Sistema de tratamiento de agua potable en la ciudad de Guayaquil. Caso de estudio

Objetivo:

- Conocer el sistema de tratamiento de agua potable en la ciudad de Guayaquil.
- Características de las plantas de tratamiento, toma de agua, distribución, calidad de agua para consumo humano.

Antecedentes históricos:

- En el antiguo Egipto vaciaban el agua en vasijas de barro
- Las culturas orientales, usaban arena o barro poroso a manera de filtros
- ECAPAG se creo a partir de la consolidación de la EPAP-G con la EMAG, para mejorar cobertura y calidad de los servicios.
- Se inició proceso de modernización que condujo a la concesión de los servicios en el 2001 a International Water Services (Interagua).
- Plazo de vigencia de contrato de la concesión es de 30 años
- ECAPAG es la encargada de controlar que Interagua cumpla con los términos del contrato y normas.

Introducción

- Los sistemas de agua potable y saneamiento son parte esencial de la infraestructura básica que permite proveer las condiciones mínimas de calidad de vida, salud pública y protección del ambiente a que tiene derecho todo individuo.

- En 1995, ECAPAG inició un proceso de modernización y mejora lo que condujo a la concesión. Recibió asistencia técnica y financiamiento del BID en la que incluyó la preparación de la concesión de los servicios de agua potable y alcantarillado.

- El objetivo principal de la concesión es mejorar las condiciones de prestación de los servicios de agua, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial dentro de la ciudad de Guayaquil.

- En el cuadro siguiente se presenta un esquema de la planificación para la instalación de conexiones domiciliarias dentro de los 5 primeros años de concesión. (Referencia: Interagua)

Año	Porcentaje	Conexiones
1	0%	0
2	15%	8.288
3	20%	11.051
4	30%	16.576
5	35%	19.399
Total	100%	55.253

Descripción del proyecto

Ubicación:

- Captación del agua cruda del río Daule en la planta la Toma, con capacidad de potabilización de 952,000 m^3/día, ubicada a 26,5 Km. al norte de la ciudad

- Cuenta con 4 captaciones de agua cruda, ésta es derivada mediante tuberías de impulsión (42, 50, 60, y 2 de 1800 mm de diámetro) a 3 plantas de tratamiento.

- Después el líquido es conducido hacia la red de distribución por medio de 4 acueductos (42, 50, 70 y 2000 mm de diámetro)

- Los acueductos de 42, 50 y 72 sirven como medio de distribución.

- El de 2000 mm conduce el agua directamente al reservorio Tres Cerritos. Opera de sur a norte de la ciudad.

¿Por qué se le aplican tratamientos al agua?

-Eliminar microorganismos y sustancias químicas dañinas

-Evitar que tenga color, olor y sabor desagradables

-Disminuir el efecto corrosivo

Productos Químicos Utilizados

A continuación se muestran la tabla con los consumos de los principales químicos empleados en La Toma durante agosto del 2002 a julio del 2003.

CONSUMO DE QUIMICOS (Kg)	Ago-02	Sep-02	Oct-02	Nov-02	Dic-02	Ene-03	Feb-03	Mar-03	Abr-03	May-03	Jun-03	Jul-03
Sulfato de aluminio liquido	1.243.298	1.197.289	1.343.000	1.191.637	1.159.222	1.391.410	2.113.185	2.635.273	2.086.332	1.915.958	1.449.543	1.287.081
Sulfato de aluminio sólido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cal	0	0	91.375	116.800	92.744	68.555	121.669	170.116	174.769	144.147	103.925	144.025
Cloro	93.943	97.567	106.556	106.428	111.000	109.943	112.135	130.238	115.622	118.404	102.832	108.194
Polímero Superfloc	0	0	0	0	0			334	2.546	4.855	4.275	3.390
Polímero Praestol	0	0	0	0	0	0	4.400	34.500	1.007	1.272	1.072	1.024

Los insumos químicos empleados por Interagua durante el 2000 al 2002 fueron:

Meses	Químicos (kg)				
	Sulfato de aluminio líquido	Sulfato de aluminio sólido	Cal	Cloro	Polímero
Enero	1858396	161250	167250	118897.5	102
Febrero	2477454	197050	100550	111082.5	347.5
Marzo	3785836.5	352300	85787.5	141609	1154
Abril	3981350.5	316150	165270	135160	1298
Mayo	2370906.5	312500	149945	126995	262
Junio	1408066.5	126325	192737.5	92473.5	0
Julio	1186434	141700	138950	101108.5	0
Agosto	1157607.5	139100	124450	106951.5	0
Septiembre	1226842	145450	170872.5	108211	0
Octubre	1320176.5	144125	142927.5	112044	0
Noviembre	1186183	142275	155300	106759.5	0
Diciembre	1132865.5	141150	176575	113311.5	0

*Basado en históricos 2000-2002

Fuente: Interagua

Tratamiento del agua cruda

El sistema de tratamiento del agua cruda está integrado por tres plantas de potabilización localizadas en el Complejo “La Toma”.

Planta Convencional.

Planta Lurgi.

Planta Nueva.

Planta Convencional

-Cuenta con 2 módulos independientes y completos.

-Floculación, clarificación, filtración y cisternas. Existe la posibilidad de aplicar precloración (pre-desinfección), ayudante de floculación (polímero), post-cloración (desinfección) y alcalinizante.

-Capacidad total de 499.352 m^3/d, aunque opera a una capacidad de 360 000 m^3/d

Planta Lurgi

-Cuenta con 4 módulos independientes. Capacidad de 160 000 m^3/d

-La planta sigue el concepto de reactores de lodos de contacto acompañados con sedimentación acelerada, para lo cual emplea 4 reactores cilíndricos de doble propósito floculación-clarificación, llamados “Sedimat”.

-Provista de un sistema mecánico de mezcla lenta, para facilitar los choques entre los flóculos presentes en el manto.

-La zona central de contacto de sólidos recibe la aplicación de una suspensión de cal para mejorar las características del manto de lodo y la corrección del pH y de la alcalinidad.

Planta Nueva

- Cconstruida en el año 1994. Es del tipo contacto-recirculación de lodos y sedimentación, constituida de 2 sectores iguales ("Sector A" y "Sector B"), con capacidad de 432.000 m^3/d

- Tiene 6 clarificadores por contacto de lodo y 16 filtros rápidos a gravedad, para cada sector. Cada clarificador fue proyectado para recibir un caudal de 72.000 $m^{3/}$día y cumplen la función de sustituir los floculadores y decantadores de plantas convencionales.

- El agua decantada descarga a 8 filtros idénticos, posteriormente el agua filtrada es recolectada por canales centrales que transportan el agua a los reservorios

Tanques de almacenamiento	Capacidad m3	Niveles		Fuente de abastecimiento	Año de instalación	En servicio
		Fondo (m)	Techo (m)			
# 1	4 764	70,00	74,85	Planta Convencional	1950	Si
# 2	6 289	70,00	74,89	Planta Convencional	1950	Si
# 3	4 727	70,00	74,82	Planta Lurgi	1970	Si
A Sector	5 000	88,85	90,85	Planta Nueva	1994	Si
B Sector	5 000	88,85	90,85	Planta Nueva	1994	Si

Fuente: Interagua

Sistema de distribución

Se encuentra integrado con el sistema de conducción proveniente de La Toma, y es alimentado en su mayoría por gravedad, sin embargo existen zonas donde la provisión se realiza empleando sistemas de rebombeo hacia tanques elevados locales.

-El sistema formal de distribución de agua potable de la ciudad que opera está conformado por los siguientes componentes:

Redes convencionales: se dividen en 4 zonas que son: Noroeste, Noreste, Centro y Sur. Debido a las condiciones de deterioro de las redes recibidas en la actualidad el sistema está en mantenimiento en las zonas Centro y Sur.

Bocatomas: destinadas a provisionar carros cisterna. Las obligaciones de Interagua en relación a la operación de las bocatomas se centran en asegurar la provisión con la continuidad y calidad debidas, además de vigilar el cumplimiento de los horarios de servicio fijados a los concesionarios.

El volumen total de agua provista por Interagua a los concesionarios de bocatomas es de aproximadamente 200.000 m^3/mes. Estos tanqueros cobran $ 0,70 por recipiente de 200 litros

Sistema de Piletas:

-Existen 153 piletas registradas en el sistema comercial de Interagua. Cada una de ellas es administrada por un habitante de la comunidad.

-La distribución desde la pileta a cada una de las viviendas vecinas se realiza habitualmente con mangueras las que se desplazan conforme al orden acordado por la propia comunidad.

- El volumen de agua potable que Interagua distribuye mensualmente a las piletas es de aproximadamente 100 000 m^3 al mes.

-La mayoría de estos sistemas cuenta con un medidor que registra los volúmenes provistos

-La mayoría de los sectores provistos mediante piletas tienen servicio continuo de 24 horas, sin embargo con frecuencia se presentan fugas en las mangueras usadas por el piletero para la distribución domiciliaria.

SECTOR URBANO	NÚMERO PILETAS	FAMILIAS SERVIDAS
Isla Trinitaria	25	1 250
Los Vergeles	6	600
Mapasingue Este	121	2 750
Puertas al Sol	1	400
TOTAL	**153**	**5 000**

Elaboración: *Efficácitas*
Fuente: Gerencia Comercial de Interagua. Estudio de Factibilidad para la Implementación de Sistemas Formales de Abastecimientos (*sic*) de Agua Potable Alternativos – Piletas Automáticas. Reporte sin fecha.

Programa de Monitoreo Ambiental

Convenio con el INOCAR) para el monitoreo ambiental que comprende resultados de análisis de muestras colectadas mensualmente en 6 perfiles, ubicados en diferentes puntos de los ríos Daule y Guayas, durante el período entre Octubre de 2002 y Febrero de 2003. Con la finalidad de tener datos mensuales de calidad del agua.

La ubicación de los seis perfiles:

Perfil 1: ubicado a 500 metros aguas arriba de la Toma. (Río Daule).

Perfil 2: ubicado a 2000 metros aguas abajo de la Toma (Río Daule).

Perfil 3: ubicado a 500 metros aguas arriba del Puente Rafael Mendoza tramo Guayaquil-Samborondón (Río Daule) después de la Estación de Bombeo Alborada.

Perfil 4: ubicado a 500 metros aguas arriba del Puente Rafael Mendoza tramo Samborondón-Durán (Río Babahoyo) próximo al Cantón Durán.

Perfil 5: ubicado a 500 metros aguas abajo de las Esclusas, y después de la Estación de Bombeo del Guasmo (Río Guayas).

Perfil 6: ubicado 56 kilómetros del perfil 1 (Río Guayas 2° 20’ N - 79° 50’E).

Demanda Bioquímica de Oxígeno

-Entre Octubre de 2002 y Febrero de 2003, los resultados del programa de monitoreo ejecutado por INOCAR, en convenio con Interagua, establecen que las concentraciones de DBO5 para los perfiles 1 y 2 (próximos a la Toma) fluctuaron entre 0,79 mg/l y 2,96 mg/l para el flujo, y entre 1,20 mg/l y 3,30 mg/l para el reflujo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero.

-Los valores promedios registrados para el flujo fueron de 2,55 mg/l para el flujo y de 1,69 para el reflujo.

-El promedio general para las dos mareas fue de 2,1 mg/l. Valores que se encuentran ligeramente sobre el límite permisible de acuerdo a lo establecido en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua para consumo humano previa a la potabilizacion [1]	Preservación de Fauna y Flora [2]	Recreativo mediante contacto secundario [3]
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Oct- 02	1,39	2,96	1,23	1,79	1,43	4,06	1,42	4,91	2 mg/l	n.d	n.d
Nov- 02	1,21	2,52	1,30	3,30	0,45	1,76	1,34	3,48			
Dic – 02	1,09	1,67	1,56	2,07	1,01	4,90	0,22	4,87			
Ene – 03	0,79	1,48	1,29	1,79	1,11	2,07	1,34	1,92			
Feb - 03	1,28	1,30	1,20	1,41	1,17	2,49	1,16	1,85			

Tabla con valores de Oxígeno Disuelto

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua Potable [1]	Preservación de Fauna y Flora [2]	Recreativo mediante contacto secundario [3]
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	5,35	5,79	7,63	7,79	5,99	6,68	5,90	6,50	No menor a 6 mg/l	No menor a 5 mg/l	6,5 – 8,5 mg/l
Noviembre	6,33	6,79	6,21	6,65	5,94	6,51	6,26	6,90			
Diciembre	6,76	7,06	6,62	6,63	5,36	7,47	5,58	6,78			
Enero	6,73	7,09	6,66	7,14	5,58	6,52	5,64	6,62			
Febrero	5,56	5,83	5,24	5,22	5,43	6,05	5,12	6,07			

Temperatura

- Periodo comprendido entre Octubre de 2002 y Febrero de 2003, los valores de temperatura para los seis perfiles, los cuales fluctuaron entre 25,9 °C y 28,2 °C durante el flujo y entre 25,8 °C y 28,3 °C para el reflujo.

Potencial de Hidrógeno (pH)

- Periodo comprendido entre Octubre de 2002 y Febrero de 2003, los valores de pH para los seis perfiles a lo largo de los ríos Daule y Guayas, los cuales oscilaron entre 7,01 y 7,90 para ambos períodos de marea. Rango permisible 6 - 9.

Coliformes Fecales

-Periodo comprendido entre Octubre de 2002 y Febrero de 2003, valores mínimos de 160 UFC/100ml y máximos de 950 UFC/100ml para el flujo, con un valor promedio de **570** UFC/100ml; y para el reflujo de 380 y 1240 UFC/100ml, con un promedio de **691** UFC/100ml; y un valor promedio general para las dos mareas de **630** UFC/100ml.

-Los valores no han sido comparados con los criterios para calidad de agua establecidos en la normativa ambiental vigente, esto se debe a que en la normativa el parámetro coliformes fecales se expresa en unidades de NMP/100ml, mientras que los valores reportados se encuentran en unidades de UFC/100ml impidiendo la comparación.

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua Potable 1	Preservación de Fauna y Flora 2	Recreativo mediante contacto secundario3
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX			
Octubre	< 1	2	< 1	2	< 1	200	< 1	200	n.d	n.d	n.d
Nov.	900	950	600	640	60	1640	20	700			
Diciembre	690	745	595	660	165	1200	75	3250			
Enero	237	374	820	1240	420	1620	460	1360			
Febrero	160	500	380	600	400	3200	360	3000			

Sólidos Totales Disueltos

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua de consumo humano [1]	Preservación Fauna y Flora [2]	Recreativo mediante contacto secundario [3]
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	77	78	46	80	757,31	10753,30	3632,63	8800,52	1000 mg/l	n.d	n.d
Noviembre	111,45	122,22	90,62	116,32	736,17	8209,57	2748,97	8584,53			
Diciembre	98,97	108,08	112,00	119,38	516,32	3819, 60	1281,00	5704,00			
Enero	76,80	80,60	70,63	76,96	118,81	1589,47	85,10	2325,78			
Febrero	66,0	80,20	66,31	71,50	85,60	434,00	68,80	1246,80			

-Para el flujo, con un promedio de 90 mg/l. Para el reflujo, con un promedio de 85 mg/l.

El promedio general para los dos períodos de marea fue de 115 mg/l.

Metales pesados: Cobre

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua potable [1]	Preservación de Fauna y Flora [2]	Recreativo mediante contacto secundario [3]
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	**0,16**	0,01	**0,25**	1,0 mg/l	0,02 mg/l	0,0 mg/l
Noviembre	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,11	0,01	0,11			
Diciembre	0,02	0,10	0,01	0,01	0,03	0,10	0,03	0,10			
Enero	0,005	0,009	0,005	0,006	0,018	0,08	0,017	0,075			
Febrero	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,08	0,01	0,03			

Plomo

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua Potable [1]	Preservación De Fauna y Flora [2]	Recreativo mediante contacto Secundario [3]
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,05	0,02	0,06	0,05 mg/l	0,01 mg/l	0,0 mg/l
Noviembre	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04			
Diciembre	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03			
Enero	n.d	n.d	n.d	n.d	0,003	0,003	0,001	0,003			
Febrero	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001	0,010	0,003	0,008			

Cromo

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua Potable 1	Preservación De Fauna y Flora 2	Recreativo Uso Secundario 3
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,05	n.d	0,05 mg/l	0,0 mg/l
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05			
Diciembre	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,05	0,01	0,03			
Enero	n.d	n.d	n.d	n.d	0,008	0,019	0,010	0,10			
Febrero	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,019	0,004	0,029			

0.05 mg/l valor permisible establecido por la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes (TULAS, 2002)

Cadmio

Meses de Muestreo	Perfiles de Monitoreo								Regulaciones* Límite Máximo Permisible		
	Perfiles 1 y 2				Perfiles del 3 al 6				Agua Potable 1	Preservación De Fauna y Flora	Recreativo Uso Secundario
	Flujo		Reflujo		Flujo		Reflujo				
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01 mg/l	0,001 mg/l	0,0 mg/l
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Enero	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003			
Febrero	n.d	n.d	0,002	0,003	n.d	n.d	0,001	0,003			

Como se determina la calidad de agua?

- Toma de muestras en pequeñas cantidades de agua para analizarla en un laboratorio. - Los laboratorios analizan estas muestras según varios factores, y ven si está dentro de los estándares de la calidad para el agua.

-Uno de estos factores es el número de colonias de bacterias coliformes

-Otro factor es la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización.

Calidad de Agua Potable
Enero a Julio del 2002

Ref.	CVE (1) PARAMETROS / Método de analisis utilizado	Convencional: Número total de muestras en el periodo	Convencional: Muestras exceden el CVE: Número	Convencional: Muestras exceden el CVE: %	Lurgi: Número total de muestras en el periodo	Lurgi: Muestras exceden el CVE: Número	Lurgi: Muestras exceden el CVE: %	Nueva (10mes): Número total de muestras en el periodo	Nueva (10mes): Muestras exceden el CVE: Número	Nueva (10mes): Muestras exceden el CVE: %	Red de Distribución: Número de Muestras	Red de Distribución: Muestras exceden el CVE: Número	Red de Distribución: Muestras exceden el CVE: %
Análisis básico de referencia													
1	**Componentes microbiológicos**												
1.1	COLIFORMES TOTALES Tubos múltiples	212	0	0	212	0	0	212	0	0	3474	0	0,0
1.2	COLIFORMES FECALES Tubos múltiples	212	0	0	212	0	0	212	0	0	3474	0	0,0
1.3	BACTERIAS AEROBIAS TOTALES Placa porosa	212	0	0	212	0	0	212	0	0	3474	129	3,7
2	**Componentes/caracteristicas fisico-quimico**												
2.1	CLORO RESIDUAL LIBRE O-tolidina	5064	238	4,7	4986	171	3,43	5062	337	6,66	3491	11	0,3
2.2	PH Electrométrico	5064	1994	39,4	4986	2152	43,2	5062	1301	25,7	828	170	20,5
2.3	TEMPERATURA Termómetro Celsius de Mercurio	5064	0	0	4986	0	0	5062	0	0	828	0	0,0
2.4	TURBIEDAD Nefelométrico	5064	0	0	4986	0	0	5062	0	0	828	1	0,1
Análisis básico adicional													
1	ACIDO SILFHIDRICO (S^{2-})Azul de Metileno	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
2	Aluminio (Al) Aluminón	30	0	0	30	0	0	30	0	0	116	0	0,0
3	CLORUROS (Cl^{1-}) Argentométrico (Mohr)	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
4	COBRE (Cu) Bicinchoninate	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
5	COLOR Platino-Cobalto Standards	211	6	2,84	211	1	0,47	211	6	2,84	828	31	3,7
6	DUREZA (CO_3Ca) Titulación EDTA	211	0	0	211	0	0	211	0	0	828	0	0,0
7	HIERRO (Fe) Fenantrolina	30	0	0	30	0	0	30	0	0	116	0	0,0
8	MANGANESO (Mn) Periodato oxidación	30	0	0	30	0	0	30	0	0	116	0	0,0
9	NITRATOS (NO_3^{1-}) Reducción cadmio	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
10	NITRITOS (NO_2^{1-}) Diazotización	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
11	OXIGENO DISUELTO (O_2) Winkler	211	0	0	211	0	0	211	0	0	828	2	0,2
12	SABOR-OLOR	211	0	0	211	0	0	211	0	0	828	0	0,0
13	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES Electrométrico	211	0	0	211	0	0	211	0	0	828	0	0,0
14	SULFATO (SO_4^{2-}) Turbidimétrico	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
Análisis completos													
1	CADMIO (Cd) Ditizona	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
2	CROMO HEXAVALENTE(Cr^{6+}) 1.5-Diphenylcarbonydrozide	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0
3	PLOMO (Pb) Ditizona	7	0	0	7	0	0	7	0	0	21	0	0,0

(1) Concentración o valor establecido como limites permisibles