

## II DESARROLLO DEL TRABAJO

A.- SELECCION DE ANALISIS Y METODOS. El agua problema que se va a tratar en este estudio, para que pueda ser apta para el consumo municipal, es necesario bajar el contenido de dureza total, los sólidos en suspensión y en solución (además del contenido Bacteriológico, que no corresponde a este estudio). Lo anterior implica una serie de análisis para poder llevar a cabo el tratamiento que se va a aplicar, de acuerdo a las condiciones del lugar y económicas.

En este estudio se seleccionaron los siguientes análisis: dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio, alcalinidad total, sólidos totales, acidez, turbidez, color y pH. Estos fueron tomados de los estipulados por la FEDERATION OF SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTES ASSOCIATION, ya que son métodos estandars y los más recomendados en la actualidad por su exactitud y sencillez.

B.- MUESTREO Y ANALISIS DE LOS POZOS. Se tomaron muestras de un litro de agua de cada pozo, durante tres meses,

por espacios de quince días y se llevaron a cabo los análisis anteriormente mencionados. En los análisis realizados, se tomaron muestras de cincuenta y cien mililitros de agua.

El agua muestra variaciones de un día para otro en el pH, por lo que fué necesario efectuar los análisis el mismo día de la toma.

La tabla No. 1 muestra el promedio de los resultados obtenidos durante el tiempo mencionado.

C.- SELECCION DE TRATAMIENTOS. Como se observa en la tabla No. 1, existe mucha variación entre una y otra muestra y además se observa la mala calidad de algunos de ellos.

La selección del tratamiento, se hizo individual, debido a varios factores: 1<sup>o</sup> puede existir la posibilidad de que a cada pozo se le acondicione el equipo necesario para su tratamiento y 2<sup>o</sup> en caso de que exista un grupo de pozos de los cuales se mezcle su agua para su tratamiento, alguna vez se tendrá que tratar a un solo pozo, por problemas en el equipo de los demás, por agotamiento de alguno, etcétera. Por lo pronto, los pozos denominados con los números 2, 4, 5 y 7 de la Misión, por su cercanía entre sí, se ha mezclado

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS BUES

TRAS DE AGUA SIN TRATAR.

No. del pozo	2 La Misión	4 La Misión	5 La Misión	7 La Misión
Acidez (ppm.)	20	8	8	28
Color (unidades)	5	5	5	5
Turbidez (ppm.)	5	5	5	5
Sólidos totales (ppm)	1,768	882	1,121	772
Alcalinidad total (ppm)	192	84	112	244
Dureza total (ppm)	660	204	384	328
Dureza de Ca (ppm)	408	132	200	184
Dureza de Mg (ppm)	252	72	184	164
pH	7.7	7.2	7.0	7.6

TABLA No. 1

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS WOBS  
 TRIAS DE AGUA SIN TRATAR.

No. del pozo	1 S. R. H.	4 S. R. H.	29	59
Acidez (ppm)	24	100	10	20
Color (unidades)	10	5	5	5
Turbidez (ppm)	20	15	15	5
Sólidos totales (ppm)	1979	2,696	3,099	2,042
Alcalinidad total (ppm)	256	356	352	308
Dureza total (ppm)	952	1,272	1,028	968
Dureza de Ca (ppm)	625	1,160	620	540
Dureza de Mg (ppm)	337	112	408	428
pH	7.1	6.8	8.0	8.0

TABLA No. 1  
 (continuación)

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS MUESTRAS

DE AGUA SIN TRATAR.

No. del pozo	31	32	Mezcla de los pozos de La Misión
Acidez (ppm)	16	16	30
Color (unidades)	5	5	5
Turbidez (ppm)	5	5	5
Sólidos totales (ppm)	2,505	2,984	900
Alcalinidad total (ppm)	480	610	160
Dureza total (ppm)	1,168	840	280
Dureza de Ca (ppm)	684	764	170
Dureza de Mg (ppm)	464	76	110
pH	7.9	8.1	7.3

TABLA No. 1  
(continuación)

do su flujo de agua para tratarse así. El agua de los demás pozos, se encuentra hasta este momento independiente, ó sea que se consume su agua directamente de él.

Para la selección del tratamiento, se tomó en cuenta la dureza total, dureza de Ca, dureza de Mg, y su alcalinidad, ya que con ésto disminuirían los resultados de las demás determinaciones. Según las descripciones anteriores, sobre los posibles tratamientos para las muestras problema, se han seleccionado los métodos de tratamiento "CAL EN FRIO" con hidróxido de calcio solamente, con hidróxido de calcio y carbonato de sodio juntos, debido al alto contenido de dureza total y de calcio de algunos pozos y además al costo del tratamiento; aunque el segundo no es costeable como el primero, se hicieron pruebas para cuando se crea necesario obtener una calidad de agua mejor.

Los pozos 2 y 4 de la Misión, 29, 30 y 31, son los pozos que se sometieron al tratamiento con la cal hidratada y soda-ash.

Equipo y Reactivos utilizados para el tratamiento de las muestras.-

Un sistema de agitación con regulador de velocidad en

R.P.M. y 6 agitadores.

6 jarras con capacidad de 2 litros aproximadamente

pipetas y matraces volumétricos

buretes y probetas calibradas

solución valorada de Alumbre,  $Al_2(SO_4)_3$ .

solución valorada de Hidróxido de Calcio,  $Ca(OH)_2$ .

solución valorada de Carbonato de Sodio,  $Na_2CO_3$ .

Determinación de las cantidades adecuadas de los reactivos usados.- Se tomaron muestras de 25 litros de agua de cada pozo, de los cuales en cada intento se trabajó en series de seis jarras con un litro de agua cada una. Primeramente se tomó una serie y se le agregaron cantidades variables de hidróxido de calcio a cada una de las jarras, después, se sometió a la agitación en un tiempo determinado y a una velocidad también determinada, luego, se hicieron análisis, se probó nuevamente con las mismas cantidades de hidróxido de calcio y a la misma velocidad de agitación pero con diferente tiempo de agitación, se volvieron a hacer análisis, comparandose con el primero. De esta manera, se estuvieron haciendo variaciones con las variantes de este caso, (cantidades de hidróxido de calcio, tiempo de agitación y velocidad de agitación), hasta obtener las condiciones adecuadas para que la dureza total sea la mínima posible usando

do el mínimo tiempo y obteniendo el más bajo costo. Los resultados fueron obtenidos después de un asentamiento y una filtración.

A las muestras que se trataron con la solución valorada de carbonato de sodio, después de haberse encontrado la cantidad adecuada de hidróxido de calcio, se les agregaron cantidades variadas de la solución primeramente mencionada a las jarras de una serie, con la misma cantidad de hidróxido de calcio encontrada anteriormente. Se hicieron pruebas agregando el hidróxido, se hizo la operación encontrada, y después se le agregó la solución de carbonato en cantidades variadas, también se trató el agua agregando las dos soluciones juntas, probándose de esta manera el tiempo y la velocidad de agitación como en el caso anterior. Como se explicó en el capítulo anterior, en estos métodos es necesario agregar una pequeña cantidad de floculante, el floculante que se seleccionó fue el Alumbre,  $Al_2(SO_4)_3$ , debido a su economía y a que el agua, no contiene nada que pueda interferir en su efecto, ya que existen otros floculantes especiales para las características del agua.

El floculante fue usado después de haberse encontrado los valores del hidróxido de calcio y de carbonato de sodio



de la siguiente forma: debido a que las partículas en suspensión que quedan después del tratamiento, son muy pequeñas y poco pesadas, es necesario de hacer uso de un material que aumente el tamaño de las partículas haciéndolas más pesadas. El floculante es agregado en cantidades variables para cada muestra hasta encontrar que en el mínimo tiempo de agitación se forme el flóculo pesado deseado, con la menor cantidad de floculante posible. En estas pruebas, también se consideraron las variantes tiempo y velocidad de agitación, ya que determinan el tamaño del flóculo.

En la muestra del pozo denominado con el No. 4 de la S.R.H. no se le agregó coagulante, debido a que el contenido de sólidos totales es muy alto, conteniendo gran cantidad de ellos en suspensión y esto sirve para asentarse más rápidamente los compuestos formados después del tratamiento.

Todo el trabajo anterior, fué necesario llevarlo a cabo y no agregar solamente una cantidad equivalente de las soluciones valoradas seleccionadas, como se describió en el capítulo anterior, debido a que influyen varios factores, además de la dureza misma, como son la temperatura del agua, pH y la alcalinidad, por lo que se llevaron a cabo las pruebas, a la temperatura del Laboratorio, procurando que fue-

ron hechas siempre a la misma, 21°C.

D.- RESULTADOS. En la tabla No. 2, se encuentran los valores obtenidos de los reactivos empleados para el tratamiento de las muestras de cada pozo. Además de las condiciones en que se emplearon.

En la tabla No. 3, se observan las características resultantes en cada una de las muestras después del tratamiento empleado. Y en la tabla No. 4, la variación que hubo entre el agua cruda y el agua tratada.

La documentación para el desarrollo de este capítulo, se encuentra localizada en las referencias (1), (2), (5) y (6).

TABLA No. 2

CANTIDAD DE REACTIVOS USADOS PARA EL TRATAMIENTO

No. del Pozo	2 La Misión	4 La Misión	5 La Misión	7 La Misión
$\text{Ca(OH)}_2$ (ppm)	300	50	100	175
Velocidad (R.P.M.)	70	70	70	70
Flóculo	-	-	-	-
Tiempo de a- gitación min.	10	10	10	10
Tiempo de se- dimentación	-	-	-	-
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ (ppm)	75	125	-	-
Velocidad (R.P.M.)	70	70	-	-
Flóculo	-	-	-	-
Tiempo de a- gitación min.	10	20	-	-
Tiempo de se- dimentación.	-	-	-	-
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)	30	30	4	20
Velocidad (R.P.M.)	50	50	50	50
Flóculo	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Tiempo de a- gitación min.	5	10	10	5
Tiempo de se- dimentación min.	2	3	3	3

BIBLIOTECA DE LA ESCUELA DE  
CIENCIAS QUIMICAS

TABLA No. 2  
(continuación)

CANTIDAD DE REACTIVOS USADOS PARA EL TRATAMIENTO

No. del Pozo	S.R.H.	a S.R.H.	29	30
Ca(OH) <sub>2</sub> (ppm)	350	400	400	350
Velocidad (R.P.M.)	70	70	70	70
Flóculo	-	Bueno	-	-
Tiempo de a- gitación min.	10	18	10	10
Tiempo de se- dimentación min.	-	3	-	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (ppm)	-	-	500	300
Velocidad (R.P.M.)	-	-	70	70
Flóculo	-	-	-	-
Tiempo de a- gitación min.	-	-	10	15
Tiempo de se- dimentación min.	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ppm)	10	-	20	30
Velocidad (R.P.M.)	50	-	50	50
Flóculo	Bueno	-	Bueno	Bueno
Tiempo de a- gitación min.	5	-	5	10
Tiempo de se- dimentación min.	3	-	2	3

TABLA No. 2  
(continuación)

CANTIDAD DE REACTIVOS USADOS PARA EL TRATAMIENTO

No. del Pozo	31	32	Mezcla de los pozos de la Misión
Ca(OH) <sub>2</sub> (ppm)	450	450	125
Velocidad (R.P.M.)	70	70	70
Flóculo	-	-	-
Tiempo de agitación min.	10	10	10
Tiempo de sedimentación min.	-	-	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (ppm)	300	-	-
Velocidad (R.P.M.)	70	-	-
Flóculo	-	-	-
Tiempo de agitación min.	10	-	-
Tiempo de sedimentación min.	-	-	-
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ppm)	30	20	20
Velocidad (R.P.M.)	50	50	50
Flóculo	Bueno	Bueno	Bueno
Tiempo de agitación min.	5	5	10
Tiempo de sedimentación min.	2	3	3

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

No. del peso	2 La Misión	4 La Misión	5 La Misión	7 La Misión
Dureza total (ppm)	350	100	260	190
Dureza de Ca (ppm)	150	25	80	50
Dureza de Mg (ppm)	200	75	180	140
Alcalinidad total (ppm)	300	128	210	300
Sólidos totales (ppm)	1,200	728	983	600
Turbidez (ppm)	0	0	0	0
Color (unidades)	0	0	0	0
Acidez (ppm)	10	8	5	50
pH	8.0	8.0	7.5	8.5

TABLA No. 3

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

No. del pozo	1 S.R.H.	4 S.R.H.	29	30
Dureza total (ppm)	700	910	250	370
Dureza de Ca (ppm)	400	820	152	215
Dureza de Mg (ppm)	300	90	98	155
Alcalinidad total (ppm)	290	400	350	450
Sólidos totales (ppm)	1,500	2,100	2,210	1,500
Turbidez (ntu)	0	0	0	0
Color (unidades)	0	0	0	0
Acidez (ppm.)	10	14	6	10
pH	7.9	8.2	8.0	8.2

TABLA No. 3  
(continuación).

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

No. del pozo	31	32	Mezcla de los pozos de La Misión
Dureza total (ppm)	450	420	200
Dureza de Ca (ppm)	241	400	115
Dureza de Mg (ppm)	209	20	85
Alcalinidad total (ppm)	415	350	200
Sólidos totales (ppm)	1,800	2,300	728
Turbidez (ppm)	0	0	0
Color (unidades)	0	0	0
Acidez (ppm)	-	-	10
pH	8.0	8.2	7.8

TABLA No. 3  
(continuación).

SKY DOMO



DIFERENCIA OBTENIDA DE LAS TABLAS 1 Y 3.  
(ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO)

No. del pozo	2 La Misión	4 La Misión	5 La Misión	7 La Misión
Duerza total (ppm)	310	104	124	138
Dureza de Ca (ppm)	258	104	120	134
Dureza de Mg (ppm)	52	0	4	4
Alcalinidad total (ppm)	108	44	102	56
Sólidos totales (ppm)	568	154	134	172
Turbidez (ppm)	5	5	5	5
Color (unidades)	5	5	5	10
Acidez (ppm.)	10	0	3	22
pH	0.3	0.8	0.5	0.9

TABLA No. 4

DIFERENCIA OBTENIDA DE LAS TABLAS 1 Y 3.  
(ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO).

No. del pozo	1 S.R.H.	4 S.R.H.	29	30
Dureza total (ppm)	252	362	778	598
Dureza de Ca (ppm)	225	340	468	325
Dureza de Mg (ppm)	37	22	310	273
Alcalinidad total (ppm)	34	44	2	142
Sólidos totales (ppm)	479	596	889	542
Turbidez (ppm.)	20	15	15	5
Color (unidades)	10	5	5	5
Acidez (ppm.)	14	94	4	10
pH	0.8	1.4	0	0.2

TABLA No.4  
(continuación)

DIFERENCIA OBTENIDA DE LAS TABLAS 1 Y 2.  
(ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO).

No. del pozo	31	32	Mezcla de los pozos de La Misión.
Dureza total (ppm.)	718	420	80
Dureza de Ca (ppm.)	443	364	55
Dureza de Mg (ppm.)	255	56	25
Alcalinidad total (ppm)	65	260	40
Sólidos totales (ppm)	705	684	172
Turbidez (ppm)	5	5	5
Color (unidades)	5	5	5
Acidez (ppm.)	16	16	20
pH	0.1	0.1	0.5

TABLA No. 4  
(continuación).