

INFORME DE CAMPO

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE RESIDENCIAL VISTAS DEL MOMOTOMBO



Resistencia!
**CON FE Y
ESPERANZA!**

CONTENIDO

I.	PARTICIPANTES.....	3
II.	OBJETIVOS.....	3
2.1	GENERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
III.	UBICACIÓN.....	3
IV.	DESARROLLO.....	4
4.1	Caracterización del agua residual.....	4
4.2	Descripción del Sistema.....	4
4.2.1	Pretratamiento.....	4
4.2.2	Reactor aerobio.....	7
4.2.3	Sedimentador secundario.....	8
4.2.4	Desinfección.....	10
4.3	Manejo de desechos generados por el sistema.....	11
4.4	Calidad de Agua.....	14
4.5	Mantenimiento del sistema.....	14
4.6	Otras observaciones.....	14
4.6.1	Análisis de Facturas entregadas.....	15
4.6.2	Breve Análisis de estadísticas de facturación.....	16
V.	CONCLUSIONES.....	22
VI.	RECOMENDACIONES.....	22

*Vamos
adelante!*
**CON FE Y
ESPERANZA!**

I. PARTICIPANTES.

Nombre y apellido	Institución / empresa	Cargo
Ligia Urroz	Vistas del Momotombo	Jefa de Proyectos
Juan Carlos Ortega	Vistas del Momotombo	Operador del STAR
Genaro Carrero	Vistas del Momotombo	Supervisor STAR
Carlos Aguirre López	INAA	Especialista Ambiental

II. OBJETIVOS.

2.1 GENERAL.

- Realizar un análisis técnico del funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la Urbanización Vistas del Momotombo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir el funcionamiento de las distintas unidades de tratamiento con las que cuenta el STAR.
- Verificar el cumplimiento de la legislación aplicable a Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y desechos generados por estas.

III. UBICACIÓN

El sistema de tratamiento de aguas de la Urbanización Vistas del Momotombo está ubicada en la ciudad de Managua en el departamento de Managua, En el KM 19.5 carretera nueva hacia León.

IV. DESARROLLO.

4.1 Caracterización del agua residual.

Aún no se cuenta con datos de calidad de agua residual, los cuales junto con el volumen a tratar son la base para el diseño y dimensionamiento de todo sistema de tratamiento.

4.2 Descripción del Sistema.

4.2.1 Pretratamiento.

El agua entra a través de un canal, en el cual un sistema de rejillas retiene sólidos de gran tamaño (rocas, desechos domiciliarios, ramas etc.), esta rejilla es limpiada de forma cotidiana al menos dos veces al día o cuando el operador observa que es requerido.

De acuerdo al operador del sistema los sólidos retenidos son dispuestos en sacos y llevados al botadero municipal, durante la inspección no se presentaron recibos de ingreso al botadero de estos residuos. La empresa debe documentar estos envíos con un registro de ingresos, donde se plasmen los volúmenes que son remitidos al botadero y el respectivo recibido de la administración del mismo, asegurando así que estos no son dispuestos en otras zonas no autorizadas ya sea por la alcaldía municipal o MARENA.



Foto 1. Canal de entrada



Foto 2. Rejillas de separación de sólidos.

Luego de las rejillas, el influente residual pasa por una canaleta Parshall, el objetivo de este tipo de unidad es facilitar la medición del caudal de entrada, para esto se debe conocer de previo la velocidad el agua que pasa por esta sección y la altura de la columna de agua que pasa por dicho punto, ya que las medidas de la sección son conocidas desde el diseño.

La altura de la columna se mide utilizando la graduación que se encuentra en uno de sus costados de la canaleta, esta herramienta facilita que se lleven registros de volúmenes constantes y sistemáticos, para así poder evaluar el funcionamiento del sistema y sus capacidades de remoción en base al volumen de agua que entra; no obstante, estos registros no son llevados por los operadores del sistema. De acuerdo a la ingeniera de proyectos el volumen de agua residual tratado es estimado, considerándose éste en el 70% del agua potable consumida por cada vivienda, este dato se lleva de forma mensual junto a los datos de facturación del sistema de agua.



Foto 3. Graduación de canaleta Parshall

Posterior a la separación inicial de sólidos de gran tamaño el agua residual es enviada a un desarenador, en esta unidad existen dos procesos, una separación de sólidos de tamaño medio, realizada por una caja de filtración y una sedimentación de arenas y sólidos suspendidos que estén contenidas en las aguas.



Foto 4. Caja filtro



Foto 5. sedimentador

La limpieza de la caja filtro es realizada de forma manual por el operador del sistema, según el operador esta actividad le toma entre 20 a 25 minutos en realizar, tiempo durante el cual la caja en limpieza es reemplazada con una de las dos cajas de respaldo, no obstante durante la inspección ambas cajas de respaldo se encontraban en mal estado, por lo que cada vez que se deben retirar el material filtrado las aguas, durante 20 o 25 minutos, pasan a la próxima etapa del proceso con exceso de sólidos.



Foto 6 y 7 cajas filtro en mal estado

Seguido de la caja filtro, las aguas pasan a un sedimentador/desarenador. En esta unidad el tiempo de retención es muy bajo, por lo que solo sedimentarán sólidos con altas densidades como: arena, piedras, metales etc. El agua por rebose es enviada a un canal de derivación el cual las dirige a la siguiente unidad, al ser por rebose solamente la lámina superficial de aproximadamente 5 centímetros de columna de agua ingresa al canal de derivación, dicha columna ya se encuentra libre de arenas que representen un peligro a la operación de etapas posteriores de tratamiento.

4.2.2 Reactor aerobio.

El agua libre de arenas y sólidos suspendidos de tamaño medio, por gravedad llegan hasta es un reactor aerobio con aireación mecánica, la cual es realizada por 6 blowers o aireadores, los que se encargan de mantener el nivel de oxígeno requerido por los microorganismos que degradan materia orgánica y macronutrientes como Nitrógeno, y al mismo tiempo elevan el nivel de difusión del aire al incrementar la turbulencia de inyección de este, aumentando de igual forma la solubilidad el oxígeno en el medio líquido y por ende mejorar el aprovechamiento de este.

Otro aspecto importante y que determina una exitosa proliferación de las bacterias que degradan la materia orgánica son el pH y la temperatura, los cuales no están siendo monitoreados ni controlados por los operadores. Tanto los rangos de pH como de temperatura óptimos para el tipo de sistemas y bacterias existentes deben estar descritas en el diseño del sistema y manual de operación y mantenimiento del mismo y ser monitoreados de forma constante, una disminución o incremento a niveles no deseado de estos parámetros debe ser manejado de acuerdo a las recomendaciones del diseñador, y dicho procedimiento debe estar igualmente descrito en el manual de operación como una actividad normal del operador.



Foto 8. Reactor

4.2.3 Sedimentador secundario.

Cuando el agua ya posee concentraciones de materia orgánica y macronutrientes bajas, esta es pasada a un sedimentador secundario, que en teoría sirve como un clarificador para el agua residual, esta unidad tiene un tiempo de retención bastante mayor a la del primer sedimentador, dado que las partículas que deben ser sedimentadas deberían ser principalmente bacterias, generadas en la unidad anterior, las cuales poseen una densidad menor que las arenas sedimentadas al inicio del proceso. Es así que las aguas lentamente se transportan a través de la unidad, finalmente la lámina superior de la columna de agua es dispuesta en un canal de "aguas claras", evitando así que los sedimentos contenidos en los estratos inferiores de la columna entren a dicho canal.

Durante la inspección se observó un exceso de sólidos suspendidos en esta unidad y en las "aguas claras", lo cual pudiera ser causado por alguna o varias de las siguientes razones:

1. Malas remociones en etapas anteriores, generando exceso de sólidos suspendidos de gran tamaño.
2. Altos contenidos de material en suspensión y malas eficiencias de remoción, lo que genera una mala compactación de la materia orgánica y la generación de flóculos no consolidados en suspensión (fenómeno Bulking).
3. Las bacterias no generan flóculos, en cambio estas se desarrollan de forma dispersa, lo que dificulta su sedimentación.

Un aspecto de importancia que la empresa debe aclarar, es la razón de la aireación en el sedimentador secundario, se debe revisar si este se encuentra aquí por diseño o es una acción extra realizada por la operación del sistema, ya que esto también podría estar generando que las bacterias no se sedimenten por acción de la presión de aire que circula por la unidad, ya que el objetivo de esta es calificar el agua y no precisamente degradar materia orgánica, lo cual ya se logró en la unidad anterior.

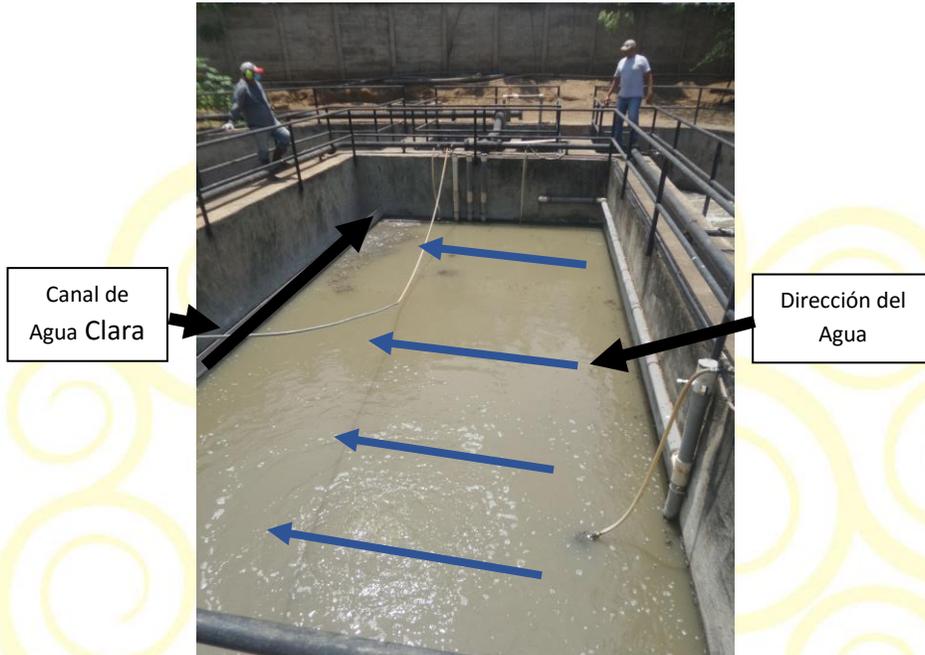


Foto 9. Dirección de flujo laminar de



Foto 10. Canal de agua clara



Exceso de sólidos en sedimentado secundario

Foto 11. Sólidos flotantes en sedimentador secundario

4.2.4 Desinfección.

Finalmente, el agua es pasada por un laberinto de cloración donde un dosificador automático realiza la aplicación de cloro, no obstante, al momento de la inspección este se encontraba en mal estado, lo que obligaba al operador a aplicar cloro granulado de forma manual, actividad que no se realiza de forma permanente, solamente aproximadamente 3 veces al día, lo que hace que durante el resto del día y la noche el agua este siendo vertida sin cloración alguna.

Visualmente el agua que está siendo vertida es bastante oscura, lo que es un indicador de exceso de sólidos suspendidos en el agua. Al no contar con los análisis de calidad para corroborar, no se puede afirmar o negar categóricamente si el vertido cumple o no con los máximos permisibles establecidos en el **Decreto 21-2017 Reglamento en el que Se Establecen las Disposiciones Para el Vertido de Aguas Residuales.**



Foto 10. Laberinto de cloración.

En vista a la descripción realizada anteriormente para cada unidad, se puede observar que existen ciertos problemas operativos que deben ser superados, no obstante, se requiere de información para determinar hasta qué grado estos problemas están afectando la calidad del vertido tratado, como primer paso para determinar los posibles problemas operacionales que tenga el sistema, y contar con datos reales y actualizados de la eficiencia del mismo. Se recomienda que la empresa

realice un muestreo y posterior análisis al vertido tratado posterior a la cloración, si los resultados de dichos análisis arrojaran problemas de calidad en las aguas tratadas, se recomienda que la empresa:

1. Realice un muestreo y análisis en cada etapa del proceso (incluyendo datos de volumen y calidad a la entrada del sistema).
2. En base a estos resultados elaborar un plan de rehabilitación del sistema de tratamiento, el cual debe ser presentado y aprobado por MARENA e INAA.

4.3 Manejo de desechos generados por el sistema.

Durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales, tomando en cuenta las unidades con las que cuenta el sistema existen tres focos principales de generación de residuos sólidos.

Sistema de rejillas: en este punto se espera que solamente se retengan sólidos de gran tamaño, que pueden afectar el proceso de tratamiento en unidades posteriores, por lo que los residuos generados son principalmente desechos no peligrosos.

Sedimentador primario: El principal residuo generado en esta unidad son arenas y sólidos de tamaño mediano que son retenidos en la cubeta de filtración y en el sedimentador.

Sedimentador secundario: En esta unidad es generado el mayor volumen de lodos, este es retirado de forma mecánica mediante la activación manual de una bomba, la cual retira los lodos de la unidad y los dispone en el tanque de lodos, desde donde es igualmente bombeado hacia un deshidratador que se encarga de eliminar el exceso de humedad en dichos lodos.



Foto 11. Tanque de lodos

De acuerdo a representantes de la urbanización, en ocasiones los lodos deshidratados han sido entregados a privados para su uso como mejorador de suelo. Lo anterior representa un reúso de este biosólido, y por ende está actividad se encuentra regulada por la **NTON 11-044-14 "Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Biosólidos Para Uso en la Producción Agropecuaria y Forestal. Requisitos y Niveles Máximos Permisibles"**.

A los lodos deshidratados no se les realizan análisis de calidad, por lo que no se conoce el estado de los mismos. De acuerdo a lo establecido en el numeral 15 de la **NTON 05-027-05, "Norma Técnica Ambiental para Regular los Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales y su Reúso"** todo sistema de tratamiento de Aguas residuales debe contar con un plan de manejo de lodos generados, el cual debe no solamente contemplar la estimación de volúmenes si no contener una caracterización de su calidad antes y posterior a su estabilización, lo cual no está siendo realizado.

Sumado a lo anterior, de acuerdo a lo establecido tanto en el numeral 15.2 de la **NTON 05-027-05** y al numeral 5.5 de la **NTON 11-044-14 "Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Biosólidos Para Uso En La Producción Agropecuaria Y Forestal. Requisitos Y Niveles Máximos Permisibles"**, el operador del sistema debe contar con las autorizaciones pertinentes para la disposición final de los biosólidos generados, ya sean estos dispuestos en vertederos municipales o reusados como mejorador de suelo.

Adelante!
**CON FE Y
ESPERANZA!**



Foto 12. Deshidratador de Lodos



Foto 13. Lodos deshidratados.

*Vamos
Adelante!*
**CON FE Y
ESPERANZA!**

4.4 Calidad de Agua.

No se presentaron resultados, por lo que no se puede determinar si la calidad del agua que se encuentra siendo vertida cumple con los máximos permisibles definidos en el **Decreto 21-2017 Reglamento En El Que Se Establecen Las Disposiciones Para El Vertido De Aguas Residuales**

Todas las actividades de muestreos y análisis de calidad de agua residual deberán estar descritas en un plan de monitoreo, el cual a su vez deberá estar bajo lo establecido en el Capítulo IX del **decreto 21-2017**, no obstante, la frecuencia de muestreo deberá cumplir con el parámetro mostrado en el inciso b del Anexo II del decreto antes mencionado.

4.5 Mantenimiento del sistema.

De acuerdo a la responsable de proyectos de la empresa, el mantenimiento tanto correctivo como preventivo para el sistema de tratamiento se realiza mediante un subcontrata con la empresa Tratamiento de Efluentes Sociedad Anónima (TRADESA), lo cual durante la inspección no pudo ser corroborado ya que no se presentaron los contratos ni facturas por servicios de la empresa antes mencionada.

Tampoco se tiene certeza de las actividades que TRADESA realiza durante estos trabajos, o si se lleva un plan de mantenimiento de equipos y unidades, o si esto solamente se realiza a equipos electromecánicos en función de parámetros operativos, tampoco si el procedimiento realizado no compromete las eficiencias de remoción del STAR.

Los mantenimientos tanto preventivos como correctivos deben estar descritos en el respectivo manual de operación y mantenimiento, de igual forma los trabajos que realiza la empresa subcontratada deben ajustarse a estos manuales.

4.6 Otras observaciones.

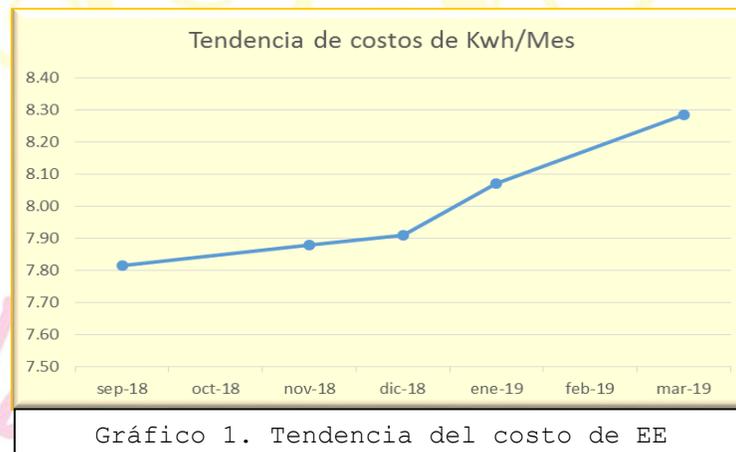
Durante la inspección la empresa brindó copia de la siguiente información documental:

1. 5 facturas de luz eléctrica del medidor del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales correspondientes a septiembre, noviembre y diciembre de 2018 y enero y marzo de 2019.
2. Estadística mensual de facturación de Agua potable y Alcantarillado Sanitario para el año 2014.
3. Informes de indicadores de gestión de los meses de septiembre años 2016-2017, septiembre 2017 y junio 2018

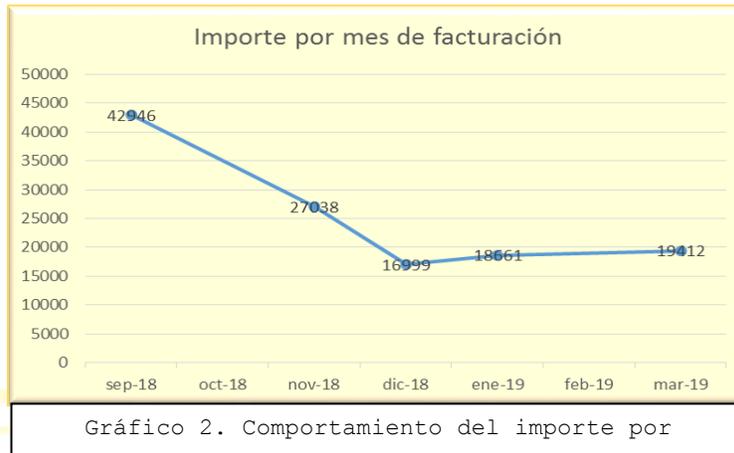
4.6.1 Análisis de Facturas entregadas.

Para este subacápite se realizó un breve análisis de las 5 facturas entregadas por la empresa durante la inspección, haciendo énfasis en las diferencias de consumo entre los meses reportados, lo que puede ser un indicador del nivel de funcionamiento del STAR durante estos meses.

A como se observa en el gráfico 1 la tendencia de costo por KW/h de la energía ha subido exponencialmente en cada mes, iniciando en 7.80 córdobas hasta 8.25 aproximadamente en el mes de marzo 2019.



No obstante, En la siguiente tabla observamos un comportamiento inverso, es decir que los meses de mayor consumo energético son los meses donde el Kwh fue más barato, lo que infiere una reducción en los KWh utilizados por el sistema de tratamiento, es de resaltar que las reducciones en meses con número de días iguales (septiembre, diciembre y marzo) es bastante representativa, por el rango de los 3000Kwh de diferencia (ver tabla 1).



Mes	Días facturado	Promedio de facturación por día	Importe	KWh	Costo KWh
sep-18	31	1770	42946	5496	7.81
nov-18	29	1192	27038	3432	7.88
dic-18	31	706	16999	2149	7.91
ene-19	32	749	18661	2312	8.07
mar-19	31	803	19412	2343	8.29

Tabla 1. Datos de facturación

La empresa debe justificar estas diferencias en KWh facturados, ya que esto puede entenderse en tiempos donde el sistema dejó de funcionar o bien alguno de sus componentes eléctricos estuvo fuera de servicio (aireadores, bombas de succión etc.), lo que podría afectar el proceso de tratamiento de las aguas. Este resultado se hace más llamativo al ver que las reducciones desde septiembre 2018 a marzo 2019 son de más de la mitad de KWh, de igual forma se debe justificar si en función de ahorrar se han realizado cambios de equipos por otros más energéticamente eficientes, pero que sean capaces de brindar los mismos estándares de operación que los equipos de diseño.

4.6.2 Breve Análisis de estadísticas de facturación.

Para el presente análisis se utilizaron solamente los datos brindados por la empresa, que corresponde a estadísticas generales de facturación de agua potable y Alcantarillado Sanitario para los doce meses de los años 2014 y 2018. En base a esta información se realizó un análisis con dos tipos de datos, el primero para 4 meses de 2014, meses que fueron seleccionados en una base trimestral, es decir un mes aleatorio cada trimestre y el segundo conjunto de datos fueron los totales mensuales

para todo el año 2014 y 2018, esto con el objetivo de verificar los datos presentados y poder identificar tendencias de consumo que puedan afectar el funcionamiento del STAR.

Mes	Rango	Número de usuarios AP	Número de usuarios AS	Volumen AP m3	Volumen AS m3	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Cargo Fijo	Totales	% AS de AP	Costo en C\$ por m3 AP	Costo en C\$ por m3 AS	Volumen de AP por Usuario/mes
ene-14	0 -10	281	281	810.678	648.542	4458.73	1929.41	1405	7793.14	80	5.5	3.0	2.9
	11. - 20	224	224	3302.503	2642.024	18163.92	7860.02	1120	27143.94	80	5.5	3.0	14.7
	21 -30	98	98	2396.794	1917.435	13182.37	5704.37	490	19376.74	80	5.5	3.0	24.5
	31 -40	50	49	1732.426	1385.941	9528.34	4123.17	250	13901.51	80	5.5	3.0	34.6
	40 -50	24	24	1069.661	855.729	5883.14	2545.79	120	8548.93	80	5.5	3.0	44.6
	51 - +	29	29	2257.001	1806.401	12419.01	5374.04	145	17938.05	80	5.5	3.0	77.8
Total		706.0	705.0	11569.1	9256.1	63635.5	27536.8	3530.0	94702.3	80	33.0	17.8	199.1

Mes	Rango	Número de usuarios AP	Número de usuarios AS	Volumen AP m3	Volumen AS m3	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Cargo Fijo	Totales	% AS de AP	Costo en C\$ por m3 AP	Costo en C\$ por m3 AS	Volumen de AP por Usuario/mes
may-14	0 -10	383.0	383.0	939.8	751.9	5169.0	2236.8	1915.0	9320.8	80.0	5.5	3.0	2.5
	11. - 20	160.0	160.0	2382.3	1905.9	13102.8	5669.9	800.0	19572.7	80.0	5.5	3.0	14.9
	21 -30	104.0	104.0	2539.2	2031.4	13965.6	6043.3	520.0	20528.8	80.0	5.5	3.0	24.4
	31 -40	41.0	41.0	1394.5	1115.6	7669.9	3319.0	205.0	11193.8	80.0	5.5	3.0	34.0
	40 -50	24.0	24.0	1049.9	840.0	5774.7	2498.9	120.0	8393.6	80.0	5.5	3.0	43.7
	51 - +	13.0	13.0	1096.7	877.4	6032.1	2610.3	65.0	8707.4	80.0	5.5	3.0	84.4
Total		725.0	725.0	9402.6	7522.0	51714.1	22378.1	3625.0	77717.2	80.0	33.0	17.9	203.9

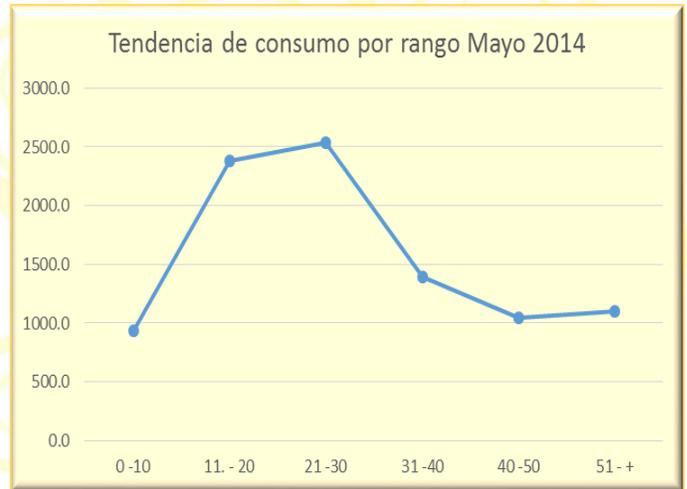
Mes	Rango	Número de usuarios AP	Número de usuarios AS	Volumen AP m3	Volumen AS m3	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Cargo Fijo	Totales	% AS de AP	Costo en C\$ por m3 AP	Costo en C\$ por m3 AS	Volumen de AP por Usuario/mes
ago-14	0 -10	429	428	1182.731	946.185	6505.02	2814.9	2145	11464.92	80.0	5.5	3.0	2.8
	11. - 20	173	173	2439.825	1951.86	13419.04	5806.78	865	20090.82	80.0	5.5	3.0	14.1
	21 -30	65	65	1586.939	1269.551	8728.16	3776.91	325	12830.07	80.0	5.5	3.0	24.4
	31 -40	25	25	870.457	696.366	4787.51	2071.69	125	6984.2	80.0	5.5	3.0	34.8
	40 -50	10	10	437.837	350.27	2408.1	1042.05	50	3500.15	80.0	5.5	3.0	43.8
	51 - +	26	26	3146.321	2517.057	17304.77	7488.24	130	24923.01	80.0	5.5	3.0	121.0
Total		728.0	727.0	9664.1	7731.3	53152.6	23000.6	3640.0	79793.2	80.0	33.0	17.8	240.9

Mes	Rango	Número de usuarios AP	Número de usuarios AS	Volumen AP m3	Volumen AS m3	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Cargo Fijo	Totales	% AS de AP	Costo en C\$ por m3 AP	Costo en C\$ por m3 AS	Volumen de AP por Usuario/mes
dic-14	0 -10	329	329	939.262	751.41	5165.94	2235.44	1645	9046.38	80.0	5.5	3.0	2.9
	11. - 20	228	227	3397.793	2718.234	18687.86	8086.75	1140	27914.61	80.0	5.5	3.0	14.9
	21 -30	136	136	3328.066	2662.453	18304.36	7920.8	680	26905.16	80.0	5.5	3.0	24.5
	31 -40	67	67	2315.762	1852.61	12736.69	5511.51	335	18583.2	80.0	5.5	3.0	34.6
	40 -50	22	22	971.646	777.317	5344.05	2312.52	110	7766.57	80.0	5.5	3.0	44.2
	51 - +	32	32	2347.881	1878.305	12913.35	5587.96	160	18661.31	80.0	5.5	3.0	73.4
Total		814.0	813.0	13300.4	10640.3	73152.3	31655.0	4070.0	108877.2	80.0	33.0	17.8	194.3

Tablas 2, 3, 4, y 5, estadísticas de facturación, meses de enero, mayo, agosto y diciembre de 2014

Se verificó que los datos estadísticos brindados por la empresa desde el punto de vista de cálculo se encontraban correctos, el porcentaje de agua residual cobrada por vivienda se estima en el 80% del volumen total de agua potable utilizada, y no el 70 a como se nos informó durante el recorrido de inspección, otro aspecto relevante es que el costo por metro cúbico de agua se mantiene en los 4 meses en 5.5 córdobas y el de 3 córdobas par El alcantarillado sanitario.

Otro dato interesante es el comportamiento de volúmenes de agua potable facturados por rango de consumo, ya que estos no tienden seguir un patrón en los 4 meses analizados (ver gráficos 3, 4, 5 y 6)



Gráficos 3, 4, 5 y 6, tendencias de consumo de agua por rango

Ha como se puede observar, si dejamos a aparte los volúmenes y nos centramos en las tendencias, estas parecen agruparse. Las gráficas de los meses de enero y agosto tienen comportamientos parecidos, al igual que los meses de mayo y diciembre, curiosamente las tendencias se han agrupado en un mes de lluvia y uno de invierno cada una.

Los meses de menor consumo del rango 10 - 20 son mayo y agosto, un mes de verano y otro de invierno y con tendencias distintas, destacándose mayo como el de menor consumo, presumiblemente debido a la entrada del invierno, y el de mayor consumo el mes de diciembre, con la entrada del verano. El rango que más agua consume es el que va de 11 a 20m³ a excepción del mes de agosto donde el rango de 50 a más supera los 3000m³.

En las próximas tablas se pueden observar estadísticas mensuales para el año 2014 y 2018, observamos que para 2014 el mes de mayor consumo en todo el año es el mes de diciembre, lo que puede coincidir con la época de vacaciones ya en época de verano, y el mes de menos consumo el mes de septiembre, lo que puede deberse a que debido al invierno no se utiliza agua para riego de áreas verdes.

Mes	Número de usuarios AP	Número de usuarios AS	Volumen AP m ³	Volumen AS m ³	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Cargo Fijo	Totales	% AS de AP
sep-14	735	734	7958	6366	43768	18939	3675	66382	80
oct-14	758	757	9080	7264	49940	21610	3790	75340	80
may-14	725	725	9403	7522	51714	22378	3625	77717	80
abr-14	725	724	9572	7658	52648	22782	3625	79055	80
ago-14	728	727	9664	7731	53153	23001	3640	79793	80
mar-14	723	722	10750	8600	59125	25585	3615	88325	80
jul-14	728	727	10969	8775	60328	26106	3640	90074	80
ene-14	706	705	11570	9256	63637	27537	3530	94703	80
jun-14	728	727	11811	9449	64963	28111	3640	96715	80
feb-14	706	705	12166	9733	66911	28954	3530	99396	80
nov-14	772	771	12410	9928	68254	29535	3860	101650	80
dic-14	814	813	13300	10640	73152	31655	4070	108877	80
Totales			128653	102922	707592	306194	44240	1058027	80

Tabla 6. Estadística de facturación anual 2014

A como se observa en la siguiente gráfica, curiosamente el mes de abril, a pesar que es un mes donde el verano se encuentra en su totalidad, es el cuarto con menores consumos de agua, superado solamente por 3 meses de invierno. Por otro lado, junio que es un mes de invierno se encuentra entre los cuatro meses con mayor consumo.

A como podemos ver en la tabla anterior febrero que tiene la segunda menor población también tiene el tercer mayor volumen de consumo de agua, y octubre con la tercera población más grande es el segundo mes con menor consumo.

El dato de consumo de agua es igualmente determinante en el funcionamiento del STAR de la urbanización, ya que es un factor a tomar en cuenta para prever picos de producción de agua residual, y así programar de forma gradual mantenimientos en épocas de menor demanda para no afectar así las eficiencias del sistema, por lo que los manuales de operación y mantenimiento deben ser revisados y actualizados para poder identificar tiempos óptimos para llevar a cabo actividades que puedan disminuir en mayor o menor grado la capacidad del sistema para tratar las aguas.

De igual forma se pueden estimar volúmenes de agua residual en base a la población y su consumo para monitorear las eficiencias del sistema y actuar con antelación cuando en vista al volumen de entrada se observen disminuciones en las eficiencias de remoción de contaminantes del sistema.

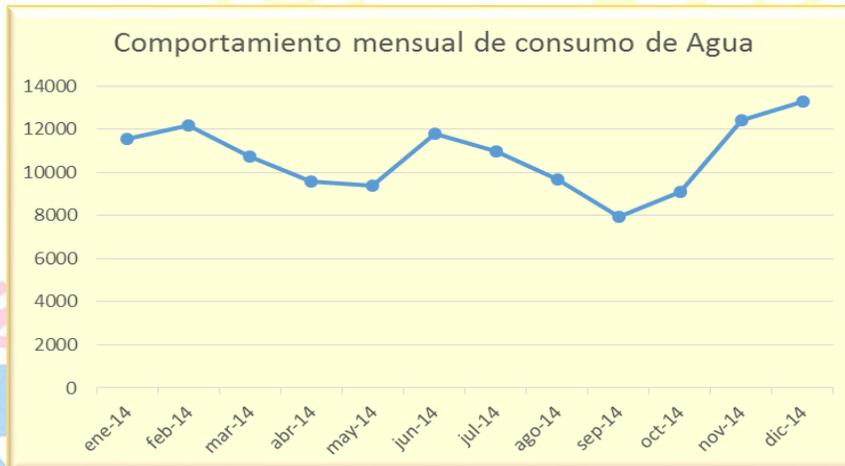


Gráfico 7. Tendencias anuales de consumo

El año 2018 presenta otra realidad, en este año las tendencias se distribuyeron de acuerdo a los patrones de precipitación anual y no así de acuerdo al patrón de crecimiento poblacional, es decir, a mayor precipitación menor consumo de agua potable y por ende menor volumen de agua residual generada, siendo el mes de mayo el mes de abril coincidente con uno de los meses más secos del año y el de menor consumo el mes de noviembre con el final de la época húmeda.

Mes	Número de conexiones AP	Número de conexiones AS	Volumen AP m3	Volumen AS m3	Valor facturado AP (C\$)	Valor facturado AS (C\$)	Totales	% AS de AP
nov-18	970	771	11552	9242	92893	82778	175671	80
sep-18	969	734	12741	10193	101769	91210	192979	80
oct-18	969	757	13127	10502	105733	94764	200497	80
ene-18	960	956	13545	10836	113888	99743	213631	80
ago-18	966	727	14090	11272	120942	106168	227110	80
jul-18	966	727	14501	11600	124692	107654	232346	80
jun-18	965	727	14524	11619	123414	108918	232332	80
dic-18	970	813	15766	12613	133250	117925	251175	80
feb-18	960	705	17258	13806	153230	132972	286202	80
may-18	965	725	17399	13919	149359	130129	279488	80
mar-18	960	722	17566	14053	154937	134755	136537	80
abr-18	960	724	17875	14300	156643	136537	293180	80
Totales			179944	143954	1530750	1343553	2721148	80

Tabla 7. Estadística de facturación anual 2018

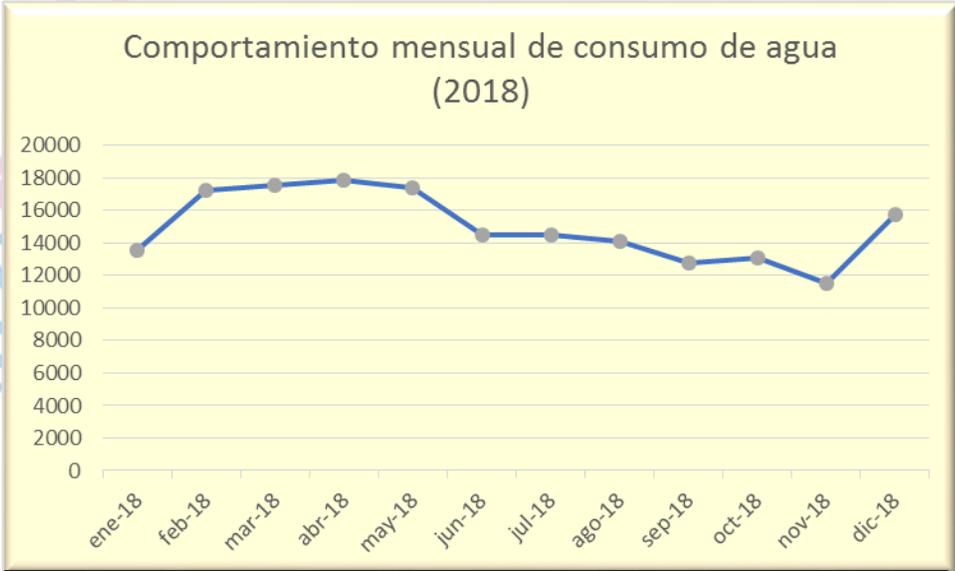


Foto 8. Tendencias anuales de consumo 2018

En base al anterior análisis de puede inferir que para el año 2014 la estación del año y volumen poblacional no fue un factor determinante en los consumos de agua de la urbanización, No obstante, con el incremento de la población la tendencia de consumo se comienza a ver más influenciadas por las estaciones climáticas del país, donde los volúmenes de agua consumidos son mayores en la época de verano y menores en invierno.

V. CONCLUSIONES.

- El STAR de urbanización Vistas del Momotombo es un sistema de digestión Aerobia, con aireación artificial.
- No se conoce la eficiencia de remoción del STAR ya que no se presentaron Resultados de análisis de calidad de agua realizados al efluente.
- Al no estar llevando a cabo la desinfección final del agua de forma adecuada, es de esperarse que existan concentraciones de coliformes fecales, en al agua residual que está siendo vertida, lo que no puede ser asegurado hasta que no se le realicen los debidos análisis de laboratorio.
- Se identificaron varias oportunidades de mejora en las actividades operación, mantenimiento y seguimiento del sistema.
- Las tendencias de consumo de agua potable para el año 2014 y 2018 son distintas, lo cual es producto del incremento de usuarios al sistema de AP.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Los datos de volumen de entrada al STAR deben ser en base a las mediciones en la canaleta Parshall, y ser incluidos en la correspondiente bitácora de operación del Sistema.
2. Debe ser reparado de inmediato el dosificador de cloro automático, ya que la cloración que se realiza en estos momentos no es constante y existen espacios de tiempo donde el agua es vertida sin desinfección.
3. Deben remitir al INAA copia fiel de los resultados de los últimos 3 análisis de calidad de agua residual tratada.

4. Con el fin que la empresa cuente con un respaldo del manejo de sus lodos se deben llevar registros de los volúmenes de sólidos y biosólidos enviados y recibidos por el botadero municipal, dichos registros deben estar disponibles para las instituciones del estado que soliciten copia de los mismos.
5. Deben llevarse controles sistemáticos de pH y temperatura, principalmente a la entrada y en el reactor aerobio, ya que estos parámetros deben ser controlados para que se pueda dar un correcto desarrollo de la vida bacteriana en la unidad.
6. La empresa debe definir el destino final de sus lodos estabilizados para así poder determinar las normas por las cuales se deberá regular.
7. La empresa deberá realizar un muestreo de calidad de agua tratada, con el objetivo de verificar la eficiencia del sistema y si dicho vertido cumple con las concentraciones máximas permitidas para cada parámetro que debe ser analizado de acuerdo a lo establecido en el decreto 21-2017.
8. De identificarse que el vertido no cumple con los máximos permisibles, el plan de rehabilitación debe contar con al menos con un análisis de calidad por etapa del sistema, así como las actividades y cronogramas a llevarse a cabo para poder rehabilitar el sistema sin que este deje de funcionar.

Elaborado por:

Carlos Aguirre López
Especialista Ambiental
Departamento de Gestión Ambiental
INAA

Revisado y aprobado por:

Felipe López Solís
Responsable
Departamento de Gestión Ambiental
INAA