

Uso eficiente del agua en Refinería Luján de Cuyo

Gustavo Correa, Lila Fernández
Repsol YPF

Abstract:

Debido a que el agua es un recurso natural escaso y valioso en la Provincia de Mendoza, la Refinería Luján de Cuyo se impone optimizar los procesos y servicios en los que la emplea.

Un uso racional del agua implica el reuso de los efluentes industriales y del condensado de vapor, la disminución de los consumos y la concientización a personal propio y contratado sobre la importancia de estas acciones.

La Refinería Luján de Cuyo está situada en la margen derecha del Río Mendoza, del cual se provee el agua necesaria para las diferentes etapas del proceso de refinación del petróleo, compartiéndola con el oasis productivo más importante de la provincia.

El agua que se toma del río Mendoza, no es de libre disponibilidad y se tiene asignado un cupo otorgado por la ley en sucesivas concesiones.

Una vez que el agua del río ingresa a la Refinería se la trata para darle los siguientes usos:

- ✓ Agua potable para 1200 operarios propios y contratados
- ✓ Agua para regar 30 hectáreas del Complejo
- ✓ Agua desmineralizada para generación de vapor
- ✓ Agua de reserva para afrontar emergencias de incendio y en la unidad de Alquilación
- ✓ Agua para los sistemas de enfriamiento de equipos
- ✓ Agua de proceso

A lo largo del trabajo se describen los planes de acción ejecutados y los resultados obtenidos, que permitieron reducir en un 65 % el consumo promedio de agua que se toma del río Mendoza, dejándola disponible para consumos vitales de una zona semidesértica como lo son la potabilización y el riego.

Introducción:

La Provincia de Mendoza, donde se encuentra emplazada la Refinería Luján de Cuyo, esta situada al Oeste de la República Argentina, cuenta con una superficie de 150.839 km², equivalente al 5,4% del territorio nacional, siendo su población 1,6 millones de habitantes, de los cuales el 80% se concentra en el Oasis Norte.

La actividad económica que más agua consume es la agricultura de frutas y hortalizas de clima templado, las que son consumidas en el mercado nacional e internacional. La vid ha sido el principal cultivo por décadas, ocupando la mitad de la superficie apta para cultivo y aporta el 60% del valor de la producción agrícola. Otros productos agrícolas relevantes son el ajo, cebolla, aceitunas, duraznos, ciruelos, manzanos y peras.

Las actividades económicas significativas son la agroindustria, la generación eléctrica, la extracción y refinación de petróleo, la metalmecánica y los servicios asociados a las mismas.

Las principales exportaciones de la provincia son los derivados del petróleo, ajos, vinos, mostos y frutas.

Mendoza es una zona semiárida con precipitaciones promedio inferiores a 200 mm anuales y donde menos del 3% de su superficie está cultivada.

Las actividades humanas se han concentrado en tres oasis:

- Oasis Norte: Ríos Mendoza y Tunuyán Inferior
- Oasis Valle de Uco: Ríos Tunuyán Superior, Las Tunas, además de arroyos y vertientes
- Oasis Sur: Ríos Diamante y Atuel

Los ríos nacen en la cordillera de los Andes y están formados por aguas de origen nival, teniendo los mayores caudales en la época estival debido al deshielo.

En los oasis Norte y Valle de Uco se extrae en forma significativa agua subterránea, utilizada como complemento del recurso hídrico superficial.

El 90% del agua disponible en la provincia se destina al uso agrícola y particularmente, en el Oasis del río Mendoza por ser el más poblado.- El 17% se destina para abastecimiento poblacional

Tabla comparativa de disponibilidad de agua por habitante en m3/habitante/año		
Disponibilidad promedio mundial		7.400
Situación crítica		< 1.700
Mendoza	Promedio General	3.317
	Río Mendoza	1.621
	Cuenca Sur	10.740
Argentina	Ocupa el puesto 43 a nivel mundial	21.000
Groenlandia	Ocupa el puesto 1 a nivel mundial	1.767.857
Chile	5° Reg y Metropolitana	< 1000
	2 y 3 Regiones	< 500
Israel	Franja de Gaza	52

Desarrollo:

La Refinería Luján de Cuyo certificó las normas ISO 14000 en 1997 y con ello asumió un compromiso adicional con el medio ambiente y el uso racional de los recursos.

Por lo tanto, la Refinería se impone en forma permanente optimizar los procesos y servicios en los que emplea el agua, disminuyendo sus consumos y haciendo un reuso de los efluentes industriales y del condensado de vapor.

Con el propósito de alcanzar un manejo sustentable del recurso, se necesita además de una firme decisión empresaria, de la participación de todos los empleados propios y contratados,

para que estos consideren el valor del agua haciendo un uso eficiente de la misma y cuidando de no regresarla contaminada para preservar la calidad de las reservas naturales.

Para asegurar un manejo eficiente del agua, la Refinería elaboró un programa que comprende las acciones necesarias para desarrollar una política de conservación que aglutina los siguientes principios básicos de actuación:

- ✓ La protección de la calidad y la cantidad de los recursos hídricos disponibles, considerando la gestión del agua como un ciclo integral (captación, tratamiento, distribución y consumo, saneamiento y depuración, y reutilización o vertido final).
- ✓ El diseño de estrategias para un uso racional y eficiente del agua.

A continuación se describe el camino del agua dentro de la Refinería, mostrando las acciones y estrategias del plan aplicado y los resultados obtenidos.

Sistema de tratamiento de agua

La Refinería Luján de Cuyo toma el agua del Río Mendoza, desde el dique Las Compuertas, ingresando hasta su planta de tratamiento por un canal de captación hormigonado en la totalidad de su trayecto.

Por resolución del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza, la Refinería tiene asignado un cupo máximo de captación del río de 5080 m³/hora, divididos en 1368 m³/hora para uso consuntivo del agua y los restantes 3712 m³/hora para uso no consuntivo.

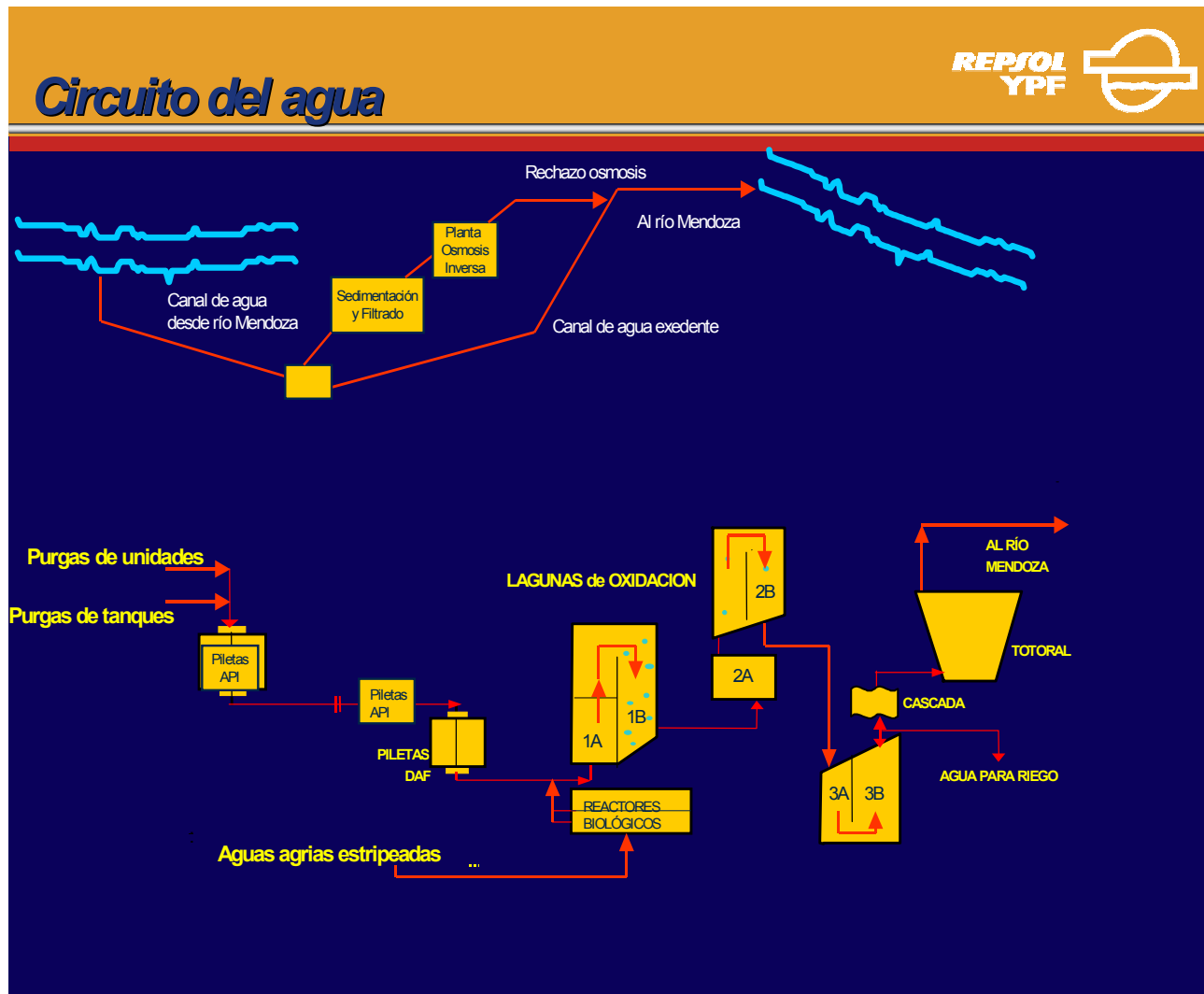
Características del agua proveniente del río Mendoza, incluyendo variación estacional:

Característica	NOMINAL	INVIERNO	VERANO
Calcio	380 mg/l	410 mg/l	310 mg/l
Magnesio	20 mg/l	40 mg/l	20 mg/l
Sodio	61mg/l	90 mg/l	45 mg/l
Hierro Total	0.3 mg/l	0.3 mg/l	0.1 mg/l
Bicarbonatos	139 mg/l	150 mg/l	109 mg/l
Sulfatos	284 mg/l	350 mg/l	100 mg/l
Cloruros	92 mg/l	150 mg/l	70 mg/l
Sílice	11.1 mg/l	16 mg/l	6-8 mg/l
PH	7.5	7.5-8	7.5-8
Conductividad	999 Us/cm	1200 Us/cm	600-700 Us/cm
Turbiedad	0,8 UNT	< 1UNT	2-10 UNT
Dureza Total	407 ppm	450-500 ppm	300-350 ppm
Alcalinidad Total	139 mg/l	150 mg/l	109 mg/l
Temperatura	5 ° C	1-8 °C	10-20 °C

Al agua que ingresa se le debe eliminar todo tipo de material sobrenadante y arrastrado, para luego proceder a clarificarla de manera de adaptarla a las necesidades de los procesos de agua tratada por ósmosis inversa, agua para reposición en los sistemas de recirculación, agua potable, agua para riego, agua de reserva para sistemas de incendio y mitigación.

El tratamiento consiste en etapas de floculación, sedimentación y filtración.

El agua proveniente del canal de captación y que no es utilizada en los procesos de tratamiento mencionados, se deriva nuevamente al río Mendoza sin alterarla, a la altura del dique Cipolletti.



Sistema de purificación del agua:

Una de las medidas más efectivas para la reducción en el consumo de agua, fue el reemplazo de las antiguas unidades de tratamiento de aguas por intercambio iónico por dos nuevas unidades de tratamiento por ósmosis inversa.

La ósmosis inversa es un proceso continuo que tiene tres corrientes diferentes de agua, una de entrada y dos de salida: el agua filtrada de alimentación conteniendo sales; el agua producto prácticamente libre de sales y demás contaminantes, y una corriente de rechazo o concentrado. Ésta última arrastra de manera continua prácticamente todas las sales y demás contaminantes que rechazó la membrana.

Producto	Destino	Calidad Promedio
Agua Desmineralizada	Calderas 1 Calderas 2 Central Térmica	STD 20 mg/l Conductiv. 45 uS/cm Dureza 0 ppm Alcalinidad 25 ppm Sílice < 0,5 ppm
Concentrado	Pileta industrial, BB 10	Conductividad 1900 mS/cm

Disponer de una mejor calidad de agua de alimentación a calderas, como la generada en las unidades de ósmosis inversa, permitió disminuir sensiblemente el ciclo de purgado en las calderas, aumentando sus ciclos de concentración, que se definen como el cociente entre los sólidos totales disueltos en el agua de alimentación a calderas dividido los sólidos totales disueltos en la purga.



El aumentar los ciclos de concentración de 11 a 55, tuvo su impacto directo en una reducción sustancial del caudal de purga, que significa menos consumo de agua proveniente de ósmosis y una reducción en el caudal de efluentes y por ende el consiguiente ahorro de combustibles

El antiguo tratamiento de agua para calderas, era por intercambio iónico, que por su proceso intrínseco tenía un alto consumo de productos químicos, como también una muy alta conductividad en el agua de rechazo que se derivaba a efluentes.

Además de la mejor calidad y estabilidad del agua de las unidades de ósmosis inversa, se logró disminuir un 90% el consumo de productos químicos utilizados.

En la tabla siguiente se muestra la comparación de consumos de productos químicos entre los sistemas de tratamiento de agua por resinas de intercambio iónico versus el tratamiento por ósmosis inversa.

Sistema de tratamiento Producto Químico	Resina intercambio iónico	Ósmosis inversa
Ácido Sulfúrico	800 Tn/mes	20 Tn/mes
Soda Cáustica	290 Tn/mes	1.5 Tn/mes

Sistema de Agua de enfriamiento:

La Refinería cuenta con un sistema de agua de enfriamiento que tiene como finalidad eliminar el calor remanente del agua usada en las unidades de proceso.

El enfriamiento del agua se realiza en un grupo de torres con relleno que poseen aerofriadores, los que hacen circular aire en forma forzada, para ponerlo en contacto con el agua que cae en forma de lluvia en contracorriente.

Mediante bombas de gran caudal el agua enfriada se envía por dos cañerías de 48 " que completan a través de distintas derivaciones internas a las unidades de proceso, un circuito cerrado de circulación.

En su proceso de intercambio el agua eleva su temperatura, por lo que se hace necesario su enfriamiento en las torres del sistema, que se consigue mediante el mecanismo de enfriamiento por evaporación y el intercambio de calor sensible con el aire que circula en contracorriente.

La absorción de calor que se produce mediante la evaporación disminuye la temperatura remanente del agua, la que parcialmente se evapora en este proceso y es una pérdida de agua que no se puede recuperar.

La cantidad de agua evaporada, es aproximadamente el 1.2 % del flujo de agua que es recirculada en el sistema, por cada 12 °C de disminución en la temperatura del agua, variando este porcentaje en función del punto de rocío del aire.

A medida que la evaporación ocurre, las sales que contiene el agua de recirculación se van acumulando en el sistema y su concentración se controla para evitar la acumulación mineral, ya sea por el agregado de agua de reposición para su dilución y además compensar pérdidas de agua y/o por el purgado del sistema.

El objetivo de la operación en el sistema de agua de enfriamiento es minimizar las purgas para reducir el consumo de agua de reposición y así poder aumentar los ciclos de concentración, que se definen (igual que vimos en calderas) como el cociente entre los sólidos totales disueltos en el agua de reposición dividido los sólidos totales disueltos en la purga.

La eficiencia térmica, la operación adecuada y la vida útil de las torres del sistema de recirculación están directamente afectadas por la calidad de agua que esta siendo recirculada. Es por eso que se cambió sustancialmente la dosificación y se comenzaron a utilizar productos químicos de última generación:

➤ **Bactericida oxidante y no oxidante:**

Las bacterias producen inconvenientes en la formación de películas anticorrosivas, como así también corrosión cuando son sulfatorreductoras , por lo que se utiliza hipoclorito de sodio y biocida inhibidor de corrosión. Estos productos trabajan formando una película que previene la oxidación en el interior de las cañerías.

➤ **Dispersante inhibidor de corrosión**

Tiene la acción de mantener en suspensión a las sales inorgánicas, iones metálicos además de actuar como inhibidor de corrosión para el cobre y sus aleaciones.

➤ Dispersante de materia orgánica:

En caso de producirse alguna contaminación con hidrocarburos producto de roturas en equipos de intercambio, se agrega este tipo de producto que mantiene en suspensión al hidrocarburo, evitando que se adhiera a las cañerías.

Como conclusión de estudios hidráulicos tendientes a conocer la velocidad y caudal de circulación en diferentes puntos del sistema, se reemplazaron 1.300 metros de cañería de agua de enfriamiento cambiando el diámetro de 36 " a 48 " para mejorar la circulación y la disponibilidad de agua en un importante sector de la Refinería.

Como resultados de estos cambios se pueden mencionar los siguientes logros:

- Mejores condiciones de intercambio de calor en las unidades de proceso
- Disminución de la corrosión del sistema
- Menor purgado de equipos de intercambio que consiguió:
 - Aumento de ciclos de concentración del agua de recirculación
 - Disminución del caudal de los efluentes industriales
 - Disminución del caudal de agua filtrada de reposición
- Disminución de los gases vertidos a la antorcha

Agua de riego:

En el predio de la Refinería Luján de Cuyo, en los últimos años se han duplicado las hectáreas destinadas a espacios verdes y forestales contando en la actualidad con 58 Ha bajo riego.

La superficie destinada a arboledas aumentó a 28 hectáreas y se aprobó un plan de forestación 2002 / 2005 para agregar otras 10 Ha adicionales.

En tierras cercanas al sistema de tratamiento de efluentes industriales, se plantaron vides de cepas malbec, chardonnay y cabernet sauvignon.

La creciente demanda de agua para riego, llevó a buscar formas para reducir su consumo, que se consiguieron implementando prácticas eficientes de irrigación.

Para ello, se cambió el sistema de riego tradicional a manto (inundación superficial) por el de aspersión en jardines y por sistema de riego por goteo en la totalidad de los árboles y frutales.

Con el riego por goteo, la superficie del suelo se conserva seca y la humedad en las capas inferiores se mantiene por debajo del estado de saturación, por lo que la evaporación superficial y la percolación profunda que representan las pérdidas más importantes por el riego a manto, se eliminan completamente incrementando la eficiencia en el uso de agua en aproximadamente un 50 %, con un ahorro estimado del 40 % en el volumen de agua utilizada.



Otro ahorro adicional en el consumo de agua de riego se consiguió reemplazando parcialmente el agua filtrada del sistema de captación por agua tratada de salida del sistema de efluentes.

Se instaló una bomba que funciona 10 horas por día derivando para su reuso en el sistema de riego, aproximadamente el 12 % del caudal de efluentes diarios de la Refinería.

Sistema de tratamientos de efluentes líquidos:

Los efluentes líquidos provenientes de las unidades de procesos y de las purgas de tanques de almacenamiento de petróleos y productos terminados son conducidos por drenajes entubados hacia piletas donde se separan los hidrocarburos aprovechando su diferencia de densidad con el agua.

El agua industrial, sigue su curso para continuar su depuración en un sistema de lagunas aireadas y con plantas acuáticas (camalotes y totoras), donde se produce la biodegradación del hidrocarburo remanente.

La biodegradación es un proceso de tratamiento por el que microorganismos naturales de las aguas toman como alimento a los hidrocarburos, convirtiéndolos en productos no perjudiciales para la vida vegetal, animal y humana.

De esta manera se recupera una importante cantidad de agua que es devuelta al río Mendoza para que pueda ser ocupada en otras actividades productivas.

El caudal de agua tratada que vuelve al río Mendoza, cumple con las normativas vigentes impuestas por el Departamento General de Irrigación, que es el organismo de control provincial y cuyos parámetros principales se muestran a continuación:

Especificación	pH	Fenoles mg/l	Conduct .micS/l	DBO mg/l	DQO mg/l	N2 Amon. mg/l	HC mg/l	Sulfuro mg/l
Requerimientos Depart. General de Irrigación –	5.5 - 9.0	0.1	2000	120	250	8	5	1

Convenio								
Límites exigidos en la nueva reglamentación	5.5-9	< 0.05	1400	30	75	3	0.5	<0.1
Vuelco al río Mendoza Promedio Año 2002	7.8	< 0.05	1200	43	67	4.9	1.37	<0.1



Otras acciones para reducir el consumo de agua:

Piletas de agua de reserva para incendios y para sistema de mitigación: Por razones de seguridad la Refinería dispone de una pileta de agua filtrada como reserva para necesidades ante eventuales siniestros, de la misma manera otra pileta también con agua filtrada conocida como pileta de mitigación y que sirve como reserva para un sistema especial que protege a la unidad de Alquilación mediante chorros de niebla.

La capacidad total de ambas piletas supera los 30.000 m³ y su superficie expuesta ronda los 1.500 m².

Como parte del programa de optimización de consumos de agua, se concretó la impermeabilización de estas piletas con revestimiento de hormigón una de ellas y la otra cubriéndola con membrana asfáltica.

Estas obras tienen la finalidad de impedir las pérdidas por infiltración natural que se producirían por la alta permeabilidad del suelo, que es una característica natural del área donde está emplazada la Refinería.

El resultado de la concreción de estas obras fue una sustancial disminución del agua utilizada para reponer los niveles en estas piletas, que impactó directamente en el consumo de agua filtrada del río.

Condensado de vapor: Una importante parte del vapor generado en las calderas se condensa durante su uso en los procesos de producción y en algunas oportunidades, el condensado se contamina con sales u óxidos que le impiden su reuso como reemplazo parcial del agua de alimentación de calderas.

Para asegurar un completo aprovechamiento del condensado recuperado, se instaló una Unidad de Pulido , 100 m³/h , la que básicamente tiene la función de quitar las impurezas que pueda contener el condensado y que le impiden cumplimentar la calidad exigida para su reutilización.

Poder asegurar en forma permanente la máxima cantidad de condensado, reutilizándolo como reemplazo parcial de agua desmineralizada para calderas, implica ahorros importante en el volumen de agua tomada del río

Además de esto con la reutilización del condensado, se consiguen reducciones importantes de energía, tanto en el proceso de desmineralización y bombeo, como así también en el combustible quemado en las calderas, ya que este condensado se recupera caliente y de esta manera es enviado a los generadores de vapor.

Agua potable: La disminución del consumo de agua potable, fue consecuencia de una intensiva campaña de reparación de pérdidas en sanitarios y grifos en general, además de completarse un programa para la sustitución de antiguas líneas de distribución. El plan integral consiguió una reducción en el consumo de agua potable, que en la Refinería se obtiene mediante la purificación de agua filtrada de río.

Resultados Obtenidos:

La tabla siguiente muestra en forma elocuente, el impacto de las acciones y estrategias del plan aplicado y los resultados obtenidos:

Caudales promedios (m³/hora)			
	Entrada agua del río	Salida agua del río	Consumo agua del río
Año 1999	3300	1920	1380
Año 2000	2330	1885	745
Año 2001	2262	1750	512
Año 2002	2200	1720	480

Se pudo reducir el consumo promedio de agua del río Mendoza desde el año 1999 que era de 1380 m³/hora, hasta llegar a 480 m³/hora promedio en el año 2002, lo que implica una disminución del 65 % .

La reducción del consumo de agua dejó disponibles en el Oasis Norte del río Mendoza, unos 7.884.000 m³ al año, los que pueden ser destinados a otros usos productivos, a cultivar

mayor superficie o simplemente a reducir el bombeo de agua subterránea utilizada para el riego.

Otra manera de visualizar estos beneficios es calcular el incremento de la superficie a cultivar con este ahorro de agua y si consideramos que aproximadamente se necesitan unas 9.000 m³ de agua de riego / hectárea /año, el ahorro hídrico logrado por la Refinería, equivale a la posibilidad de proveer agua de riego para 876 nuevas hectáreas