia orgánica, es decir, pueden ser utilizados en terrenos agrícolas, bosques, campos de pastoreo, o en terrenos alterados que necesitan recuperación. Si bien se tiene la idea generalizada de que la Ciudad de México es un área completamente urbana, aún existen zonas agrícolas en Xochimilco, Tlalpan, Milpa Alta y Tláhuac, así como en las zonas conurbadas de Jaltenco, Nextlalpan, Melchor Ocampo y Teoloyucan, en dichos lugares podrían ser aprovechados los biosólidos, ya que representan una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos, o bien pueden ser empleados en áreas verdes y/o parques recreativos que se ubican dentro del Distrito Federal.

Alternativas al uso de agua potable y reinyección del acuífero

El agua potable es totalmente necesaria en actividades relacionadas con la higiene del ser humano y consumo, pero existen actividades en las que el agua tratada puede sustituir al agua potable, por ejemplo en riego de áreas verdes, camellones, campos de cultivo, etc.

Para lograr lo anterior es sumamente necesario que las aguas residuales sean adecuadamente tratadas y que se inicien campañas de participación social que resalten y demuestren las ventajas de esta práctica.

De igual manera, se debe alentar a los habitantes de la ciudad a llevar a cabo prácticas de ahorro de agua, pues aunque hasta ahora se han realizado numerosas campañas, estas no han logrado su objetivo en gran medida, sobre todo porque no se enfocan directamente en las zonas donde el consumo de agua es mayor con respecto al resto de la ciudad.

En años recientes, la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada ha sido un tema que ha tomado gran relevancia, sobre todo por la necesidad de frenar el hundimiento de la ciudad, pero es importante mencionar que, la reinyección no detendría en forma inmediata y directa el hundimiento del suelo, pues para ello es necesario mantener el proceso por muchos años y frenar la sobreexplotación. A pesar de que ya existe la NOM-014-CONAGUA-2003 que

establece los requisitos para la recarga de acuíferos con agua residual tratada y que la CONAGUA ha estudiado tecnologías avanzadas para procesar el agua residual, las autoridades locales no tienen entre sus prioridades la inyección de agua al subsuelo.

Ante lo anterior queda más que claro que en el suministro de agua potable intervienen numerosos factores y dependencias, pues el GDF, en específico el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, debe trabajar en conjunto con otros organismos como la CONAGUA para lograr que la reinyección del acuífero sea una realidad, pues a pesar de que implica inversiones económicas considerables también significa beneficios importantes para la región, es importante destacar que en el área del alcantarillado y saneamiento se destinan menos recursos en comparación con el servicio de agua potable, pero debe analizarse que un correcto manejo y tratamiento de las aguas residuales se reflejará a su vez en la disminución de contaminación del subsuelo y en la posibilidad de frenar los problemas de hundimiento que a su vez resultan en costos extras, pues no sólo se afectan viviendas, oficinas, banquetas, etc., sino también se provoca que la infraestructura de agua potable y en especial la de drenaje, resulten dañadas.

Protección de las fuentes de suministro

La instalación necesaria para extraer agua de los diferentes pozos de abastecimiento de las potabilizadoras, se encuentra protegida por bardas en donde únicamente personal autorizado puede ingresar; sin embargo, el verdadero peligro de contaminación del acuífero se encuentra en el propio subsuelo, en el cual se infiltran lixiviados y aguas residuales debido a fugas que se presentan en el sistema, por lo anterior, es primordial que se realicen programas para la protección del acuífero, para ello es necesario que se reflexione que el trabajo realizado por cada dependencia y organismo desconcentrado del Distrito Federal está relacionado y tiene efectos sobre las actividades realizadas por el resto de ellos, por ejemplo, una mala gestión de residuos sólidos implica que, parte de estos son destinados a sitios no controlados los cuales contaminan el suelo y agua, a partir de los lixiviados y compuestos de nitrógeno y fósforo, ya que cuando estos llegan a una masa de agua, aumenta el contenido de nutrientes provocando a su vez la eutrofización del cuerpo receptor.

En el caso de fuentes superficiales deben implementarse las medidas necesarias para restringir el acceso, así como la descarga de aguas residuales, lo anterior es un aspecto relevante sobre todo en las fuentes de abastecimiento del sistema Cutzamala, ya que estas se caracterizan por ubicarse en regiones donde gran parte de las comunidades no cuentan con conexión al drenaje municipal y por lo

tanto las aguas residuales domésticas son descargadas a los cuerpos de agua cercanos.

También deben protegerse los manantiales y demás fuentes superficiales que aún se ubican dentro de la ciudad, en el caso particular del Río Magdalena se deberían realizar las acciones necesarias para evitar que los visitantes del Parque Nacional Los Dinamos pueden ingresar a la obra de captación, pues generalmente depositan basura y demás contaminantes que no fueron considerados en el diseño del tren de tratamiento de la potabilizadora.

En conclusión, la potabilización del agua para el suministro de la Ciudad de México es un tema sumamente importante, pero lamentablemente, y a pesar de tratarse de un líquido necesario para la vida, no se llevan a cabo las acciones necesarias, pues de nada sirve poner en marcha plantas potabilizadoras con tratamientos sofisticados y que incluyen lo más reciente de tecnología, si no se van a saber aprovechar y cuidar los recursos invertidos.

Una de los grandes problemas que se tiene, es que no se contrata a personal capacitado en el tema, aun cuando en la Ciudad de México se ubican algunas de las principales universidades del país y que preparan a profesionales en el área. También es necesario que se establezca un departamento realmente comprometido con el monitoreo de la calidad del influente y efluente de las potabilizadoras, así como del agua en red, ya que a pesar de que en el SACMEX se tienen registros de calidad del agua, la gran mayoría de estos fueron realizados por consultorías particulares y aquellos que se llevaron a cabo por el Laboratorio Central del Sistema de Aguas dejan muchas dudas sobre si se siguió el procedimiento estipulado en la NOM-230-SSA1-2002 y con la frecuencia de muestreo marcada en la NOM-179-SSA1-1998.

De igual forma, se debe crear conciencia en los habitantes de la Ciudad de México sobre los retos que implica el poder llevar agua potable hasta sus hogares, sobre todo ahora que la respuesta a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento incluye el transportar agua desde zonas cada vez más lejanas.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Research Council, National Academy Press, **El Suministros de Agua de la Ciudad de México**, Washington D.C., 1995.
2. Jiménez Cisneros, Blanca E., **La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada**, Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM, FEMISCA, México 2001.
3. César Valdez, Enrique, **Abastecimiento de agua potable**, UNAM, México 1990.
4. Romero Rojas, Jairo, **Potabilización del Agua**, Tercera Edición, Ed. Alfaomega, México 1999.
5. Olivares Roberto, Sandoval Ricardo, **El agua potable en México: Historia reciente, actores, procesos y propuestas**, ANEAS, México 2008.
6. Ramalho, R.S., **Tratamiento de aguas residuales**, Segunda Edición, Ed. Reverté S.A., 1993.
7. Montes de Oca, Gloria, **Agua: Tarifa, escasez sustentabilidad en las megaciudades. ¿Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la Ciudad de México?**, Secretaría del Medio Ambiente, México 2007.
8. Tebbutt, T.H.Y., **Fundamentos de control de la calidad del agua**, Ed. Limusa, México 1999.
9. Academia Mexicana de Ciencias, **El agua en México vista desde la Academia**, México 2004.
10. CONAGUA, **Situación del Subsector Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento**, México 2013
11. CONAGUA, **Estadística del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII**, México 2012.
12. Departamento del Distrito Federal, **El Sistema Hidráulico del Distrito Federal: Un servicio público en transición**, México 1982.

13. Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), **Estudio de Evaluación de las condiciones generales de las 21 plantas potabilizadoras que operan en el Distrito Federal**, Tomos I-XXVIII, México 2008.
14. Sistema de Aguas de la Ciudad de México, **Plantas potabilizadoras**, México 2003.
15. Sistema de Aguas de la Ciudad de México, **Diagnóstico de la Situación actual de Diferentes Plantas potabilizadora que opera el SACMEX. Elaboración de estudios y proyectos de infraestructura hidráulica**, Tomos I-XIX, México 2013.
16. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
17. Modificación a la Norma Oficial Mexicana 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.
18. Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.
19. Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
20. Apuntes de la clase "Operación de Plantas" Ing. Raúl Membrillo Pacheco.
21. Apuntes de la clase "Tratamiento de agua para consumo humano" Dr. Enrique César Valdez.

MESOGRAFÍA

1. **Descripción de la Ciudad de México**, Recuperado de "Universia Estudios internacionales", <http://internacional.universia.net/latinoamerica/datos-ciudades/mexico/mexico-df/>

2. **Fundamentos del tratamiento de agua residual**, Recuperado de "Universidad de las Américas de Puebla", http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo2.pdf
3. **Pruebas de tratabilidad**, Recuperado de: "Sistemas hidráulicos y sanitarios Ltda.", <http://www.sihsa.co/es/laboratorio/pruebas-tratabilidad/>
4. **¿Cómo se potabilizan las aguas para consumo humano?**, Recuperado de "Madridmasd", <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/02/25/113410>
5. **Sedimentación**, Recuperado de "Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental", <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/016322/016322-03.pdf>
6. **Desinfección del agua**, Recuperado de "Water treatment solutions LENNTECH", <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
7. **Fuentes de abastecimiento**, Recuperado de "Transparencia DF", http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415
8. **El agua en la ciudad**, Recuperado de "Cuidar el agua es cosa de todos", portal del GDF, <http://cuidarelagua.df.gob.mx/delegacion.html#.VSVXmvmG-Sp>
9. **Agua en México**, Recuperado de "Centro virtual de información del agua", http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=section&id=6&Itemid=300004
10. **Reflexionando sobre el abasto del agua en el DF**, Recuperado de "Fundación Rafael Preciado Hernández, A.C.", http://www.fundacionpreciado.org.mx/biencomun/bc211/agua_DF.pdf
11. **Plan de fortalecimiento al subsector agua y drenaje**, Recuperado de "Sociedad Geológica Mexicana A.C.", http://sociedadgeologica.org.mx/pdfs/01_AguaSubterraneaCdMexico.pdf

12. **Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático**, Recuperado de "Centro virtual de cambio climático Ciudad de México", http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero__inffinal_org.pdf
13. **Diagnóstico de la Cuenca Valle de Bravo**, Recuperado de "Consejo de cuenca del Valle de México", <http://www.cuencaamanalcovalle.org/doctosn/04%20Diagnostico%20de%20la%20cuenca%20Plan%20rector%20VBravo.pdf>
14. **El hundimiento del terreno en la Ciudad de México**, Recuperado del portal del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), http://imta.gob.mx/tyca/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=287&category_id=59&option=com_virtuemart&Itemid=88
15. **Características del Distrito Federal**, Recuperado de "Cuéntame de México", portal del INEGI, <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/>
16. **Descripción Distrito Federal**, Recuperado de "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México", <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/mediofisico.html>
17. **México en cifras**, Recuperado de portal del INEGI, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=9>
18. **Sistema de drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México**, Recuperado de "Sistema multimedia de apoyo a la docencia" (portal UAM en línea), <http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/libro2-hidrologia/HU1-2-03.pdf>
19. **Alcantarillado Ciudad de México**, Recuperado de "Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM)", <http://cuencavalledemexico.com/informacion/cuenca-del-valle-de-mexico/situacion-del-recurso-hidrico-2/alcantarillado/>
20. Portal de noticias "La Jornada", <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/08/19/inician-rehabilitacion-de-planta-potabilizadora-en-iztapalapa-1068.html>

21. **Presentación Planta potabilizadora Trabajadores del Hierro**, Recuperado de portal ISSUU,
http://issuu.com/iemasee/docs/presentacion_trabajadoreshierro

22. Portal político de noticias,
http://www.portalpolitico.tv/content/2/module/news/op/displaystory/story_id/207/format/html/

23. **Obras concluidas**, Recuperado de portal Obras en mi ciudad del GDF,
<http://www.obrasenmiciudad.df.gob.mx/?p=5136>

24. **Potabilización**, Recuperado de "Centro de investigación y desarrollo tecnológico del agua, Universidad de Salamanca",
http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/curso/uni_08/u8c2s5.htm#Anchor11

25. Portal de noticias "El Universal",
<http://www.eluniversal.com.mx/notas/667616.html>

26. Portal del Sistema de Aguas de la Ciudad de México,
<http://www.sacmex.df.gob.mx/sacmex/index.php/acerca-de/historia-del-sacmex>

27. **El agua en un mundo en constante cambio**, Recuperado del portal UNESCO,
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap_WWDR3_Facts_and_Figures_SP.pdf

28. **Reinyección de agua en los acuíferos**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=1014&n2=NotaP>

29. Portal de noticias "El Universal",
<http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/112849.html>

30. **Los biosólidos: una oportunidad en la agricultura**, Recuperado de "Comisión estatal del agua de Jalisco",
http://www.ceajalisco.gob.mx/notas/documentos/biosolidos_raul_lopez_cea.pdf

31. **Operación de membranas**, Recuperado del portal de la Universidad Politécnica de Cataluña",

- http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6543/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf
32. **Ósmosis Inversa**, Recuperado de "Water treatment solutions LENNTECH", <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm>
 33. **Ósmosis y presión osmótica**, Recuperado del portal de la Universidad de Murcia", <http://www.um.es/molecula/sales06.htm>
 34. **Tecnologías de flotación por aire disuelto-DAF**, Recuperado de "Sistema Nacional de Información Ambiental de Chile", http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_03.pdf
 35. **Planta potabilizadora AICM**, Recuperado del portal del AICM, <http://www.aicm.com.mx/8806/20-08-2014>
 36. Portal de noticias "almomento", <http://www.almomento.mx/en-la-semana-de-entrega-de-obras-hidraulicas-jefe-de-gobierno-inauguro-la-planta-potabilizadora-vista-alegre-en-venustiano-carranza/>
 37. Portal Obras en Mi Ciudad del GDF, <http://www.obrasenmiciudad.df.gob.mx/?cat=66&paged=2>
 38. Portal de noticias "Crónica", <http://www.cronica.com.mx/notas/2014/852201.html>
 39. Portal de noticias "El Universal", <http://www.eluniversal.com.mx/notas/700134.html>
 40. Portal de noticias "El Universal", <http://www.eluniversal.com.mx/notas/667616.html>
 41. **Panorama sociodemográfico del Distrito Federal**, Recuperado del portal de INEGI, http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio/df/panorama_df.pdf
 42. **Perspectiva estadística Distrito Federal 2013**, Recuperado del portal de INEGI, http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/df/702825048471.pdf
 43. **Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 1999**, Recuperado de "Centro de Información y Documentación de la PAOT",

http://centro.paot.org.mx/documentos/inegi/estad%C3%ADsticas_medio_ambiente_1999.pdf

44. **Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002**, Recuperado del portal de INEGI
http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2002/archivo4.pdf
45. **Perfil Socioeconómico del Distrito Federal 2009**, Recuperado del portal de la Cámara de Diputados,
<http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2009/cefp0372009.pdf>
46. **Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010**, Recuperado del portal de CONAPO,
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio
47. **Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2013**, Recuperado del portal de SEDEMA del GDF,
<http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/index.php/temas-ambientales/programas-generales/103-residuos-solidos>
48. **Acciones de Infraestructura de drenaje y abastecimiento de agua en el Valle de México 2007-2012**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Noticias/InformeDifusionIngenieriaPSHCVM.pdf>
49. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2006**, Recuperado de "Centro de Información y Documentación de la PAOT",
http://centro.paot.org.mx/documentos/conagua/inventario_nacional_2006.pdf
50. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2008**, Recuperado de:
https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CD0QFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.agua.org.mx%2Findex.php%2Fcomponent%2Fdocman%2Fdoc_download%2F628-3262-inventario-plantas-potabilizacion-tratamiento-2008%3FItemid%3D&ei=WxwIVdbfloOSyQS_sYHAAQ&usg=AFQjCNGp8vmFT5nu1fJMoYdjhqvbX1fLyQ&sig2=1OkxzPd4C_xnJFmR_phQQ

51. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2009**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Inventario%20nacional%20de%20plantas%20municipales%202009.pdf>
52. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2010**, Recuperado de:
<http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/1/1409/ag0215.pdf?sequence=1>
53. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2011**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/S GAPDS-INVENTRIO%202011%20FINAL.pdf>
54. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2012**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario%20NPMPTARO,2012.pdf>
55. **Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2013**, Recuperado del portal de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción",
http://www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/estadisticas/Estadisticas_2014-2018/Publicaciones-2014/Inventario%20Nacional%20de%20Planta%20Municipales%20De%20Potabilizaci%C3%B3n_SGAPDS-5-14.pdf
56. **Semblanza histórica del agua en México**, Recuperado del portal de CONAGUA,
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/S GP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/S GP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>