

**Proyecto COAH-2010-C14-149646:**  
Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas  
(ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga

**ANEXO C**

**Información de la Planta Tratadora de  
Aguas Residuales (PTAR) de Ramos Arizpe**

**ÍNDICE**

**Créditos**

1. Información General sobre la PTAR de Ramos Arizpe
2. Otras descargas del área urbana de Ramos Arizpe que no llegan a la Planta Tratadora.
3. Empresa DOMOS
4. Calidad establecida para el agua residual tratada para fines de descarga
5. Calidad del agua tratada que se está obteniendo en la Planta Tratadora
6. Otros datos de operación de la planta
7. Comparación de la calidad del agua tratada en la planta tratadora de Ramos Arizpe con la de la Planta Tratadora Principal de Saltillo
8. Compromisos de DOMOS para el reuso de aguas residuales domésticas tratadas de Ramos Arizpe
9. Investigación preliminar sobre las razones del alto contenido de sales en el agua residual doméstica de Ramos Arizpe
10. Conclusiones
11. Recomendaciones
12. Referencias

## CRÉDITOS

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
Estructuración y escritura del presente documento	- Dra. Gloria Tobón de Garza
Investigación de gabinete y solicitudes de información	- Dra. Gloria Tobón de Garza.
Revisión final del documento	- Dra. Elsa Nadia Aguilera González - Ing. Alfredo Valdés Ramos

## 1. Información General sobre la PTAR de Ramos Arizpe

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ramos Arizpe fue construida en 2006-2007, entrando en operación a finales de 2007. En conjunto con la Planta, se construyeron los colectores oriente, poniente y el emisor principal, que conducen todas las aguas residuales domésticas del municipio hacia la PTAR. Esta Planta beneficia a una población de 76,000 habitantes [1].

La planta fue diseñada para tratar únicamente las aguas domésticas de esta ciudad. La planta tiene, por diseño, una capacidad de tratar 160 lps. Desde el inicio de operaciones de la Planta (septiembre de 2007) hasta febrero de 2009, se trataron 4,415,160 m<sup>3</sup> de agua, con un promedio de 90 lps. En la actualidad se tratan entre 100 y 120 lps. La operación adecuada de esta planta, ha permitido al Municipio de Ramos Arizpe obtener de Conagua una condonación por 25 millones de pesos, por descargas de agua residual a cuerpos receptores de propiedad nacional.

En la Figura 1 se representan los componentes principales de la PTAR de Ramos Arizpe. Esta consiste esencialmente en: un pre-tratamiento (rejilla y desarenador), dos trenes de tratamiento biológico (sistema de lodos activados), que constan de un reactor (con difusores de burbuja fina) y un clarificador secundario cada uno; cloración para el efluente secundario; un digestor, un filtro banda y adición de cal para los lodos de desecho. Los lodos de retorno de los dos reactores se envían a la línea de alimentación a los dos mismos.

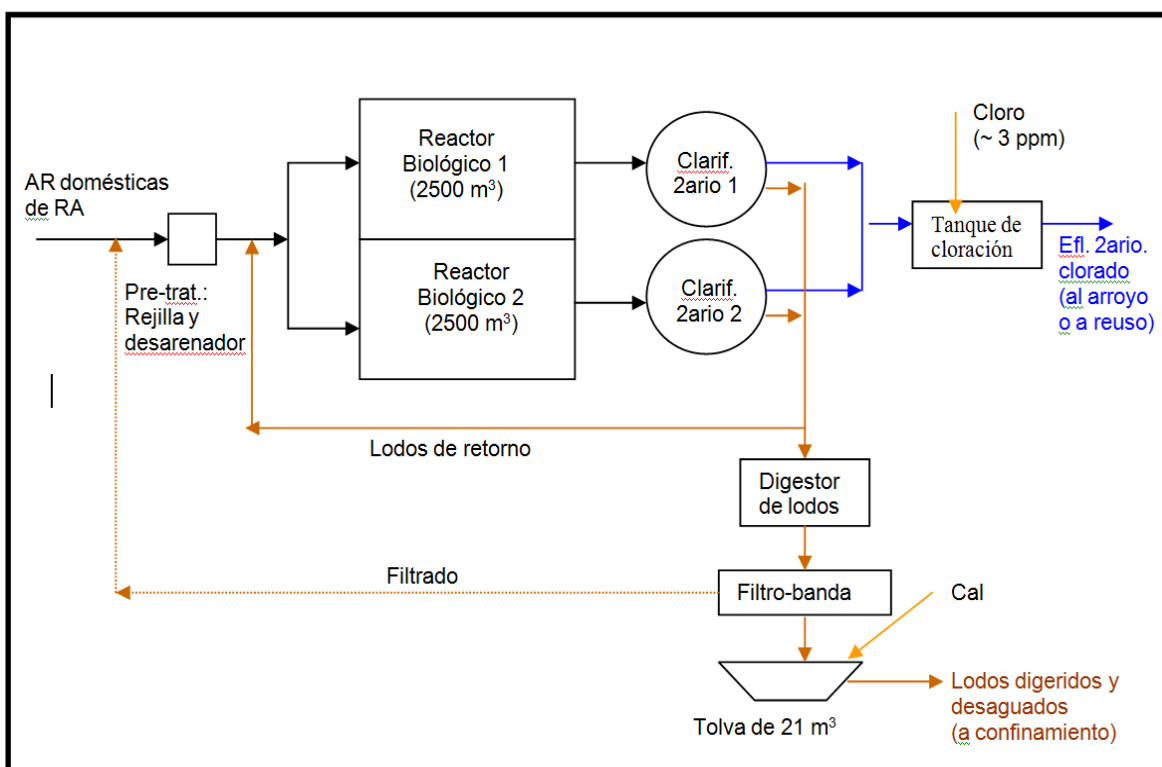


Figura 1. Diagrama esquemático de la PTAR de Ramos Arizpe

La planta cuenta con dos sopladores de 300 HP cada uno, de los cuales sólo uno se encuentra en operación normal. El oxígeno disuelto en los reactores (1-2 mg/L) por lo general, se controla mediante una válvula.

El efluente secundario clorado se descarga al arroyo La Encantada a través de una tubería de varios cientos de metros de longitud. Mientras que los lodos deshidratados se envían al Confinamiento de Residuos Industriales José Guadalupe Jiménez, localizado en el Municipio de Ramos Arizpe.

La operación así como el mantenimiento de la PTAR de Ramos Arizpe está contratada con la empresa DOMOS a partir de octubre de 2007. En su contrato se indica que DOMOS tendrá también a su cargo “la ejecución de los trabajos de construcción y equipamiento de la infraestructura adicional para la operación y mantenimiento de la planta básica, así como la necesaria para la venta del agua residual tratada.”

Uno de los puntos más relevantes del contrato es la calidad del agua a la entrada de la PTAR, especificada en la Tabla I y de la cual debe responsabilizarse el Municipio de Ramos Arizpe.

*Tabla I. Calidad del influente a la PTAR de Ramos Arizpe*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límites de Concentración (Promedio Mensual)</b>
Grasas y Aceites	mg/L	30
Sólidos Sedimentables	mg/L	4
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	280
DBO <sub>5</sub>	mg/L	360
Nitrógeno Total	mg/L	65
Fósforo Total	mg/L	12
Arsénico*	mg/L	0.004
Cadmio*	mg/L	0.09
Cianuros*	mg/L	0.094
Cobre*	mg/L	0.47
Cromo*	mg/L	0.07
Mercurio*	mg/L	0.006
Níquel*	mg/L	0.68
Plomo*	mg/L	0.14
Zinc*	mg/L	0.88
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2 x 10 <sup>7</sup>
Huevos de Helminto	HH/L	3

\* Medidos como totales

Para corroborar el cumplimiento de esos límites, se realizan tres tipos de análisis:

- a. En el laboratorio de la planta se determinan pH, sólidos sedimentables y oxígeno disuelto; además de la temperatura.
- b. Cada semana se toman muestras de la alimentación y el efluente secundario, que son analizadas por el laboratorio no certificado “Análisis Químico Industrial” de Saltillo). Los parámetros que se determinan son DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

- c. Mensualmente se realiza un análisis completo del efluente secundario por el laboratorio certificado PECEI en Monterrey, donde los parámetros que se determinan son: DBO<sub>5</sub>, SST, Grasas y aceites, sólidos sedimentables, cianuros, fósforo total, nitratos, metales pesados, coliformes y huevos de helminto.

## **2. Descargas del área urbana de Ramos Arizpe que no llegan a la PTAR**

Cuando se hizo el diseño de la planta tratadora, se acordó que las aguas residuales de las industrias contaminantes quedarían excluidas de los drenajes que alimentan a la planta. Para esto fue necesario que los parques industriales, o las industrias en forma individual, construyeran sus propias plantas tratadoras y/o colectores con descarga directa al arroyo La Encantada.

De acuerdo con la información recabada hasta el momento, los parques industriales que cuentan con su propio colector, son:

- El Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (o FIDECO),
- El Parque Industrial Santa María,

Por su parte, la empresa farmacéutica Fersinsa tiene su propia planta de tratamiento, localizada en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe (cerca de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Coahuila). El efluente tratado es descargado directamente al arroyo La Encantada mediante un colector propio.

Las empresas Kimberly Clark y Cementos Apasco tratan y reusan la totalidad de sus aguas residuales, por lo que no descargan ningún efluente al arroyo.

Adicionalmente, existe un registro (cercano a la Academia de Policía, en el Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe) donde descargan pipas que contienen aguas residuales de varias industrias de la región, previa autorización de SAPARA. Estas aguas residuales pasan directamente del registro al arroyo.

## **3. Empresa DOMOS**

DOMOS es una empresa regiomontana que brinda servicios en el proceso del agua para todas las necesidades del sector público y la industria privada.

Esta compañía opera y da mantenimiento a la PTAR de Ramos Arizpe a través de un contrato estipulado por un periodo de 25 años. Como contra-prestación, el Municipio de Ramos Arizpe hace un pago mensual a DOMOS, el cual se calcula de acuerdo a los costos fijos y variables de operación, los primeros de los cuales se actualizan en base anual, y los segundos mes por mes en base al salario mínimo, la tarifa eléctrica base, el precio de mercado de los productos químicos y el Índice Nacional de Precios al Consumidor. La tarifa de referencia, para el 1° de octubre de 2007, fecha de firma del contrato entre los dos organismos fue de \$0.88 (ochenta y ocho centavos) por metro cúbico de agua residual tratada.

Es importante anotar que, para el cálculo de dicha tarifa, no se tuvo en cuenta la inversión incurrida para la construcción de la planta, la cual fue absorbida en su totalidad por el Municipio de Ramos Arizpe).

El reuso y la venta del agua tratada son también parte de las responsabilidades de DOMOS, de acuerdo al contrato firmado con el Municipio de Ramos Arizpe. Cabe anotar que el precio de venta acordado por metro cúbico de agua residual tratada, que debe actualizarse mediante mutuo acuerdo entre el Municipio y DOMOS, al menos una vez por año durante el plazo de concesión, es de \$6.80.

#### 4. Calidad establecida para el agua residual tratada para fines de descarga

De acuerdo al contrato entre DOMOS y el Municipio de Ramos Arizpe, el agua residual tratada deberá cumplir con los límites máximos establecidos en la Tabla II.

*Tabla II. Calidad del efluente para descarga*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Conc. (Prom . Mensual)</b>	<b>Conc. (Prom . Diario)</b>
Grasas y Aceites	mg/L	15	25
Sólidos Sedimentables	mg/L	1.0	2.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	75	100
DBO5	mg/L	75	100
Nitrógeno Total	mg/L	40	60
Fósforo Total	mg/L	12	30
Arsénico*	mg/L	0.004	0.4
Cadmio*	mg/L	0.09	0.4
Cianuros*	mg/L	0.094	3
Cobre*	mg/L	0.47	6
Cromo*	mg/L	0.07	1.5
Mercurio*	mg/L	0.006	0.02
Níquel*	mg/L	0.68	4
Plomo*	mg/L	0.14	1
Zinc*	mg/L	0.88	20
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	2000
Huevos de Helminto	HH/L	1	1

\* Medidos como totales

Es importante anotar que no se estableció ningún límite para el contenido total de sales (Sólidos Disueltos Totales) del agua residual, ni para los cationes y aniones relevantes (dureza total, o de calcio y magnesio, alcalinidad total, sulfatos, cloruros, etc.). El alto contenido de sales ha sido la objeción principal que han manifestado los usuarios industriales potenciales al agua residual tratada de Ramos Arizpe.

#### 5. Flujos y calidades del agua de alimentación y tratada de la Planta Tratadora

Los flujos de alimentación a la planta tratadora varían a lo largo del día. Generalmente el flujo máximo se obtiene a las 2:00 p.m. y el mínimo a las 6:00 a.m.

Los valores promedio de un día normal son:

- 75.8 a 138.0 lps para la alimentación y
- 56.5 a 114.9 lps para el efluente secundario.

La Tabla III presenta los análisis de varios parámetros –realizados por el laboratorio certificado PECCI-, en la alimentación y el efluente secundario para un día de operación normal.

*Tabla III. Calidad del influente y efluente para muestras de un día típico (Laboratorio PECCI-Monterrey)*

Parámetro	Límites en Contrato para el influente (PM)	Influente	Límites en Contrato para la descarga		Efluente secundario
			PM	PD	
pH	N.E.	7.72	N.E.	N.E.	7.41
Temperatura	N.E.	24.4	N.E.	N.E.	24.4
Grasas y Aceites	30	58.8	15	25	10.1
DBO <sub>5</sub>	360	180	75	100	9.69
DQO	N.E.	579.6	N.E.	N.E.	67.2
N de nitritos	N.E.	<0.02	N.E.	N.E.	0.08
N de nitratos	N.E.	<0.1	N.E.	N.E.	0.26
Nitrógeno total	65	55.9	40	60	26.7
Fósforo total	12	N.D.	12	30	6.89
Sólidos suspendidos totales	280	200	75	100	6.7
Sulfatos	N.E.	466	N.E.	N.E.	518.3
Sólidos sedimentables	4		1	2	<0.5
Coliformes totales	2 x 10 <sup>7</sup>	N.D.	1000	2000	1370
Huevos de helminto	3	N.D.	1	1	0

N.E.: No establecido.

\* Tanto influente como efluente cumplen con los límites establecidos para metales pesados y cianuros.

Cabe anotar que en dicho periodo, el influente a la planta tratadora no estaba cumpliendo con el límite establecido en el Contrato para Grasas y Aceites; lo que implica que la empresa operadora no se responsabiliza del cumplimiento con el mismo parámetro en el efluente.

La Tabla IV muestra los rangos para diferentes parámetros, tomados de los análisis semanales realizados por el laboratorio “Asesoría y Análisis Químicos Industriales”.

*Tabla IV.- Calidad del influente y el efluente (2008 a abril de 2009)*

	SST	DQO	DBO <sub>5</sub>
Influente	382-672	643-1316	367-726
Efluente	2-18	39.5-132	31-33

De acuerdo a la tabla anterior, resulta evidente que, aunque los valores de SST y DBO<sub>5</sub> en la alimentación sobrepasan los indicados en el contrato del Municipio con DOMOS, en el efluente se cumple con la calidad requerida.

La concentración de grasas y aceites en el agua de alimentación es superior en muchos casos a lo indicado en el contrato, por lo que este parámetro ha excedido en muchos casos el límite establecido para la descarga.

Tanto en la alimentación como en el efluente secundario, el contenido de sales (la conductividad es del orden de 2,200-2,800  $\mu$ mhos/cm), de sulfatos (500-800 mg/l), dureza (~800-950 mg/L para DT, ~500 mg/L para DCa y ~300-450 mg/l para DMg) y sólidos disueltos totales (~700-1,000 mg/L) son altos para fines de reuso industrial. Es importante señalar que el tratamiento biológico no remueve ninguno de estos parámetros, y que las industrias que se abastezcan de este tipo de agua tendrían que someterla a un proceso de desalación (ósmosis inversa o electro-diálisis) precedido de un pre-tratamiento adecuado para remover grasas y aceites, turbiedad y materia orgánica residual.

Dos parámetros adicionales, que podrían interferir con la operación de los sistemas de ósmosis inversa (que utilizan algunas empresas para remover las sales del agua de abasto) son el estroncio y el bario; la concentración de este último es del orden de 5 mg/L en el ART de Ramos Arizpe. El contenido de sílice en el agua residual no es muy alto (~12.5 mg/L).

## 6. Otros datos de operación de la planta

En el licor mezclado de los dos reactores, los SST han variado en el rango de 2,000 a 5,000 mg/L, y los sólidos sedimentables por lo general están en el rango de 300-400 mL/L.

En el digestor de lodos, las concentraciones de SST y SSV son del orden de 35,000 y 30,000 mg/L.

El volumen de lodos deshidratados es del orden de 16-17 m<sup>3</sup>/mes. Estos tienen una humedad de 82-90%.

## 7. Comparación de la calidad del agua tratada en la planta tratadora de Ramos Arizpe con la de la Planta Tratadora Principal de Saltillo

Aparentemente la calidad del efluente secundario obtenido en la planta tratadora de Ramos Arizpe es mejor que la de la Planta Tratadora Principal de Saltillo, en lo que a DBO<sub>5</sub> y SST se refiere. Sin embargo, como se ha indicado previamente, el alto contenido de sales, hace que el efluente de la planta de Ramos no sea muy atractivo para reuso industrial.

La Tabla V presenta un comparativo de la calidad de agua tratada en un día normal de operación de las Plantas Principal de Saltillo y de Ramos Arizpe, de igual manera se presenta la calidad de agua de pozo de Ramos Arizpe.

*Tabla V.- Calidad actual del efluente secundario de las plantas tratadoras de Ramos Arizpe, la Principal de Saltillo y el agua de abasto de uno de los clientes industriales potenciales más importantes*

			PTAR Principal	Agua de pozo
--	--	--	----------------	--------------



Parámetro	Unidades	PTAR de RA	de Saltillo	de industria en RA
DQO	mg/l	132	321.3	0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	32.1	87	0
Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	788	392	548
Dureza de calcio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	492	268	412
Dureza de magnesio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	296	124	136
Sulfatos	mg/l	740	500	600

De acuerdo a esta tabla, resulta evidente que aunque la calidad del efluente secundario (en términos de DBO<sub>5</sub> y SST) de la PTAR de Ramos Arizpe es mejor que la de la PTAR Principal de Saltillo, la primera presenta concentraciones de dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio casi del doble que la segunda. Las concentraciones de sulfatos son 50% mayores para el agua tratada de Ramos Arizpe.

En comparación con el agua de pozo de un cliente industrial potencial, la DT, la DCa y los sulfatos del efluente de la PTAR Principal de Saltillo son más bajos, pero los contenidos de materia orgánica y de grasas y aceites son más altos. Todos los parámetros de la tabla anterior son más altos para el efluente de la PTAR de RA que para la del pozo de la planta industrial.

## **8. Compromisos de DOMOS para el reuso de aguas residuales domésticas tratadas de Ramos Arizpe**

De acuerdo al contrato firmado entre la empresa DOMOS y el Municipio de Ramos Arizpe, DOMOS: a) hará la inversión adicional requerida para mejorar la calidad del agua residual tratada, de acuerdo a los requerimientos de los usuarios de la misma, b) instalará las líneas de conducción y el bombeo requerido para hacer llegar las aguas residuales tratadas a las industrias, c) se compromete a comercializar el agua residual tratada, y le dará al municipio un porcentaje de lo recolectado por este concepto, de acuerdo a los volúmenes vendidos de agua de reuso (para 65 lps o menos, DOMOS deberá entregar al Municipio 70% de los ingresos de las ventas; y de 65 lps en adelante, el 25% únicamente.)

El Agua Residual Tratada, cuyo destino sea la venta para reuso, deberá cumplir con los límites máximos establecidos en la Tabla VI.

Tabla VI. Calidad del agua tratada para fines de reuso industrial

Parámetro	Unidad	Conc. (Prom. Mensual)	Conc. (Prom. Diario)
Grasas y Aceites	mg/L	1	2
Sólidos Sedimentables	mg/L	0.1	0.2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	4	5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4	5
Nitrógeno Total	mg/L	8	10
Fósforo Total	mg/L	10	12
Arsénico*	mg/L	0.004	0.4
Cadmio*	mg/L	0.09	0.4
Cianuros*	mg/L	0.094	3
Cobre*	mg/L	0.47	6
Cromo*	mg/L	0.07	1.5
Mercurio*	mg/L	0.006	0.02
Níquel*	mg/L	0.68	4
Plomo*	mg/L	0.14	1
Zinc*	mg/L	0.88	20
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	10	20
Huevos de Helminto	HH/L	0	0

\* Medidos como totales

Una de las razones por las que el contenido de sales en el agua residual que llega a la Planta Tratadora es alto, es que una buena parte de los pozos que surten de agua a la ciudad tienen una concentración alta de sólidos disueltos totales –SDT-.

## 12. Referencias

- Página web de Ramos Arizpe, “Reporte Informativo PTAR de Ramos Arizpe”,
- Página web de DOMOS (empresa que tiene a su cargo la operación de la PTAR de Ramos Arizpe).
- Información obtenida a través de solicitudes de información al municipio de Ramos Arizpe. Información proporcionada por el Ing. Michel Delgado, de la empresa DOMOS.
- Información proporcionada por el Tec. Mauro Vislar, empleado de SAPARA, encargado de la supervisión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ramos Arizpe.
- Información proporcionada por los Ings. Homero Ortiz de la empresa Kimberly Clark, clientes potenciales del agua residual tratada de la PTAR de Ramos Arizpe.
- Reporte de análisis realizados por COMIMSA, de muestras del influente y el efluente de la PTAR de Ramos Arizpe.
- Artículos publicados en los periódicos locales Vanguardia y Zócalo sobre la PTAR de Ramos Arizpe.