

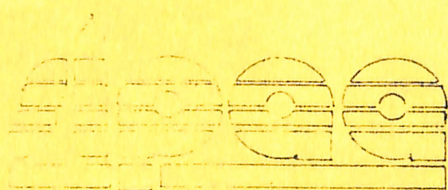
CIO
628.16
R173m

VI Certamen Ciencia y Tecnología SIPAA

Ing. Herberth Farrer C.



15



ANIVERSARIO



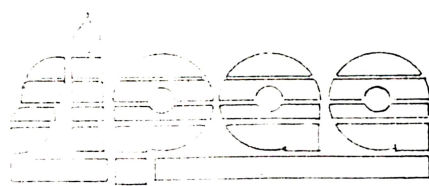
-1993-

**VI Certamen
Ciencia y Tecnología
SIPAA**

Ing. Herberth Farrer C.



15



ANIVERSARIO



-1993-

VI CERTAMEN BIENAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA S.I.P.A.A.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

SAN JOSE DE COSTA RICA, 1993

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ACUEDUCTO DE
ZAGALA-ARANJUEZ Y PITAHAYA EN PUNTARENAS

JOSE MIGUEL RAMIREZ CORRALES, QUIMICO, LABORATORIO CENTRAL
LEONARDO MOYA GONZALEZ, INGENIERO, REGION PACIFICO CENTRAL
ALVARO VARGAS BELTRAN, ASIST. LAB., REGION PACIFICO CENTRAL

SUMARIO

El valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud como criterio de potabilidad para el agua, en términos del pH, es de 6.5-8.5 unidades.

Las aguas del acueducto de Zagala- Aranjuez y Pitahaya han sido caracterizadas por varios años, en el Laboratorio Central de AYA, como aguas fuertemente corrosivas. Se procedió a realizar ensayos de neutralización usando carbonato de calcio, a escala de laboratorio, y así ofrecer la solución técnica definitiva a esa situación.

Además del pH, el contenido de aluminio soluble en estas aguas excede los lineamientos de calidad recomendados.

CIO

628.16

R-173m

SEDE DE OCCIDENTE
"BIBLIOTECA"

— PROCESOS TECNICOS —

No. Registro 107862
Procedencia: Set de original
Precio \$ 200-
Fecha Ingreso: 09 NOV 1993

BIBLIOTECA OCCIDENTE-UCR



0107862

Mejoramiento de la calidad del agua del Acueducto de Zagala-Aranjuez y Pitahaya e



0107862



La recomendación de la Organización Mundial de la Salud O.M.S., como criterio de potabilidad para el agua, en términos del pH, es de 6.5-8.5 unidades.

El potencial de hidrogeno o pH determina el grado de acidez/basicidad del agua. Este parametro de calidad está relacionado directamente con los problemas de incrustación y corrosión en las redes de distribución de agua, ocasionando problemas operacionales. El pH influye también en otros indicadores de calidad del agua, tales como eficiencia en la desinfección, presencia de microorganismos y aspectos estéticos.

Las aguas del acueducto que abastece las ciudades de Zagal, Aranjuez y Pitahaya en Puntarenas, han sido caracterizados en varios años en el Laboratorio Central del AyA como aguas fuertemente acidas, de ahí que el problema químico que toma lugar en la red de distribución, tanques y válvulas, es la corrosión. Este fenómeno ocasiona la pérdida en la capacidad del sistema de distribución para el transporte del fluido debido a los productos de corrosión formados por depósitos e incrustaciones de óxidos e hidróxidos metálicos; así como erogaciones económicas adicionales por la restitución de accesorios a base de metales.

Desde el punto de vista sanitario, no se reporta una relación adversa entre los aspectos de salud y el grado de acidez del agua para uso doméstico. Sin embargo, debe tenerse presente que existe susceptibilidad en algunos seres humanos a bebidas ácidas como son los refrescos gaseosos.



Los líquidos ácidos poseen la característica de solubilizar los componentes metálicos e inorgánicos en general, de ahí que aguas con pH's menores o cercanos a 4.0 unidades tienen la propiedad de corroer superficies metálicas cuando se ponen en contacto con ellas, pudiendo aumentar los contenidos de sustancias inorgánicas a niveles superiores a los que trae el agua en su estado natural.

La fuente de suministro de este acueducto presenta además, niveles de aluminio superiores a la recomendación de la U.M.S., de 0.20 miligramos por litro. Debido al grado de acidez elevada de estas aguas el aluminio se encuentra presente en la forma iónica y soluble.

El aluminio es un elemento que no parece ser esencial ni beneficioso al ser humano. Se conoce que algunos productos que contienen aluminio en la forma de su hidróxido, tal como los antiácidos, pueden acomplejarse con el fósforo de los fosfatos, el cual es esencial y beneficioso, provocando su excreción junto con las heces y consecuentemente contribuyendo a la pérdida anormal y excesiva de fosfatos del cuerpo. Por otro lado, la ingestión prolongada de aluminio ha sido asociada con ciertos trastornos neurológicos, durante la tercera edad, específicamente con la enfermedad de Alzheimer. Esto, sin embargo, es actualmente investigado en el ámbito científico para delucidar si efectivamente el aluminio es el causante del mal de Alzheimer o bien es un precursor de otros factores que promueven la enfermedad.

Se presume que el comportamiento químico de estas aguas es de origen geoquímico.



Debido a los problemas de calidad apuntados, se plantea la necesidad de encontrar una solución técnica definitiva para lograr el cumplimiento de los niveles de pH y aluminio recomendados por la O.M.S., en este sistema de abastecimiento.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

Por su naturaleza química, estas aguas requieren neutralización con un agente químico alcalino. Los álcalis pueden elevar el pH y a la vez precipitar el aluminio completamente, si el producto neutralizante es un hidróxido. Si se utilizaren agentes neutralizantes no hidroxílicos como el carbonato de calcio la precipitación del aluminio es parcial. En cualquiera de los dos casos es requisito indispensable la filtración en arena para evitar el ingreso del hidróxido de aluminio en la red de distribución.

Un material sólido como el carbonato cálcico actúa químicamente en función del estado de subdivisión, así el polvo de carbonato tiene la mayor superficie de contacto y la mayor reactividad. La piedra bruta sin quebrar o subdividida tendrá entonces la menor acción neutralizante.

3. ANTECEDENTES

En el estudio denominado "Análisis y tratamientos químicos del Acueducto de Aranjuez-Pitahaya" se recomendó utilizar piedras de mármol o de carbonato de calcio con una "granulometría equivalente a la piedra cuartilla empleada en construcción" para neutralizar las aguas ácidas y altamente corrosivas de esta fuente de suministro. Sin embargo, nunca se implementaron esas recomendaciones y el acueducto siguió suministrando aguas ácidas.

En la actualidad el acueducto cuenta con dos cámaras de tratamiento, una nueva y otra vieja en donde el agua entra en contacto con el material de relleno, el cual consiste de carbonato de calcio o piedra caliza y sale por el extremo opuesto. De las cámaras pasa al tanque de almacenamiento y de ahí a la red de distribución, por gravedad.

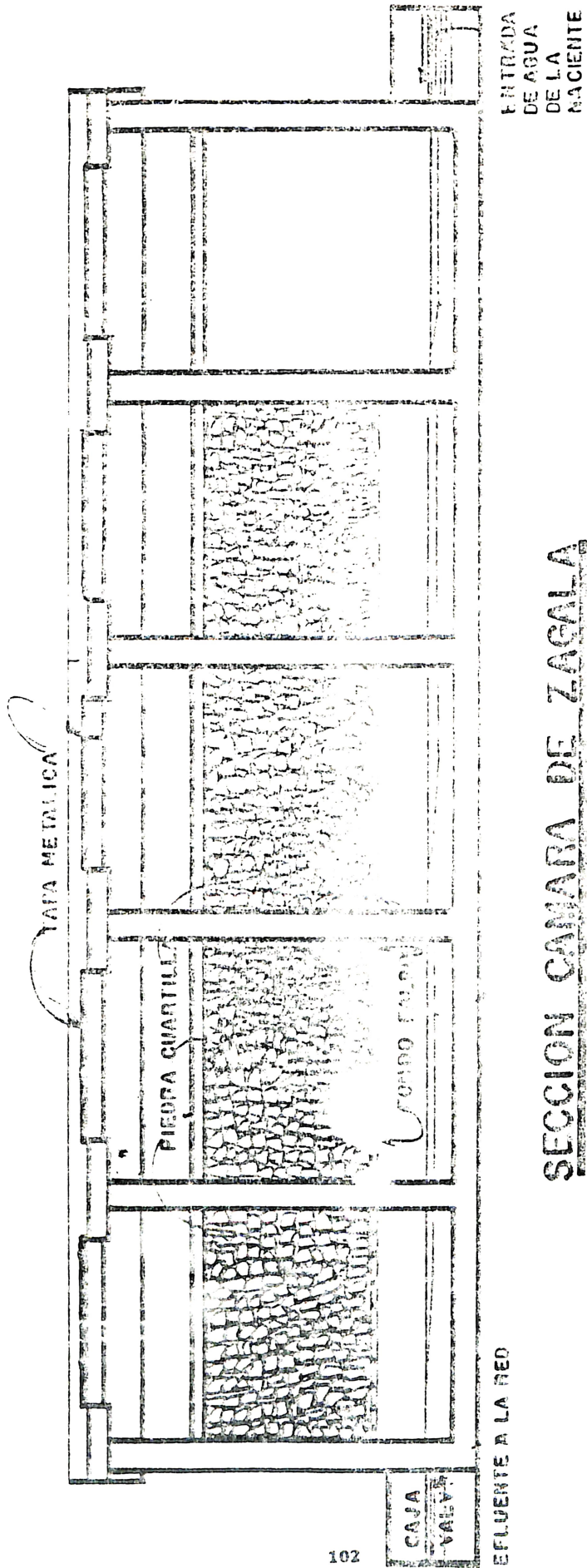
El material en piedra bruta se trae de Guanacaste y se ha colocado en esas cámaras tal y como se recibe o sea sin quebrar o subdividir.

En el sistema de caja de contacto viejo se tienen tres compartimientos de iguales dimensiones. En el sistema nuevo hay 5 divisiones. La figura 1 muestra la disposición de los lechos de contacto con carbonato de calcio en la cámara nueva.

El caudal aproximado según el operador de este acueducto es de alrededor de los 3.5 litros/segundo; en la cámara vieja.

SISTEMA DE TRATAMIENTO CON CARBONATO DE CALCIO

FIG. Nº 1



4. METODOLOGIA

4.1 Ensayos de neutralización utilizando cal.

Para un primer análisis se preparo una disolución de cal pesando 0.9998 ± 0.0002 gramos y se diluyó en agua a 1000.0 ± 0.8 mL, usando cal finamente pulverizada proveniente de la Planta Baja de Tres Rios. Se agitó continuamente por más de 15 minutos, después se determinó el pH de esta disolución, resultando ser de 11.86 ± 0.05 . Esta disolución representa una concentración de 0.1000% peso/volumen.

Se procedió a determinar el volumen de la disolución de cal necesario para elevar el pH tanto del agua de entrada al tanque como la de salida, empleando en ambos casos 50 mL. Los resultados se presentan en el cuadro I.

4.2 Tratamiento a escala real del acueducto utilizando lechada de cal.

Se procedió a dosificar con lechada de cal el agua del acueducto.

La disolución neutralizante se obtuvo con una relación de 0.50 gramos de cal comercial por cada 100 mL de agua del mismo acueducto. El pH resultante de esa disolución sobresaturada fue de 11.40 unidades.

La cal comercial empleada en el tratamiento del acueducto de Zagala-Aranjuez y Pitahaya era de un porcentaje de materia activa, expresado como óxido de calcio, de 12.5 ± 0.5 y con un porcentaje de materia insoluble en ácido clorhídrico 1:3, de 13.2 ± 0.5 .



Los resultados obtenidos se detallan en el cuadro 3.

4.3 Ensayos y tratamiento con carbonato de calcio.

El carbonato de calcio tiene una solubilidad en agua a 25°C de 0.014 gramos por 100 mL.

Primeramente se procedió al análisis de las piedras de mármol usadas en el lecho de tratamiento. Se pulverizó completamente el material y se preparó una disolución de 0.0200 N con el ácido, paralelamente se preparó otra como patrón primario con carbonato de calcio puro, para la respectiva comparación. Se analizaron 3 alícuotas de 5 mL cada una, tanto para el patrón como para la incógnita. Se analizaron volumétricamente el calcio contenido en calcio y se expresaron en el equivalente de carbonato cálcico, resultando que el material tiene un contenido porcentual compuesto del $98 \pm 2\%$.

Con base en el hecho de que entre más subdividido se encuentre un material sólido mejor contacto superficial y reacción química posee, se procedió a establecer el tiempo mínimo que se necesitaba para corregir el pH partiendo del caso extremo de usar carbonato pulverizado. Era importante investigar el tiempo mínimo de contacto empleando agitación constante como otro factor que pudiera acelerar el proceso.

Para lograr lo anterior, se sometieron 125 mL del agua de estudio a agitación constante y se le agregó una punta de espátula del material pulverizado. Los resultados se presentaron en el cuadro 4.

Para la estabilización del agua problema se desarrolló una simulación a escala piloto.



El experimento de laboratorio consistió en hacer pasar un caudal de uno 1000 mL/5 minutos por el material alcalinizante. Para esto se dispuso de un recipiente de 16 litros ubicado en posición elevada, luego por sifón y por acción gravitatoria se hizo pasar el caudal mencionado hacia un recipiente de 2 litros lleno de piedra caliza.

Se permitió un lapso de tiempo de 5 minutos para el lavado y acondicionamiento de la superficie de contacto del material neutralizante.

Segundamente se dejó el recipiente de 2 litros en reposo durante un tiempo de contacto mínimo de 2 minutos.

- Después de los periodos de contacto se hicieron las mediciones respectivas de pH.

- Para el relleno, se utilizó piedra caliza del quebrador del "Chino", localizado frente al Hotel Fiesta en Puntarenas.

- El tamaño efectivo del material era similar al de la piedra cuartilla de construcción. En este quebrador se dispone de carbonato de calcio en esas dimensiones.

- También para efectos comparativos se utilizó piedra del relleno de las cajas en el acueducto de Tagala, partida con un mazo hasta obtener tamaños parecidos a la piedra mármol del quebrador.

Los resultados de este ensayo de tratabilidad se presentan en el cuadro 5.



4.4. Tratamiento a escala real del acueducto usando carbonato de calcio.

Con base en los resultados de los ensayos químicos efectuados a la fecha se procedió a descargar las cámaras de contacto nueva y vieja del Acueducto de Zagala. En su lugar se colocó piedra cuartilla de carbonato de calcio. Este cambio se efectuó el 22 de enero de 1993 y hasta hoy se ha mantenido con ese tipo de material, reponiéndose el necesario debido al desgaste. La cantidad utilizada fue cercana a los 5 ó 6 metros cúbicos de relleno.

Después de acogidas las recomendaciones de los informes respectivos la calidad del agua es significativamente diferente a los años anteriores. Esto puede constatarse en los resultados presentados en los cuadros 6 y 7.

5. RESULTADOS ANALITICOS

El Laboratorio Central de AyA cuenta con una fuente de información de la calidad del agua del Acueducto de Zagala-Aranjuez y Pitahaya, en donde puede constatarse los problemas de calidad de ese suministro. En el cuadro 1 se resume información de los años 1990 a 1992.

En el cuadro 2 se presenta la neutralización de 50.0 ml de agua problema, tanto del agua de entrada a la cámara de contacto como la de salida, empleando lechada de cal al 0.1000 por ciento peso/volumen.

El cuadro 3 demuestra como pueden neutralizarse químicamente las aguas ácidas con agentes químicos como la cal.



Notese, sin embargo, que se necesitan de 40 a 50 litros del reactivo alcalino por cada metro cúbico de agua a tratar.

El ensayo del mármol se efectuó con carbonato de calcio pulverizado con el cual se puso en contacto el agua ácida problema, según el cuadro 4.

Mediante simulación a escala piloto y utilizando carbonato de calcio, quebrado como la "piedra cuartilla", se neutralizaron las aguas ácidas problema, según el cuadro 5. Con estas pruebas se define el tamaño de la piedra caliza y los tiempos de contacto efectivos.

En el cuadro 6 se presenta un resumen de resultados de calidad después de que se empezó a utilizar la piedra de carbonato de calcio tipo "cuartilla".

En relación al problema del aluminio se procedió a utilizar la operación de filtración, en el laboratorio, en aguas tratadas por piedra cuartilla de carbonato de calcio. Se utilizó como medio filtrante papel Whatman 41. Los resultados en la remoción del aluminio total mediante filtración de aguas neutralizadas se presentan en el cuadro 7.

6. DISCUSION DE RESULTADOS

En el cuadro 1 queda de manifiesto el grado de no potabilidad del agua del Acueducto de Zagala, en términos del pH y contenido de aluminio total. Además, se demuestra con esa información que, durante los años 90, 91 y 92 el sistema no experimentó ninguna modificación significativa de sus características ácidas a pesar de usarse piedra caliza.



La calidad del agua sin tratamiento ingresando a las cámaras de contacto, salida de las mismas, tanque y red de distribución es prácticamente la misma.

La neutralización del agua de Zagaia con lechada de cal. Cuadro 2, indica que se requieren entre 1.90 y 2.05 ml de disolución neutralizante por cada 50.0 ml de agua del acueducto para elevar el pH hasta 6.35 y 7.70 unidades, en el agua que ingresa a la cámara de contacto. Son necesarios entre 1.20 y 1.40 ml para elevar hasta 6.77 y 7.65 unidades de pH el agua que sale del lecho de mármol. Estos volúmenes requeridos, como se verá posteriormente, hacen que no sea práctico utilizar neutralización química desde el punto de vista operativo, debido al gran volumen de lechada de cal necesario.

La neutralización de aguas ácidas como la del caso en estudio, usando lechada de cal, es factible químicamente. Cuadro 3. Sin embargo, desde el punto de vista operativo es poco práctica en virtud de requerirse un alto caudal de aplicación del agua de cal sobresaturada. Además, las dosificaciones de disoluciones requieren de mayores cuidados técnicos y operativos, siendo en el caso de este acueducto difícil de llevar a cabo debido a lo rural y disperso del mismo.

El estado de subdivisión de un material sólido a ser empleado en un proceso químico es fundamental. La información del cuadro 1 demostró cómo a pesar de hacer pasar el agua ácida por el lecho de carbonato de calcio la calidad del agua no se altera. Lo anterior ocurre debido a que se está empleando piedra caliza en bruto, es decir, de tamaños grandes.



En el cuadro 4 puede notarse como el carbonato de calcio en forma de sólido pulverizado puede neutralizar aguas duras con tiempos de contacto de hasta 4 minutos. Los resultados de esta prueba fueron básicos para continuar los experimentos y poder definir el tamaño más adecuado de piedra caliza a ser utilizada.

Los resultados experimentales del cuadro 5 demuestran que utilizando piedra del quebrador subdividida en tamaño equivalente al de la piedra cuartilla, se puede corregir el pH con tiempos de contacto de hasta 2 minutos. Nótese como en ese mismo cuadro se demuestra la poca efectividad del tratamiento en las condiciones actuales, empleando piedra bruta. La granulometría de la piedra de Zagala partida manualmente con mazo probablemente no es comparativa a la del quebrador por lo que su reactividad es lenta. Se requirieron alrededor de 16 minutos para elevar el pH hasta 6:30 unidades. La conductividad del agua tratada con piedra caliza del quebrador se modifica de 242 hasta 400 unidades de conductividad demostrando que la reactividad química ocurre.

A partir del 28 de enero de 1993 la calidad del agua del Acueducto de Zagala ha sufrido un cambio favorable, Cuadro 6. El agua que sale de las cámaras de contacto y que llega a los tanques de almacenamiento y red de distribución de ese sistema ha sido controlada en cuanto a sus propiedades corrosivas usando piedra cuartilla de carbonato de calcio. A pesar de ello, sufre un aumento en los niveles de turbiedad debido al mayor estado de subdivisión del material neutralizante y a la precipitación del aluminio.



El aluminio soluble en aguas ácidas puede ser precipitado completamente utilizándose un agente hidroxílico fuerte como la soda cáustica o la potasa, hidróxidos de sodio y potasio respectivamente. El precipitado del hidróxido metálico puede ser removido por filtración. En el caso estudiado la opción técnica más viable es el empleo de carbonato cálcico, el cual al no tener carácter hidroxílico provoca una precipitación parcial del metal. En el cuadro 7 se muestran los niveles de aluminio después de ser filtradas con papel de laboratorio las aguas neutralizadas del acueducto en estudio. La remoción es significativa por lo que se justifica la filtración por arena en el sitio, con la cual se favorece la disminución del contenido de aluminio y se controla el aumento experimentado en la turbiedad al usarse carbonato cálcico.

7. CONCLUSIONES

Con base en los resultados de calidad del agua, recopilados durante el período diciembre 1990-Octubre 1992, los parámetros pH y aluminio incumplen los lineamientos de la O.M.S.

Bajo las condiciones anteriores de operación del Acueducto de Zagala-Aranjuez y Pitahaya, la Institución estaba incumpliendo con dotar de agua potable a la población servida, en lo relativo al pH y contenido de aluminio. En esas condiciones sólo el material y tubería de P.V.C., son duraderos, los de tipo metálico sufren un deterioro rápido.



La principal conclusión que se deriva de este trabajo es que la calidad química de las aguas estudiadas exigen un tratamiento constante. Debe por tanto, utilizarse siempre piedra de carbonato cálcico o caliza partida en quebrador y con tamaños similares a la piedra cuartilla usada en construcción.

Aplicándose el tratamiento propuesto se elimina por completo el carácter corrosivo de esas aguas y se promueve la precipitación parcial del aluminio.

Es necesario instalar un filtro de arena para controlar la turbiedad generada por el uso del carbonato y reducir el contenido de aluminio.

Los suscritos consideran que la aplicación del método de tratamiento propuesto es de fácil implementación y viable económicamente.

3. RECOMENDACIONES

El sistema de abastecimiento de agua de Zagala no deberá operarse más bajo las condiciones anteriores, y más bien los parámetros incumplidos deben corregirse permanentemente.

Mantener siempre lechos de contacto de carbonato de calcio con tamaños de piedra similares a la "cuartilla" de construcción.

En vista de que la elevación del pH conlleva a precipitar gran parte del aluminio es necesario implementar un sistema de filtración en arena. El filtro retiene además el material que suelta la piedra caliza como polvillo fino, de tal manera que se controlaría la turbiedad.



Al tratarse el agua en la forma propuesta y queda estabilizada en pH's cercanos a 7.0 unidades, se favorece la probabilidad de proliferación de microorganismos en el sistema, por lo cual deberá mantenerse un control bacteriológico y evaluar la posibilidad de aplicar eventualmente desinfección por cloración.



9. REFERENCIAS

- (1) Ramirez Corrales J.M., "Análisis y Tratamientos Básicos del Acueducto de Aracuz, Pitalhaya". Estudios y Proyectos del I.C.AyA, San José, Costa Rica, 1987.
- (2) Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, "Calidad del Agua de Consumo Humano", Informe Anual de 1991 y 1992, División Calidad del Agua, San José, Costa Rica.



CUADRO 1
CALIDAD FISICO QUIMICA DEL ACUEDUCTO
ZAGALA-ARANJUEZ Y PITAHAYA DE PUNTARENAS
PERIODO: DICIEMBRE 1990-OCTUBRE 1992

FECHA DEL MUESTREO	TURBIEDAD U.N.T.	pH UNIDADES	DUREZA TOTAL mg/L	SULFATOS mg/L	ALUMINIO mg/L	CONDUCTIVIDAD u.S.	PUNTO DEL MUESTREO
05-10-90	0.50	3.10	13	44	3.3	---	Naciente Zagala
08-10-90	0.30	3.70	---	---	3.4	---	Red Zagala
09-10-90	0.30	3.20	---	---	3.5	---	Red Aranjuez
13-10-90	0.30	3.20	---	---	3.5	---	Red Pitahaya
01-11-91	0.20	3.25	17	59	4.8	175	Red Zagala
27-11-91	0.30	3.68	21	53	2.7	158	Red Aranjuez
27-11-91	0.30	3.25	12	52	2.6	185	Red Zagala
20-10-92	0.30	3.68	18	49	---	165	Naciente Zagala
28-10-92	0.35	3.70	18	45	---	165	Salida Casera Nueva
05-10-92	0.40	3.60	16	45	---	168	Salida Casera Vieja
08-10-92	0.35	3.60	18	45	---	165	Tanque Zapala
23-10-92	0.45	3.70	18	45	---	165	Escuela Zagala

FUENTE: REFERENCIA (2)



CUADRO 2
NEUTRALIZACION DE 50.0 mL DE AGUA DE
ARANJUEZ-PITAHAYA, EMPLEANDO CAL 0.1000% P/V

AGUA DE ENTRADA		AGUA DE SALIDA	
Volumen Cal \pm 0.05	pH \pm 0.05	Volumen Cal \pm 0.05	pH \pm 0.05
0.00	3.60	0.00	4.25
0.40	4.05	0.20	4.61
0.90	4.55	0.40	4.68
1.40	4.79	0.70	4.83
1.65	5.19	1.00	5.36
1.90	6.34	1.10	5.95
2.00	7.08	1.15	6.29
2.05	7.70	1.20	6.77
2.10	8.07	1.25	6.94
2.15	8.10	1.30	7.33
2.30	8.53	1.40	7.65
2.50	8.87	1.60	8.51
3.00	9.33	2.50	9.45
3.50	9.63	3.50	9.94
4.50	10.03	4.50	10.20
5.50	10.25	6.00	10.47
6.50	10.43	8.00	10.68
7.50	10.55	10.10	10.82
10.00	10.75		



CUADRO 3
NEUTRALIZACION CON LECHADA DE CAL DEL AGUA DE
ZAGALÁ-ARANGUEZ Y PITAHAYA
pH DISOLUCION NEUTRALIZANTE = 11:40 UNIDADES

VARIABLE	AGUA SIN TRATAMIENTO	AGUA TRATADA CON CAL
Color verdadero, U.k/co	0	0
Turbiedad, U.N.T.	0.35	2.8
pH, unidades	4.2	6.1
Dureza total, mg/L	27	56
Calcio, mg/L	6	20
Sulfatos, mg/L	50	60

OBSERVACION:

Se necesitan de 40 a 50 litros de la disolución de cal por metro cúbico de agua a tratar.



CUADRO 4
EFECTIVIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO,
EN NEUTRALIZAR EL pH DEL AGUA DE ZAGALA.
MATERIAL NEUTRALIZANTE - SOLIDO PULVERIZADO

pH UNIDADES	TIEMPO DE CONTACTO MINUTOS
3.79	0.0
8.00	4.2
8.12	5.45



CUADRO 5
ESTUDIO DE TRATABILIDAD POR NEUTRALIZACION CON CARBONATO DE CALCIO
DEL AGUA DE ZAGALA-PUNTARENAS, A ESCALA DE LABORATORIO
FECHA: 18 DE NOVIEMBRE DE 1992

TIPO DE AGUA	VARIABLE	
	pH (Unidades pH)	Conductividad (Unidades Conductividad)
Agua con tratamiento	3.65	242
Agua tratada en las cámaras y en las condiciones de laboratorio actuales.	5.70	292
Agua tratada con piedra de Zagala en las condiciones de laboratorio. Tiempo de contacto de 2 minutos.	6.10	400
Agua tratada con piedra de Zagala y tiempo de contacto de 15 minutos.	7.37	---
Agua tratada con piedra del laboratorio y tiempo de con- tacto de 15 minutos.	7.60	---
Agua tratada con piedra del laboratorio para quebra- rse y tiempo de experi- encia. Tiempo de contacto de 15 minutos.	4.80	300
Agua tratada con piedra de Zagala quebrada y tiempo de contacto de 15 minutos.	6.30	---
Agua tratada con piedra de Zagala quebrada y tiempo de contacto de 35 minutos.	6.76	---

CUADRO 6
CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL ACUEDUCTO ZAGALA DESPUES DE UTILIZAR
LECHOS DE CARBONATO DE CALCIO CON TAMAROS DE PIEDRA TIPO "CUARTILLA"
ANALISIS REPORTADOS POR EL LABORATORIO DE REGION PACIFICO CENTRAL

FECHA DEL MUESTREO	TURBIEDAD U.N.T.	pH UNIDADES	DUREZA TOTAL mg/L	SULFATOS mg/L	PUNTOS DEL MUESTREO
28-01-93	---	3.60	12	56	Entrada cámara nueva
28-01-93	---	6.30	63	55	Salida cámara nueva
28-01-93	---	3.99	20	61	Entrada cámara vieja
28-01-93	---	6.00	84	67	Salida cámara vieja
28-01-93	---	6.75	67	65	Tanque de Zagala
28-01-93	---	6.30	61	61	Red de Zagala
03-02-93	0.39	3.60	14	---	Entrada cámara nueva
03-02-93	7.7	6.70	78	71	Salida cámara nueva
03-02-93	6.5	6.95	73	---	Tanque de Zagala
03-02-93	9.0	7.80	76	76	Red Zagala
03-02-93	7.5	6.95	73	65	Entrada Tanque Aranjuez



CUADRO 7
REMOCIÓN POR FILTRACIÓN DEL ALUMINIO TOTAL Y TURBIEDAD
EN LAS AGUAS NEUTRALIZADAS CON CARBONATO DE CALCIO TIPO "CUARTILLA"
EN EL ACUEDUCTO DE ZAGALA
FECHA DEL MUESTREO: 03 DE FEBRERO 1993

TIPO DE AGUA	pH UNIDADES	ALUMINIO SOLUBLE mg/Litro	TURBIEDAD U.N.T.
Agua sin tratamiento de Neutralización. (Entrada a cámara nueva)	3.60	3.4	0.39
Agua sin tratamiento de neutralización pero filtrada en el Laboratorio.	3.60	3.4	<0.3
Salida cámara nueva neutralizada y filtrada.	6.70	0.23	<0.3
Tanque de Zagala neutralizada y filtrada.	6.95	0.50	<0.3
Red de Distribución Zagala neutralizada y filtrada.	7.00	0.21	<0.3
Entrada tanque Aranjuez neutralizada y filtrada.	6.95	0.50	<0.3

