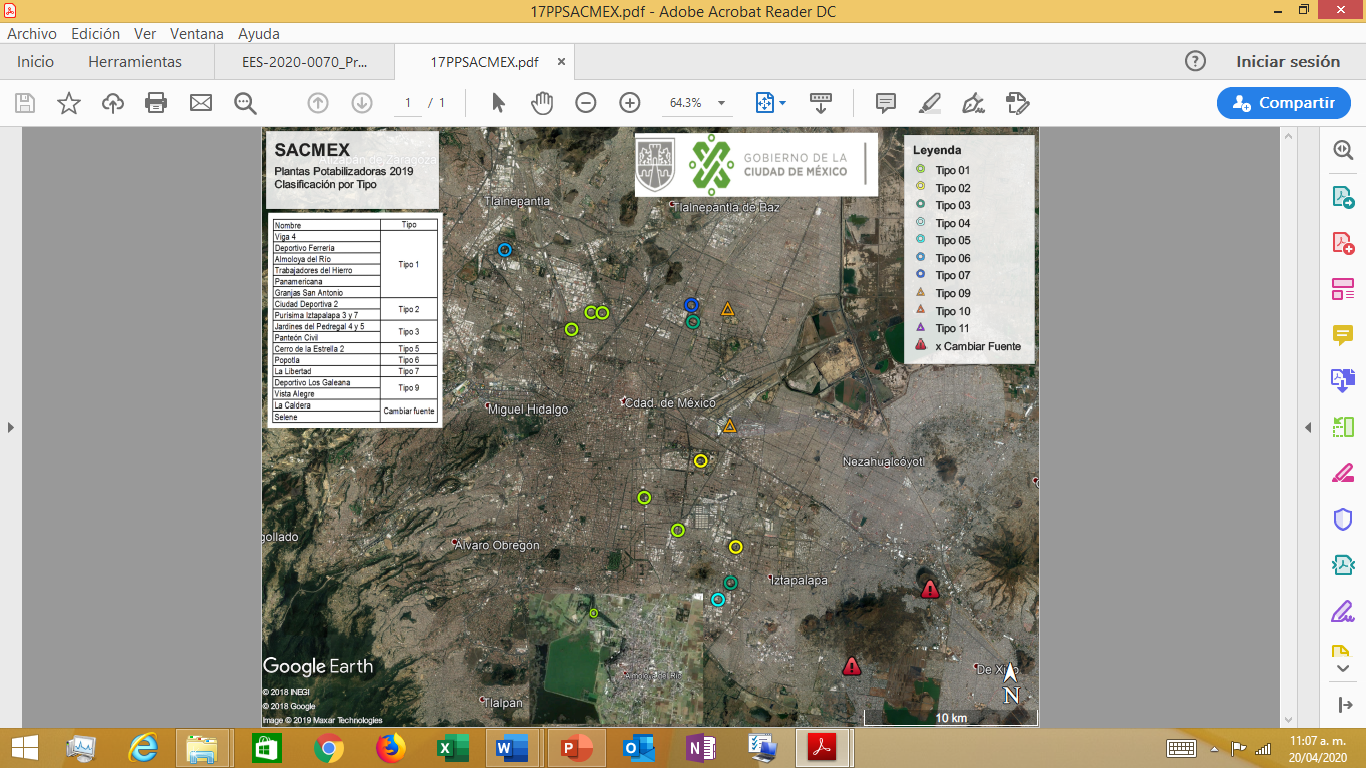
**“PROYECTOS FUNCIONALES PARA LA REHABILITACIÓN INTEGRAL DE 16 PLANTAS POTABILIZADORAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO”**

**CONVENIO DE COLABORACIÓN No. 0011-1O-ED-L-DGAT-IMTA-1-19**



**INFORME FINAL**

**SACMEX**

**Dirección General de Apoyo Técnico y Planeación**

**Subdirección de Planeación y Programación de Obras para el Servicio de Agua Potable**

**IMTA**

**Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua**

**Subcoordinación de Potabilización**

**CONTENIDO**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**1 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LAS PLANTAS POTABILIZADORAS DE ACUERDO CON LA MODIFICACIÓN DEL AÑO 2000 A LA NOM-127-SSA1-1994 1-1**

1.1 OBJETIVO 1-1

1.2 METODOLOGÍA 1-1

1.3 RESULTADOS 1-5

1.4 CONCLUSIONES 1-8

**2 DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS POTABILIZADORAS 2-1**

2.1 OBJETIVO 2-1

2.2 METODOLOGÍA 2-2

2.2.1 Acopio y análisis de información disponible en el SACMEX 2-2

2.2.2 Plan de actividades de evaluación de las unidades de proceso 2-2

2.2.3 Evaluación de las plantas potabilizadoras 2-3

2.3 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO 2-19

2.3.1 Potabilizadora Almoloya del Río 2-23

2.3.2 Potabilizadora Ciudad Deportiva 2 2-24

2.3.3 Potabilizadora Cerro de la Estrella 2 2-26

2.3.4 Potabilizadora Deportivo Ferrería 2-27

2.3.5 Potabilizadora Deportivo Los Galeana 2-28

2.3.6 Potabilizadora Granjas San Antonio 2-30

2.3.7 Potabilizadora Jardines del Pedregal 2-31

2.3.8 Potabilizadora La Caldera Nueva 2-33

2.3.9 Potabilizadora Libertad 2-35

2.3.10 Potabilizadora Panamericana 2-37

2.3.11 Potabilizadora Panteón Civil 2-38

2.3.12 Potabilizadora Purísima 3 y 7 2-41

2.3.13 Potabilizadora Selene 2-43

2.3.14 Potabilizadora Trabajadores del Hierro 2-45

2.3.15 Potabilizadora Viga 4 2-46

2.3.16 Potabilizadora Vista Alegre 2-47

**3 PROYECTOS FUNCIONALES DE MODIFICACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS POTABILIZADORAS 3-1**

3.1 OBJETIVO 3-1

3.2 METODOLOGÍA 3-1

3.3 RESULTADOS 3-2

3.3.1 Potabilizadora Almoloya del Río 3-3

3.3.2 Potabilizadora Ciudad Deportiva 2 3-5

3.3.3 Potabilizadora Cerro de la Estrella 2 3-7

3.3.4 Potabilizadora Deportivo Ferrería 3-9

3.3.5 Potabilizadora Deportivo Los Galeana 3-11

3.3.6 Potabilizadora Granjas San Antonio 3-13

3.3.7 Potabilizadora Jardines del Pedregal 3-15

3.3.8 Potabilizadora La Caldera Nueva 3-17

3.3.9 Potabilizadora Libertad 3-19

3.3.10 Potabilizadora Panamericana 3-21

3.3.11 Potabilizadora Panteón Civil 3-23

3.3.12 Potabilizadora Popotla 3-25

3.3.13 Potabilizadora Purísima 3 y 7 3-27

3.3.14 Potabilizadora Selene 3-29

3.3.15 Potabilizadora Trabajadores del Hierro 3-32

3.3.16 Potabilizadora Viga 4 3-34

3.3.17 Potabilizadora Vista Alegre 3-36

3.4 COSTOS DE OPERACIÓN 3-39

3.4.1 Descripción general 3-39

3.4.2 Costos de energía 3-39

3.4.3 Costos de reactivos 3-51

3.4.4 Costos de mano de obra 3-53

3.4.5 Costos de membranas 3-54

3.4.6 Costos totales 3-56

**4 TÉRMINOS DE REFERENCIA TÉCNICOS PARA LA LICITACIÓN DE LOS PROYECTOS EJECUTIVOS DE MODIFICACIÓN O REHABILITACIÓN DE LAS PLANTAS POTABILIZADORAS. 4-1**

**5 DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN EN CINCO POZOS DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO 5-1**

5.1 ANTECEDENTES 5-1

5.1.1 Clima 5-1

5.1.2 Temperatura media anual 5-2

5.1.3 Precipitación media anual 5-2

5.1.4 Evaporación potencial media anual 5-3

5.1.5 Fisiografía 5-3

5.1.6 Modelo conceptual del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México 5-4

5.2 POZOS SANTA CATARINA 5 Y TULYEHUALCO 6 5-11

5.2.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos de campo 5-12

5.2.2 Toma de muestras en la vertical 5-15

5.2.3 Determinación de parámetros químicos en laboratorio 5-18

5.2.4 Origen de la contaminación del pozo Santa Catarina 5 y el pozo Tulyehualco 6 5-27

5.2.5 Elaboración de estratos de perfiles geológicos con base en sondeos Transitorios Electromagnéticos. 5-32

5.2.6 Propuesta de diseño del pozo de reposición Santa Catarina 5, de tal manera que el agua entregada sea de buena calidad. 5-41

5.2.7 RECOMENDACIÓN 5-45

5.3 POZO POPOTLA 5-46

5.3.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos de campo 5-47

5.3.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos en laboratorio 5-50

5.3.3 Conclusión y Recomendaciones 5-59

5.4 POZO JARDINES DEL PEDREGAL 5B 5-61

5.4.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos de campo y toma de muestras 5-61

5.4.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos de laboratorio 5-63

5.4.3 Diagramas de Piper y Stiff 5-64

5.4.4 Perfiles de calidad del agua 5-66

5.4.5 Diagramas binarios 5-67

5.4.6 Isotopos estables 5-70

5.4.7 Conclusiones y recomendaciones 5-71

5.5 POZO ATORÓN 6 5-72

5.5.1 Determinación de parámetros fisicoquímicos de campo y toma de muestras 5-72

5.5.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos de laboratorio 5-74

5.5.3 Diagramas binarios 5-76

5.5.4 Diagramas de Piper y Stiff 5-78

5.5.5 Isótopos estables 5-80

5.5.6 Conclusiones 5-81

5.6 INTERPRETACIÓN HIDRO GEOQUÍMICA DE LOS PARÁMETROS DE LAS MUESTRAS DE AGUA 5-82

5.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 5-94

**6 PROPUESTA, CON BASE EN RESULTADOS DE PRUEBAS DE TRATABILIDAD, DE SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN PARA POZOS CON ELEVADA CONTAMINACIÓN 6-1**

6.1 OBJETIVO 6-1

6.2 PROBLEMAS DE CALIDAD DEL AGUA ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES ESPECÍFICOS 6-1

6.2.1 Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) 6-2

6.2.2 Nitrógeno Amoniacal 6-3

6.2.3 Sólidos Disueltos 6-4

6.2.4 Materia Orgánica Natural 6-4

6.3 OPCIONES DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ESPECÍFICOS 6-4

6.3.1 Hierro y manganeso 6-5

6.3.2 Nitrógeno Amoniacal 6-7

6.3.3 Sólidos Disueltos Totales 6-9

6.3.4 Materia Orgánica Natural (MON) 6-9

6.4 PRUEBAS PRELIMINARES EN EL POZO TULYEHUALCO 6 (P.P. SELENE) 6-10

6.4.1 Muestreo y caracterización del agua 6-10

6.4.2 Tratamiento con ósmosis inversa 6-11

6.4.3 Tratamiento con carbón activado 6-12

6.4.4 Resultados 6-12

6.4.5 Conclusión 6-14

6.5 PRUEBAS DE TRATABILIDAD EN LA PLANTA POTABILIZADORA VISTA ALEGRE 6-15

6.5.1 Descripción general 6-15

6.5.2 Extracción del agua 6-18

6.5.3 Granulometría de medios filtrantes 6-18

6.5.4 Pruebas a escala piloto 6-23

6.5.5 Tratamiento del agua de retrolavado de filtros 6-34

6.5.6 Pruebas a escala semi piloto 6-35

6.5.7 Resultados 6-41

6.5.8 Conclusiones 6-90

6.6 PRUEBAS DE TRATABILIDAD EN LA PLANTA POTABILIZADORA LA CALDERA 6-91

6.6.1 Caracterización del agua 6-91

6.6.2 Pruebas a escala piloto 6-92

6.6.3 Pruebas a escala semi-piloto 6-97

6.6.4 Pruebas con ozono a nivel laboratorio 6-103

6.6.5 Resultados 6-105

6.6.6 Conclusiones 6-141

6.7 PRUEBAS DE TRATABILIDAD CON AGUA DEL POZO CERRO DE LA ESTRELLA 2 6-142

6.7.1 Antecedentes 6-142

6.7.2 Metodología 6-144

6.7.3 Resultados 6-145

6.7.4 Conclusiones 6-148

6.8 PRUEBAS DE TRATABILIDAD CON INFLUENTE DE LA P.P. SANTA CATARINA 6-148

6.8.1 Antecedentes 6-148

6.8.2 Tratamientos 6-149

6.8.3 Metodología 6-151

6.8.4 Resultados 6-156

6.8.5 Conclusiones 6-163

6.9 REFERENCIAS 6-164

**7 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO, EN OTROS POZOS DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO CON SIMILARES CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA 7-1**

7.1 OBJETIVO 7-1

7.2 METODOLOGÍA 7-1

7.3 SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN TIPO 7-3

7.3.1 Tipo 1 7-3

7.3.2 Tipo 2 7-7

7.3.3 Tipo 3 7-11

7.3.4 Tipo 4 7-12

7.3.5 Tipo 5 7-14

7.3.6 Tipo 6 7-16

7.3.7 Tipo 7 7-18

7.3.8 Tipo 8 7-19

7.3.9 Tipo 9 7-20

7.3.10 Tipo 10 7-22

7.3.11 Tipo 11 7-23

7.3.12 Potabilizadoras para cambiar la fuente de abastecimiento 7-25

7.4 CALIDADES DE AGUA DEL INFLUENTE Y EFLUENTE DE LAS PLANTAS POTABILIZADORAS. 7-26

7.4.1 Acueducto Tlahuac- la Caldera 7-26

7.4.2 Acueducto Sierra Sta. Catarina 7-29

7.4.3 Agrícola Oriental 7-31

7.4.4 Auxiliar Xotepingo 4-C 7-35

7.4.5 Av. Del Castillo 7-35

7.4.6 Balbuena 2 7-38

7.4.7 Carlos L. Gracidas 7-40

7.4.8 Cerrillos 2 7-41

7.4.9 Cerrillos 3 7-42

7.4.10 Ejército de Agua Prieta 7-43

7.4.11 Escudo Nacional 2 7-44

7.4.12 Iztapalapa 2 7-45

7.4.13 Iztapalapa 8 7-47

7.4.14 La Pastora 7-50

7.4.15 Purísima 2 7-53

7.4.16 Purísima Democrática 7-56

7.4.17 Purísima Iztapalapa 3 Y 7 7-59

7.4.18 Purísima Iztapalapa 4 7-63

7.4.19 R-11 7-65

7.4.20 Río Magdalena 7-66

7.4.21 Río Magdalena 2 7-67

7.4.22 Río Hondo - Agrícola Pantitlán 7-68

7.4.23 S-13 7-70

7.4.24 San Lorenzo Tezonco 7-71

7.4.25 San Lorenzo Tezonco Nuevo 7-72

7.4.26 San Luis Nuevo 7-75

7.4.27 Sta Catarina 4 7-75

7.4.28 Sta Catarina 8 Y 9 7-76

7.4.29 Sta Catarina 10 7-78

7.4.30 Sta Catarina 11 7-81

7.4.31 Sta Catarina 12 7-83

7.4.32 Sta Catarina 13 7-86

7.4.33 Sta Cruz Meyehualco 7-89

7.4.34 Sta Ma. Aztahuacan 7-94

7.4.35 Tecómitl 2 7-97

7.4.36 Tlacotal 7-98

7.4.37 Tecómitl 18 7-102

7.4.38 Viga 2 7-103

7.4.39 Xaltepec 7-104

7.5 ÁREAS DISPONIBLES EN LAS PLANTAS 7-106

7.6 CONCLUSIONES 7-121

**8 ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO EN LA REHABILITACIÓN O RECONSTRUCCIÓN DE NUEVE (9) PLANTAS POTABILIZADORAS 8-1**

8.1 ASISTENCIA TÉCNICA PARA LICITACIONES EL SACMEX 8-1

8.1.1 Programación de los concursos 8-1

8.1.2 Visitas a sitio 8-4

8.1.3 Junta de aclaraciones 8-19

8.1.4 Revisión de las propuestas técnicas 8-22

8.2 REVISIÓN DE PROYECTOS Y SEGUIMIENTO DURANTE LAS OBRAS Y PUESTA EN MARCHA DE LAS POTABILIZADORAS 8-53

8.2.1 Introducción 8-53

8.2.2 Metodología 8-53

8.2.3 Reunión inicial de coordinación 8-61

8.2.4 Resultados del análisis granulométrico a las muestras de materiales filtrantes 8-65

8.2.5 Potabilizadora Trabajadores del Hierro 8-75

8.2.6 Potabilizadora Deportivo Ferrería 8-101

8.2.7 Potabilizadora Panamericana 8-119

8.2.8 Potabilizadora Jardines del Pedregal 8-148

8.2.9 Potabilizadora Granjas San Antonio 8-178

8.2.10 Potabilizadora Viga 4 8-205

8.2.11 Potabilizadora Libertad 8-232

8.2.12 Potabilizadora Ciudad Deportiva 8-256

8.2.13 Potabilizadora experimental Cerro de la Estrella 8-281

8.2.14 Minutas de reuniones 8-296

**9 REVISIÓN DE PROYECTOS A NIVEL DE INGENIERÍA BÁSICA DE CUATRO (4) PLANTAS POTABILIZADORAS 9-1**

9.1 PP CERRO DE LA ESTRELLA 2 9-1

9.1.1 Ingeniería arquitectónica 9-1

9.1.2 Ingeniería estructural 9-3

9.1.3 Ingeniería eléctrica 9-5

9.1.4 Ingeniería de instrumentación y control 9-7

9.1.5 Catálogo y programa de obra 9-8

9.2 PP LA CALDERA 9-14

9.2.1 Ingeniería arquitectónica 9-14

9.2.2 Ingeniería estructural 9-16

9.2.3 Ingeniería eléctrica 9-18

9.2.4 Ingeniería de instrumentación y control 9-18

9.2.5 Catálogo y programa de obra 9-19

9.3 PP POPOTLA 9-27

9.3.1 Ingeniería arquitectónica 9-27

9.3.2 Ingeniería estructural 9-28

9.3.3 Ingeniería eléctrica 9-30

9.3.4 Ingeniería de instrumentación y control 9-31

9.3.5 Catálogo y programa de obra 9-32

9.4 PP PURÍSIMA 3 Y 7 9-38

9.4.1 Ingeniería arquitectónica 9-38

9.4.2 Ingeniería estructural 9-40

9.4.3 Ingeniería eléctrica 9-42

9.4.4 Ingeniería de instrumentación y control 9-43

9.4.5 Catálogo y programa de obra 9-44

**10 ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO DURANTE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO INTEGRAL DE (2) DOS PLANTAS POTABILIZADORAS 10-1**

10.1 PLANTA POTABILIZADORA PANTEÓN CIVIL 10-1

10.1.1 Diseño funcional 10-2

10.1.2 Arquitectónico 10-2

10.1.3 Estructural 10-8

10.1.4 Eléctrico 10-17

10.1.5 Instrumentación y control 10-20

10.1.6 Catálogo y programa de obra 10-26

10.2 PLANTA POTABILIZADORA VISTA ALEGRE 10-35

10.2.1 Diseño funcional 10-36

10.2.2 Arquitectónico 10-36

10.2.3 Estructural 10-40

10.2.4 Eléctrico 10-51

10.2.5 Instrumentación y control 10-53

10.2.6 Catálogo y programa de obra 10-63

**11 REVISIÓN DE LOS PROYECTOS FUNCIONALES Y LA INGENIERÍA BÁSICA DE DOS (2) PLANTAS POTABILIZADORAS. 11-1**

11.1 PLANTA POTABILIZADORA XALTEPEC 11-1

11.1.1 Diseño funcional presentado por SUEZ 11-1

11.1.2 Evaluación de la propuesta 11-10

11.2 PLANTA POTABILIZADORA STA CATARINA 8 Y 9 11-15

11.2.1 Diseño funcional presentado por SUEZ 11-15

11.2.2 Evaluación de la propuesta 11-22