



3.6.1.1.7. Análisis de la prueba (comentario de los resultados de la prueba que se realizó)

A) Para la prueba de coagulación – floculación sin alterar la muestra se concluye:

 La turbidez final de la muestra


- Vaso precipitado 1 =0.47 NTU
- Vaso precipitado 2 =0.53 NTU
- Vaso precipitado 3 =0.50 NTU
- Vaso precipitado 4 =0.51 NTU
- Vaso precipitado 5 =0.49 NTU

Que en el método de coagulación – floculación la turbidez también se remueve.

 El PH final de la muestra


- Vaso precipitado 1 =7.36
- Vaso precipitado 2 =6.91
- Vaso precipitado 3 =7.43
- Vaso precipitado 4 =7.39
- Vaso precipitado 5 =6.50

Que en el método de coagulación – floculación el pH no presenta variación significativa.

 Vasos precipitados

- Vaso precipitado 1 = Se observó formación de floculos a los 20 seg de agitación en mezcla rápida.
- Vaso precipitado 2 = Se observó formación de floculos a los 45 seg. de agitación en mezcla lenta.
- Vaso precipitado 3 = Se observó formación de floculos a los 1min de agitación en mezcla lenta.
- Vaso precipitado 4 = Se observó formación de floculos a los 11/2 min de agitación en mezcla rápida.
- Vaso precipitado 5 = Se observó formación de floculos a los 1 min de agitación en mezcla rápida.

B) Para la prueba de coagulación – floculación alterada la muestra se concluye:

 La turbidez final de la muestra

- Vaso precipitado 1 =0.72 NTU

- Vaso precipitado 2 =1.08 NTU
- Vaso precipitado 3 =1.29 NTU
- Vaso precipitado 4 =1.33 NTU
- Vaso precipitado 5 =2.84 NTU

Que en el método de coagulación – floculación la turbidez también se remueve por debajo del LMP 5 NTU.

El PH final de la muestra

- Vaso precipitado 1 =8.38
- Vaso precipitado 2 =7.85
- Vaso precipitado 3 =8.45
- Vaso precipitado 4 =7.85
- Vaso precipitado 5 =8.47

Que en el método de coagulación – floculación el pH aumenta casi llegando al LMP 8.5 debido a la alcalinidad que presenta la arcilla utilizada como sedimento.

Vasos precipitados

- Vaso precipitado 1 = Se observó formación de floculos a los 10 seg de agitación en mezcla rápida.
- Vaso precipitado 2 = Se observó formación de floculos a los 10 min de agitación en mezcla lenta.
- Vaso precipitado 3 = Se observó formación de floculos a los 4 min de agitación en mezcla lenta.
- Vaso precipitado 4 = Se observó formación de floculos a los 1 min de agitación en mezcla rápida.
- Vaso precipitado 5 = Se observó formación de floculos a los 35 min de agitación en mezcla rápida.

3.6.1.2. Radiación solar – RAOS

3.6.1.2.1. Barrido de metales

Se realizó un análisis de Barrido de metales mediante el método de absorción atómica con horno de grafito en el laboratorio de cromatografía de la Universidad San Antonio Abad del Cusco

como se puede observar en la imagen siguiente. Con este resultado se puede corroborar que el contenido de arsénico no tiene una variación significante en el tiempo.

TABLA 40 Análisis de arsénico en la Fuente de los años 2017 a 2019.
FUENTE: Elaboración propia.

LABORATORIO	CAPTACION	FECHA DE ANÁLISIS	RESULTADO DEL CONTENIDO DE ARSENICO (mgr/L)
AGQLABS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-072	MANANTE DE LADERA AYACCACA	7/04/2017	0.05244
AGQLABS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-072	MANANTE DE LADERA AYACCACA	5/02/2018	0.05272
AGQLABS LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-072	MANANTE DE LADERA AYACCACA	3/01/2019	0.05300
LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO	MANANTE DE LADERA AYACCACA	4/09/2019	0.05085

3.6.1.2.2. Medida de turbidez

TABLA 41 Resultados de turbidez inicial y final.

		TURBIDEZ INICIAL		
		VASOS PRECIPITADOS	UND	RESULTADO
		1	NTU	0.79
		2	NTU	0.79
		3	NTU	0.79
		4	NTU	0.79
		5	NTU	0.79
		TURBIDEZ FINAL		
		VASOS PRECIPITADOS	UND	RESULTADO
		1	NTU	2.97
		2	NTU	3.1
		3	NTU	3.25
4	NTU	3.51		
5	NTU	3.05		

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.2.3. Medida de pH

TABLA 42 Resultados de pH inicial y final.

		PH INICIAL		
		VASOS PRECIPITADOS	UND	RESULTADO
		MUESTRA 1		7.38
		MUESTRA 2		7.38
		MUESTRA 3		7.38
		MUESTRA 4		7.38
		PH INICIAL		
		VASOS PRECIPITADOS	UND	RESULTADO
		MUESTRA 1		7.26
		MUESTRA 2		7.19
		MUESTRA 3		7.12
		MUESTRA 4		7.05
		MUESTRA 5		6.98

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.2.4. Diagramas o tablas

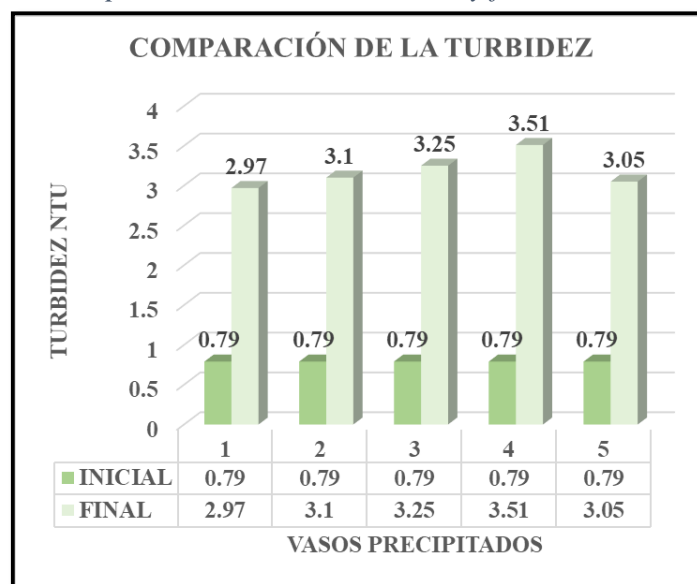
Turbidez

TABLA 43 Turbidez inicial y final.

TURBIDEZ	
INICIAL	FINAL
0.79	2.97
0.79	3.1
0.79	3.25
0.79	3.51
0.79	3.05

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 44. Comparación de turbidez inicial y final.



FUENTE: Elaboración propia.

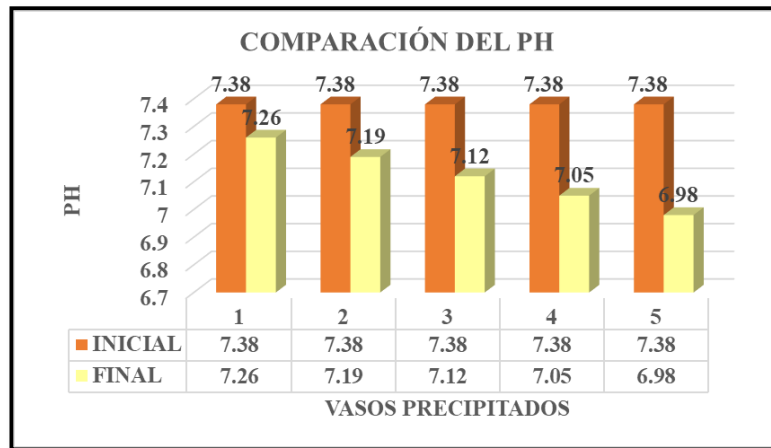
pH

TABLA 45 pH inicial y final

PH	
7.38	7.26
7.38	7.19
7.38	7.12
7.38	7.05
7.38	6.98

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 46 Comparación de pH inicial y final



FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.2.5. Análisis de resultados.

Para las pruebas de RAOS sin alterar la muestra se concluye:

🦅 La turbidez final de la muestra

- Vaso precipitado 1 =2.97 NTU
- Vaso precipitado 2 =3.10 NTU
- Vaso precipitado 3 =3.25 NTU
- Vaso precipitado 4 =3.51 NTU
- Vaso precipitado 5 =3.05 NTU

Que en el método RAOS la turbidez aumenta debido a la adición de limón y alambre de hierro como coagulantes

🦅 El PH final de la muestra

- Vaso precipitado 1 =7.26
- Vaso precipitado 2 =7.19
- Vaso precipitado 3 =7.12
- Vaso precipitado 4 =7.05
- Vaso precipitado 5 =6.98

Que en el método RAOS el pH disminuye a razón de la acidez que presenta el limón.

🦅 Horas de exposición

- Hora 1 = no se observó variación alguna en la muestra.
- Hora 2 = no se observó variación alguna en la muestra.

- Hora 3 = no se observó variación alguna en la muestra.
- Hora 4 = Se observó ligero cambio de color en la muestra.
- Hora 5 = Se observó ligero cambio de color en la muestra
- Hora 6 = Se observó cambio de color en la muestra.
- Hora 24 = Se observó la presencia de pequeños flóculos de color rojizo en la base de la muestra acompañado de cambio de color notable en la muestra.

3.6.1.3. Procedimiento de análisis de datos

Para el procedimiento de análisis del contenido de arsénico en las muestras se realizó mediante el método AS AGUAS ZEEMAN – HORNO DE GRAFITO. Realizado en el laboratorio de cromatografía y espectrometría de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.



FIGURA 83: Horno de grafito
FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.3.1. Características del equipo Horno de Grafito

Elemento - Matriz:	As - Aguas	PATRÓN 1:	25.00 µg/L
Tipo de instrumento:	Zeeman	PATRÓN 2:	50.00 µg/L
Unidades de Conc.:	µg/L	PATRÓN 3:	75.00 µg/L
Modo del instrumento:	Absorbancia	Frec. de ajuste de pendiente:	10
Modo de muestreo:	Normal automático	Nº Patrón para ajuste de pendiente:	2
Modo de calibración:	Concentración	Límite Inf. Ajuste de Pendiente:	75.0 %
Modo de medida:	Altura de pico	Límite Sup. Ajuste de Pendiente:	125.0 %
Réplicas Patrones:	2	Frec. de recalibración:	20
Réplicas muestras:	1	Algoritmo de calibración:	Racional Nuevo
Factor de expansión:	1.0	Límite inferior de calibración:	20.0 %
Lectura mínima:	Desactivado	Límite superior de calibración:	150.0 %
Suavizado:	7 puntos	Altura del cabezal:	0.0 mm
Cifras Decimales Conc:	2	Volumen total:	20 µL
Longitud de onda:	193.7 nm	Volumen de muestra:	10 µL
Anchura de rendija:	0.5 nm	Factor de reducción del Vol.:	2
Ganancia:	71 %	Conc. de partida:	50.00 µg/L
Corriente de lámpara:	10.0 mA	Nº de vial de partida:	51
Posición de la lámpara:	2	Nº de vial de blanco:	52
Corrección de fondo:	C. Fondo activado	Nº de inyecciones:	1
		Último paso secado Co-Iny:	1
		Modo del modificador 1:	Co-Inyección
		Vol. del modificador 1:	5 µL
		Último Paso Secado:	0
		Vel. Inyección:	1

FIGURA 84: Especificaciones del equipo Horno de Grafito.
FUENTE: Elaboración propia

3.6.1.3.2. Principios de atomización por Horno de Grafito

En la figura de N° 88 se puede visualizar en la ventana la gota de agua ingresada, la cual pasa por los principios de atomización para conocer la concentración de arsénico en µg/L.

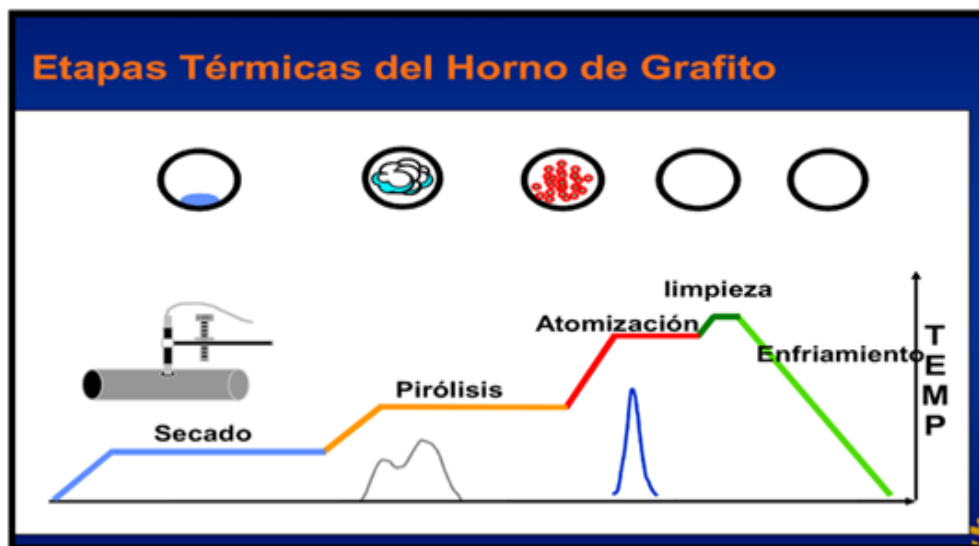


FIGURA 85: Etapas térmicas del Horno de Grafito.
FUENTE: Elaboración propia.

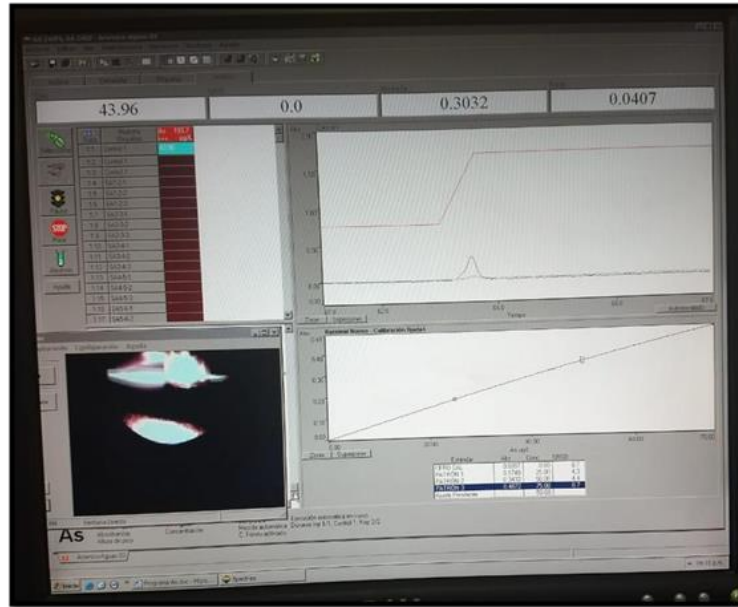


FIGURA 86: Cámara registra ingreso de gota de agua.
FUENTE: elaboración propia.

3.6.1.3.3. Programación del Método

Paso 1: si bien el equipo tiene alta sensibilidad solo detectara un elemento químico a la vez por esta condición se selecciona el elemento químico, que para esta investigación es arsénico

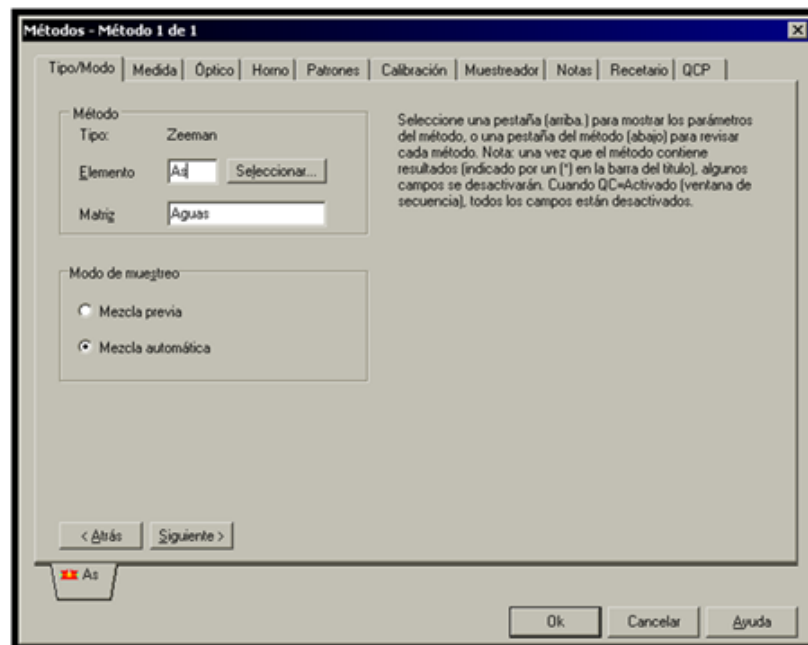


FIGURA 87: Selección del Elemento químico a detectar.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🦅 Paso 2: Se selecciona la altura de pico que forma el arsénico y el número de réplicas considerando para el estándar de arsénico 2 y para las muestras 1 porque tendrá 3 lecturas.

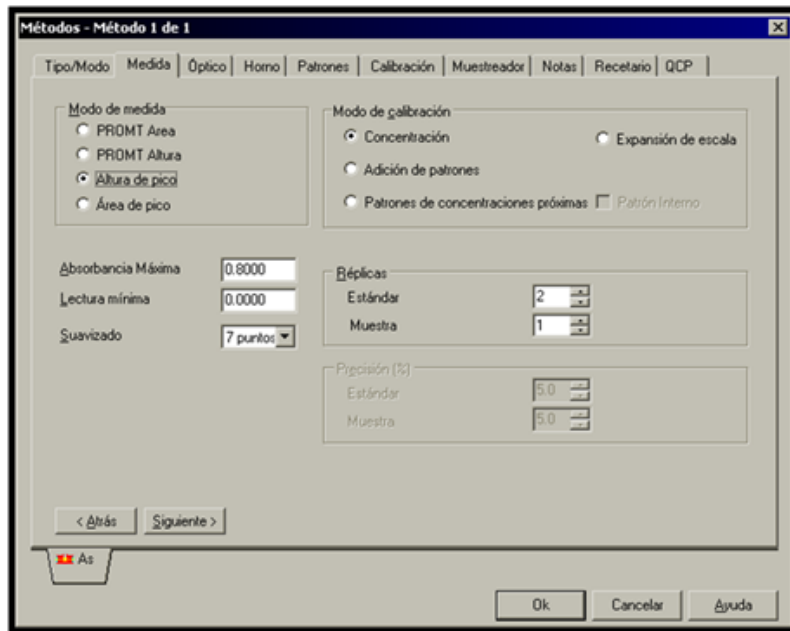


FIGURA 88: Selección de modo de medida y número de réplicas.
FUENTE: Elaboración propia.

- 🦅 Paso 3: Se coloca la posición donde se encuentra la lámpara en el equipo y el monocromador. En la figura 99 se puede observar la lámpara encendida y posicionada correctamente.

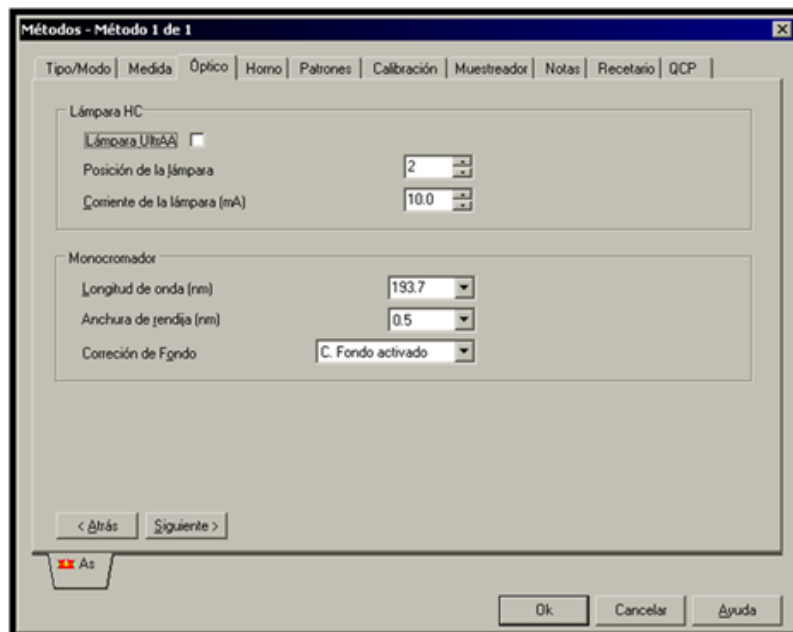


FIGURA 89: Selección del óptico.
FUENTE: Elaboración propia.



FIGURA 90: Lámpara encendida.

FUENTE: elaboración propia.

- Paso 4: Se activa el modificador que utilizamos que fue nitrato de paladio y el estándar de arsénico que se coloca en el carrusel.

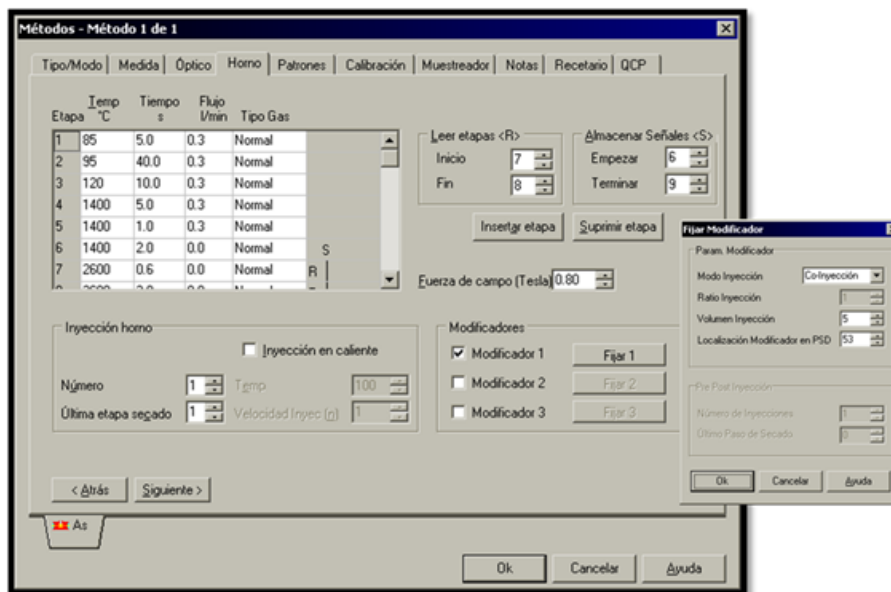


FIGURA 91 Selección de características del horno.

FUENTE: Elaboración propia.

El recetario del horno de grafito nos recomienda utilizar como modificador nitrato de Paladio para del método de arsénico, el estándar de arsénico colocados en soluciones más el agua destilada.



FIGURA 92: Soluciones de paladio y arsénico en el carrusel.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🐿 Paso 5: Patrones de concentración de arsénico determinados por el equipo para tener la línea base para las lecturas de muestras posteriores, en la figura 103 en la parte inferior derecha de la pantalla podemos visualizar los patrones de calibración de dibuja la línea base de concentración de arsénico que se mostrará en la primera lectura que realiza el equipo.

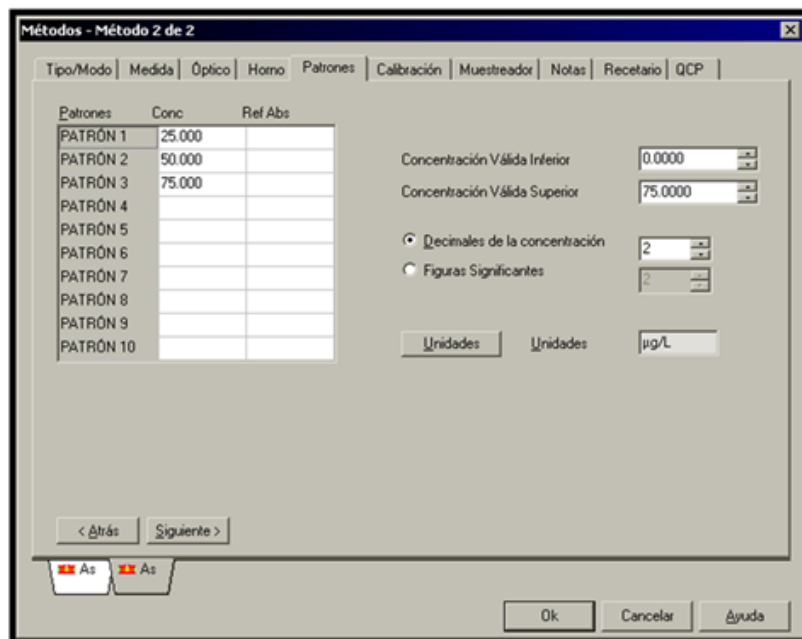


FIGURA 93: Patrones de concentración de arsénico.

FUENTE: Elaboración propia.

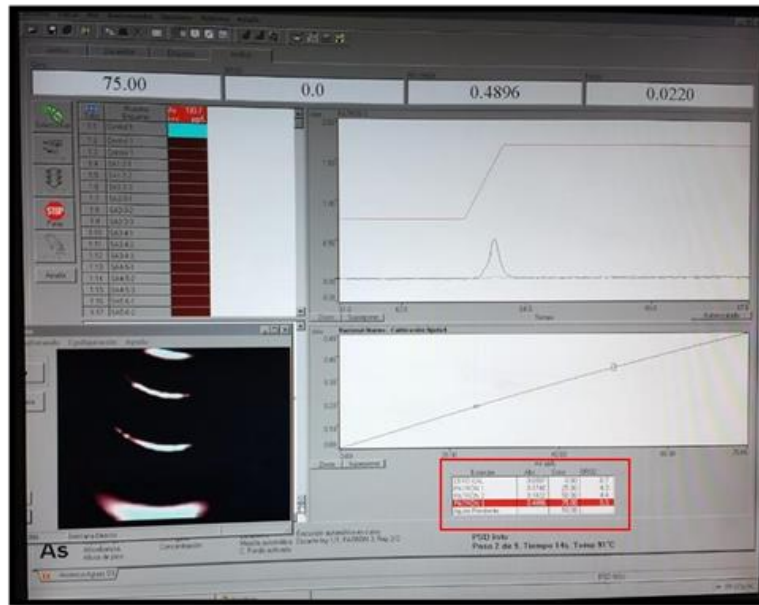


FIGURA 94: Muestra de patrones de calibración.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🐦 Paso 6: se establece la calibración automática del equipo para rehacer la curva patrón y ajustar la pendiente de curva en una frecuencia de 20 y 10 respectivamente, esto quiere decir que después de tal número de lecturas el equipo rehará dichas tareas para obtener resultados de detección más precisos en las muestras.

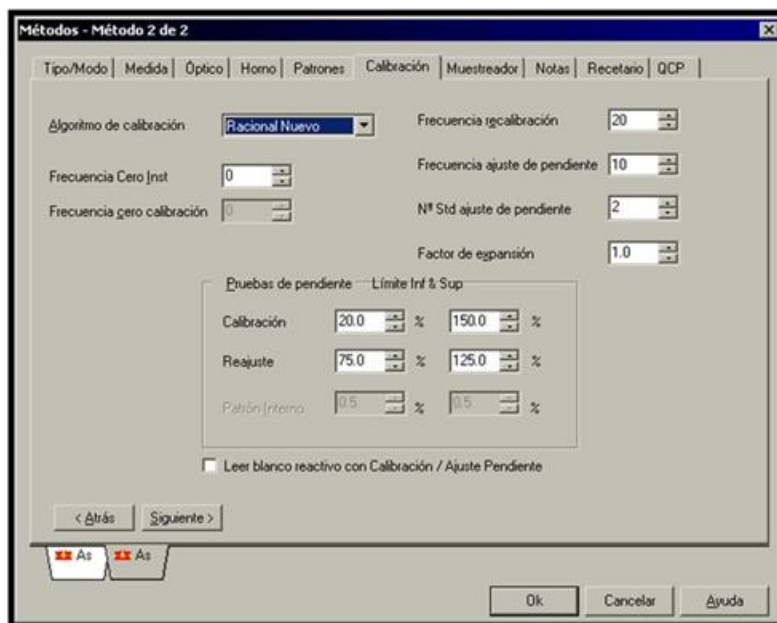


FIGURA 95: Frecuencia de calibración del equipo.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🐦 Paso 7: El equipo viene programado con los patrones de concentración de arsénico (estándar), las cantidades de agua destilada (blanco) y modificador (Paladio) que se necesita para analizar las muestras, así, para la primera vez, el inyector (tubo de grafito) encargado de recolectar los líquidos solo tomará agua (blanco), para una segunda vez

(patrón 1) a una concentración de 25ug/L de arsénico, el inyector tomará 25ug/L de estándar más 10ug/L de blanco y 5ug/L de modificador, esta combinación irá cambiando al incrementar la concentración de arsénico de manera tal que se incremente el estándar, se reduce el blanco e incrementa el modificador como se observa en la figura siguiente .

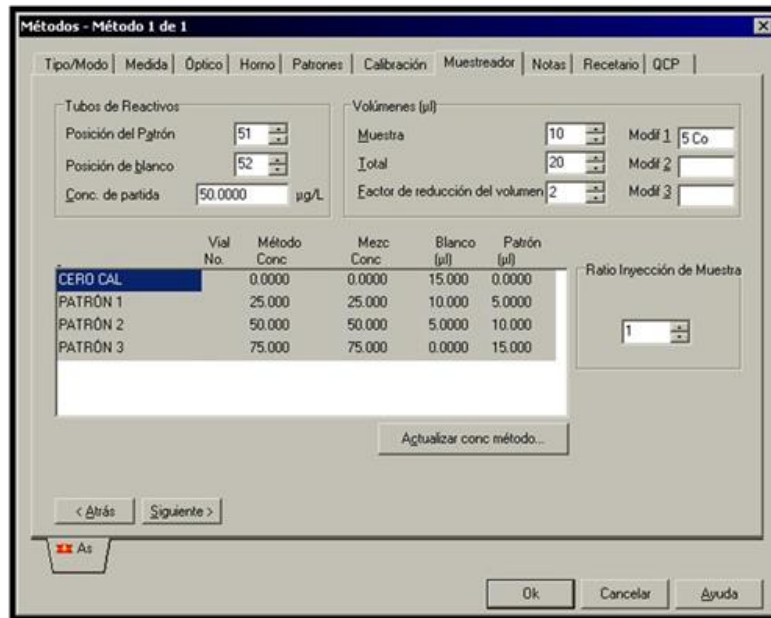


FIGURA 96: Selección de muestreador.

FUENTE: Elaboración propia.

Paso 8: el equipo cuenta con un Recetario donde nos muestra las especificaciones para la preparación del modificador de absorbancia para detección de arsénico que como se observa en la figura podrá ser Paladio o Níquel en soluciones indicadas.

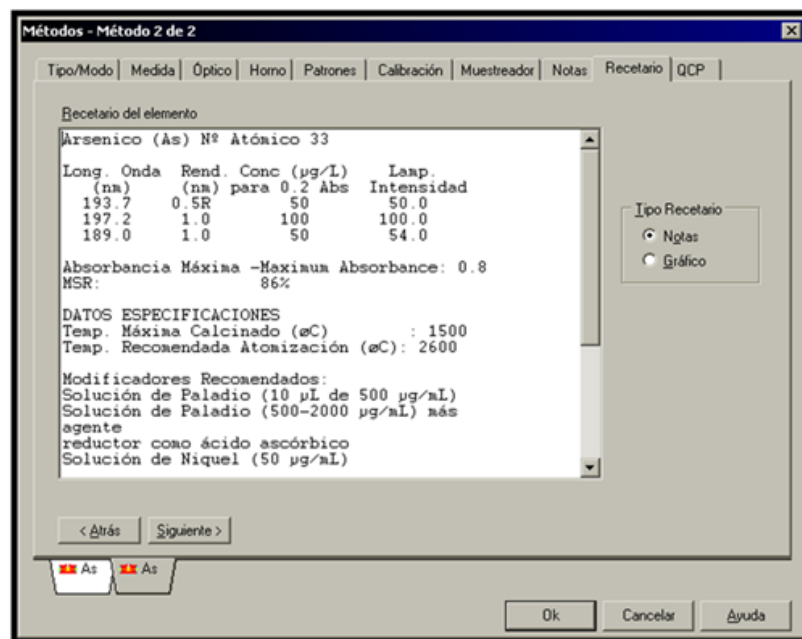


FIGURA 97: Recetario indicado por el equipo.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🐦 Paso 9: Se abre la ventana de análisis de arsénico y la cámara para poder verificar la caída de la gota de cada muestra.



FIGURA 98: Cámara del equipo.

FUENTE: Elaboración propia.

- 🐦 Paso 10: Antes de iniciar el análisis se visualiza en la pantalla el carrusel donde se calibra el movimiento del inyector que ingresa la cantidad de muestras a ensayar (fig. N° 120) y seguidamente se abre la pantalla principal donde se encuentra la ventana de atomización, la línea de calibración, la cámara donde se ve la gota que ingresa, la cantidad de muestras que se analizara, la lectura de cada una, las opciones de inicio, pausa, remediación y demás características que nos muestra el equipo para las lecturas de detección (fig. N° 121). El carrusel tiene orificios donde irán los viales que llevan 1 ml de muestra en una numeración del 1 al 50 y al medio los orificios donde irán los viales que contienen el estándar (arsénico) el agua (blanco) y el modificador (paladio) en los lugares 51,52 y 53 respectivamente (fig. N° 122).

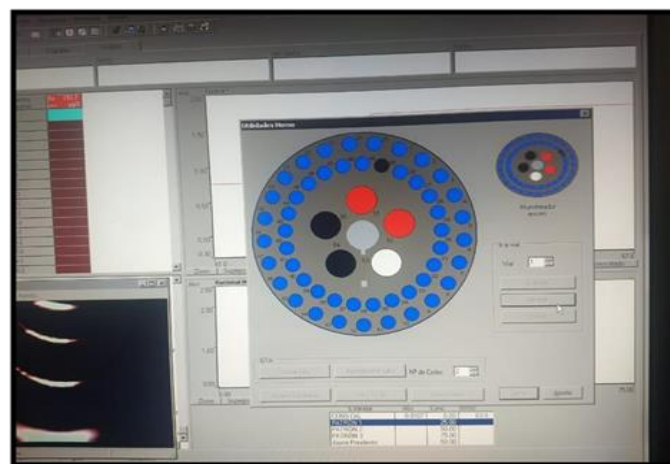


FIGURA 99: muestra de carrusel en la pantalla.

FUENTE: Elaboración propia.

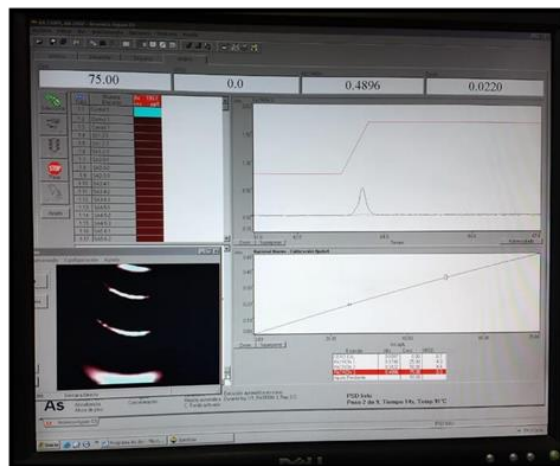


FIGURA 100: Visualización de pantalla principal del equipo.
FUENTE: Elaboración propia.

```

Métodos PSD
-----
Método1 As Aguas
Posiciones fijas
-----
Vial      Método1
=====
51      Patrón de partida
-----
52      Blanco
-----
53      Modificador 1
=====

Muestras para horno
-----

Carrusel 1
-----
    
```

FIGURA 101: lugar de Viales principales.
FUENTE: Elaboración propia.

Datos generales del método donde nos muestra el paso a paso que realiza el equipo para la lectura de cada muestra.

Informe de SpectRAA.		06:14 p.m. 04/09/2019		Página 2 de 14			
Pos. del modificador 1:		53					
No. de inyecciones:		1					
Paso	Temp (C)	Tiempo (s)	Flujo (L/min)	Tipo de gas	Lectura	Almacenamiento	
1	85	5.0	0.3	Normal	No	No	
2	95	40.0	0.3	Normal	No	No	
3	120	10.0	0.3	Normal	No	No	
4	1400	5.0	0.3	Normal	No	No	
5	1400	1.0	0.3	Normal	No	No	
6	1400	2.0	0.0	Normal	No	Sí	
7	2600	0.6	0.0	Normal	Sí	Sí	
8	2600	2.0	0.0	Normal	Sí	Sí	
9	2600	2.0	0.3	Normal	No	Sí	

FIGURA 102: Pasos realizados por el Horno de Grafito.
FUENTE: elaboración propia.

3.6.1.4. Análisis del contenido inicial de arsénico por el método As Aguas ZEEMAN-Horno de Grafito.

Verificación de los patrones estándar.

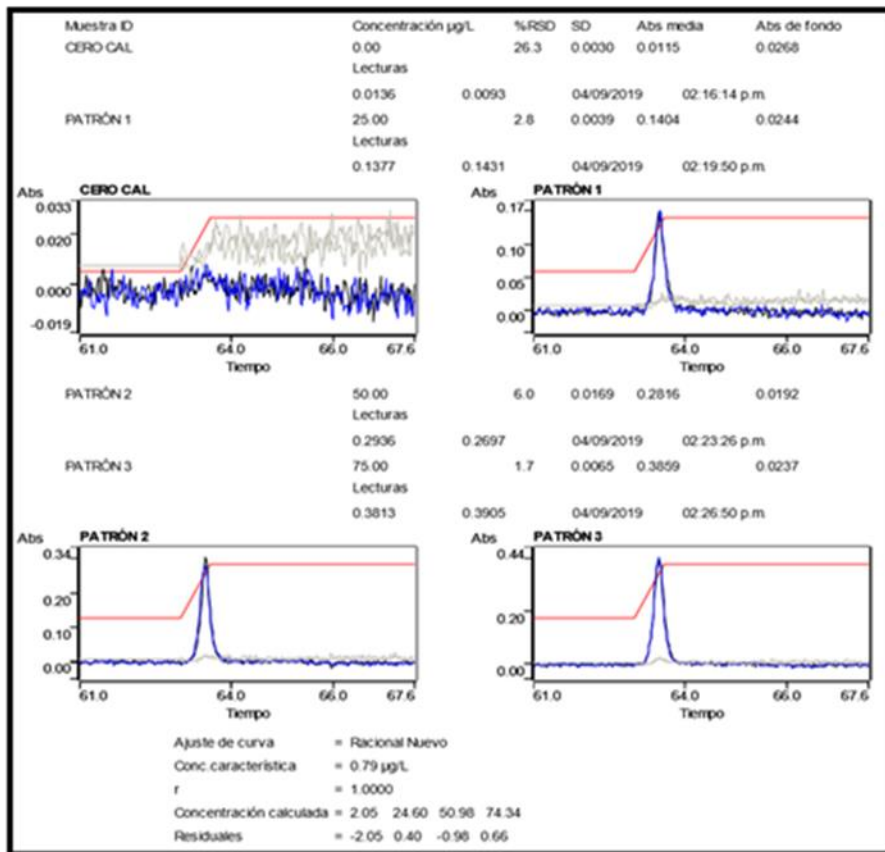


FIGURA 103: Lectura estándar del equipo.

FUENTE: Elaboración propia.

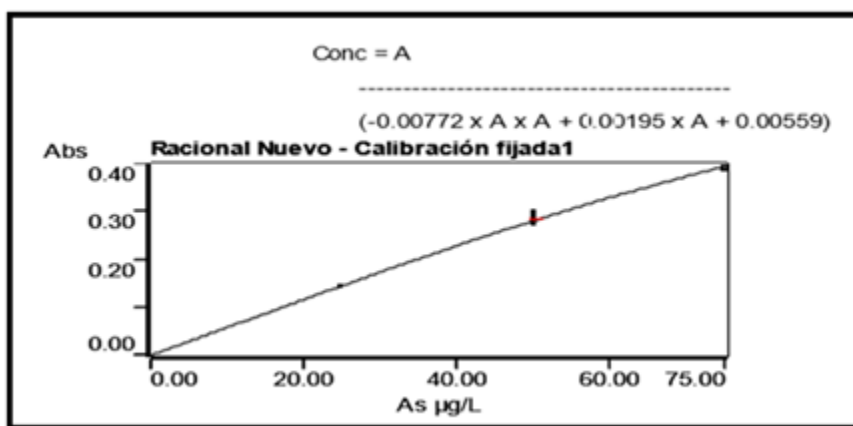


FIGURA 104: Curva patrón

FUENTE: Elaboración propia.

Primera lectura

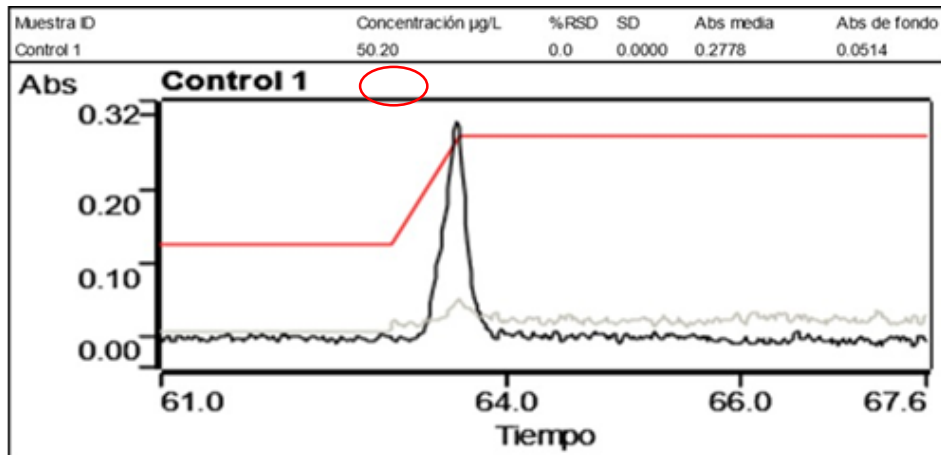


FIGURA 105: Primera lectura contenido inicial

FUENTE: Elaboración propia.

Segunda lectura

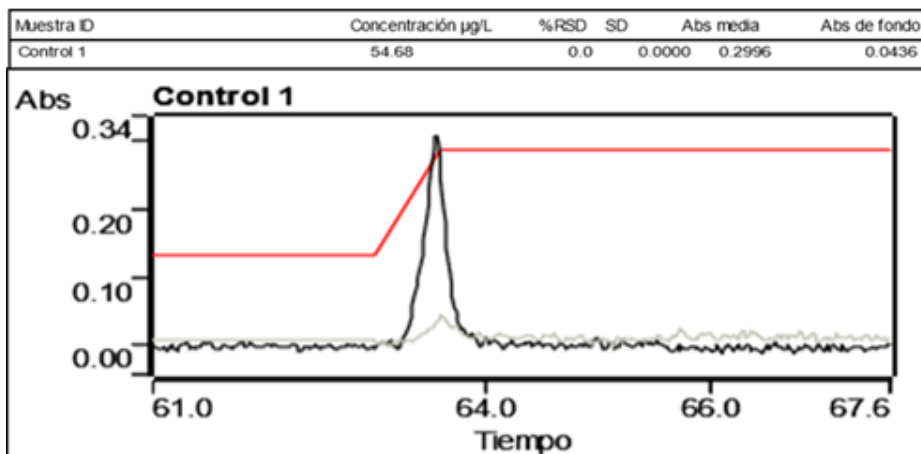


FIGURA 106: Segunda lectura contenido inicial

FUENTE: Elaboración propia.

Tercera lectura

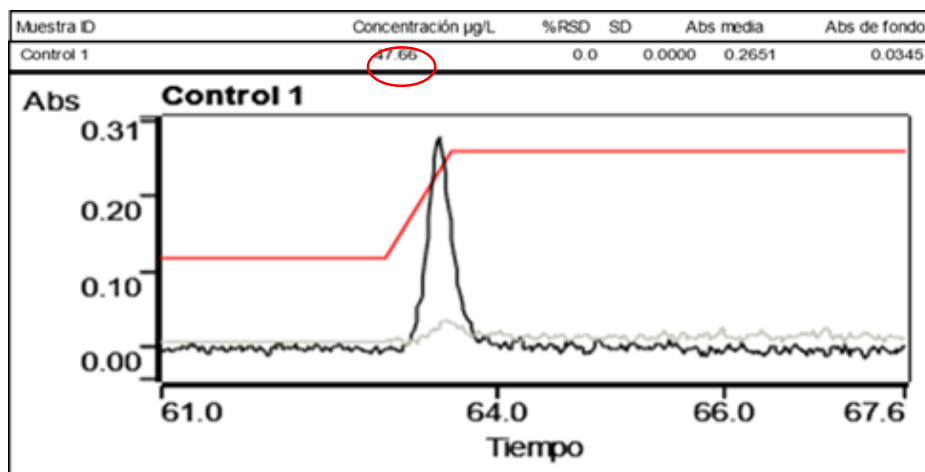


FIGURA 107: Tercera lectura contenido inicial.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.5. Análisis del contenido de arsénico final según el método As Aguas ZEEMAN - Horno de Grafito

3.6.1.5.1. Coagulación – floculación

El análisis de las muestras se hará por triplicado para obtener un mejor resultado, por lo que se tendrá 3 viales por muestra cada vial contiene un 1ml de muestra colocados en orden ascendente. Las 3 primeras muestras corresponden al contenido inicial de arsénico.

Vial	Nombre de la solución	Vial	Nombre de la solución
1	Control 1	19	A1- 7- 1
2	Control 1	20	A1- 7- 2
3	Control 1	21	A1- 7- 3
4	SA1- 2- 1	22	A2- 8- 1
5	SA1- 2- 2	23	A2- 8- 2
6	SA1- 2- 3	24	A2- 8- 3
7	SA2- 3- 1	25	A3- 9- 1
8	SA2- 3- 2	26	A3- 9- 2
9	SA2- 3- 3	27	A3- 9- 3
10	SA3- 4- 1	28	A4- 10- 1
11	SA3- 4- 2	29	A4- 10- 2
12	SA3- 4- 3	30	A4- 10- 3
13	SA4- 5- 1	31	A5- 11- 1
14	SA4- 5- 2	32	A5- 11- 2
15	SA4- 5- 3	33	A5- 11- 3
16	SA5- 6- 1		
17	SA5- 6- 2		
18	SA5- 6- 3		

FIGURA 108: lista de muestreo por triplicado.

FUENTE: Elaboración propia.



FIGURA 109 : carrusel con todos los viales.

FUENTE: Elaboración propia.

A) Muestras sin Alterar

✎ Cloruro férrico 50 ppm

- Primera lectura

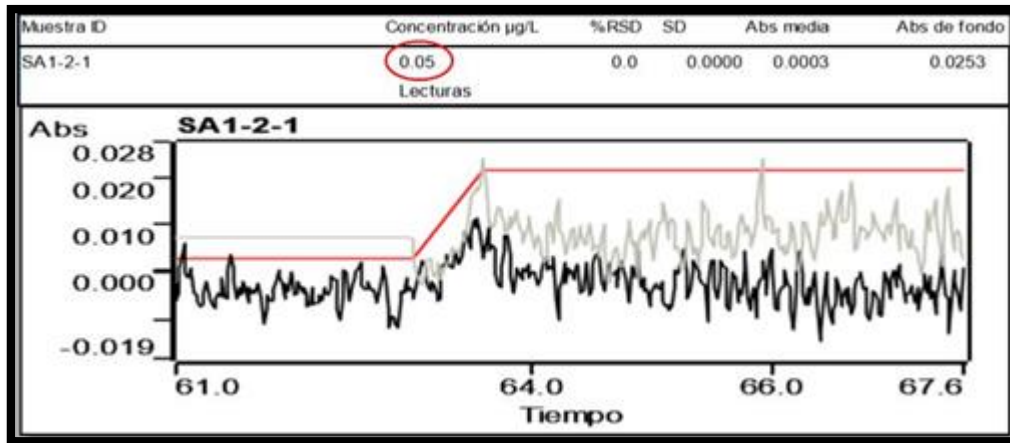


FIGURA 110: Primera lectura Cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

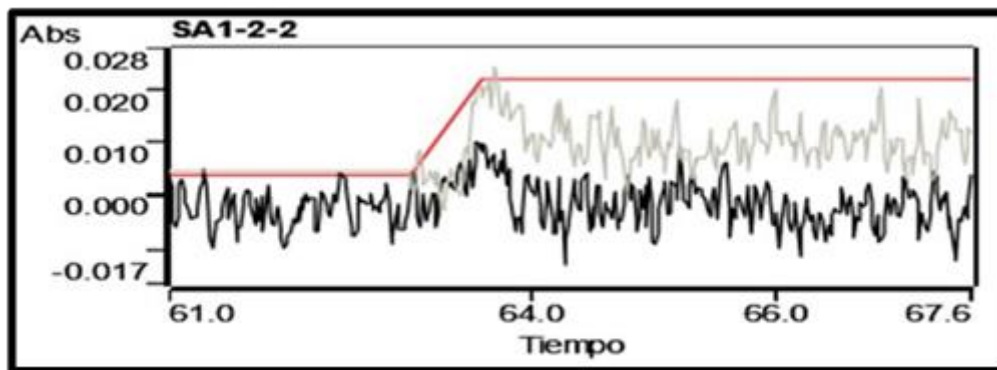


FIGURA 111: Segunda lectura Cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

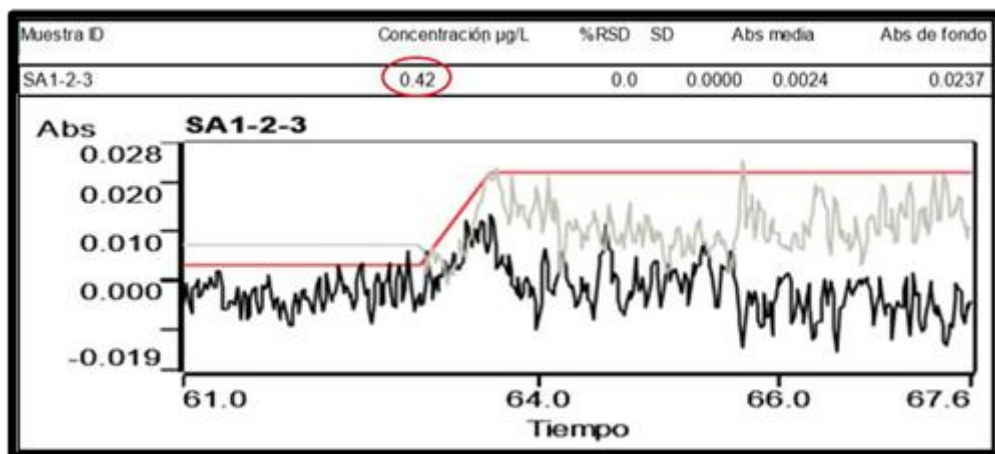


FIGURA 112: Segunda lectura Cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

Sulfato de Aluminio 50 ppm

- Primera lectura

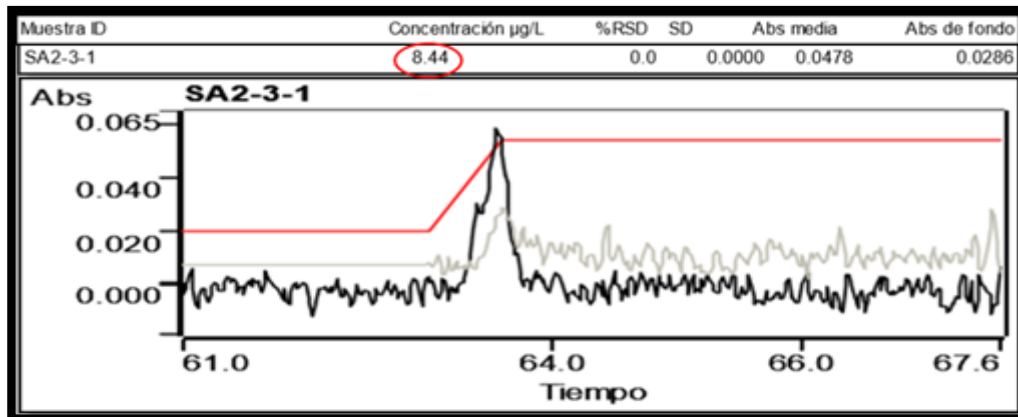


FIGURA 113 : Primera lectura para Sulfato de Aluminio 50 ppm
FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

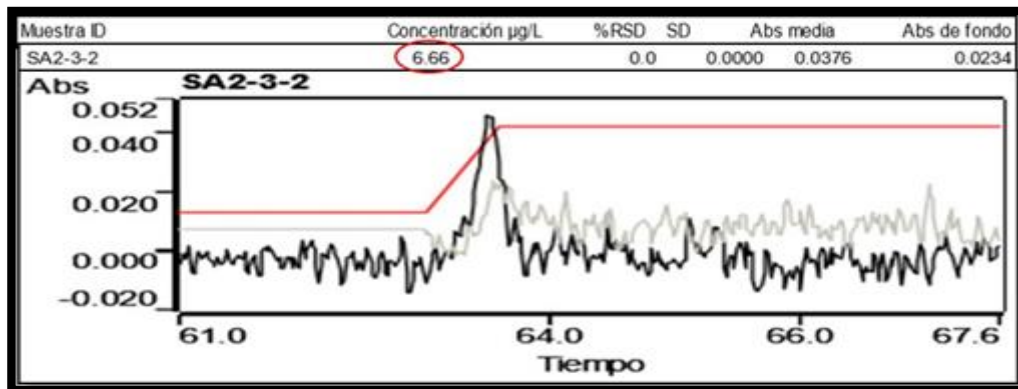


FIGURA 114: Segunda lectura para Sulfato de Aluminio 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia

- tercera lectura

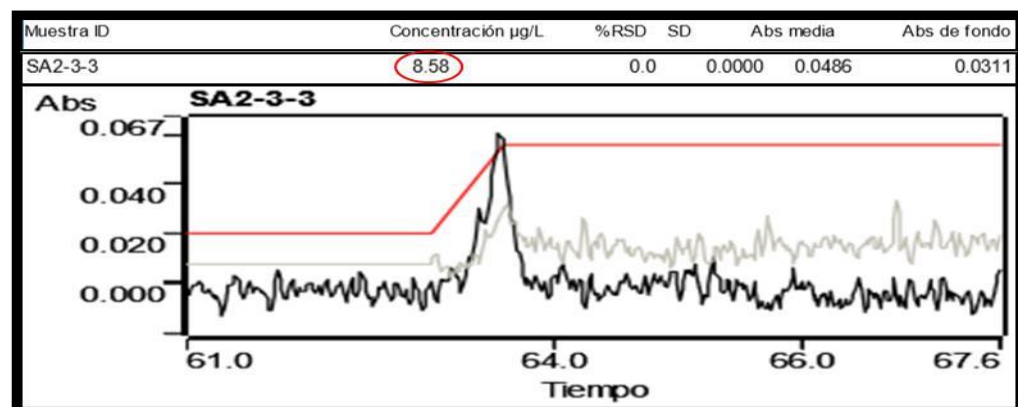


FIGURA 115: Tercera lectura para Sulfato de Aluminio 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

- Primera lectura

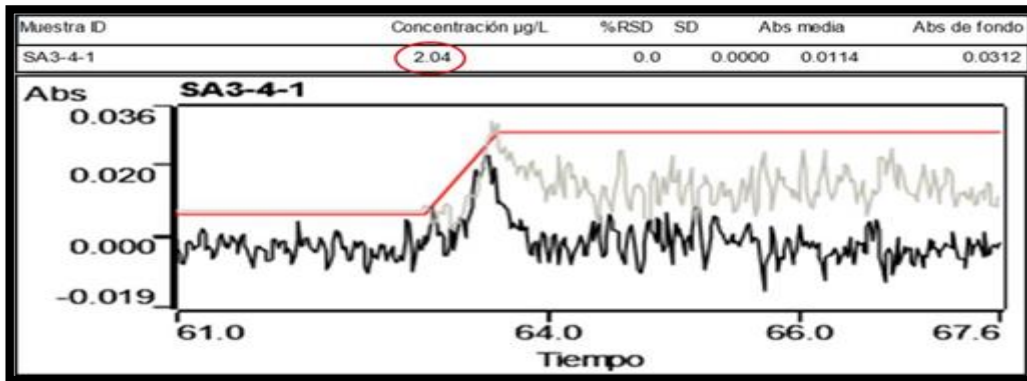


FIGURA 116: Primera lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia

- Segunda lectura

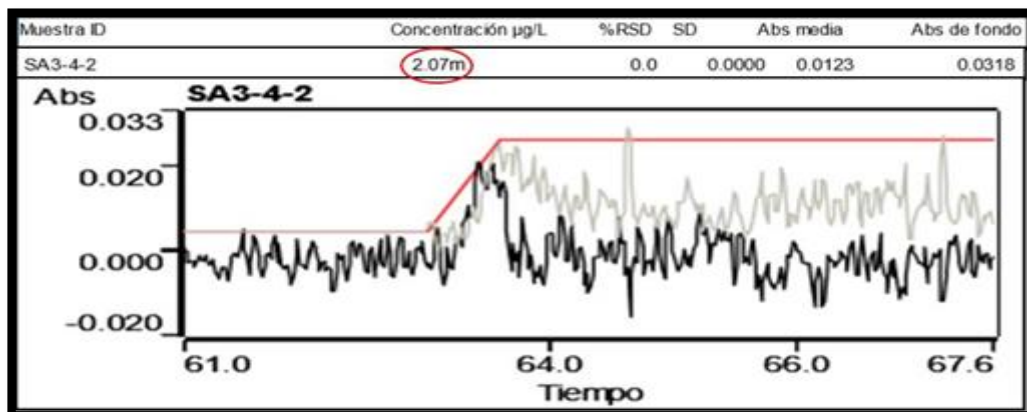


FIGURA 117: Segunda lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

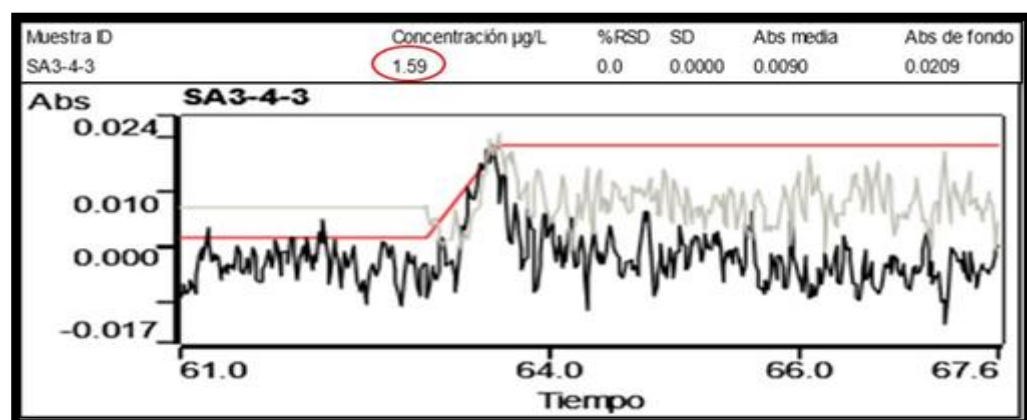


FIGURA 118: Tercera lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

• Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

- Primera lectura

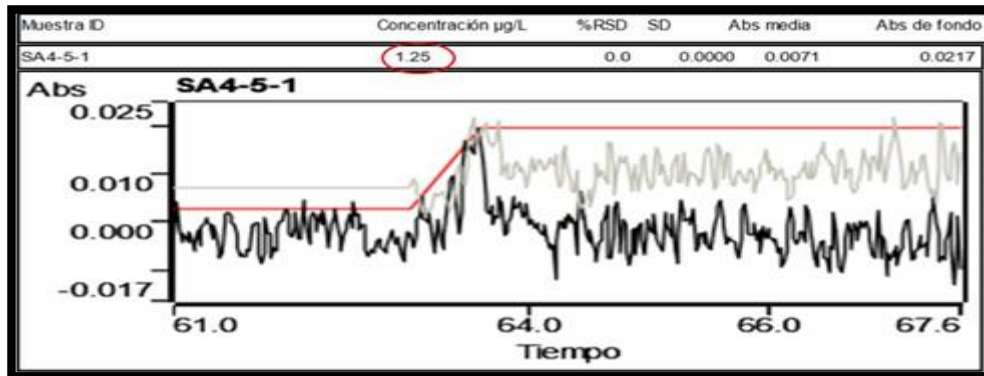


FIGURA 119: Primera Lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

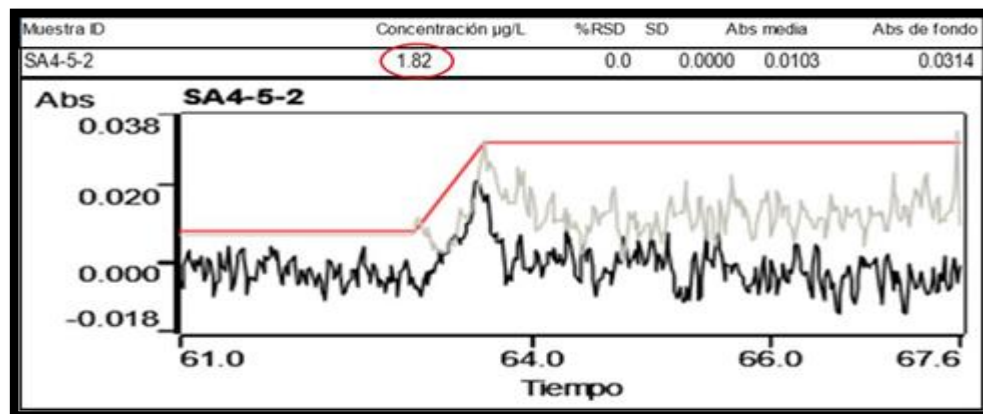


FIGURA 120: Segunda Lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

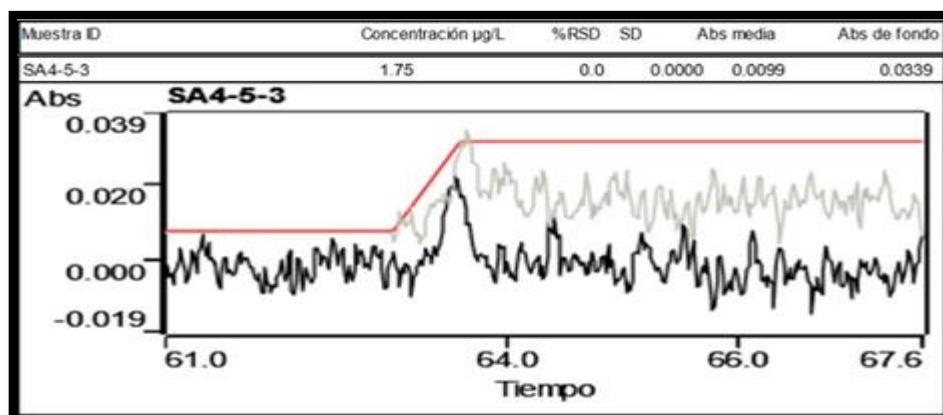


FIGURA 121: Tercera Lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

- Primera lectura

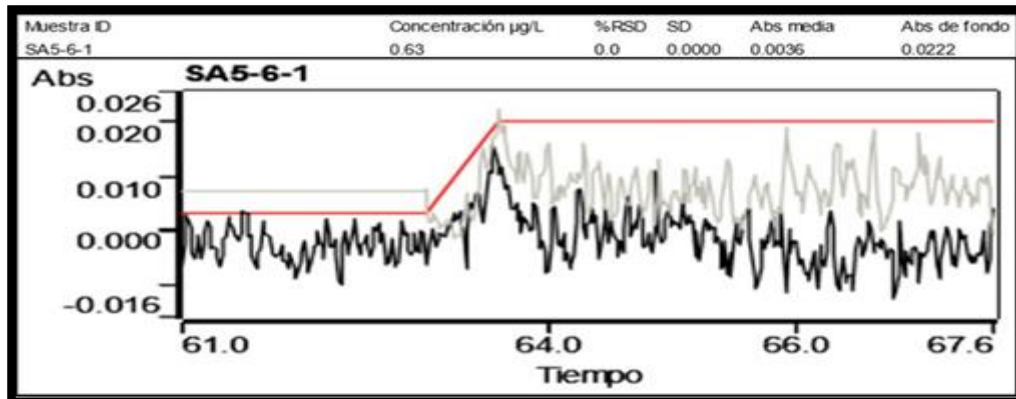


FIGURA 122: Primera lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

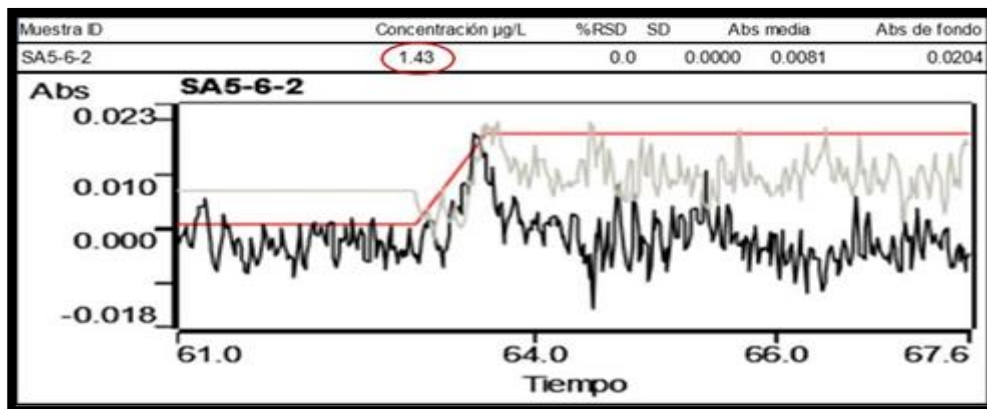


FIGURA 123: Segunda lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

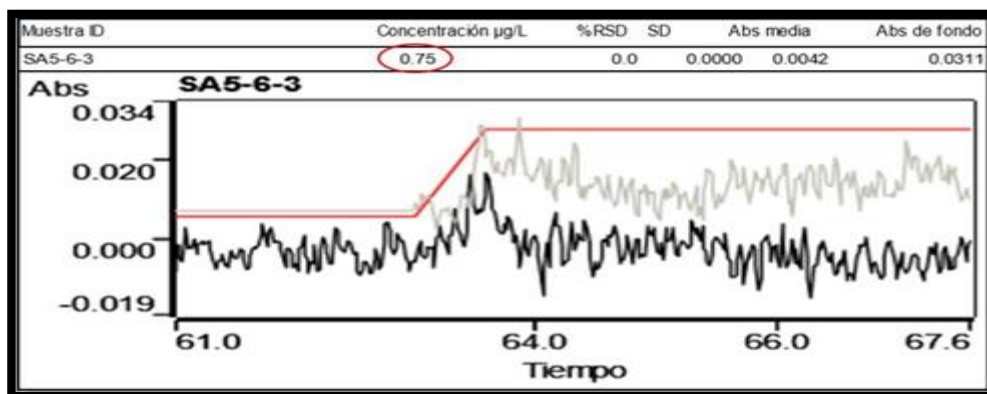


FIGURA 124: Tercera lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

A. Muestras Alterada

☒ Cloruro férrico 50 ppm

- Primera lectura

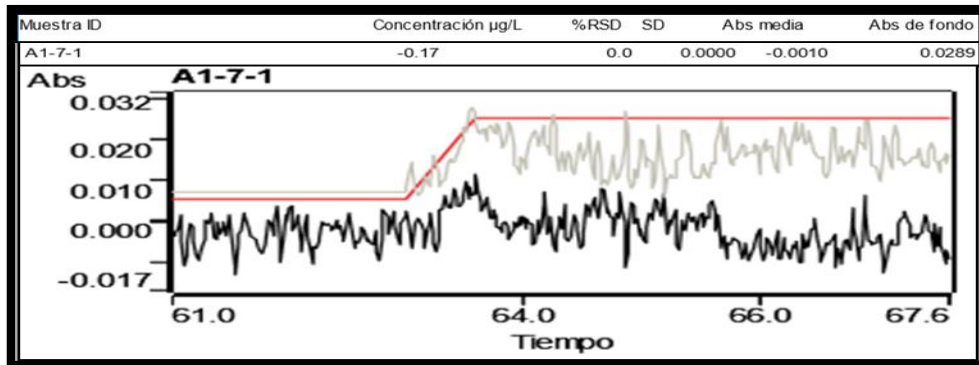


FIGURA 125: Primera lectura para cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

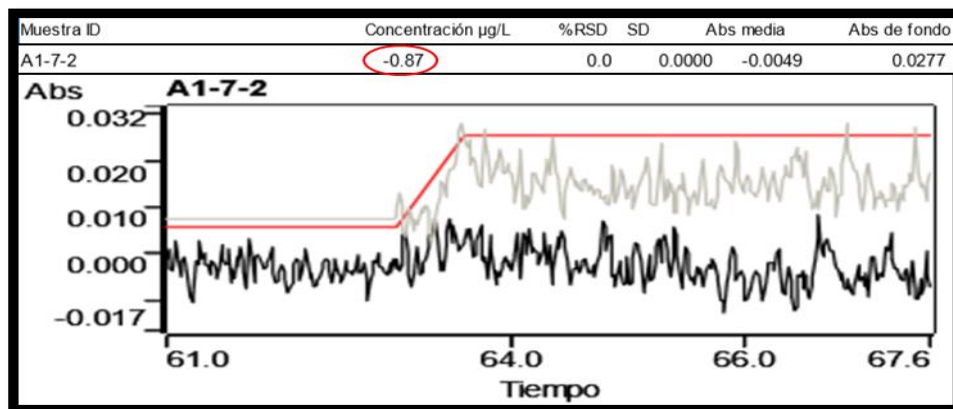


FIGURA 126: Segunda lectura para cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

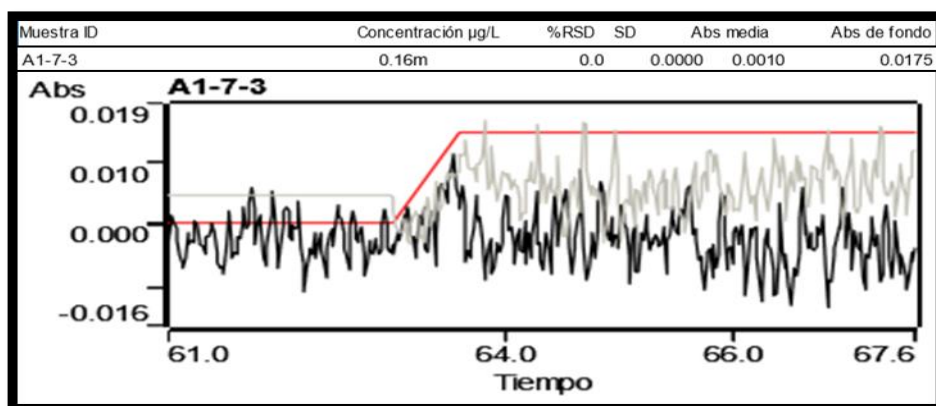


FIGURA 127: Tercera lectura para cloruro férrico 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

Sulfato de Aluminio 50 ppm

- Primera lectura

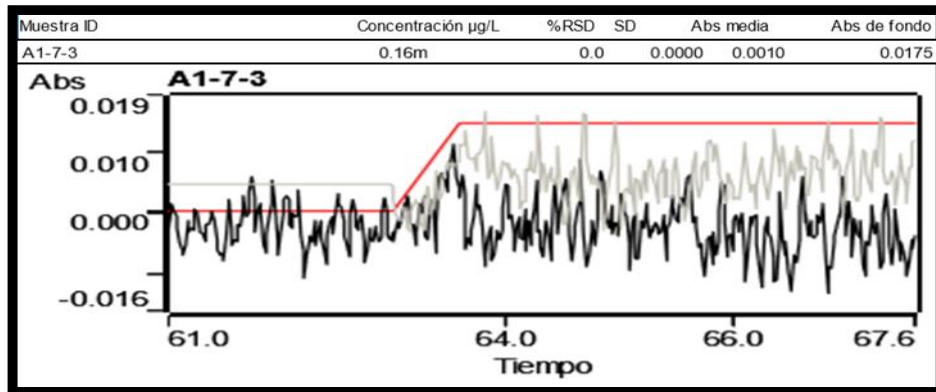


FIGURA 128: Primera lectura para sulfato de aluminio 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

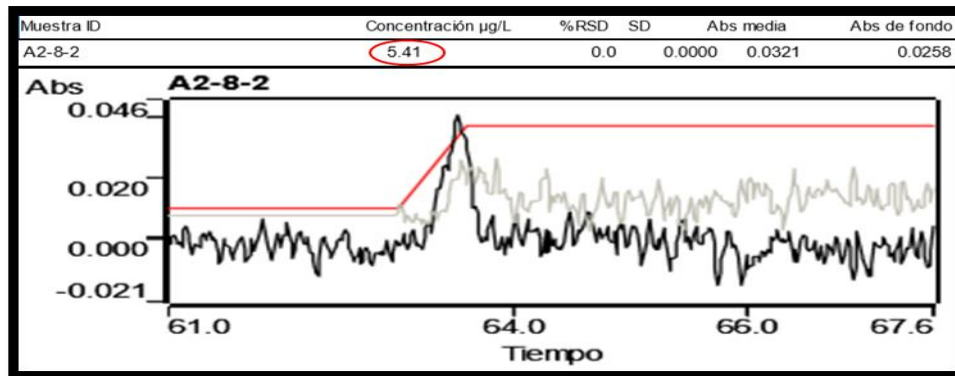


FIGURA 129: Segunda lectura para sulfato de aluminio 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

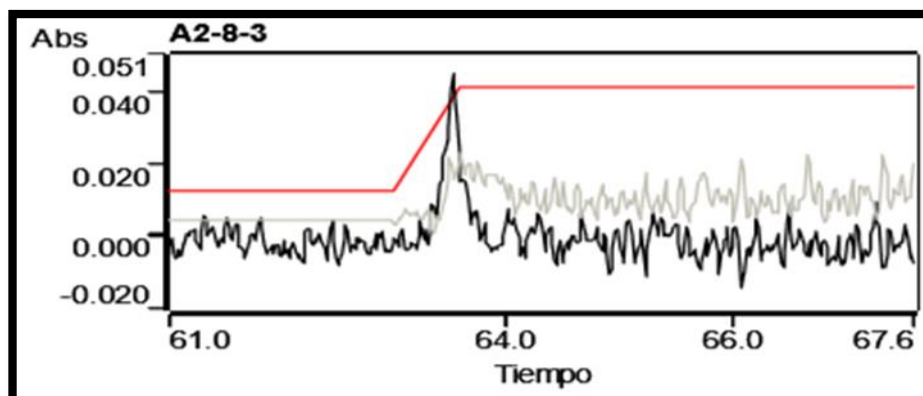


FIGURA 130: Tercera lectura para sulfato de aluminio 50 ppm.
FUENTE: Elaboración propia.

Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

- Primera lectura

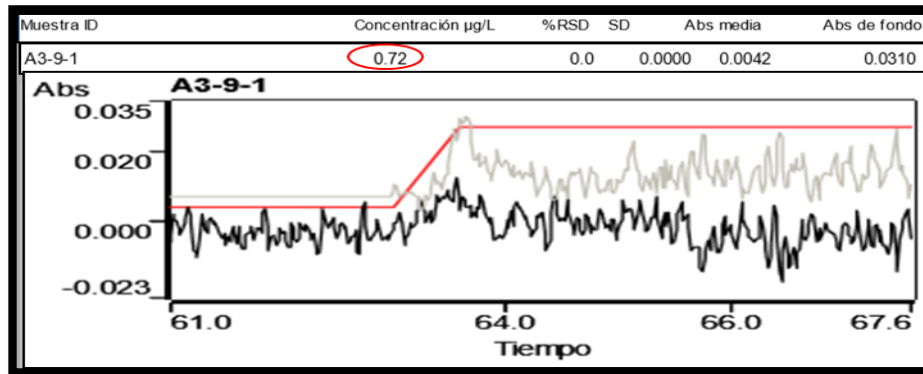


FIGURA 131: Primera lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

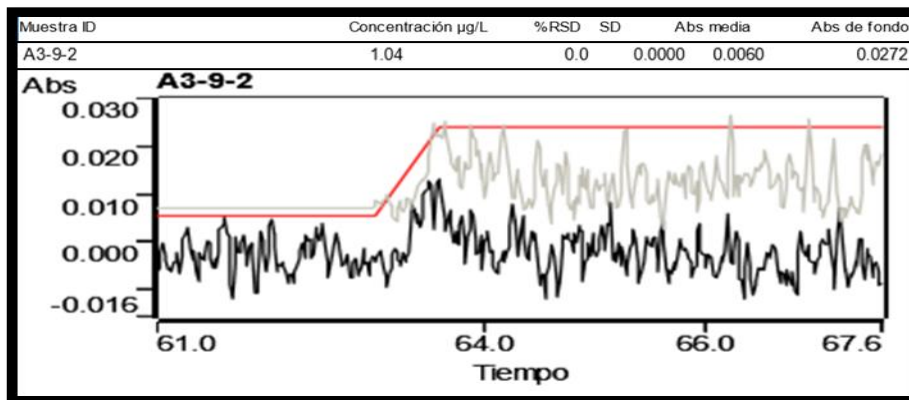


FIGURA 132: Segunda lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

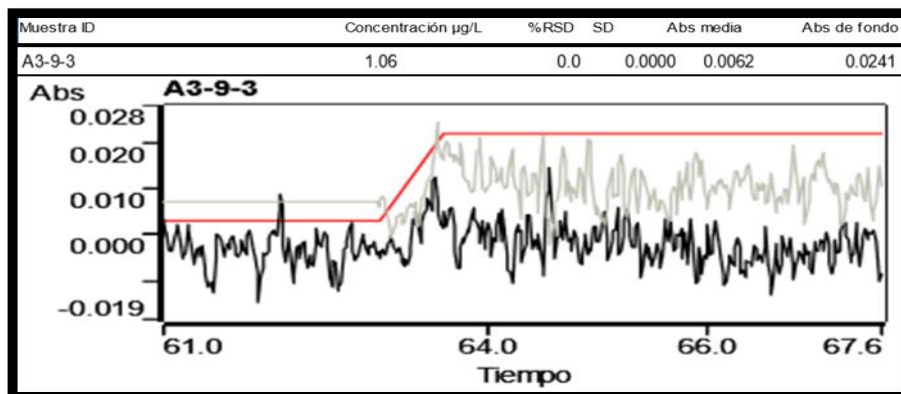


FIGURA 133: Primera lectura para. Cloruro Férrico 30 mg/L más sulfato de aluminio 20 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

• Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

- Primera lectura

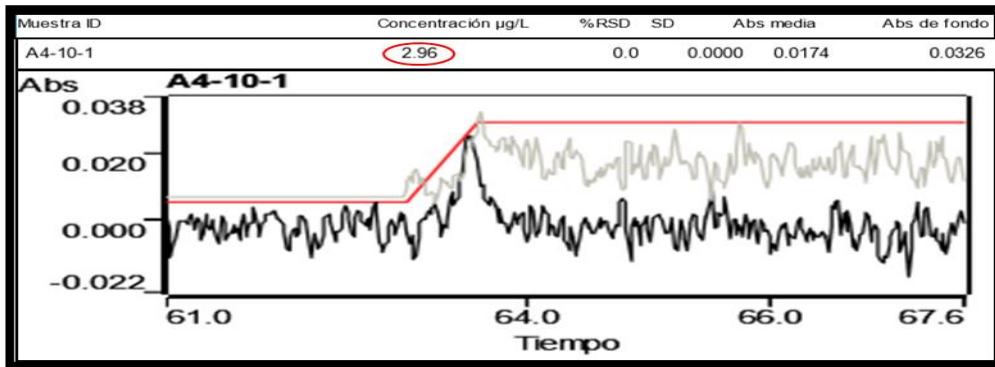


FIGURA 134: Primera lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

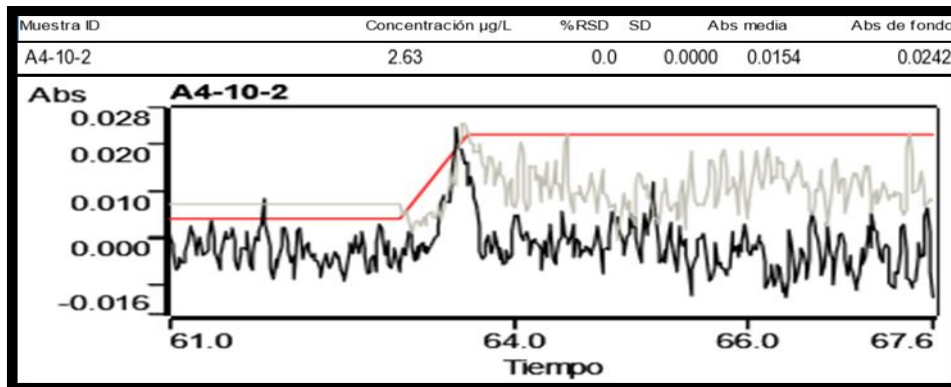


FIGURA 135: Segunda lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

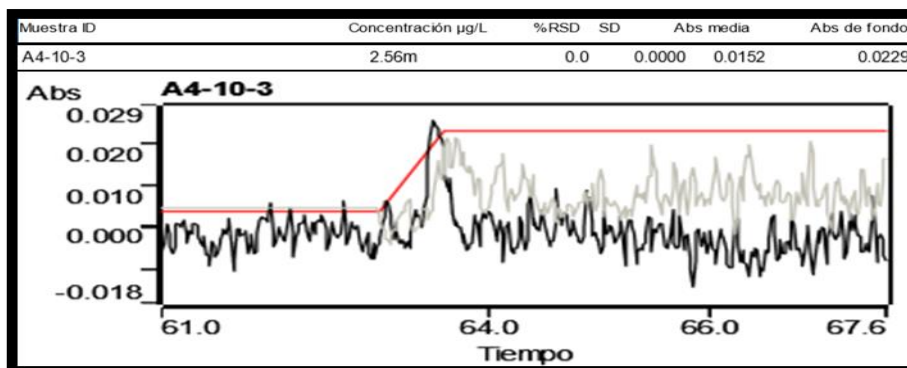


FIGURA 136: Tercera lectura para Cloruro Férrico 20 mg/L más sulfato de aluminio 30 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

- Primera lectura

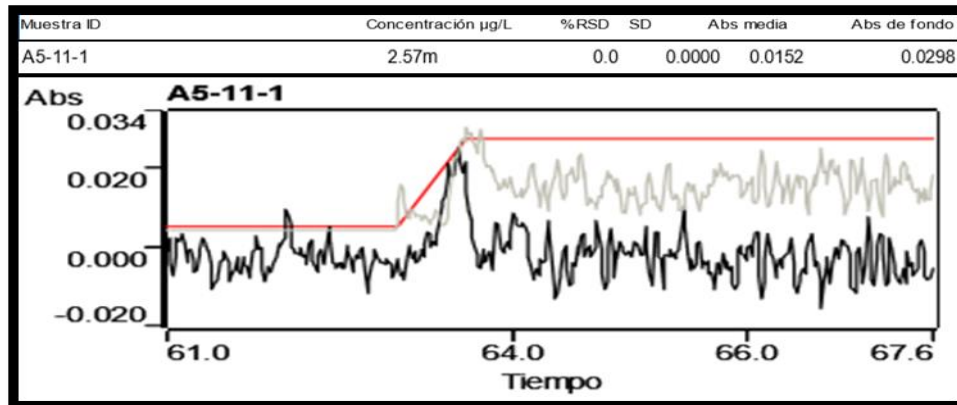


FIGURA 137: Primera lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

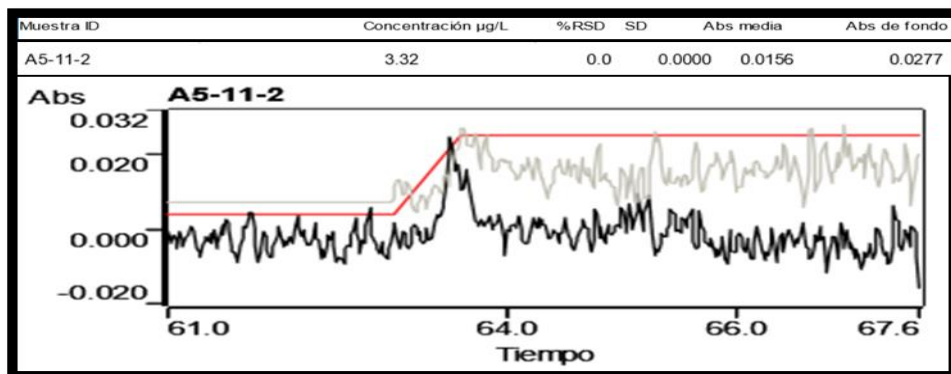


FIGURA 138: Segunda lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

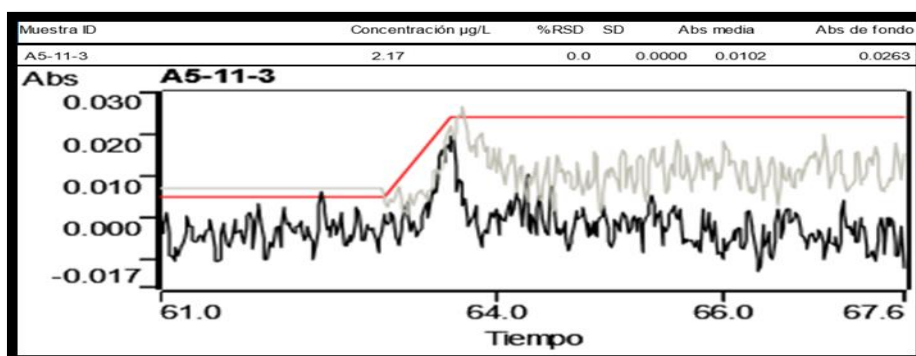


FIGURA 139: Tercera lectura para Cloruro Férrico 50 mg/L más sulfato de aluminio 50 mg/L.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.1.5.2. Remoción de arsénico por oxidación solar - RAOS

Contenido de Arsénico Final según el método RAOS.

34	RAOS1- 12- 1
35	RAOS1- 12- 2
36	RAOS1- 12- 3
37	RAOS2- 13- 1
38	RAOS2- 13- 2
39	RAOS2- 13- 3
40	RAOS3- 14- 1
41	RAOS3- 14- 2
42	RAOS3- 14- 3
43	RAOS4- 15- 1
44	RAOS4- 15- 2
45	RAOS4- 15- 3
46	RAOS5- 16- 1
47	RAOS5- 16- 2
48	RAOS5- 16- 3

FIGURA 140: Nomenclatura RAOS

FUENTE: Elaboración propia.

Alambre negro n° 16 - 4 gr más 1.1 ml de jugo de limón.

- Primera lectura

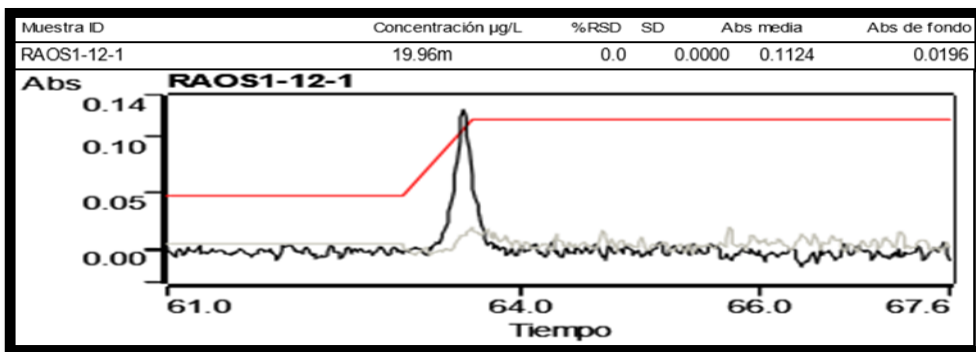


FIGURA 141: Primera lectura para Alambre negro n° 16 - 4 gr más 1.1 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

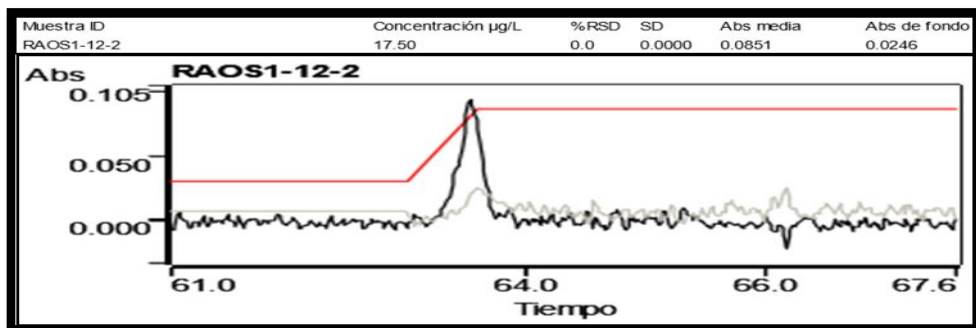


FIGURA 142: Segunda lectura para Alambre negro n° 16 - 4 gr más 1.1 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

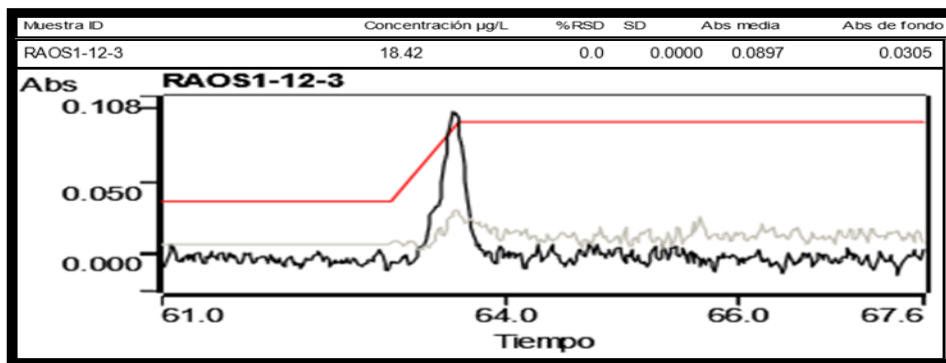


FIGURA 143: Tercera lectura para Alambre negro n° 16 - 4 gr más 1.1 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Alambre negro n° 16 5 gr más 1.2 ml de jugo de limón.

- Primera lectura

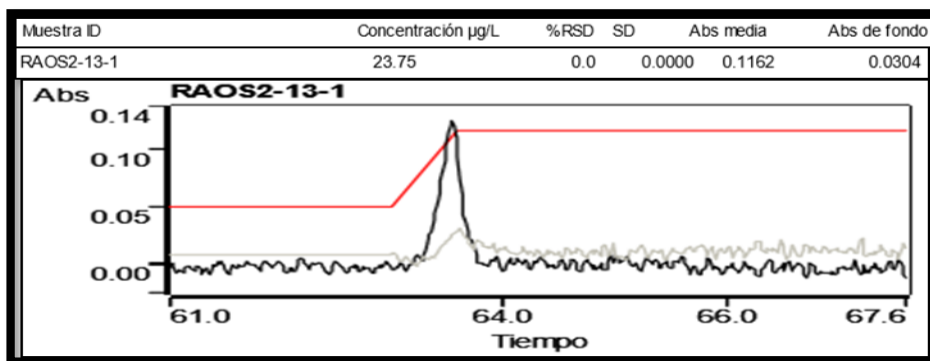


FIGURA 144: Primera lectura para Alambre negro n° 16 5 gr más 1.2 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

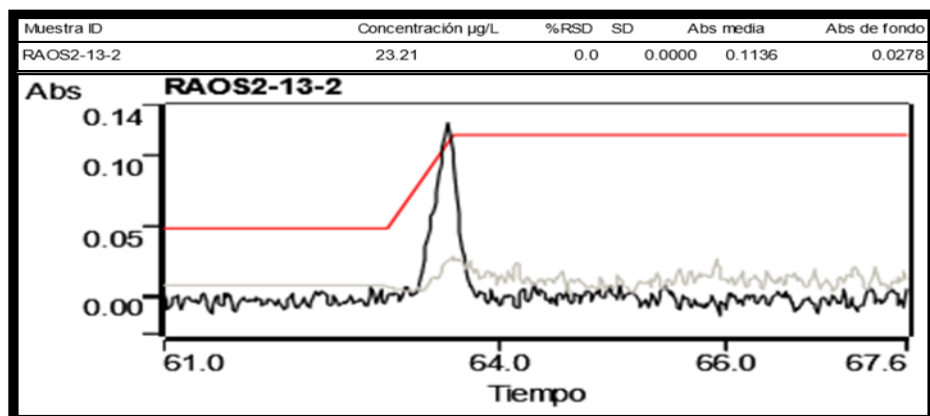


FIGURA 145: Segunda lectura para Alambre negro n° 16 5 gr más 1.2 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

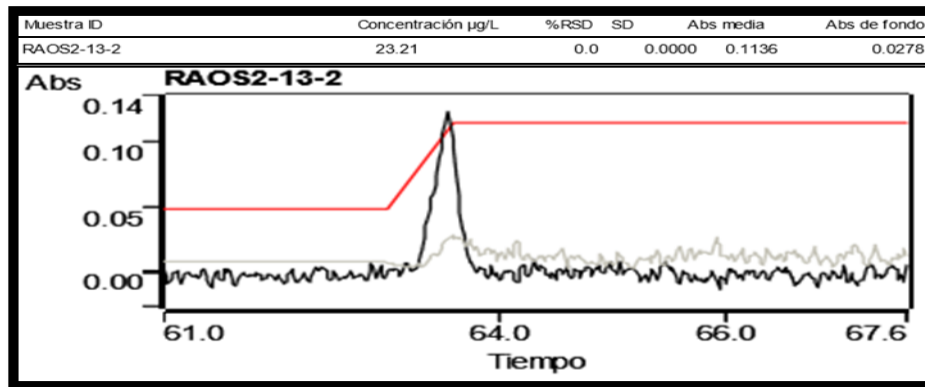


FIGURA 146: Tercera lectura para Alambre negro n° 16 5 gr más 1.2 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

Alambre negro n° 16 6 gr más 1.3 ml de jugo de limón.

- Primera lectura

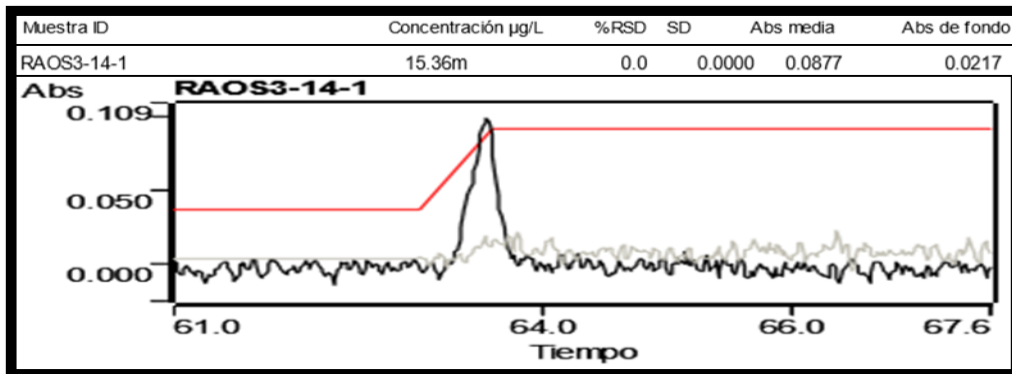


FIGURA 147: Primera lectura para Alambre negro n° 16 6 gr más 1.3 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

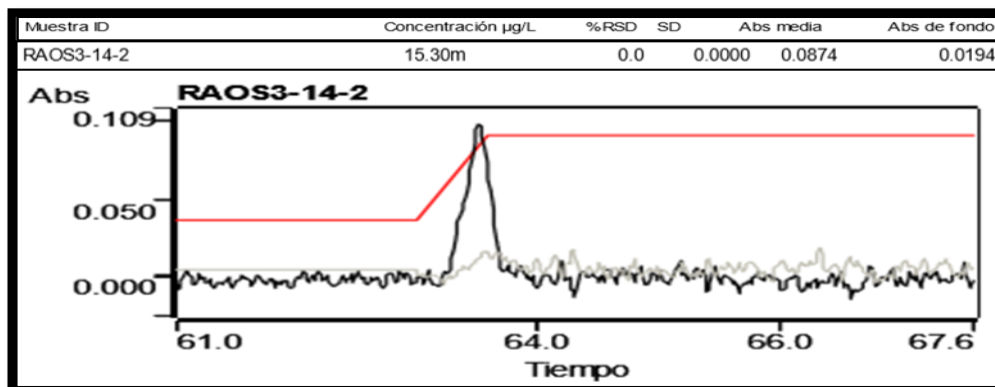


FIGURA 148: Segunda lectura para Alambre negro n° 16 6 gr más 1.3 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

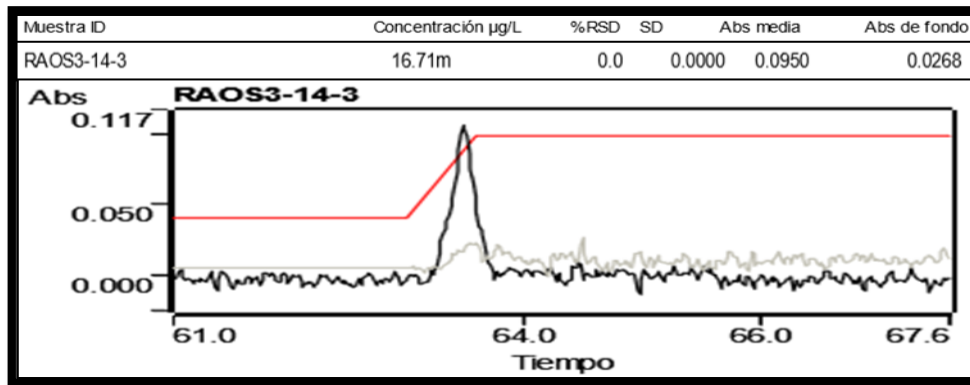


FIGURA 149: Primera lectura para Alambre negro n° 16 6 gr más 1.3 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

Alambre negro n° 16 7 gr más 1.4 ml de jugo de limón.

- Primera lectura

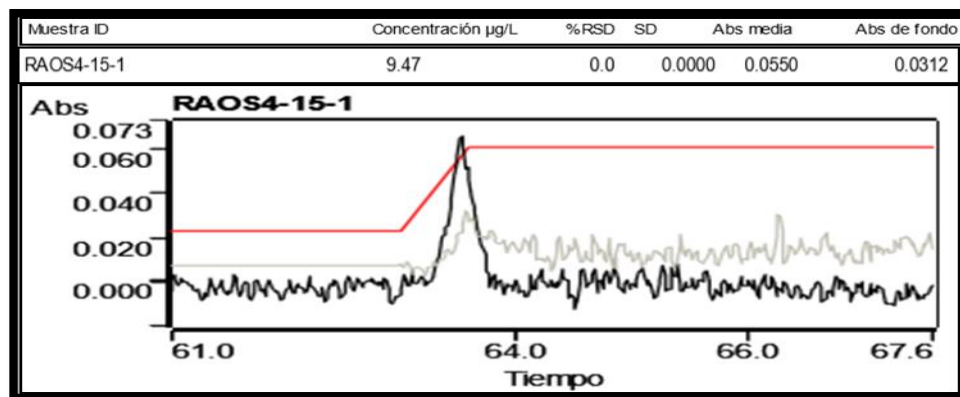


FIGURA 150: Primera lectura para Alambre negro n° 16 7 gr más 1.4 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

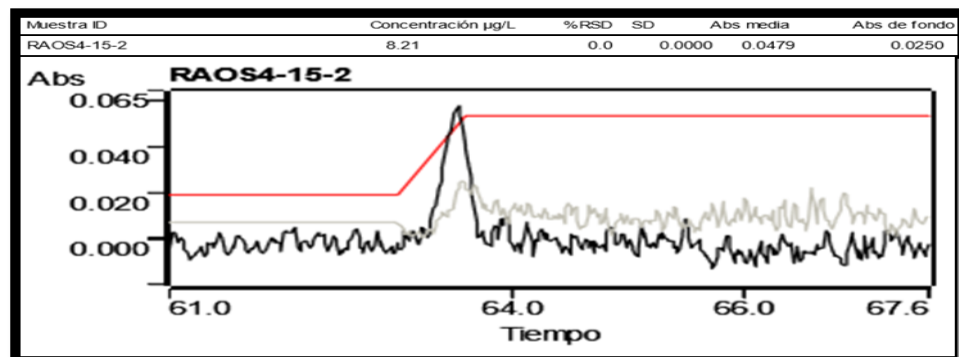


FIGURA 151: Segunda lectura para Alambre negro n° 16 7 gr más 1.4 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

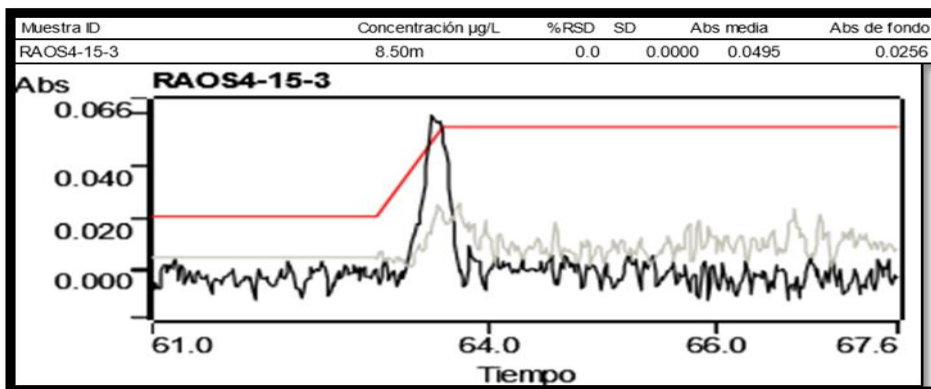


FIGURA 152: Tercera lectura para Alambre negro n° 16 7 gr más 1.4 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Alambre negro n° 16 8 gr más 1.5 ml de jugo de limón.

- Primera lectura

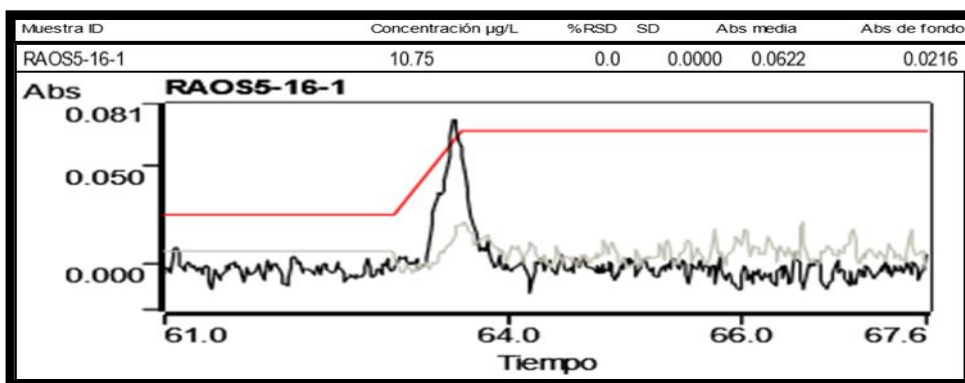


FIGURA 153: Primera lectura para Alambre negro n° 16 8 gr más 1.5 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Segunda lectura

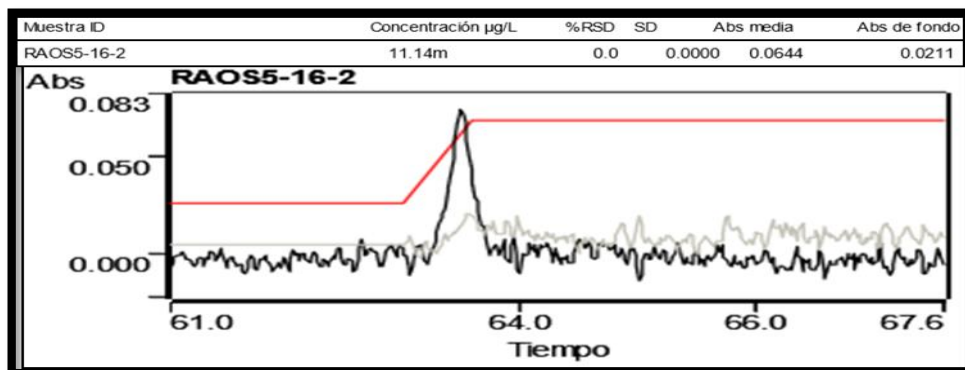


FIGURA 154: Segunda lectura para Alambre negro n° 16 8 gr más 1.5 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tercera lectura

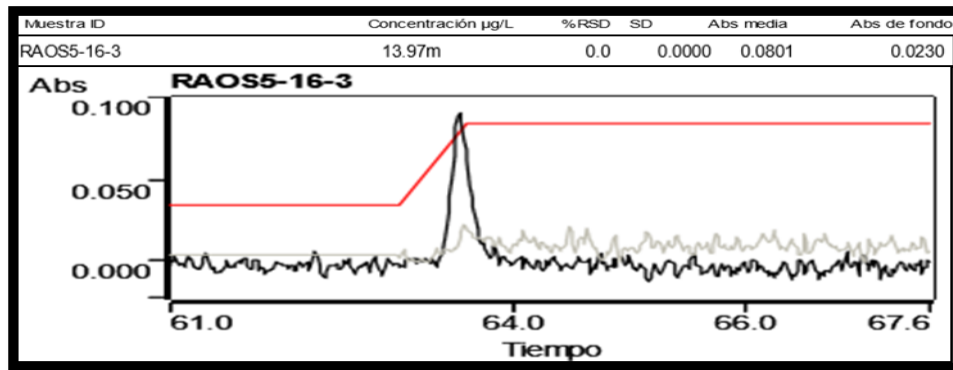


FIGURA 155: Tercera lectura para Alambre negro n° 16 8 gr más 1.5 ml de jugo de limón.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.2. Implementación de ambos métodos

Método de coagulación – Flocculación

3.6.2.1. Propuesta de diseño de planta de tratamiento de agua potable

A) Situación actual de la PTAP

Ubicación de la zona de estudio


La zona de estudios se encuentra en el Departamento de Cusco, Provincia de Calca, Distrito de Calca, en la zona de Piste.



FIGURA 156: vista de la zona de propuesta para PTAP.

FUENTE: Elaboración propia.

La planta de kumurumi hasta el año 2003 captaba agua del río Huamanchoque y trataba estas aguas superficiales, la misma que actualmente se encuentra inoperativa desde dicho año hasta la fecha, se encuentra deteriorada hidráulicamente y estructuralmente, por lo que no es posible que entre en operación.

 Situación de la PTAP existente

*FIGURA 157 : Situación actual de la PTAP.
FUENTE: Elaboración propia.*



*FIGURA 158: Situación actual de la PTAP.
FUENTE: Elaboración propia.*

B) Parámetros de diseño

Población de Diseño

El distrito de Calca cuenta con dos plantas que abastecen a la población, en esta investigación se analizó la planta de Kumurumi ya que se determinó que es precisamente esta la que viene presentando problemas de la calidad del agua.

Para el cálculo de la población inicial se utilizó la base de datos comercial de la Empresa Prestadora del Servicio EMSAPA CALCA S.A. (ver Anexo Base comercial), donde se filtró todo el sector que abastece la planta Kumurumi y el número de conexiones por vivienda del año 2019.

DIRECCIÓN	Nº DE CONEXIONES
PJE PJE. SAN JOSE 0S/N	5
PJE SAN JOSE DE URCO 0s/n	73
AH COMUNIDAD JUQQUI 0S/N	125
URB MANZANARES 100	106
AV. VILCANOTA 0S/N	130
PJE SAN LORENZO - AV. VILCONTA 0S/N	24
JR. BOLIVAR 0 Prol. bolivar	88
CA. MILLER 0S/N	77
CA. OLLANTA 200	80
AV. THOMAS E. PAYNE 0S/N	27
AV. PROL. VILCANOTA 0S/N	219
CA. TUPAC AMARU 113	93
CA. UCAYALI 0S/N	102
CA. ESPINAR 810	136
AV GRAU 0S/N	158
JR. JACARANDA 182	33
CA. CORDOVA 0S/N	87
CA. ALFONSO UGARTE 703	121
CA. MARIANO DE LOS SANTOS 187	102
AV. ALAMEDA NORTE 0S/N	98
CA. PUMACCAHUA 0S/N	6
CA. MARISCAL CASTILLA 227	53
CA. INCLAN 1065	110
CA. LEONCIO PRADO 0S/N	60
CA. LA MAR 271	79
CA. SAN MARTIN 969	66
PJE SAN JOSE DE URCO 0s/n	73
PJE PASAJE COLOR 0	2
TOTAL	2333

FIGURA 159: Población actual servida.

FUENTE: Elaboración propia.

Se tomó la tasa de densidad de habitantes por conexión de 3.73 considerado en el Estudio Tarifario de EPS EMSAPA CALCA S.A. Publicado por la Gerencia de Regulación Tarifaria – SUNASS.

Nº DE CONEXIONES	DENSIDAD HAB/CONEX	POBLACIÓN INICAL - AÑO 2019
2319	3.73	8650

FIGURA 160: Número de conexiones,

FUENTE: Elaboración propia.

Crecimiento poblacional

Teniendo la población inicial de 8650 habitantes como año base 2019, según el INEI se extrajo información del crecimiento poblacional del año 2000 al 2015 usando la fórmula en la figura 171 para hallar R, con este dato se calculó el crecimiento poblacional mediante el método Interés Simple figura 172, así, el distrito de Calca cuenta con una población estimada al año 2015 de 23316 habitantes según el INEI, teniendo una tasa de crecimiento en los 15 años de 0.0177.

$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i (t_{i+1} - t_i)}$		
DISTRITO DE CALCA	AÑO	POBLACIÓN
	2000	17929
	2001	18312
	2002	18686
	2003	19056
	2004	19424
	2005	19787
	2006	20150
	2007	20510
	2008	20868
	2009	21221
	2010	21573
	2011	21926
	2012	22276
	2013	22627
2014	22976	
2015	23316	
2034	?	

FIGURA 161: Análisis de crecimiento poblacional años 2000 a 2015.

FUENTE: Elaboración propia.

METODO DE INTERÉS SIMPLE																
Poblacion inicial= Pi=	17929	18312	18686	19056	19424	19787	20150	20510	20868	21221	21573	21926	22276	22627	22976	
Poblacion actual= Pi+1=	18312	18686	19056	19424	19787	20150	20510	20868	21221	21573	21926	22276	22627	22976	23316	
Tiempo inicial= ti=	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Tiempo futuro= tf= ó ti+1	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Razón de Crecimiento	r=	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15
	r=	0.02136	0.02042	0.01980	0.01931	0.01869	0.01835	0.01787	0.01745	0.01692	0.01659	0.01636	0.01596	0.01576	0.01542	0.01480
	r=	0.01767														

FIGURA 162: Método de Interés Simple.

FUENTE: Elaboración propia.

Método de cálculo para el crecimiento Poblacional.

Utilizando la fórmula de proyección del Interés Simple, considerando una vida útil 20 años del proyecto, obtenemos la población futura.

$$Pf = Pi (1 + r(tf - ti))$$

	tf=	2039
	ti=	2019
	PI=	8702
Población Futura	Pf=	11777.41
	Pf=	11778.00

FIGURA 163: cálculo de población futura.
FUENTE: Elaboración propia.

Siendo entonces la población futura que se tomara para el diseño de la PTAP 11778 hab. complemento para el proyecto de investigación.

Dotación del agua

El distrito de calca no cuenta con micro medidores en las viviendas, razón por la cual la EPS EMSAPA CALCA S.A. asigno el consumo mensual por persona de 3 m³, información que se tomó como dato para hallar la dotación de agua por día.

6.- A partir de la fecha queda notificado sobre la próxima conexión de agua potable.

ESTRUCTURA TARIFARIA VIGENTE EMSAPA CALCA S.A.
Resolución de Consejo Directivo N° 043 - 2018 SUNASS - CD

CLASE	CATEGORÍA	RANGO (m ³)	TARIFA (\$/m ³)		CARGO FIJO (\$/)	Asignación de Consumo (m ³ / mes)
			AGUA	ALCANTARILLADO		
RESIDENCIAL	SOCIAL	0 a más	0,460	0,0849	1,44	15
	DOMÉSTICO	0 a 10	0,460	0,0849		15
		10 a más	0,720	0,1200		30
NO RESIDENCIAL	COMERCIAL	0 a más	0,800	0,1200		100
	INDUSTRIAL	0 a más	0,800	0,1200		50
	ESTATAL	0 a más	0,800	0,1200		

1 persona 3 m³ mensuales, familia conformada por 5 personas costo 15 m³.

del agua causa el desabastecimiento para otros usuarios

FIGURA 164: consumo mensual por persona.

FUENTE: EPS – EMSAPA- CALCA.

DOTACIÓN DE AGUA							
		1	3 m3/mes				
		8116	24348				
				DOTACIÓN DE AGUA =	94	$\frac{l}{hab}$ /día	

FIGURA 165: Cálculo de dotación

FUENTE: Elaboración propia.

🦅 Cálculo del caudal de Diseño

Para el caudal que se calculó con la población 11778 habitantes y la dotación 100 l/hab/día.

La planta de Kumurumi no cuenta con un macro medidor, por lo cual no hay registros sobre la variación de la demanda diaria. Por lo que se tomará para el cálculo del caudal la referencia establecida en el RNC con un K de 1.3, así mismo, no existen registros sobre la demanda horaria, por lo que se tomará como dato el K de 1.8 de referencia establecido en el RNC como en el caso anterior.

DOTACIÓN DE AGUA

1	3 m3/mes	PERDIDA	40%
8702	26106		100
		DOTACIÓN DE AGUA =	60 $\frac{l}{hab}$ /día

CAUDAL PROMEDIO

$$QP = \frac{POBLACIÓN * DOTACIÓN}{86400} \quad \text{LPS} \quad 13.63 \text{ lps}$$

CAUDAL MÁXIMO DIARIO

Máximo anual de la demnada diaria 1.2 - 1.5 K1

Recomendable K= 1.3

$$QMD = QP * K1 \quad 17.72 \text{ lps} \quad 0.018 \text{ m}^3 /s$$

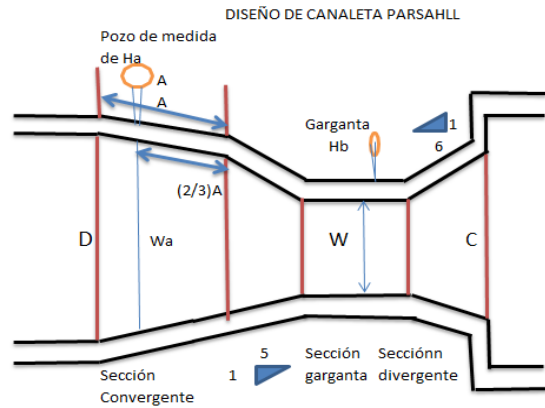
CAUDAL MÁXIMO HORARIO

De 2000 a 10000 Hab	K2=	2.5
Mayores a 10000 Hab	K2=	1.8

$$QP = 24.54 \text{ lps} \quad 0.025 \text{ m}^3 /s$$

Cálculos para el diseño de planta de tratamiento de agua potable.

DISEÑO DEL CANAL PARSHALL



DATOS DE INGRESO

1.- DETERMINACION DE ANCHO W LA CANALETA PARSHALL EN FUNCION DEL CAUDAL

TablaN°1 Fuente: Romero Rojas (2008)

ANCHO W	LIMITES DE CAUDAL (L/S)	
	Q MINIMO	Q MAXIMO
1"	0.28	5.67
2"	0.57	14.15
3"	0.85	28.31
6"	1.42	110.44
9"	2.58	252
12"	3.11	455.9
18"	4.24	696.5
24"	11.9	937.3
36"	17.27	1427.2
48"	36.81	1922.7
60"	45.31	2424
72"	73.62	29.31

2.- La Tabla 2, nos presenta las dimensiones típicas de medidores Parshall, a partir del ancho de garganta (W), calculado en la Tabla 1.

Tabla 2. Dimensiones típicas de Medidores Parshall (cm) (tomada de Acevedo)

W	cm	A	B	C	D	E	F	G'	K'	N
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.24	62.1	61	39.4	40.3	45.7	30.5	61	7.6	11.4
9"	22.9	88	86.4	38	57.5	61	61	45.7	7.6	22.9
1'	30.5	137.2	134.4	61	84.5	91.5	61	91.5	7.6	22.9
1 1/2'	45.7	144.9	142	76.2	102.6	91.5	61	91.5	7.6	22.9
2'	61	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122	157.2	91.5	61	91.5	7.6	22.9
4'	122	183	179.5	152.2	193.8	91.5	61	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198	194.1	183	230.3	91.5	61	91.5	7.6	22.9
6'	183	213	209	213.5	266.7	91.5	61	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224	244	303	91.5	61	91.5	7.6	22.9
8'	244	244	239.2	274.5	340	91.5	61	91.5	7.6	22.9
10'	305	274.5	427	366	475.9	122	91.5	183	15.3	34.5



Diseñar la canaleta Parshall para un:

Caudal	0.018	m3/seg
T°	14 °c	

Paso 1: De acuerdo al caudal dado, se determina del ancho de la garganta "W"

Caudal	0.018	m3/seg
Caudal	17.72	lts/seg

Con este dato vamos al a tabla N°23 y de alli

Seleccionamos aquella en donde se encuentra el caudal dado:

Anch W en pulgadas	Límites del caudal Lts/seg	
	Q mín	Q máx
6"	1.42	110.44

2.- DIMENSIONES DEL AFORADOR: De acuerdo al caudal elejimos el ancho de garganta

W	cm	A	B	C	D	E	F	G'	K'	N
9"	15.24	62.1	61	39.4	40.3	45.7	30.5	61	7.6	11.4
w(m)	0.1524									

Donde la longitud

dato introduc	A	B	C	D	E	F	G'	K'	N
	0.621	0.61	0.394	0.403	0.457	0.305	0.61	0.076	0.114

metros

Acno de la garganta	W	15.24	cm
Longitud de la paredes convergentes	A	62.10	cm
Longitud sección convergente	B	61.00	cm
Ancho de la salida	C	39.40	cm
Ancho entrada sección convergente	D	40.30	cm
Profundidad total	E	45.70	cm
Longitud de la garganta	F	30.50	cm
Longitud de la sección divergente	G'	61.00	cm
Long. Paredes sección divergente	K'	7.60	cm
Dif. de elevac entre salida y cresta	N	11.40	cm

3.-CONDICIONES HIDRIDRAULICAS DE ENTRADA

$$Q = K * ha^n$$

UNIDADES METRICAS

W	w(cm)	K	n
3"	7.62	0.176	1.547
6"	15.24	0.381	1.58
9"	22.86	0.535	1.53
1'	30.5	0.69	1.522
1 1/2'	45.75	1.054	1.538
2'	61	1.426	1.55
3'	91.5	2.182	1.566
4'	122	2.935	1.578
5'	152.5	3.728	1.587
6'	183	4.515	1.595
7'	213.5	5.306	1.601
8'	244	6.101	1.606

w(cm) 15.24

0.1524 m

EXPONENTES : n	1.58
coeficientes :k	0.381

$$Q = K * ha^n$$

DESPEJANDO ha

$$ha = \left(\frac{Q}{K}\right)^{\frac{1}{n}}$$

ha	0.14	m
----	------	---



tabla N° 25

Para recordar : 1pulgada(1")=2.54cm y 1pie (1')=30.5 cm
 1pulgada(1")= 2.54 cm
 1pie (1')= 30.5 cm

PASO 4. Calculo de la canaleta en la seccion de medida

$$W_a = \frac{2}{3}(D - W) + W$$

W_a 0.32

PASO 5. Calculamo de la velocidad en la seccion de la media

$$V_a = \frac{Q}{W_a * h_a}$$

V_a 0.38892647 m/s

PASO 6 Calculamos la energia total disponible

$$E_1 = \frac{(V_a)^2}{2g} + h_a + N$$

va 0.38892647
 ha 0.14
 N 0.114
 E1 0.27 m

PASO 7.- Calculo de la velocidad antes del resalto

$$E_2 = \frac{(V_2)^2}{2g} + h_2$$

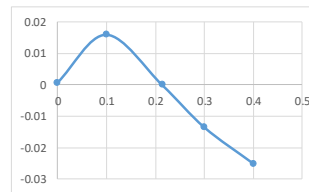
h2^3 1
 h2^2 0.27
 0.000711011

h2 0.213714707

$$v_2 = \frac{Q}{W h_2}$$

v2 0.55

0	0.000711
0.1	0.015968
0.2137147	1.849E-10
0.3	-0.013488
0.4	-0.025012



PASO 8 :Determinar la lamina de agua en el resalto

calculo de h2

$$h_b = h_2 - N$$

hb 0.10

PASO 9: Chequeamos grado de sumergencia S. para verificar condiciones de de aforo

$$S = \frac{h_b}{h_a}$$

S= 0.68830317

0.6 CONSTANTE

NO CUMPLE

PASO 10:Calculamos el numero de froude .

$$\frac{h_3}{h_2} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + 8F_2^2} - 1$$

$$F_2 = \frac{v_2}{\sqrt{h_2 * g}}$$

F2 0.38

PASO 11. CALCULO DE LA LAMINA DE AGUA AL FINAL DEL TRECHO DIVERGENTE

$$h_3 = \frac{h_2}{2} \sqrt{1 + 8F_2^2} - 1$$

h3 0.05

PASO 12 CALCULAMO

$$h_4 = h_3 - (N)$$



h4	0.012388164
----	-------------

PASO 13 :CALCULO DEL TIEMPO MEDIO MEDIA

$$v_m = \frac{v_3 + v_4}{2}$$

v3	2.344007551
v4	3.687816876

vm	3.02
----	------

$$t_d = \frac{G}{V_m}$$

G TABLA N°24 G= 0.61

td	3.016
td	0.20226053 segundos

PASO 14: CALCULO DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD . G

$$G = \frac{\gamma * \Delta h}{\mu * t_d}$$

calculo de la perdida de carga variacion h

aplicando el principio de energia de bernoulli

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} + h_a + N - \frac{V^2}{2g} - h_4 - (N - K)$$

$$E_3 = E_4 + \Delta h$$

2g	19.62
va	0.388926474
ha	0.14
N	0.114
V4	3.687816876
h4	0.012388164
K	0.076

$$\Delta h = 0.6$$

$$G = 5094$$

PASO 15 :CALCULO DE LA DISTANCIA DE LA ELEVACION DE LA CRESTA POR ENCIMA DE FONDO DEL CANAL X

$$X = h_5 - h_4$$

$$h_5 = 0.5$$

$$X = 0.49$$

se recomienda para x un factor de seguridad de 10% ; por lo tanto

$$X = 0.536$$

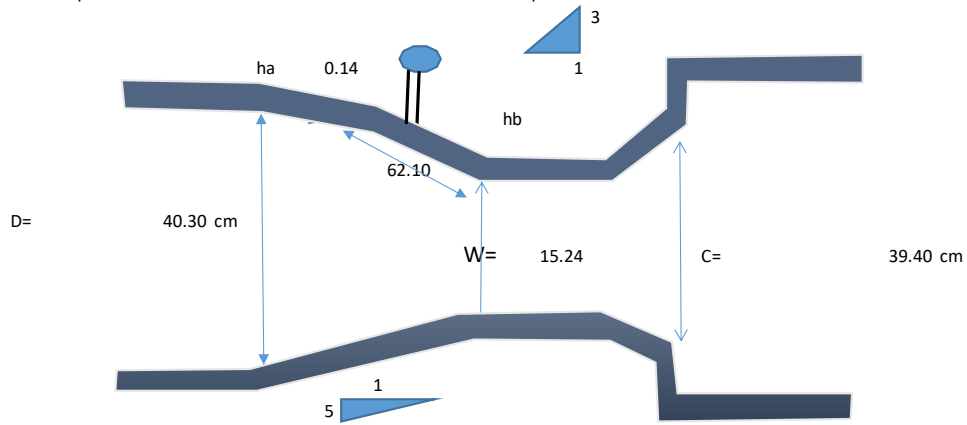
PASO 16: Longitud de desarrollo del resalto L

$$L = 6 * (h_3 - h_2)$$

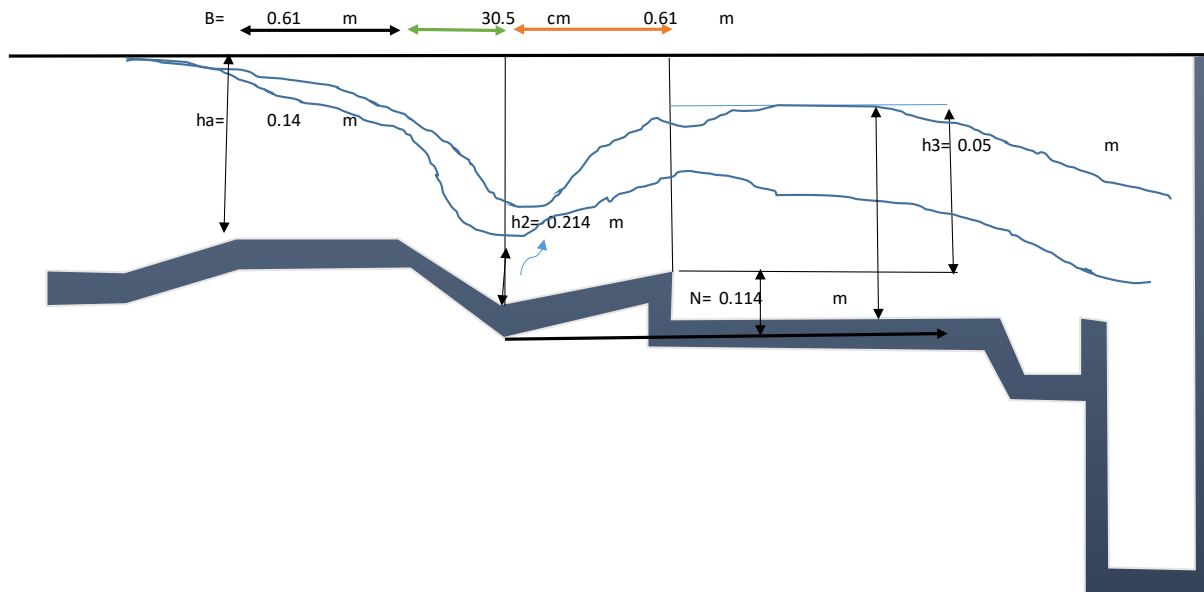
$$L = -0.979959$$

PASO 17: E schema de dimensionamiento

muestra el esquema con el dimensionamiento definitivo de la canaleta parshall



PLANO DE PERFIL:





FLOCULADOR HÍDRALICO DE FLUJO HORIZONTAL

CAUDAL	Q	17.72 L/s	0.018 m ³ /s
VELOCIDAD DE FLUJO	v	0.20 m/s	
PERIODO DE MEZCLA	t	15 min	900 s

$$v = \frac{Q}{a} \quad 0.20$$

DISTANCIA TOTAL RECORRIDA POR EL AGUA

$$L = v * t \quad L = 180 \text{ m}$$

VOLUMEN DE AGUA A MEZCLAR EN CADA PERIODO

$$V = Q * t \quad V = 15.949375 \text{ m}^3$$

ÁREA TRANSVERSAL REQUERIDA DE UN CANAL ENTRE BAFLES

$$a = \frac{V}{L} \quad a = 0.08860764 \text{ m}^2$$

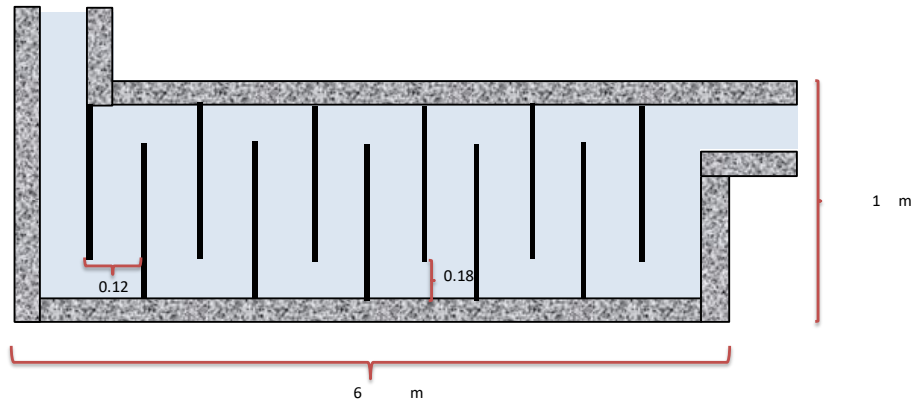
$$a = \frac{Q}{v} \quad a = 0.08860764 \text{ m}^2$$

PROFUNDIDAD DEL AGUA

DISTANCIA RECOMENDADA ENTRE BAFLES e = 0.45 m

$$d = \frac{a}{e} \quad d = 0.20 \text{ m}$$

d < 0.90
 SE ADOPTA UNA SEPARACION ENTRE BAFLES DE e = 0.12 m
 d = 0.75 m





PROFUNDIDAD TOTAL DEL TANQUE

BORDE LIBRE b= 0.30 m

$$H = d + b$$

H = 1 m

ESPACIO LIBRE ENTRE LOS TABIQUES Y LA PARED DEL TANQUE

$$= 1.5 * e$$

distancia= 0.18 m

SE ADOPTA UN ESPACIO LIBRE 0.18 m

LONGITUD EFECTIVA DE CADA CANAL

ANCHO ÚTIL DE LA CAMARA DE FLOCULACION 3.50 m

l = 3.32 m

NÚMERO REQUERIDO DE CANALES

$$N = \frac{L}{l}$$

N = 54

LONGITUD TOTAL INTERIOR DE LA CAMARA DE FLOCULACIÓN

ESPESOR DE CADA TABIQUE 3 cm 0.03 m
N-1 53

L = 6 m

PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN EL TANQUE, SEGÚN LA FÓRMULA DE MANNING

$$h_f = \frac{(nv)^2 * L}{R^{\frac{4}{3}}}$$

2.35

SUPERFICIE DE CEMENTO n= 0.013
SUPERFICIE ASBESTO-CEMENTO n= 0.012

h_f = 0.10 m

ANCHO DEL FLOCULADOR

$$W = \frac{V}{d * L}$$

W = 2.37 m

SEPARACIÓN ENTRE BAFLES

$$e = \frac{L}{N}$$

0.12 m



PÉRDIDA ADICIONAL, SEGÚN LA ECUACIÓN DE MANNING

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h = \frac{3(N-1)v^2}{2g}$$

$$h = 0.35 \text{ m}$$

PÉRDIDA TOTAL

$$H = h_f + h$$

$$H = 0.44 \text{ m}$$

GRADIENTE DE VELOCIDAD

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$G = \sqrt{\frac{g * H}{v * t}}$$

$$G = 65 \text{ S}^{-1}$$

INTERPOLACION LINEAL	
TEMPERATURA °C	VISCOSIDAD CINEMÁTICA $\frac{m^2}{s}$
10	0.000001306
14.5	0.000001156
15	0.000001139

VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA

TEMPERATURA 14.50 °C

B. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA (32)							
Temperatura °C	Peso específico γ , kN/m ³	Densidad ρ , kg/m ³	(1) Módulo de elasticidad E/10 ⁶ kN/m ²	Viscosidad dinámica $\mu \times 10^3$ N. s/m ²	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$ m ² /s	(2) Tensión superficial σ_s N/m	Presión de vapor p_v , kN/m ²
0	9.805	999.8	1.98	1.781	1.785	0.0765	0.61
5	9.804	999.9	2.05	1.518	1.510	0.0740	0.87
10	9.804	999.7	2.10	1.307	1.306	0.0742	1.23
15	9.798	999.1	2.15	1.120	1.120	0.0735	1.70
20	9.789	998.2	2.17	1.002	1.003	0.0728	2.34
25	9.777	997.0	2.22	0.890	0.893	0.0720	3.17
30	9.764	995.7	2.25	0.798	0.800	0.0712	4.24
40	9.730	992.2	2.28	0.653	0.658	0.0696	7.38
50	9.689	988.0	2.29	0.547	0.553	0.0679	12.33
60	9.642	983.2	2.28	0.466	0.474	0.0662	19.92
70	9.589	977.8	2.25	0.404	0.413	0.0644	31.16
80	9.530	971.8	2.20	0.354	0.364	0.0626	47.34
90	9.466	965.3	2.14	0.315	0.326	0.0608	70.10
100	9.399	958.4	2.07	0.282	0.294	0.0589	101.33

(1) A presión atmosférica
(2) En contacto con aire



SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL

Q	17.72 L/s	0.01772153 m ³ /s
t	2 horas	7200

VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN

$$V = Q * t \quad V = 127.595 \text{ m}^3$$

AREA SUPERFICIAL

CARGA SUPERFICIAL

$$A = \frac{Q}{CS} \quad A = 76.557 \text{ m}^2$$

cs = 20 m/d
cs = 0.00023 m/s

$$CS = \frac{Q}{A}$$

PARA UN TANQUE RECTANGULAR, RELACIÓN L/A= 2/1

$$CS = 0.00023 \text{ m/s}$$

ANCHO $\sqrt{\frac{A}{2}}$ ANCHO (a)= 6 m

LARGO $\frac{A}{a}$ LARGO (l)= 12 m

PROFUNDIDAD DEL AGUA

$$P = \frac{V}{a * l} \quad P = 1.67 \text{ m}$$

PROFUNDIDAD DEL TANQUE

PROFUNDIDAD DEL TANQUE= PROF. DEL AGUA + BORDE LIBRE+ALTURA DE LODOS

BORDE LIBRE = 0.34 m
ALTURA DE LODOS= 0.50 m

$$\text{PROF. TANQUE} = 2.51 \text{ m}$$

VELOCIDAD DE FLUJO

$$v = \frac{Q}{a * P} \quad v = 0.17 \text{ cm/s} < 1.50 \text{ cm/s}$$



AREA DE FLUJO

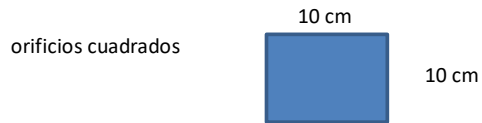
LA UNIDAD DE ENTRADA ESTA COSTITUIDA POR UNA PANTALLA PERMEABLE, CON ORIFICIOS CUADRADOS

VELOCIDAD DE PASO (v) = 15 cm/s 0.15 m/s

Area = Q/v

A = 0.12 m^2

7.7 cm^2



total de orificios 77

LONGITUD DEL VERTEDERO DE SALIDA

CARGA TIPICA DE REBOSE 2 L/s*m

LONGITUD = Q/CARGA

L = 8.86 m

Cuadro 5.8
Cargas típicas de rebose sobre vertederos

Tipo de servicio	CARGA, L/s.m	Referencia
Clarificación	<7.25	(1)
Flóculo de alumbre liviano	1,7 - 2,1	(1)
Flóculo de alumbre pesado	2,1 - 3,1	(1)
Flóculo de ablandamiento	3,1 - 3,7	(1)
Flóculo de coagulación	<2,9	(25)
Flóculo de coagulación	2 - 7	(24)

DISEÑO DE FILTRO RÁPIDO

CAUDAL DE DISEÑO Y TASAS DE TRABAJO

Caudal de diseño	Qd	17.72	lt / seg.
Número de unidades aproximado	N	2.90	
Número de unidades adoptado	N'	>2 filtros 2.00	
Caudal unitario de diseño	Qdu	8.86	lt / seg.
Número de turnos de 8 horas c/u.	Nh	3.00	horas
Coefficiente de funcionamiento	C1	1.00	
Relación de mínimo costo	K	1.33	
Velocidad de filtración	Vf	0.30	mt / hr.
Turbiedad de agua cruda	To	0.47	U.N.T.
Aceleración de la gravedad	g	9.81	mt / seg ²

DIMENSIONAMIENTO APROXIMADO DEL FILTRO

5.10336

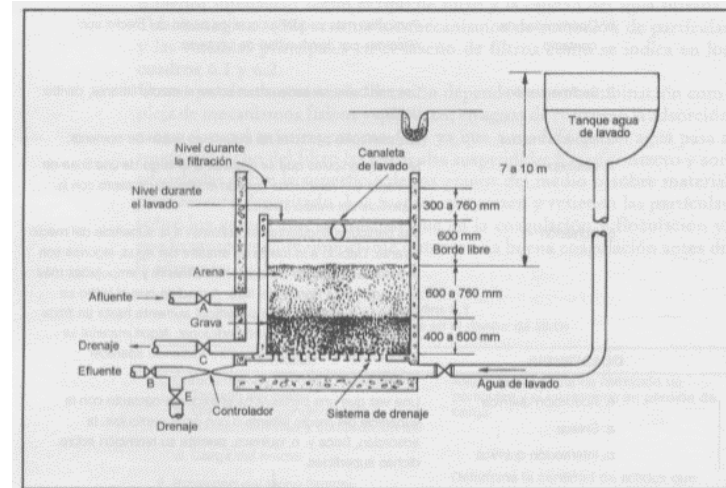
Area superficial	A1	106.32	m ²
Ancho aproximado	B	8.93	m
Largo aproximado	L	11.91	m
Ancho adoptado	B'	10.00	mt.
Largo adoptado	L'	15.00	mt.
Area real adoptada	A'	150.00	m ²
Velocidad de filtración real	Vf	0.21	mt / hr

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE ARENA

Diámetro efectivo	D10	<0,15 - 0,65>	0.27	mm.
Coefficiente de uniformidad	C.U.	<1,50 - 3,00>	13.00	
Profundidad inicial del lecho de arena	Ho	<0,80 - 1,00>	1.00	mt.
Profundidad mínima del lecho de arena	Hf	<0,30 - 0,50>	0.30	mt.
Espesor removido en el raspado	R		0.10	mt.
Frecuencia de raspado	f	<4,00 - 6,00>	6.00	vez/año
Años de operación	Y		1.17	años

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE GRAVA

Coefficiente de uniformidad	C.U.	<1,50 - 3,00>	1.50	
Diámetro de grava en capa de soporte 1		< 1,5 - 4,00 >	1.50	mm.
Diámetro de grava en capa de soporte 2		< 4,00 - 15,00 >	4.00	mm.
Diámetro de grava en capa de soporte 3		< 10,00 - 40,00 >	10.00	mm.
Altura de capa de soporte 1	Hg1	0.05	0.05	mt.
Altura de capa de soporte 2	Hg2	0.05	0.05	mt.
Altura de capa de soporte 3	Hg3	0.10	0.10	mt.



VÁLVULA	POSICIÓN DE LA VÁLVULA		
	Filtrando	Lavando	Filtrando a desecho
A. Afluente	Abierta	Cerrada	Abierta
B. Efluente	Abierta	Cerrada	Cerrada
C. Drenaje agua de lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
D. Agua de lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
E. Drenaje agua filtrada	Cerrada	Cerrada	Abierta

Figura 6.1 Esquema indicativo de la operación de un filtro rápido convencional de arena.

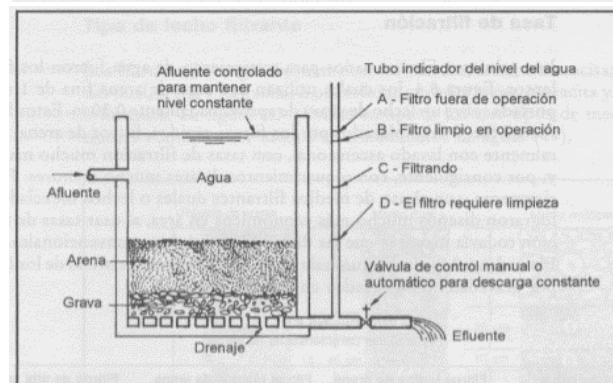


Figura 6.4 Filtro lento de arena.



PERDIDA DE CARGA EN ARENA Y GRAVA

Material	Coef. Uniformidad	Factor de Forma	Porosidad	u	
Lecho filtrante	2.00	0.75	0.40	1.510	
Capa de soporte 1	1.50	0.90	0.38	1.278	
Capa de soporte 2	1.50	0.90	0.38	1.278	
Capa de soporte 3	1.50	0.90	0.38	1.278	
Pérdida de carga en arena				0.09	mt.
Pérdida de carga en capa de grava 1				1.77E-04	mt.
Pérdida de carga en capa de grava 2				2.48E-05	mt.
Pérdida de carga en capa de grava 3				7.94E-06	mt.
Pérdida de carga total en la grava				2.09E-04	mt.
Pérdida de carga total en arena y grava				0.09	mt.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Velocidad en el dren principal	max. 0,30 m/s	<input type="text" value="0.30"/>	mt / seg.
Diámetro aproximado del principal		<input type="text" value="7.63"/>	pulg.
Diámetro adoptado del principal		<input type="text" value="6"/>	pulg.
Espacio entre tubería de drenaje y el muro del filtro		<input type="text" value="0.10"/>	mt.
Longitud aproximada del dren principal		<input type="text" value="14.80"/>	mt.
Longitud adoptada del dren principal		<input type="text" value="14.80"/>	mt.
Longitud aproximada de laterales		<input type="text" value="9.65"/>	mt.
Longitud adoptada de laterales		<input type="text" value="3.40"/>	mt.
Separación entre laterales recomendada		<input type="text" value="0.21"/>	mt.
Separación entre laterales adoptada	max, 2,50 m.	<input type="text" value="0.71"/>	mt.
Separación entre lateral y pared de caja del filtro		<input type="text" value="0.36"/>	
Diámetro aproximado de laterales		<input type="text" value="3"/>	pulg.
Velocidad mínima recomendada en los drenes laterales		<input type="text" value="0.65"/>	mt / seg.
Número aproximado de laterales		<input type="text" value="19.08"/>	
Número adoptado de laterales		<input type="text" value="19"/>	
Separación real entre laterales		<input type="text" value="0.71"/>	mt.
Separación real entre lateral y pared de caja del filtro		<input type="text" value="0.36"/>	mt.
Caudal que recibe cada lateral		<input type="text" value="0.23"/>	lt / seg.
Velocidad real en cada lateral		<input type="text" value="0.05"/>	mt / seg.
Separación entre orificios del lateral		<input type="text" value="0.10"/>	mt.
Diámetro de los orificios de los laterales		<input type="text" value="0.019"/>	mt.
Número aproximado de orificios en cada lateral por fila		<input type="text" value="15.77"/>	unds.
Número real de orificios en cada lateral por fila		<input type="text" value="11"/>	unds.
Separación real entre orificios		<input type="text" value="0.15"/>	mt.
Separación entre orificio y tapón de lateral		<input type="text" value="-0.02"/>	mt.
Separación entre orificio y principal		<input type="text" value="0.08"/>	mt.
Caudal por orificio		<input type="text" value="0.0212"/>	lt / seg.
Velocidad en el orificio		<input type="text" value="0.0011"/>	mt / seg.
Pérdida de carga en el principal		<input type="text" value="0.0006"/>	mt.
Pérdida de carga en los laterales		<input type="text" value="0.000005"/>	mt.
Pérdida de carga en los orificios		<input type="text" value="0.000000"/>	mt.
Pérdida de carga en la entrada de los laterales		<input type="text" value="1.0600"/>	mt.
Pérdida de carga en el drenaje		<input type="text" value="1.0606"/>	mt.

Porosidad de la grava

CRITERIOS DE DISEÑO

* El nivel del vertedero de salida puede estar al nivel de la arena, o a 0,30 m. sobre el nivel de arena
* El borde libre varia de 0,20 a 0,40 m.
* La altura total del filtro varia de 2,50 - 4,00 m.
* Hacer asperas las paredes que estén en contacto con la arena, grava para evitar cortocircuitos y efectos laterales

- Arcilla: < 0,002 mm
- Limo: 0,002 mm – 0,06 mm
 - Fino: 0,002 mm – 0,006 mm
 - Medio: 0,006 mm – 0,02 mm
 - Grueso: 0,02 mm – 0,06 mm
- Arena: 0,06 mm – 2 mm
 - Fina: 0,06 mm – 0,2 mm
 - Media: 0,2 mm – 0,6 mm
 - Gruesa: 0,6 mm – 2 mm
- Grava: 2 mm – 60 mm
 - Fina: 2 mm – 6 mm
 - Media: 6 mm – 20 mm
 - Gruesa: 20 mm – 60 mm
- Cantos y bolos: > 6 cm

3.6.2.2. Propuesta de la implementación del método RAOS a nivel familiar.

En esta investigación la implantación del método RAOS será para cada vivienda con radiación solar, considerando la dotación mensual 3m3/mes dato obtenido de la estructura tarifaria EMSAPA CALCA S.A.

DOTACIÓN DE AGUA	
1	3 m3/mes
DOTACIÓN DE AGUA = $100.00 \frac{l}{hab}/dia$	

FIGURA 176: Calculo de dotación.

FUENTE: Elaboración propia.

Teniendo la dotación de 100lpd podemos obtener la dotación por vivienda..

CONSUMO DE AGUA POR VIVIENDA/ DÍA		
VIVIENDA	HABITANTES	DOTACION L/DIA
1	5	500.00

FIGURA 177: Consumo diario por vivienda.

FUENTE: Elaboración propia.

Conociendo el consumo diario de agua por vivienda, hallamos las dosis de alambre y jugo de limón necesarios para la remoción del arsénico en cada vivienda.

DOSIS DE ALAMBRE POR VIVIENDA	
1 L	7 gr
500 L	3500 gr

DOSIS DE JUGO DE LIMON POR VIVIENDA	
1 L	1.4 ml
500 L	700 ml

FIGURA 178: Dosis de alambre y jugo de limón por vivienda.

FUENTE: Elaboración propia.

Se implementará un tanque plástico circular de agua con una capacidad de 500 l y un filtro casero que contendrá arena fina limpia, grava y algodón.

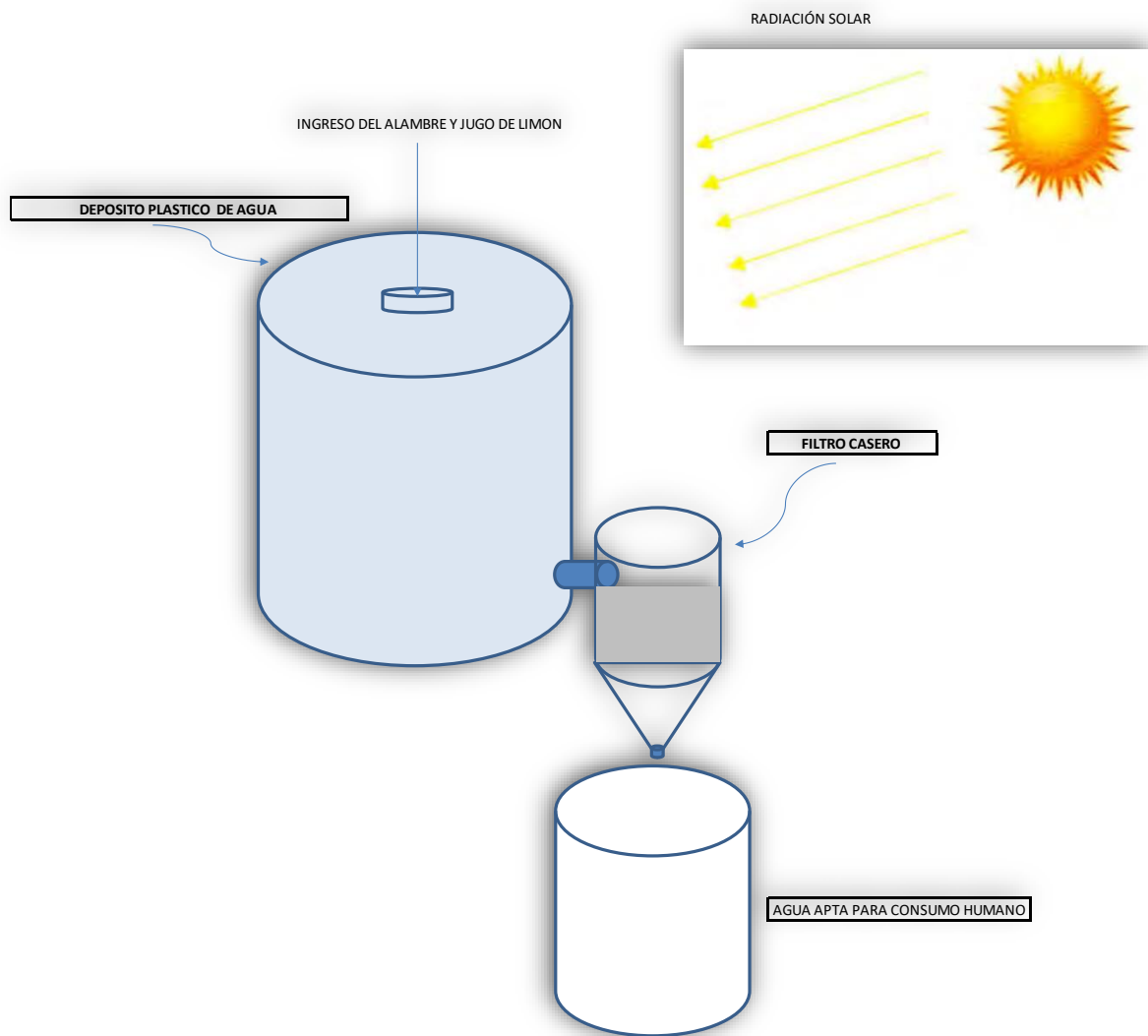


FIGURA 179: Esquema de la implementación del método RAOS
FUENTE: Elaboración propia.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Validación inicial de la muestra

Mediante el análisis por el método ZEEMAN para arsénico en agua por Horno de grafito de la muestra elegida se constató que el contenido inicial de arsénico excede el límite máximo permisible.

TABLA 47 Validación de contenido inicial de arsénico

MÉTODO ZEEMAN PARA AS EN AGUAS- HORNO DE GRAFITO			
CONTENIDO INICIAL DE ARSENICO		µg/L	mg/L
1		50.2	0.0502
2		54.68	0.05468
3		47.66	0.04766

LABORATORIO UNSSAC	PROMEDIO		LPM PARA CONSUMO HUMANO
CONTENIDO INICIAL DE ARSENICO	0.050847 mgr/L	>	0.01 mgr/L

FUENTE: elaboración propia.

4.2. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados tanto del proceso de coagulación – floculación como el de remoción de arsénico por oxidación solar (RAOS) se utilizó el método ZEEMAN para arsénico en aguas con horno de grafito en el laboratorio de Cromatografía y Espectrometría en el área de Absorción Atómica de Universidad San Antonio abad del Cusco, obteniendo así los resultados que siguen.

4.2.1. Coagulación- Floculación

En las figuras siguientes obtenidas del software Microsoft Excel se muestra el contenido de arsénico arrojado por el equipo después de leer cada muestra por triplicado ya que el equipo especifica tal consideración para una mejor obtención de resultados.

Se muestra así, la dosis de coagulante, el número de lecturas, el promedio de estas, contenido inicial de arsénico y el porcentaje de remoción por cada dosis de coagulante.

A) Muestra si alterar

TABLA 48 Resumen de lecturas en muestra sin alterar

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO $\mu\text{g/L}$		
		1	2	3
50 mgr DE CLORURO FERRICO	SA1	0.05	0.24	0.42
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA2	8.44	6.66	8.58
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	SA3	2.04	2.07	1.59
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA4	1.25	1.82	1.75
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA5	0.63	1.43	0.75

FUENTE: Elaboración propia.

Para la conversión de datos se utilizó la descripción en la imagen dado que el equipo arroja resultados en microlitros $\mu\text{g/L}$ y se desarrolló la investigación en mg/L (ppm).

TABLA 49 Formula de conversión microgramos por litro a miligramos por litro.

CONVERSIÓN		
1.00 $\mu\text{gr/L}$	es	0.001 mgr/L

FUENTE: Elaboración propia

TABLA 50 Porcentaje de remoción muestra sin alterar.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO mg/L			PROM. (mg/L)	CONT. INICIAL AS (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %
		1	2	3			
50 mgr DE CLORURO FERRICO	SA1	0.0001	0.0002	0.0004	0.0002	0.0508	99.53
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA2	0.0084	0.0067	0.0086	0.0079	0.0508	84.47
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	SA3	0.0020	0.0021	0.0016	0.0019	0.0508	96.26
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA4	0.0013	0.0018	0.0018	0.0016	0.0508	96.84
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA5	0.0006	0.0014	0.0008	0.0009	0.0508	98.16

FUENTE: Elaboración propia.

B) Muestra Alterada

TABLA 51 Resumen de lecturas en muestra alterada.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO µg/L		
		1	2	3
50 mgr DE CLORURO FERRICO	A1	0.17	0.87	0.16
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A2	6.2	5.41	5.92
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	A3	0.72	1.04	1.06
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A4	2.96	2.63	2.56
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A5	2.57	3.32	2.17

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 52 Porcentaje de Remoción en muestra alterada.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO mg/L			PROM. (mg/L)	CONT. INICIAL AS (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %
		1	2	3			
50 mgr DE CLORURO FERRICO	A1	0.0002	0.0009	0.0002	0.0004	0.0508	99.21
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A2	0.0062	0.0054	0.0059	0.0058	0.0508	88.51
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	A3	0.0007	0.0010	0.0011	0.0009	0.0508	98.15
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A4	0.0030	0.0026	0.0026	0.0027	0.0508	94.66
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	A5	0.0026	0.0033	0.0022	0.0027	0.0508	94.72

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.2. Remoción de Arsénico por oxidación sola – RAOS

En las figuras siguientes obtenidas del software Microsoft Excel se muestra el contenido de arsénico arrojado por el equipo después de leer cada muestra por triplicado ya que el equipo especifica tal consideración para una mejor obtención de resultados.

Se muestra así, la dosis de coagulante, el número de lecturas, el promedio de estas, contenido inicial de arsénico y el porcentaje de remoción por cada dosis de coagulante

TABLA 53 Resumen de lecturas RAOS.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO $\mu\text{gr/L}$		
		1	2	3
4gr de alambre de hierro + 1.1 ml de jugo de limón	RAOS 1	19.96	17.5	18.42
5gr de alambre de hierro + 1.2 ml de jugo de limón	RAOS 2	23.75	23.21	23.3
6gr de alambre de hierro + 1.3 ml de jugo de limón	RAOS 3	15.36	15.3	16.71
7gr de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón	RAOS 4	9.47	8.21	8.5
8gr de alambre de hierro + 1.5 ml de jugo de limón	RAOS 5	10.75	11.14	13.97

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 54 Formula de conversión microgramos por litro a miligramos por litro

CONVERSIÓN		
1.00 $\mu\text{gr/L}$	es	0.001 mgr/L

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 55 Porcentaje de remoción RAOS.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO mg/L			PROM. mg/L	CONT. INICIAL AS mg/L	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %
		1	2	3			
4gr de alambre de hierro + 1.1 ml de jugo de limón	RAOS 1	0.020	0.018	0.018	0.0186	0.0508	63.36
5gr de alambre de hierro + 1.2 ml de jugo de limón	RAOS 2	0.024	0.023	0.023	0.0234	0.0508	53.93
6gr de alambre de hierro + 1.3 ml de jugo de limón	RAOS 3	0.015	0.015	0.017	0.0158	0.0508	68.94
7gr de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón	RAOS 4	0.009	0.008	0.009	0.0087	0.0508	82.84
8gr de alambre de hierro + 1.5 ml de jugo de limón	RAOS 5	0.011	0.011	0.014	0.0120	0.0508	76.49

FUENTE: Elaboración propia.

4.3. Resumen y análisis de resultados

4.3.1. Coagulación – floculación

A) Muestra sin alterar

En la tabla N° 58 se muestra el resumen de todas las características que se trataron en la investigación como son la turbidez, pH en grado inicial y final, así como la remoción alcanzada para cada dosis de coagulante.

TABLA 56 Resumen de características analizadas.

COAGULANTES	VASOS PRECIPITADOS				
	1	2	3	4	5
Concentración de coagulante Cloruro Ferrico (mg/L)	50.00		30.00	20.00	50.00
Concentración de coagulante Sulfato de Aluminio (mg/L)		50.00	20.00	30.00	50.00
Contenido de Arsenico Final (mg/L)	0.0002	0.0079	0.0019	0.0016	0.0009
Turbiedad inicial (NTU)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Turbiedad final (NTU)	0.47	0.53	0.50	0.51	0.49
pH inicial	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38
pH final	7.36	6.91	7.43	7.39	6.50

FUENTE: Elaboración propia.

En las tablas N° 58 Y 59 se muestra que el grado de remoción de arsénico y turbidez no van de la mano en función a la dosis de coagulante, no obstante, se puede afirmar que las adiciones de estos coagulantes también contribuyen a la remoción de turbidez

El grado de remoción de arsénico estará dado evidentemente en función a la dosis de coagulante.

Si bien la bibliografía denota que se logran mejores remociones bajo procesos de coagulación – floculación a PH menor (entre 3-4) esta investigación demuestra que el PH no influyo en el grado de remoción ni se alteró de forma considerable durante el proceso.

TABLA 57 Turbidez y porcentaje de remoción.

COAGULANTE	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	PORCENTAJE DE REMOCION (%)
50 mgr DE CLORURO FERRICO	0.79	0.47	99.53 %
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	0.79	0.53	84.48 %
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	0.79	0.50	96.26 %
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	0.79	0.51	96.84 %
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	0.79	0.49	98.16 %

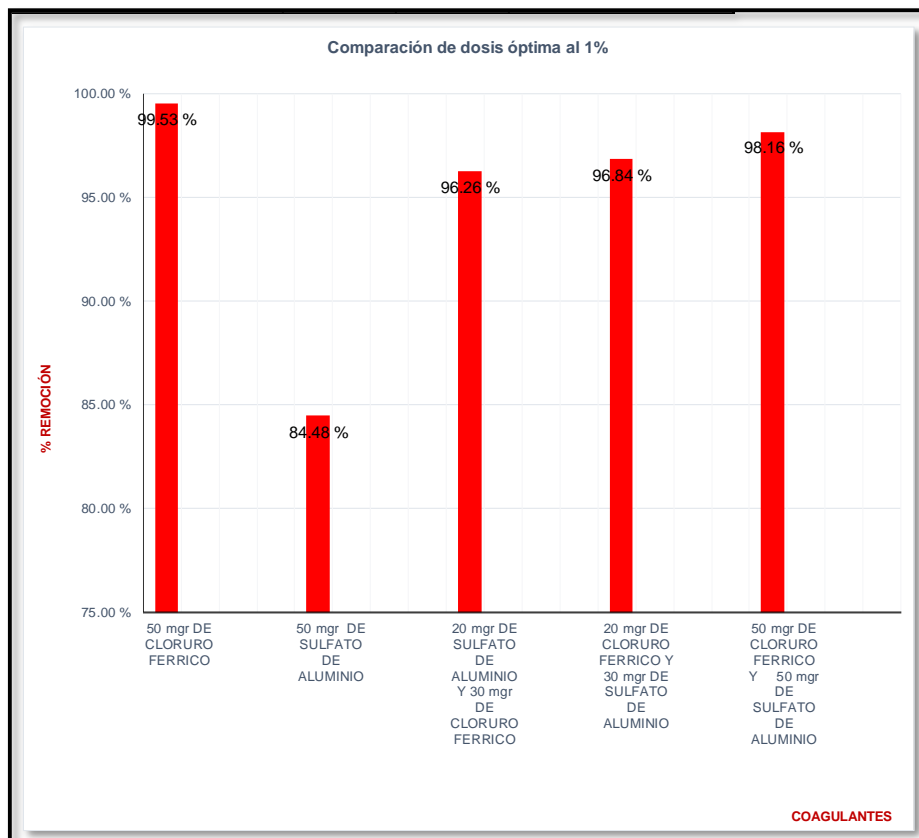
FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 58 pH y porcenje de remoción.

COAGULANTE	pH INICIAL	pH FINAL	PORCENTAJE DE REMOCION (%)
50 mgr DE CLORURO FERRICO	7.38	7.36	99.53 %
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	6.91	84.48 %
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	7.38	7.43	96.26 %
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	7.39	96.84 %
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	6.50	98.16 %

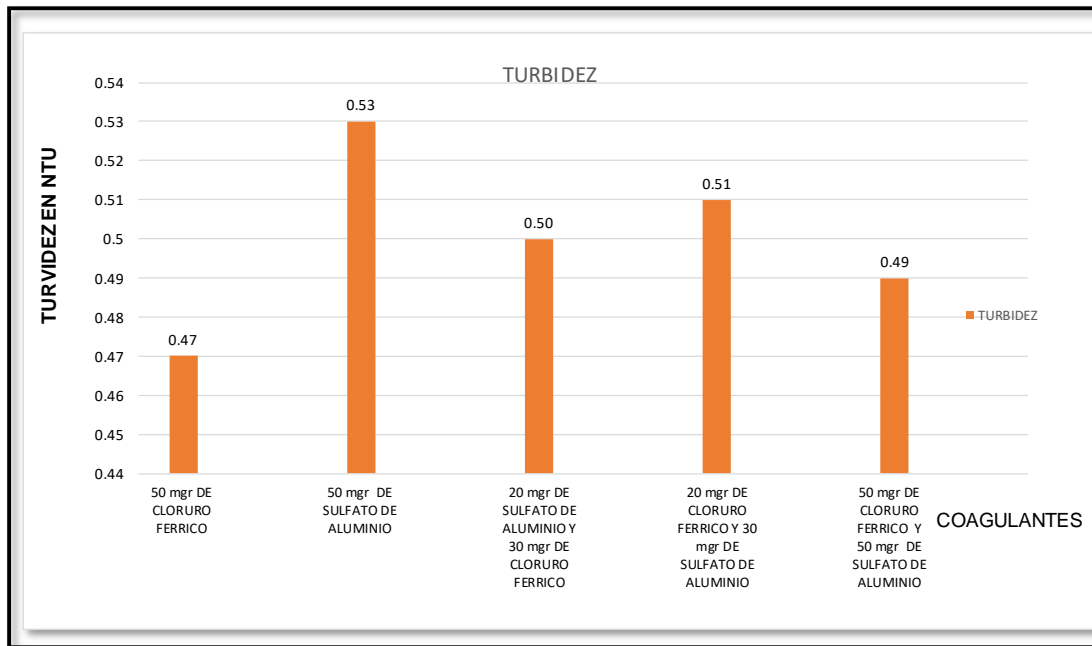
FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 59 Porcentaje de remoción de arsénico en función a la dosis de coagulante.



FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 60 Porcentaje de remoción de turbidez en función a la dosis de coagulante.



FUENTE: Elaboración propia.

B) Muestra alterada

Las siguientes tablas corresponden a la manipulación de turbidez en la muestra mediante la adición de arcilla y el resumen de todas las características que se trataron en la investigación como son la turbidez, pH en grado inicial y final, así como la remoción alcanzada para cada dosis de coagulante.

TABLA 61 Resumen de características analizadas.

COAGULANTES	VASOS PRESIPITADOS				
	1	2	3	4	5
Concentración de coagulante Cloruro Ferrico (mg/L)	50.00		30.00	20.00	50.00
Concentración de coagulante Sulfato de Aluminio (mg/L)		50.00	20.00	30.00	50.00
Contenido de Arsenico Final (mg/L)	0.0004	0.0058	0.0009	0.002717	0.002687
Turbiedad inicial (NTU)	29.2	37.6	32	29.2	29.7
Turbiedad final (NTU)	0.72	1.08	1.29	1.33	2.84
pH inicial	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38
pH final	8.38	7.85	8.45	7.85	8.47

FUENTE: elaboración propia.

Como en el proceso anterior es notable que el grado de remoción de turbidez y arsénico en función a la dosis de coagulante no será el mismo, se muestra también que la combinación de dos coagulantes no favorece la remoción de turbidez, no así para la para la remoción de arsénico, no obstante, es notable que la adición de coagulantes mejora las condiciones de turbidez en agua tabla N°64.

El grado de remoción estará dado evidentemente en función a las dosis de coagulante.

Si bien el PH no sufrió variación considerable es notable que se elevó esto podría corresponder al grado de alcalinidad que presenta la arcilla que se le adicionó para cambiar la turbidez tabla N° 64.

TABLA 62 Turbidez y porcentaje de remoción.

COAGULANTE	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	PORCENTAJE DE REMOCION (%)
50 mgr DE CLORURO FERRICO	29.2	0.72	99.21 %
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	37.6	1.08	88.51 %
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	32	1.29	98.15 %
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	29.2	1.33	94.66 %
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	29.7	2.84	94.72 %

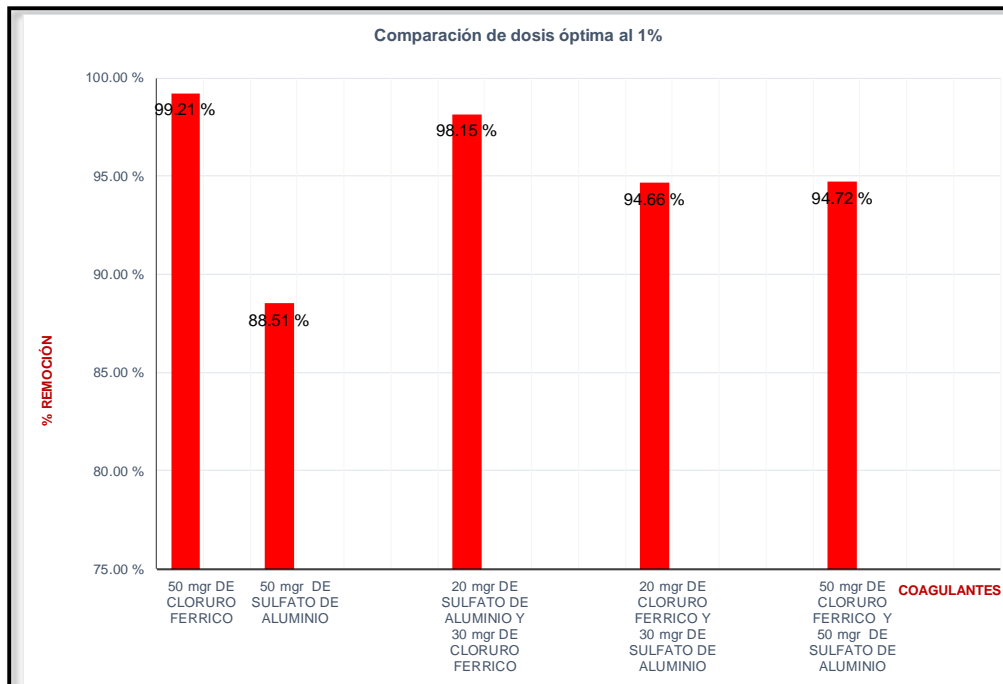
FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 63 pH y porcentaje de remoción.

COAGULANTE	pH INICIAL	pH FINAL	PORCENTAJE DE REMOCION (%)
50 mgr DE CLORURO FERRICO	7.38	8.38	99.21 %
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	7.85	88.51 %
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	7.38	8.45	98.15 %
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	7.85	94.66 %
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	7.38	8.47	94.72 %

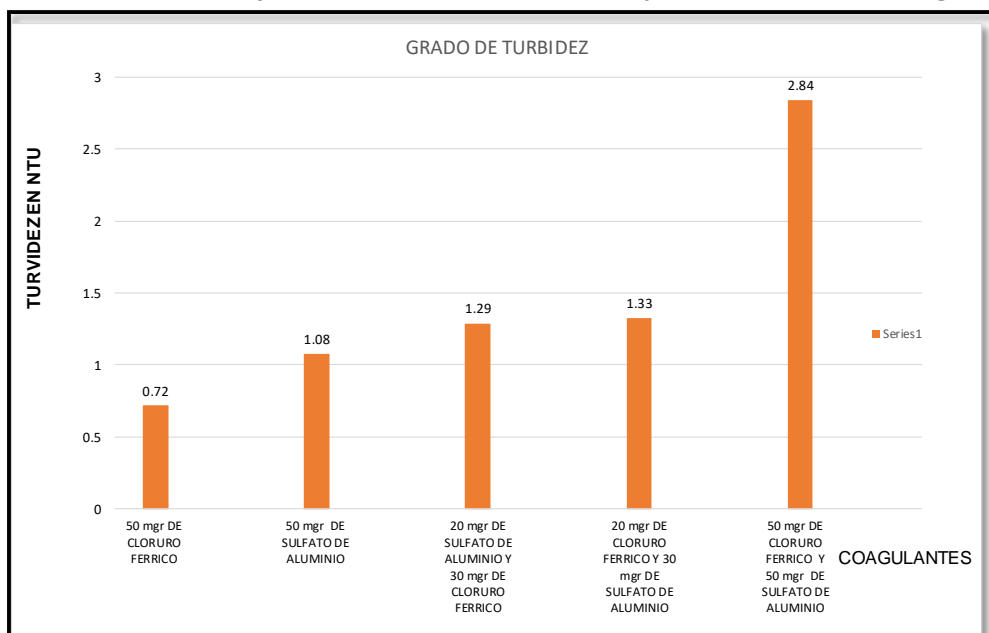
FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 64 Porcentaje de remoción de arsénico en función a dosis de coagulante



FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 65 Porcentaje de remoción de turbidez en función a dosis de coagulante.



FUENTE: Elaboración propia.

4.3.2. Remoción de arsénico por oxidación solar - RAOS

En la tabla 68 se muestra el resumen de todas las características que se trataron en la investigación como son la turbidez, pH en grado inicial y final, así como la remoción alcanzada para las cantidades de alambre de hierro y jugo de limón elegidas para el ensayo.

TABLA 66 Resumen de características analizadas RAOS.

COAGULANTES	VASOS PRECIPITADOS				
	1	2	3	4	5
Alambre de Hierro N° 16 (gr)	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
Jugo de limón (ml)	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
Contenido de Arsenico Final (mg/L)	0.0186	0.0234	0.0158	0.0087	0.0120
Turbiedad inicial (NTU)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Turbiedad final (NTU)	2.97	3.1	3.25	3.51	3.05
pH inicial	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38
pH final	7.26	7.19	7.12	7.05	6.98

FUENTE: Elaboración propia.

En las tablas se muestra que el grado de remoción de arsénico obtenido mediante el método RAOS no fue suficiente para alcanzar los límites máximos permisibles exigidos en la norma en la mayoría de los casos.

La combinación 4 conformado por 7g de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón consigue una remoción de 82.84% siendo este el caso en el que se alcanza lo exigido en la norma.

En cuanto al pH de la muestra cabe resaltar que este bajo debido a la acidez contenida en el jugo de limón, no obstante, no se nota una alteración significativa.

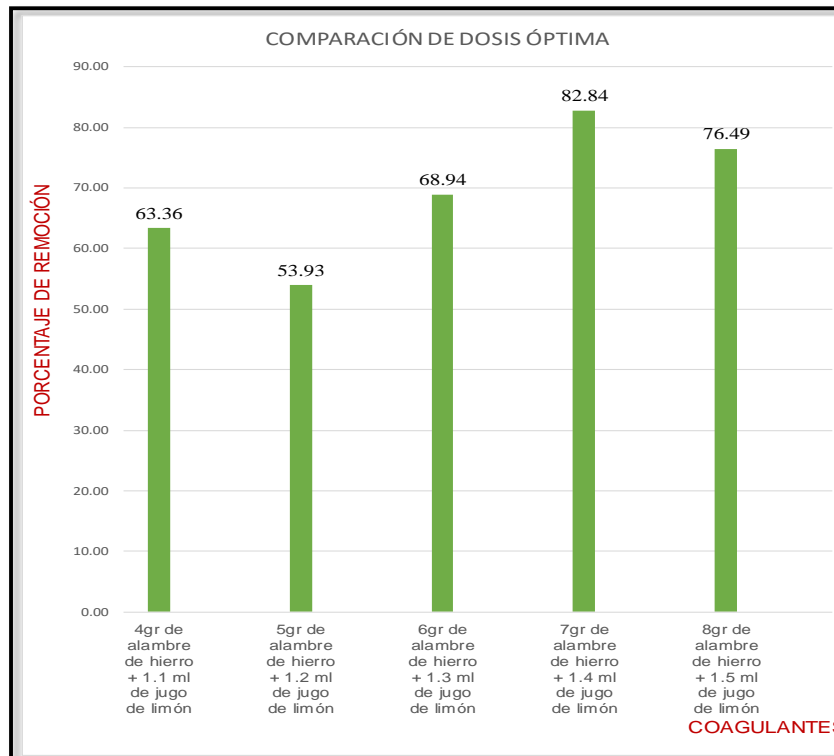
Es importante resaltar que a mayor cantidad de alambre y jugo de limón incorporado a la muestra el grado de turbidez también aumenta.

TABLA 67 Turbidez y porcentaje de remoción.

COAGULANTE	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	PORCENTAJE DE REMOCION (%)
4gr de alambre de hierro + 1.1 ml de jugo de limón	0.79	2.97	63.36
5gr de alambre de hierro + 1.2 ml de jugo de limón	0.79	3.1	53.93
6gr de alambre de hierro + 1.3 ml de jugo de limón	0.79	3.25	68.94
7gr de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón	0.79	3.51	82.84
8gr de alambre de hierro + 1.5 ml de jugo de limón	0.79	3.05	76.49

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 68 Porcentaje de remoción en función a dosis de coagulantes.



FUENTE: Elaboración propia.

4.4. Efectividad por método

Medida que estará determinada en función a la eficacia (porcentaje de remoción) y eficiencia (costo de implementación y tiempo de remoción) de cada método así tenemos.

4.4.1. Eficacia del Método de Coagulación – Flocculación

De las 5 muestras experimentales, la que cumplió con el objetivo de esta investigación y consiguió mayor porcentaje de remoción fue la ensayada con una dosis de 50 mg/ L de cloruro férrico en solución a 0.2 %, dejando la muestra por debajo del LMP 0.01mg/L.

FIGURA 166 Porcentaje de remoción con 50mg/L de cloruro férrico

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	NOMENCLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO mg/L			PROM. (mg/L)	CONT. INICIAL AS (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %
		1	2	3			
50 mgr DE CLORURO FERRICO	SA1	0.0001	0.0002	0.0004	0.0002	0.0508	99.53
50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA2	0.0084	0.0067	0.0086	0.0079	0.0508	84.47
20 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO Y 30 mgr DE CLORURO FERRICO	SA3	0.0020	0.0021	0.0016	0.0019	0.0508	96.26
20 mgr DE CLORURO FERRICO Y 30 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA4	0.0013	0.0018	0.0018	0.0016	0.0508	96.84
50 mgr DE CLORURO FERRICO Y 50 mgr DE SULFATO DE ALUMINIO	SA5	0.0006	0.0014	0.0008	0.0009	0.0508	98.16

FUENTE: Elaboración propia.

4.4.2. Eficacia del Método RAOS

De las 5 muestras experimentales, la que cumplió con el objetivo de esta investigación fue la cuarta con 7gr de alambre + 1.4ml de jugo de limón alcanzando un porcentaje de remoción de 82.84 % llegando por debajo del LMP de 0.01mg/l para una relación de hierro citrato 1,8:1.

TABLA 71 Porcentaje de remoción eficaz del método RAOS.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	NOMENGLATURA	CONTENIDO FINAL DE ARSENICO mg/L			PROM. mg/L	CONT. INICIAL AS mg/L	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %
		1	2	3			
4gr de alambre de hierro + 1.1 ml de jugo de limón	RAOS 1	0.020	0.018	0.018	0.0186	0.0508	63.36
5gr de alambre de hierro + 1.2 ml de jugo de limón	RAOS 2	0.024	0.023	0.023	0.0234	0.0508	53.93
6gr de alambre de hierro + 1.3 ml de jugo de limón	RAOS 3	0.015	0.015	0.017	0.0158	0.0508	68.94
7gr de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón	RAOS 4	0.009	0.008	0.009	0.0087	0.0508	82.84
8gr de alambre de hierro + 1.5 ml de jugo de limón	RAOS 5	0.011	0.011	0.014	0.0120	0.0508	76.49

FUENTE: Elaboración propia.

4.4.3. Eficiencia del Método de Coagulación – Floculación

4.4.3.1. Tiempo de Remoción de Arsénico mediante el método coagulación – floculación.

TABLA 69 Tiempo empleado para método Coagulación – Floculación.

TIEMPO DE MEZCLA RÁPIDA	2	MIN
TIEMPO DE MEZCLA LENTA	15	MIN
TIEMPO SEDIMENTACIÓN	30	MIN
TIEMPO DE FILTRACIÓN	30	MIN
TIEMPO DE ANALISIS DE LABORATORIO	1	HRS
TIEMPO TOTAL	2h 17"	

FUENTE: Elaboración propia.

Para esta investigación el tiempo empleado para el método coagulación – floculación fue de 2horas con 17 minutos.

4.4.3.2. Costo de remoción de arsénico por el método coagulación floculación.

Reactivos químicos.

TABLA 70 Costo de reactivos utilizados método coagulación - floculación.

REACTIVOS QUIMICOS	COSTO
SULFATO DE ALUMINIO	S/85.00
CLORURO FERRICO	S/128.00

FUENTE: Elaboración propia.

Materiales

TABLA 71 Costo de materiales utilizados método coagulación - floculación

MATERIALES	COSTO
PAPEL FILTRO	S/10.00
MASCARILLAS	S/4.00
GUANTES	S/2.00
GORRAS	S/4.00
TOTAL	S/20.00

FUENTE: Elaboración propia.

Costo del Análisis de arsénico para método coagulación – floculación

TABLA 72 Costo de análisis de método coagulación floculación.

COSTO POR MUESTRA	
COSTO DE ANALISIS DE CONTENIDO DE ARSENICO	80
5 MUESTRAS	400

FUENTE: elaboración propia.

Costo total de la remoción de arsénico mediante el método coagulación – floculación.

TABLA 73 Costo total método coagulación – floculación.

SULFATO DE ALUMINIO	S/85.00
CLORURO FERRICO	S/128.00
PAPEL FILTRO LENTO	S/10.00
MASCARILLAS	S/4.00
GUANTES	S/2.00
GORRAS	S/4.00
ANALISIS DE LABORATORIO	S/8.00
ANALISIS DE MUESTRAS	S/400.00
TOTAL	S/556.00

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total empleado para el desarrollo del método coagulación floculación fue de s/. 556.00 soles.

4.4.4. Eficiencia del Método RAOS**4.4.4.1. Tiempo de Remoción de Arsénico mediante el método RAOS.**

TABLA 77 Tiempo empleado para método RAOS.

TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	6	HRS
TIEMPO DE SEDIMENTACION	24	HRS
TIEMPO DE FILTRACIÓN	30	MIN
TIEMPO DE ANALISIS DE CONTENIDO DE ARSEENICO	1	HRS
	TIEMPO TOTAL	31h 30'

FUENTE: Elaboración propia.

Para esta investigación el tiempo empleado para el método RAOS fue de 31horas con 30minutos.

4.4.4.2. Costo de Remoción de Arsénico mediante el método RAOS.

No se consideró el costo de las botellas de plástico PET, ya que son recicladas.

Costo del Alambre n° 16.

TABLA 78 Gramos de Alambre utilizado en el método RAOS.

MUESTRA	ALAMBRE DE HIERRO N° 16
1	4 gr
2	5 gr
3	6 gr
4	7 gr
5	8 gr
	30 gr

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 79 Costo del alambre eficiente en el método RAOS.

ALAMBRE DE HIERRO N° 16	COSTO
1000 gr	S/ 6.10
30 gr	S/ 0.2

FUENTE: Elaboración propia

Costo de Jugo de limón

TABLA 80 Mililitros de jugo de limon utilizado en el método RAOS.

MUESTRA	JUGO DE LIMÓN ML
1	1.1 ml
2	1.2 ml
3	1.3 ml
4	1.4 ml
5	1.5 ml
	6.5 ml

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 81 Costo del jugo de limón eficiente en el método RAOS.

JUGO DE LIMÓN	COSTO
1000 ml	S/ 8.00
6.5 ml	S/ 0.1

FUENTE: Elaboración propia.

Costo del Análisis de arsénico método RAOS.

TABLA 82 Costo de analisis del método RAOS.

COSTO POR MUESTRA	
COSTO DE ANALISIS DE CONTENIDO DE ARSENICO	80
5 MUESTRAS	400

FUENTE: Elaboración propia.

Costo total de la remoción de arsénico mediante el método RAOS.

TABLA 83 Costo de análisis Total del método RAOS.

ALAMBRE NEGRO N°16	S/ 0.20
JUGO DE LIMÓN ML	S/ 0.10
COSTO DE ANALISIS DE ARSÉNICO	S/ 400.00
COSTO TOTAL	S/ 400.30

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total empleado para el desarrollo del método RAOS fue de s/. 400.30 soles.

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

A) Contraste de resultados con referencia al marco teórico

En la realización de esta investigación, se consultó diferentes datos bibliográficos y antecedentes referidos al tema, en todos ellos se logra buenos resultados en remoción de arsénico mediante la adición de coagulantes seguido de un proceso de floculación y del mismo modo mediante el método RAOS.

En la investigación de Franco & Carro (2014), titulado “Proceso de Remoción de Arsénico en agua mediante procesos de Coagulación y Floculación”. Donde señala que para concentraciones iniciales de arsénico similares se obtiene mayor porcentaje de remoción utilizando cloruro férrico como coagulante que al usar sulfato de aluminio.

En la presente investigación se encontró similares resultados utilizando la prueba de jarras, donde se adiciono al primer vaso precipitado 50mg/L de Cloruro Férrico y al segundo vaso precipitado se le adiciono 50 mg/l de sulfato de aluminio con una concentración inicial de 0.05085 mg/L de arsénico para ambos vasos precipitados, donde se obtuvo remociones de 99.53% y 84.47% respectivamente.

En la investigación de Rimachi (2009), titulado: “Estudio Físico Químico de las Técnicas de Remoción de Arsénico en Agua de Consumo Humano”, donde obtiene un porcentaje de remoción de 99.4%.

En cuanto al resultado obtenido se puede referir que el porcentaje de remoción alcanzado es de 82.84%; ya que se debe tomar en cuenta que el porcentaje de remoción depende de la dosis de alambre y jugo de limón como también la concentración inicial de arsénico, radiación solar y las características del agua, para poder adaptarse a cada realidad geográfica.

En la investigación de Franco & Carro (2014), titulado: “Proceso de Remoción de Arsénico en agua mediante procesos de Coagulación y Floculación”. Donde concluyen que se lograron remociones del 80 y 95% con 50mg/L de Sulfato de Aluminio y 50 mg/L de Cloruro Férrico para concentraciones iniciales de 0.5 mg/L de arsénico.

La presente investigación utilizó como coagulantes Sulfato de Aluminio y Cloruro Férrico con dosis que variaran desde 20 mg/L a 50mg/L rango donde la remoción de arsénico es efectiva. Cabe señalar que las remociones alcanzadas fueron similares al antecedente.

Se tomó como base lo expresado en el marco teórico donde se obtuvo como resultado que: “Empleando 6 gr de alambre negro N° 16 y 1.3 ml de jugo de limón en concentración inicial de 0.05 mg/L de arsénico, obtuvo una remoción de 98.5% expuesto durante 6 horas”.

Dentro de la investigación se varió la dosis de 4 a 8 gr de alambre negro N° 16 y de 1.1 a 1.5 ml de jugo de limón, donde se pudo obtener la dosis óptima por este método adaptándose a la zona de estudio.

B) Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

Ambos métodos se resumen en la obtención de la dosis optima de coagulantes para generar remociones que alcancen lo exigido en la norma.

Así tenemos:

B.1 Dosis óptima para el método coagulación- floculación

Se determinó que mediante la adición de 50mg/L de cloruro férrico como coagulante se obtiene una remoción final de 99.53 % teniendo como contenido final de arsénico 0.000237 mg/L, cumpliendo así con los parámetros exigidos en la norma de 0.01mg/L.

TABLA 74 Dosis óptima coagulación – floculación.

COAGULANTE	CANTIDAD (mg/L)	ARSÉNICO INICIAL (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %	ARSÉNICO FINAL (mg/L)
CLORURO FÉRRICO	50	0.0508	99.53	0.000237

FUENTE: Elaboración propia.

B.2 Dosis óptima para el método RAOS

Los resultados obtenidos mediante este método no fueron los esperados dado que por lo expuesto en el marco teórico en algunos casos consigue mejores remociones en comparación el otro método elegido.

TABLA 75 Dosis óptima RAOS

COAGULANTE	ARSÉNICO INICIAL (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN %	ARSÉNICO FINAL (mg/L)
7gr de alambre de hierro + 1.4 ml de jugo de limón	0.0508	82.84	0.0087

FUENTE: Elaboración propia

C. ¿La turbidez del agua influye en la remoción del arsénico?

De acuerdo a los resultados mostrados en el capítulo IV, donde se observa que la turbidez del agua no influye considerablemente, llegando a remover la muestra sin alterar hasta 99.53% y la muestra alterada hasta 99.21%.

El contenido final de arsénico obtenido por cada método está por debajo del LMP para arsénico en agua de consumo humano (0.01 mg/L)

El contenido final de arsénico obtenido por el método coagulación y floculación es de 0.000237 mg/L estando por debajo del LMP.

El contenido final de arsénico obtenido por el método RAOS es de 0.0087 mg/L estando por debajo del LMP.


D. Comentario de la hipótesis o supuesto


El método de Coagulación – Floculación es más efectivo frente al método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la Ciudad de Calca.

Efectivamente en la presente investigación se demostró lo solicitado en la hipótesis puesto que se consigue mejores resultados en remoción de arsénico por el Método de Coagulación - Floculación en comparación al Método Oxidación Solar (RAOS), se ha conseguido remociones de hasta 99% con el primer método frente al 84.82% por el segundo método.


Los coagulantes utilizados en esta investigación son los más usados en procesos de coagulación y floculación para la remoción de arsénico en agua según la literatura.


E. Aporte de la investigación

 Se ha obtenido dosis optimas por los dos métodos que servirá para futuras investigaciones, ya que estas dosis pueden variar según la zona geográfica de estudio.

 Esta investigación aporta en el diseño de una planta de tratamiento en la que se incluye un floculador hidráulico enfocado en la utilización de los resultados obtenidos. para con ello contribuir a la mejora de calidad de vida de un grupo de personas que la actualidad viene consumiendo agua con cantidades de arsénico que exceden la norma de calidad de agua.

F. Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación.

 Optimización del proceso de coagulación- floculación para la remoción de arsénico en una planta de tratamiento de agua potable para consumo humano.

 Obtención de dosis optima de coagulante en una planta de tratamiento para la remoción de arsénico de agua potable para consumo humano.



GLOSARIO

A

Abastecimiento de agua: Sistema de ingeniería conectado que permite llevar agua hasta las viviendas.

Alcalina: Cuando el nivel de PH en el agua es mayor 7.

Acida: Cuando el nivel de pH en el agua es menor 7.

Análisis: Observar minuciosamente y descomponer en partes con el fin de poder ser abordado un estudio.

C

Calidad: características físicas, químicas, biológicas y radiológicas del agua.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Coagulación: Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador.

D

Decantación: Método utilizado para separar mezclas, usada para separar un sólido de uno o dos líquidos, uno más denso que otro por lo tanto ocupa la parte superior de la mezcla.

E

Efectividad: Es el equilibrio entre eficacia y eficiencia, es decir, es efectivo si es eficaz y eficiente.

Eficacia: Lograr un resultado o efecto, aunque no sea correcto.

Eficiencia: Lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable.

F

Filtración: Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

Floculación: Formación de partículas aglutinadas o flóculos. Proceso inmediato a la coagulación.

Flóculos: Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante.

I

Inocuidad: Se refiere a la existencia y control de peligros que están asociados a los productos destinados para el consumo humano.

Irradiación solar: Conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol.

L



LMP: Límite Máximo Permisible.

M

Manante de ladera: Se puede definir como manantial de ladera a un afloramiento natural de agua subterránea (CEPIS/OPS , 2004).

Menguar: Hacer que algo sea menor en cantidad, tamaño, intensidad, importancia.

Método: Modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado.

Mezcla: Combinación o unión de dos o más elementos.

Mezcla rápida: Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

O

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

P

Proceso: Conjunto de fases y operaciones a la que se somete un fenómeno o hecho.

R

Riesgo: Probabilidad de que produzca daño al ser humano.

S

Salud: Serie de condiciones físicas en que se encuentra un ser vivo.

Sedimentación: Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad.

T

Tangible: Puede percibir de manera clara y precisa.

Tratamiento de agua: Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

Toxicidad: Capacidad de una sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo.



ACRÓNIMOS

AICD: Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo

ANA: Autoridad Nacional del Agua

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBQ: Demanda Química de Oxígeno

ECA: Estándares de calidad Ambiental

EMSAPA: Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente

EPS: Empresa prestadora de Servicios.

LMP: Límite Máximo Permisible.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

MINSA: Ministerio de Salud.

OEA: Organización de Estados Americanos

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

RAOS: Remoción de Arsénico por Oxidación Solar

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

STS: Solidos Totales en Suspensión

SUNASS: Superintendencia Nacional de servicios de Saneamiento.

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

USEPA: United State Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos)

CONCLUSIONES

Primera, en el objetivo general, comparar el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación – Flocculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, se concluye que:

Se logró realizar la comparación a nivel de eficiencia y eficacia de ambos métodos resultado más efectivo el método Coagulación – Flocculación.

Segunda, en el objetivo específico 1, la eficacia que alcanza el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación – Flocculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, se demostró que ambos métodos son eficaces alcanzando un porcentaje de remoción 82.84 % por el método RAOS y 99.53% por el método de Coagulación – Flocculación. Cabe señalar que el método de Coagulación – Flocculación es más eficaz frente al método RAOS.

Tercera, en el objetivo específico 2, la eficiencia que alcanza el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación – Flocculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, logrando el método RAOS un tiempo de remoción 31 h 30' y un costo de s/.400.30 soles, y el método de Coagulación – Flocculación un tiempo 2h 17' y un costo de s/. 556 soles.

Al estar reflejada esta variable en los parámetros costo y tiempo se concluye que: el método RAOS será más eficiente en cuanto al costo y el método Coagulación – flocculación será más eficiente en cuanto al tiempo a una escala de laboratorio.

Cuarta, en la Hipótesis general, El método de Coagulación – Flocculación será más efectivo frente al método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, se concluye que:

De acuerdo a los resultados que se visualizan en el capítulo IV, el método de coagulación – flocculación es más efectivo en comparación al método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar), puesto que se consiguió mejores porcentajes en remoción de arsénico para agua de consumo humano cumpliendo así con lo impuesto por la normativa vigente, corroborando así la hipótesis.

Quinta, en la Hipótesis específica 1, La eficacia en remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) será menor frente al método de Coagulación – Flocculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, se concluye que:



Se comprobó la eficacia de ambos métodos sin embargo el método Coagulación - Floculación consiguió mayor eficacia por lo que se demostró lo expuesto en la hipótesis específica número 1.

Sexta, en la Hipótesis específica 2, La eficiencia en remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) será menor frente al método de Coagulación – Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca, se concluye que:

Al no ser significativa la comparación entre costo y no así para el tiempo empleados para ambos métodos se demostró lo expuesto en la hipótesis específica número 2 donde se expresa que el método Coagulación – Floculación es más eficiente frente al método RAOS.



RECOMENDACIONES

Primera, antes de iniciar un análisis utilizando el Método de Coagulación – floculación y/o el Método Remoción por Oxidación Solar (RAOS), es esencial conocer el contenido inicial del arsénico.

Segunda, con base en los resultados obtenidos y las características del agua, la cual no es apta para consumo humano, se recomienda hacer un tratamiento PTAP convencional con los procesos necesarios para que esta agua pueda ser apta para consumo humano.

Tercera, se recomienda a la casa de estudios la adquisición de equipos para realizar estudios concernientes a tratamientos de agua a razón de que estos cursos se imparten en esta misma.

Cuarta, se recomienda usar coagulantes en una concentración al 1% como máximo para procesos de coagulación.

Quinta, se recomienda usar los coagulantes en solución y no en sales porque se necesitan proporciones mínimas de estos elementos para procesos de coagulación floculación a escala de laboratorio.

Sexta, para mejores resultados se recomienda realizar mayor número de ensayos.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Bohórquez, A. (2018). *Estudio de la fuente Sacay para consumo de agua potable en las localidades de la real, Cochate y el Monte, distrito de Aplao, provincia de Castilla*. Tesis en Ing. Civil, Arequipa, Perú. Universidad Nacional San Agustín, facultad de Ingeniería Civil.

Carranza, E. (2015). *Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano*. Posgrado en Agronomía Tropical Sostenible. Agrónoma, San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador, facultad de Ciencias Agronómicas.

Chulluncuy, N. (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Tesis en ing. Industrial. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, facultad de ingeniería.

Chwirc, C., Chwirc D., Colvin, C., Gómez, D., y Muller, A. (2004). *Remoción de arsénico del agua potable mediante el proceso microfiltración*. Diario American Water. Asociación de obras cap. 96 (3, 1016-114)

Escarcena, C. (2018). *Remoción del arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en La ciudad de Juliaca por precipitación alcalina*. Tesis en Ing. Química, Juliaca, Perú. Universidad Nacional del Altiplano, facultad de Ingeniería Civil.

Franco, F., y Carro, M. (2014). *Proceso de remoción de Arsénico en agua mediante procesos de coagulación y floculación*. Tesis en Ing. Civil, Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, facultad de Ingeniería.

Hernandez, R., Fernandez, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*, México: McGraW-Hill.

Jorge, C. (2009). *Estudio físico químico de las técnicas de remoción de arsénico en agua de consumo humano*. Tesis en Ing. Civil, Lima, Perú. Universidad Nacional De Ingeniería, facultad de Ingeniería Civil.



Ministerio de salud. (2010). *Reglamento de agua para consumo humano DS031-2010-SA*. Perú: Diario el Peruano.

Paredes, J. (2012). *Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de absorción*. Tesis en Ing. Civil, México DF. Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de Ingeniería.

Peters, C., y Blum, D. (2003). *La Fuente y el transporte de Arsénico en un lecho de roca*, New Hampshire, Estados Unidos. *Geoquímica aplicada* 18: 1773-1787.

Sedapal. (2000). *Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*. Tratamiento de agua coagulación – floculación. Lima, Perú.

Sunass. (2004). *La Calidad del Agua Potable en el Perú*. Lima, Perú.

Acuatecnica S.A.S. (2016). *Tipos de plantas de tratamiento de agua potable*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-agua-potable/>

Aguasistec. (2018). *Planta de tratamiento de agua Potable – PTAP*. Lima, Perú. Productos de tratamiento de Agua y Aguas residuales. <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Barrenechea, A. (2009). *Aspectos físico químicos de la calidad del Agua*. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoI/ma1_tomo1_cap1.pdf

Blacio, D. y Palacios, J. (2011) *filtros biológicos para la potabilización del agua*, posibilidades de uso de FLA (filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región. Universidad de cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf>

Calvo, F. (2015). *Plantas de Tratamiento de Agua Potable PTAP*. Cali, Colombia. Tipos de PTAP. Recuperado de <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com/p/tipos-de-ptap.html>



Felix W, y Escobar C. *Descripción hidráulica de la Bateria de Filtros de Planta No. 01 de la Atarjea*. Recuperado de.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/cristobal_ef/cap02.pdf

La agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades. (2005). *ATSDR por sus siglas en inglés*: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/es/>

Reglamento nacional de edificaciones. (2018). *OS.020.plantas de tratamiento de agua para consumo humano*. Recuperado:

https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.020.pdf

Smedley, L., y kinninbuerg, G. (2002). *El comportamiento y la distribución del arsénico en aguas naturales*. *Geoquímica aplicada*, 17, 507-568: recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292702000185>

Tseng, W. (1977). *Efectos y relaciones dosis-respuesta del cáncer de piel y la enfermedad del pie negro con arsénico*. *Perspectivas de salud ambiental*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Aldo_Ramirez2/publication/267951574_Arsenic_removal_from_water_of_Huautla_Morelos_Mexico_using_Capacitive_deionization/links/556cae2b08aefcb861d7e566.pdf



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA DE ESTUDIO: "COMPARACION ENTRE EL MÉTODO RAOS Y EL METODO DE COAGULACIÓN - FLOCULACION PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD DE CALCA"							
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables dependientes	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	población
Problema general: ¿Cuál es la diferencia del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) en comparación al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la Ciudad de Calca?	Objetivo General: Comparar el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la Ciudad de Calca.	Hipótesis General: El método de Coagulación - Floculación es más efectivo frente al método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca.	<ul style="list-style-type: none"> Efectividad del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar). Efectividad del método Coagulación - Floculación. 	<ul style="list-style-type: none"> Eficacia Eficiencia 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de remoción. Tiempo de remoción Costo 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos de Laboratorio Estimación del tiempo. Costo de implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> Método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) Coagulación-Floculación - Sedimentación
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Sub hipótesis:	Variables independientes	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Muestra
1.- ¿Cuál es la eficacia del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca?	1.- Determinar la eficacia que alcanza el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca.	1.- La eficacia en remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) será menor frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca.	<ul style="list-style-type: none"> Eficacia remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar). Eficacia remoción del método Coagulación - Floculación. 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar). Porcentaje de remoción del método Coagulación - Floculación. 	<ul style="list-style-type: none"> Concentración inicial de As. Concentración final de As. 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos de laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> Método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) Coagulación-Floculación-Sedimentación
2.- ¿Cuál es la eficiencia del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca?	2.- Evaluar la eficiencia que alcanza el método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca.	2.- La eficiencia remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) será menor frente al método de Coagulación - Floculación para la remoción de arsénico en agua de consumo humano en la ciudad de Calca.	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar). Eficiencia remoción del método Coagulación - Floculación. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de remoción del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) tiempo de remoción del método Coagulación - floculación. Costo del método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) Costo del método coagulación - floculación. 	<ul style="list-style-type: none"> Segundos Minutos Horas Días Soles 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas experimentales. Costo total por método. 	<ul style="list-style-type: none"> Método RAOS (Remoción de Arsénico por Oxidación Solar) Coagulación-Floculación - Sedimentación.