

Informe Final

Prueba Piloto Acelerador Iónico - Iquique

Laboratorio Campos de Deportes

A continuación, se presentan los resultados, experiencias y observaciones, transcurridos 69 días efectivos de prueba (viernes 30 de Noviembre), y luego de 15 semanas desde la instalación del equipo desincrustante, realizada el viernes 17 de Agosto del presente año. El informe consta de las siguientes partes:

1. Consideraciones y procedimiento de la prueba	3
1.1. Consideraciones de la prueba	3
1.1.1. Lugar de la prueba para la instalación del equipo	3
1.1.2. Plazo de la prueba	3
1.1.3. Finalidad de la prueba	3
1.1.4. Instalación de hervidores	3
1.2. Calendario de control y protocolo de la prueba	4
1.3. Consideraciones adicionales	5
2. Reportes fotográficos de hervidores y grifería	6
2.1. Instalación del Acelerador Iónico y condición Inicial de presión	6
2.2. Línea sin Acelerador Iónico - Sector Oficinas; Lugar para Café	7
2.3. Línea con Acelerador Iónico - Sector Laboratorio; Comedor	20
3. Limpiezas y purgas del filtro	28
3.1. Limpiezas del filtro	28
3.2. Detalle de limpieza del filtro	30
4. Parámetros controlados	34
4.1. Dureza	34
4.2. Sólidos disueltos totales	34
4.3. Turbiedad	35
4.4. Presión Manométrica	36
4.5. Relación entre variación de parámetros y saturación del filtro	36
4.5.1. Dureza	36
4.5.2. Sólidos disueltos totales	37
4.5.3. Turbiedad	37
4.5.4. Presión manométrica	38
	1

5. Pruebas y procedimientos adicionales	39
5.1. Limpieza de Hervidores (Semana 6)	39
5.1.1. Condición previa al Lavado	39
5.1.2. Condición posterior al lavado	41
5.1.3. Condición al finalizar la etapa de “Re-lavado”	42
5.2. Reporte de Hervidor Antiguo	43
5.2.1. Procedimiento de la prueba	43
5.2.2. Registros fotográficos de la prueba	44
5.2.3. Limpieza del hervidor antiguo	46
5.2.4. Observaciones y comentarios generales	46
5.3. Avance parcial de desincrustación en grifería del sector con tratamiento	47
5.4. Residuos del hervidor del laboratorio	49
5.4.1. Observación cualitativa de residuos depositados en el hervidor	50
5.4.2. Comentarios	52
5.5. Limpieza de grifería	52
5.5.1. Grifería sector comedor del laboratorio (agua tratada)	52
5.5.2. Grifería sector para café de oficinas (agua sin tratar)	54
5.5.3. Comentarios	57
5.6. Test de hervidores	57
5.6.1. Avance de depósitos en hervidores	57
5.6.2. Limpieza de hervidores	61
5.7. Test de Espuma	63
5.7.1. Espuma en vaso con agua	63
5.7.2. Espuma en esponja de lava platos	65
5.8. Test de Sabor	68
5.8.1. Consideraciones de la prueba	68
5.8.2. Resultados	70
5.8.3. Comentarios	71
5.9. Índice de Langelier	72
5.9.1. Consideraciones generales	72
5.9.2. Resultados	73
5.9.3. Comentarios	74
5.10. Conductividad eléctrica	74
6. Comentarios finales	75
7. Anexos	77

1. Consideraciones y procedimiento de la prueba

1.1. Consideraciones de la prueba

1.1.1. Lugar de la prueba para la instalación del equipo

El sistema de prueba fue instalado en la línea de distribución de agua de un Laboratorio de control agua potable, particularmente en la cañería a la salida del sistema de bombeo, en el recinto Campos de Deportes de la sanitaria Aguas del Altiplano, en la ciudad de Iquique. Dicho lugar fue elegido, por Aguas Nuevas, por seguridad y facilidad para la instalación del equipo, el cual se encuentra dentro de las dependencias del laboratorio. Por otra parte, la opción de tratar la Línea de Oficinas fue descartada, ya que el lugar donde sería posible la instalación del equipo quedaba a la intemperie, y estaría pronta a ser intervenida. Es así como la instalación de los hervidores nuevos se realizó en ambas líneas, 2 hervidores en cada una, en los cuales uno tuvo un uso libre y otro un uso controlado según calendario y procedimiento de control (Ver **Tabla 1** y **Tabla 2**), para así verificar la eficiencia del equipo desincrustante, denominado Acelerador Iónico.

1.1.2. Plazo de la prueba

En un principio se fijaron 60 días como mínimo, pero finalmente se alcanzaron 69 días controlados de uso efectivo del agua en cada línea.

1.1.3. Finalidad de la prueba

Definir la efectividad del sistema acelerador iónico mediante análisis cuantitativos, para los cuales se siguió el procedimiento de control mostrado en la **Tabla 2**, en donde se comparan los efectos del agua tratada (sector comedor del laboratorio), y agua sin tratar (sector para café de las oficinas), sobre hervidores y grifería. Para dicho procedimiento se recopilaban fotografías tanto de los hervidores, para comprobar el cambio en los depósitos de sarro, como de la grifería, para comprobar el efecto desincrustante del Acelerador Iónico. Además, se controlaron los parámetros de dureza, sólidos disueltos totales (SDT) y turbiedad del agua potable para ambas líneas, junto con la presión manométrica en la sala de bombas que abastece la línea del laboratorio.

1.1.4. Instalación de hervidores



Imagen 1: Lugares de instalación de los hervidores, tanto en el comedor del laboratorio (izquierda), como en el sector para café de las oficinas (derecha). En ambas imágenes se diferencian los hervidores de uso controlado con marcas rojas.

1.2. Calendario de control y protocolo de la prueba

Tabla 1: Calendario de control de la prueba realizada. El detalle de cada tipo de procedimiento aparece en la Tabla 2.

AGOSTO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sáb.	Dom.
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17 <i>Día 0</i> Proc. 0	18	19
20 <i>Día 1</i> Proc. 1 Proc. 2	21 <i>Día 2</i> Proc. 1 Proc. 2	22 <i>Día 3</i> Proc. 1 Proc. 2	23 <i>Día 4</i> Proc. 1 Proc. 2	24 <i>Día 5</i> Proc. 1 Proc. 2	25	26
27 <i>Día 6</i> Proc. 1 Proc. 2	28 <i>Día 7</i> Proc. 1 Proc. 2	29 <i>Día 8</i> Proc. 1 Proc. 2	30 <i>Día 9</i> Proc. 1 Proc. 2	31 <i>Día 10</i> Proc. 1 Proc. 2		

SEPTIEMBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sáb.	Dom.
					1	2
3 <i>Día 11</i> Proc. 1	4 <i>Día 12</i> Proc. 1	5 <i>Día 13</i> Proc. 1	6 <i>Día 14</i> Proc. 1	7 <i>Día 15</i> Proc. 1 Proc. 3	8	9
10 <i>Día 16</i> Proc. 1	11 <i>Día 17</i> Proc. 1	12 <i>Día 18</i> Proc. 1	13 <i>Día 19</i> Proc. 1	14 <i>Día 20</i> Proc. 1 Proc. 3	15	16
17	18	19	20 <i>Día 21</i> Proc. 1	21 <i>Día 22</i> Proc. 1 Proc. 3	22	23
24 <i>Día 23</i> Proc. 1	25 <i>Día 24</i> Proc. 1	26 <i>Día 25</i> Proc. 1	27 <i>Día 26</i> Proc. 1	28 <i>Día 27</i> Proc. 1 Proc. 3	29	30

OCTUBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sáb.	Dom.
1 <i>Día 28</i> Proc. 1	2 <i>Día 29</i> Proc. 1	3 <i>Día 30</i> Proc. 1	4 <i>Día 31</i> Proc. 1	5 <i>Día 32</i> Proc. 1 Proc. 3	6	7
8 <i>Día 33</i> Proc. 1	9 <i>Día 34</i> Proc. 1	10 <i>Día 35</i> Proc. 1	11 <i>Día 36</i> Proc. 1	12 <i>Día 37</i> Proc. 1 Proc. 3	13	14
15	16 <i>Día 38</i> Proc. 1	17 <i>Día 39</i> Proc. 1	18 <i>Día 40</i> Proc. 1	19 <i>Día 41</i> Proc. 1 Proc. 3	20	21
22 <i>Día 42</i> Proc. 1	23 <i>Día 43</i> Proc. 1	24 <i>Día 44</i> Proc. 1	25 <i>Día 45</i> Proc. 1	26 <i>Día 46</i> Proc. 1 Proc. 3	27	28
29 <i>Día 47</i> Proc. 1	30 <i>Día 48</i> Proc. 1	31 <i>Día 49</i> Proc. 1				

NOVIEMBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sáb.	Dom.
			1	2	3	4
5 <i>Día 50</i> Proc. 1	6 <i>Día 51</i> Proc. 1	7 <i>Día 52</i> Proc. 1	8 <i>Día 53</i> Proc. 1	9 <i>Día 54</i> Proc. 1 Proc. 3	10	11
12 <i>Día 55</i> Proc. 1	13 <i>Día 56</i> Proc. 1	14 <i>Día 57</i> Proc. 1	15 <i>Día 58</i> Proc. 1	16 <i>Día 59</i> Proc. 1 Proc. 3	17	18
19 <i>Día 60</i> Proc. 1	20 <i>Día 61</i> Proc. 1	21 <i>Día 62</i> Proc. 1	22 <i>Día 63</i> Proc. 1	23 <i>Día 64</i> Proc. 1 Proc. 3	24	25
26 <i>Día 65</i> Proc. 1	27 <i>Día 66</i> Proc. 1	28 <i>Día 67</i> Proc. 1	29 <i>Día 68</i> Proc. 1	30 <i>Día 69</i> Proc. 1 Proc. 3		

Tabla 2: Pauta del protocolo de control de la prueba realizada.

<p>Proc. 0 (Procedimiento 0): Día de Instalación</p> <p>*Realizar a ambas líneas de AP, antes de instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Fotografía llave completa (ambas llaves y salida del agua). >Fotografía zoom de llave salida del Agua. >Fotografía interior de la llave. >Toma de muestra para Dureza total y SDT. <p>*Realizar en sala de bombeo laboratorio, luego de instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Registrar presión manométrica. >Fotografía de interior de cañería intervenida. 							
<p>Proc. 1 (Procedimiento 1):</p> <p>*Realizar a ambas líneas, solo para hervidores controlados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar hervidor hasta el máximo, sin vaciar los 500 [ml] contenidos. 2. Hervir. 3. Vaciar hasta los 500 [ml] y dejar reposar hasta siguiente control. 4. Registrar en planilla de control. <p>*Frecuencia de controles:</p> <table border="0"> <tr> <td>>Control 1</td> <td>9:00 hrs.</td> </tr> <tr> <td>>Control 2</td> <td>12:00 hrs.</td> </tr> <tr> <td>>Control 3</td> <td>16:00 hrs.</td> </tr> </table>		>Control 1	9:00 hrs.	>Control 2	12:00 hrs.	>Control 3	16:00 hrs.
>Control 1	9:00 hrs.						
>Control 2	12:00 hrs.						
>Control 3	16:00 hrs.						
<p>Proc. 2 (Procedimiento 2):</p> <p>*Realizar a ambas líneas, solo para hervidores controlados:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Fotografía hervidor. >Fotografía zoom de llave salida del Agua. >Toma de muestra para Dureza total, SDT y Turbiedad. <p>*Horario:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Entre las 16:00 y 17:00 hrs. (con un intervalo máximo de 10 [min] entre fotografías de líneas). 							
<p>Proc. 3 (Procedimiento 3):</p> <p>*Realizar a ambas líneas, solo para hervidores controlados:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Fotografía hervidor. >Fotografía zoom de llave salida del Agua. >Toma de muestra para Dureza total, SDT y Turbiedad. >Registrar Presión Manométrica <p>*Horario:</p> <ul style="list-style-type: none"> >Todos los viernes, entre las 16:00 y 17:00 hrs. (con un intervalo máximo de 10 [min] entre fotografías de líneas). 							

1.3. Consideraciones adicionales

- Se marcaron de color rojo los hervidores controlados, para asegurar la misma frecuencia de uso en ambas líneas.
- Tanto el calendario de control como la pauta del protocolo de la prueba se dejaron a la vista cerca de los hervidores, en ambos sectores, tal y como se alcanza a observar en la **Imagen 1**.
- Ambos hervidores controlados no fueron utilizados para otros fines ajenos al procedimiento.
- Durante la duración de la prueba piloto, se solicitó que ninguno de los 2 hervidores controlados fuera lavado.
- Cabe mencionar que el objetivo de dejar 500 [ml], consiste en fomentar la deposición de sarro en el fondo del hervidor, para así realizar un mejor análisis de los resultados.
- Inicialmente se estimó una dureza inicial de 600 ± 100 [mg/l de CaCO_3], dadas las características medias del sector. Sin embargo, esta es muy variable y depende de la dureza de los sondajes de la fuente de origen (de igual forma, las mediciones dieron los valores reales de dureza).

2. Reportes fotográficos de hervidores y grifería

2.1. Instalación del Acelerador Iónico y condición Inicial de presión



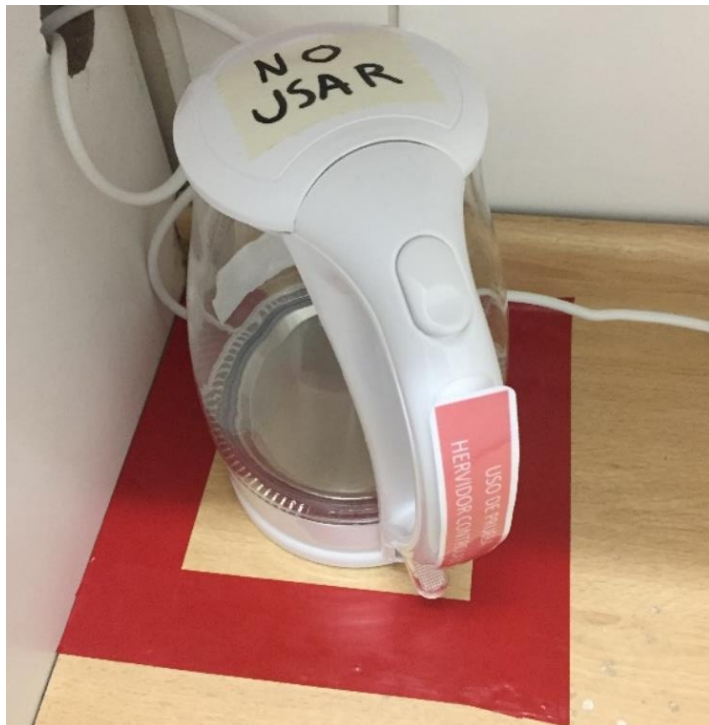
Imagen 1: Instalación del Acelerador iónico el día 07/08/18.

Tabla 3: Condición inicial de presiones manométricas.

P° pre-acelerador [bar]	P° post-acelerador [bar]
4	4,5

2.2. Línea sin Acelerador Iónico - Sector Oficinas; Lugar para Café

Condición Inicial, viernes 17 de Agosto:



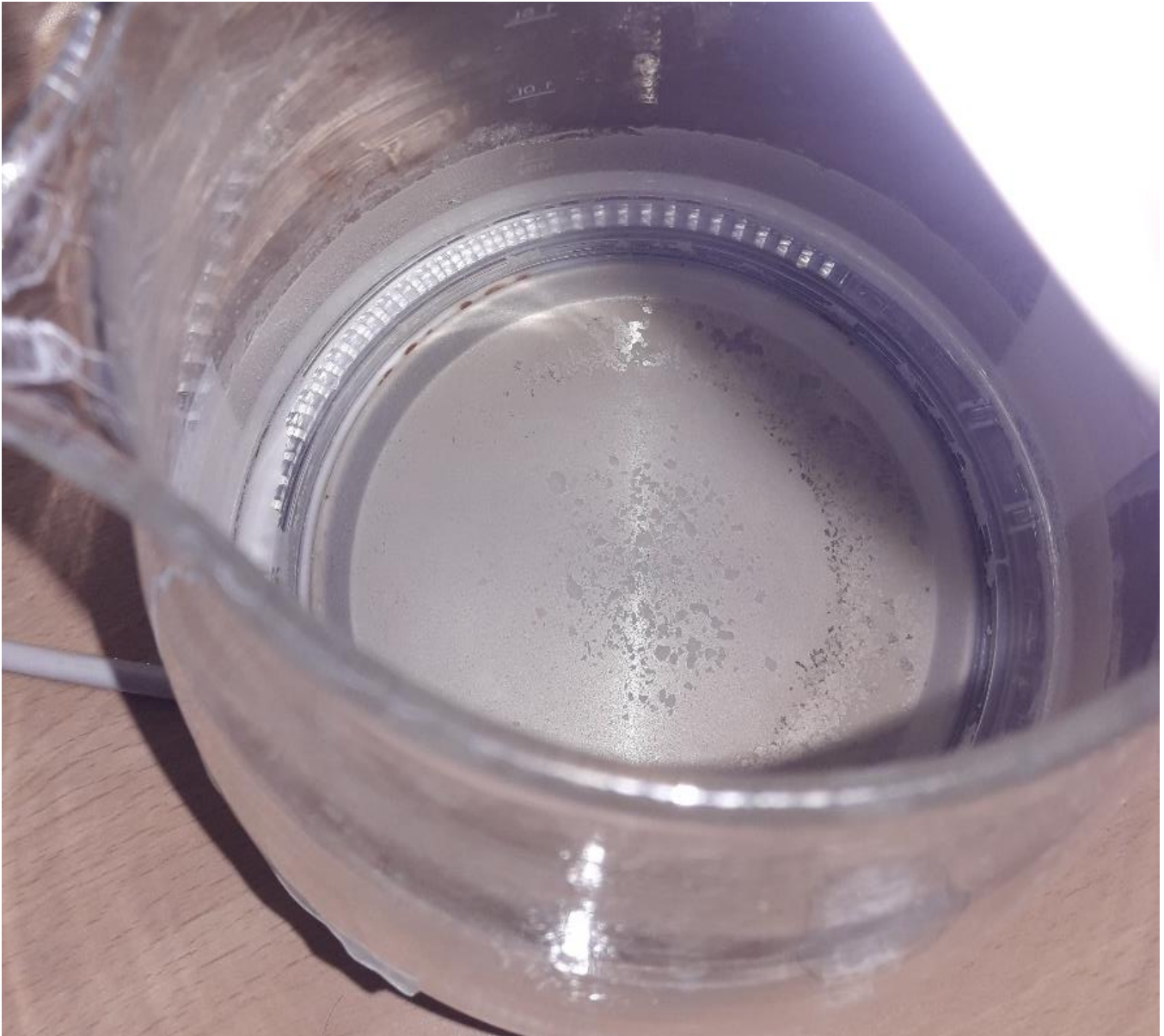
Semana 1, viernes 24 de Agosto:



*Semana 2, viernes 31 de Agosto:
Hervidor controlado*



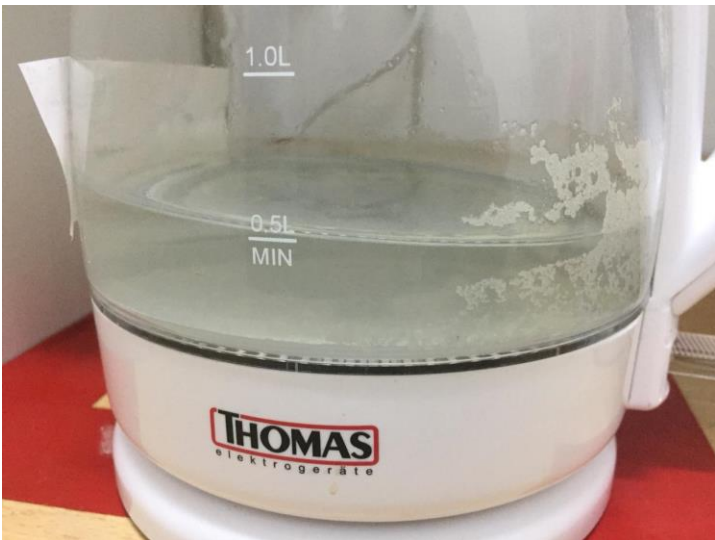
Hervidor no controlado y de uso libre



Semana 3, viernes 7 de Septiembre:



Semana 4, viernes 14 de Septiembre:

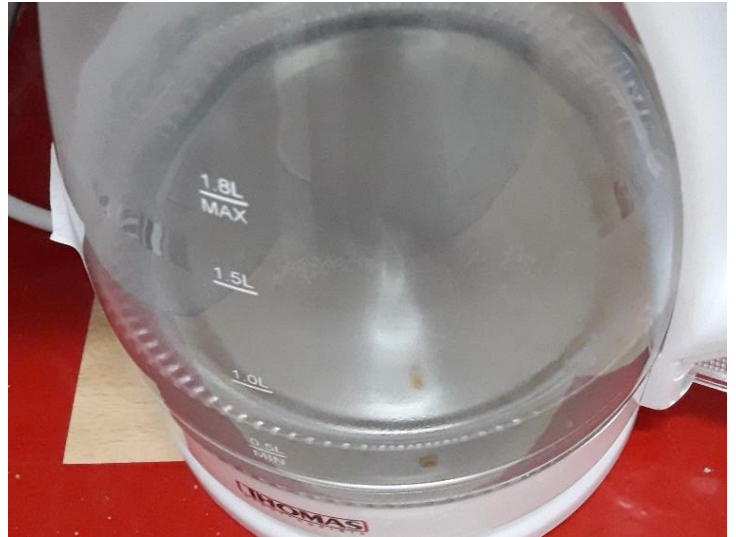


Semana 5, viernes 21 de Septiembre:



Semana 6, viernes 28 de Septiembre:

*(Miércoles 26 de Septiembre se realiza limpieza de hervidores)
(Jueves 27 de Septiembre se inicia la etapa de "Re-lavado de la línea del laboratorio")*



Semana 7, viernes 5 de Octubre:



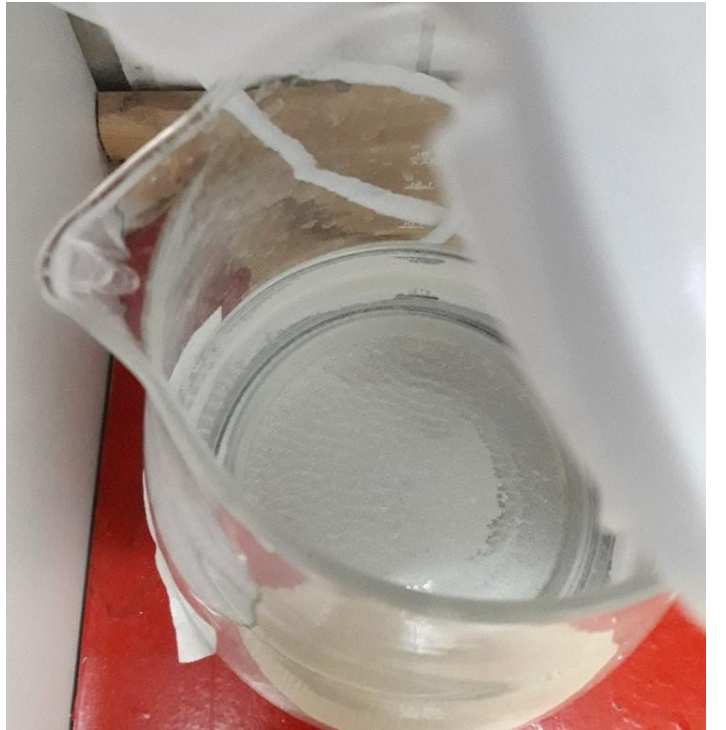
Semana 8, viernes 12 de Octubre:



Semana 9, viernes 19 de Octubre:



Semana 10, viernes 26 de Octubre:
Hervidor controlado



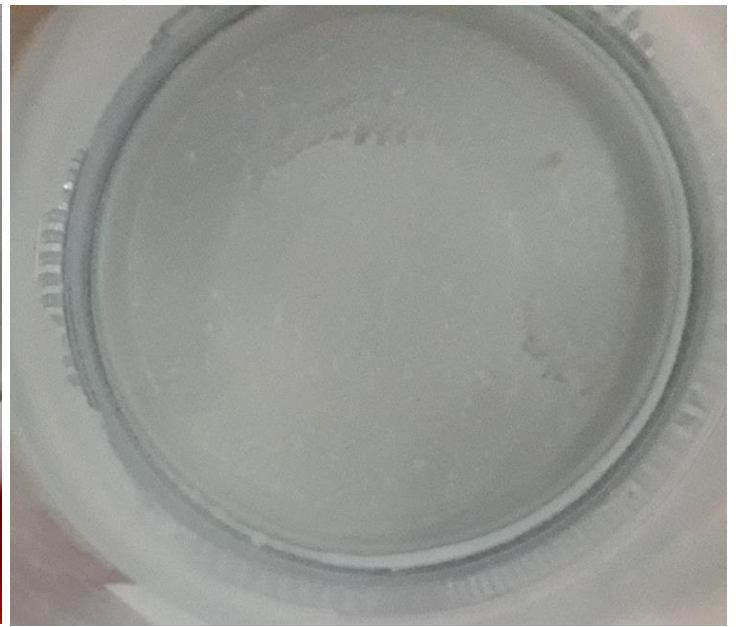
Hervidor no controlado y de uso libre



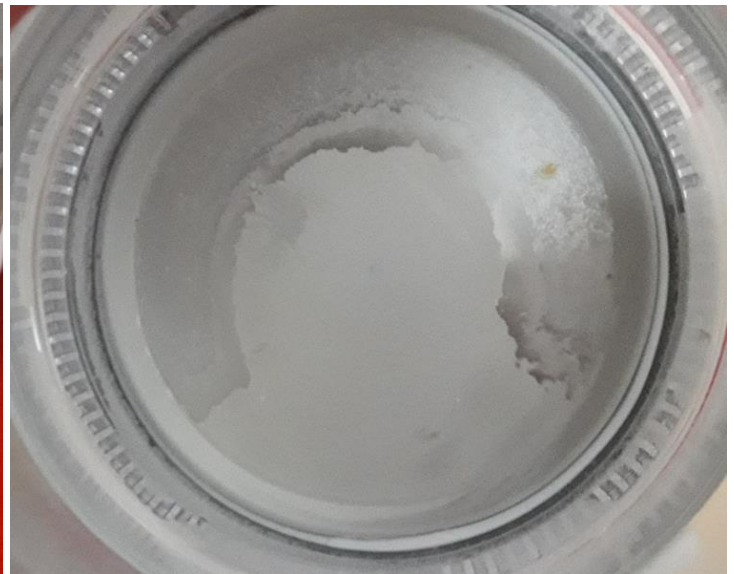
Semana 11, miércoles 31 de Octubre:



Semana 12, viernes 9 de Noviembre:
(Viernes 9 de Noviembre se termina la etapa de "Re-lavado de la línea del laboratorio")



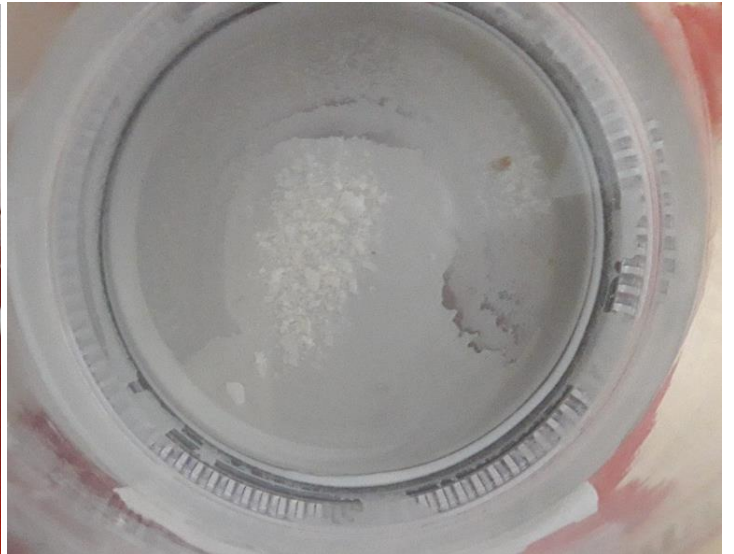
Semana 13, viernes 16 de Noviembre:
Hervidor controlado



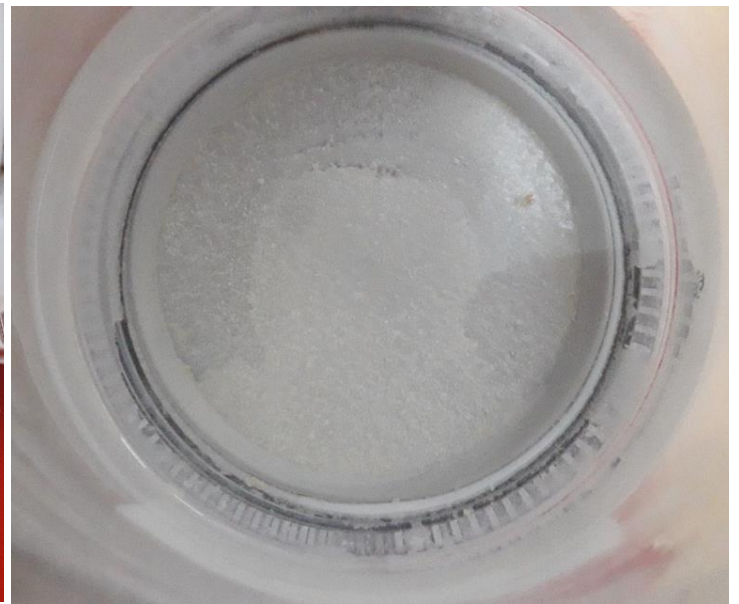
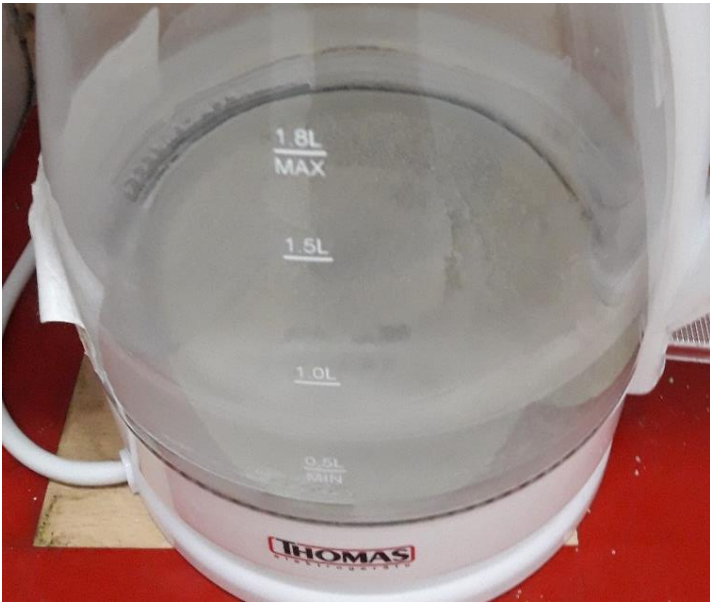
Hervidor no controlado y de uso libre



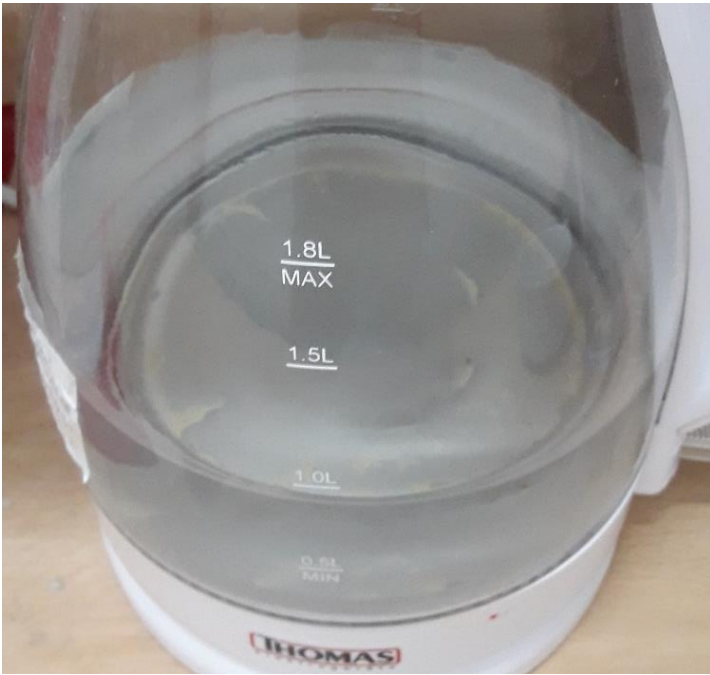
Semana 14, viernes 23 de Noviembre:



Semana 15, viernes 30 de Noviembre:
Hervidor controlado

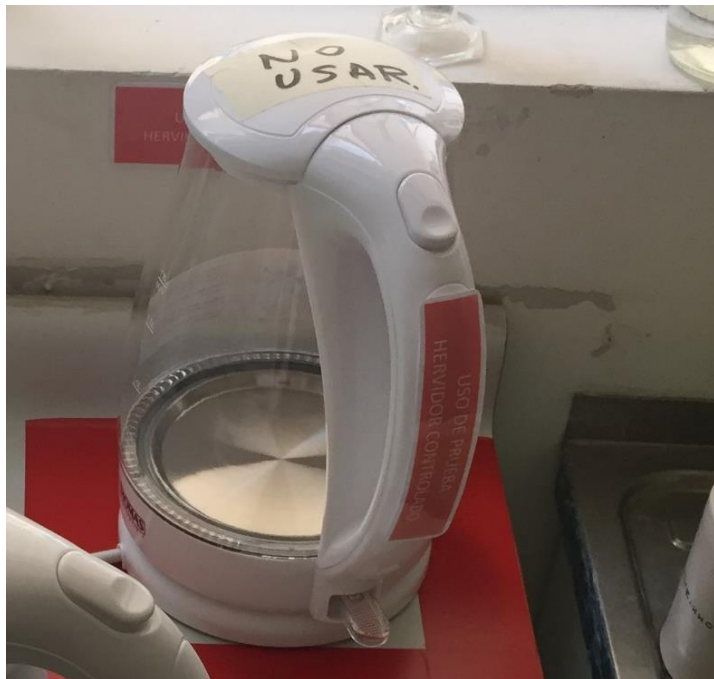


Hervidor no controlado y de uso libre

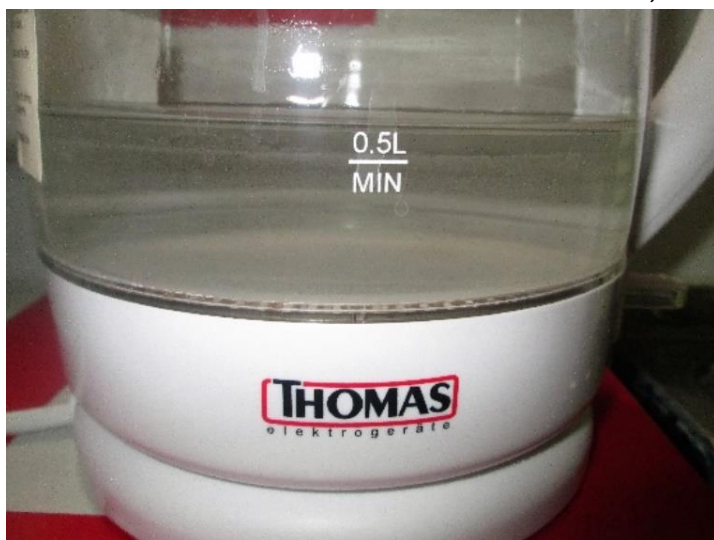


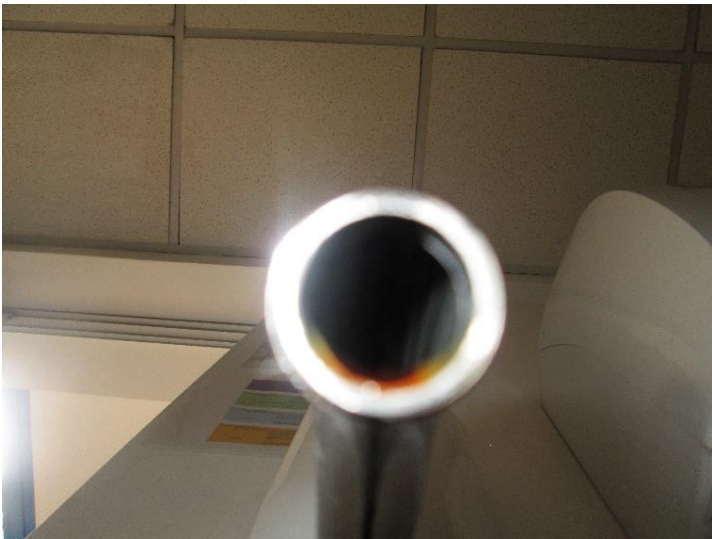
2.3. Línea con Acelerador Iónico - Sector Laboratorio; Comedor

Condición Inicial, viernes 17 de Agosto:

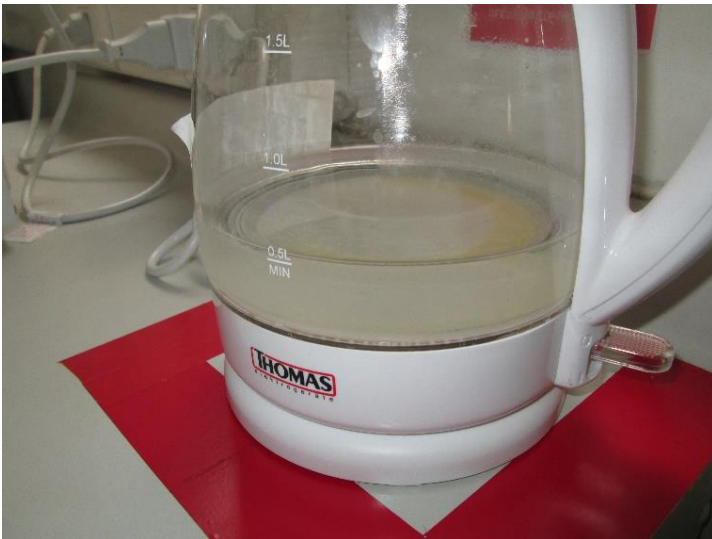


Semana 1, viernes 24 de Agosto:





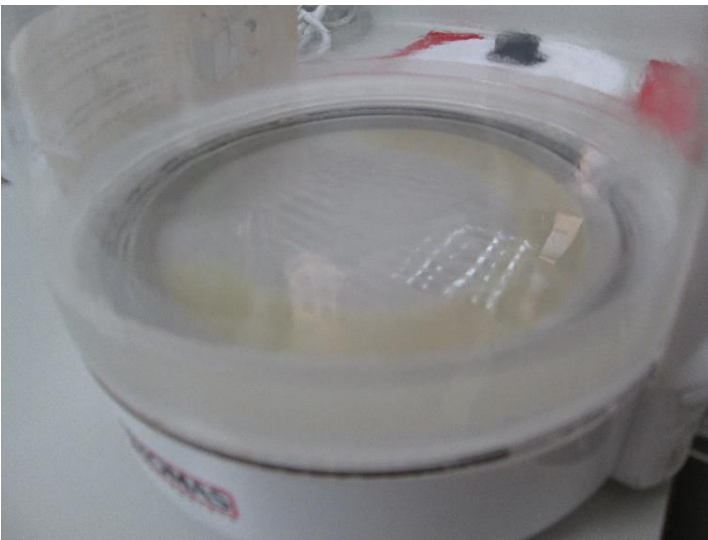
*Semana 2, viernes 31 de Agosto:
Hervidor controlado*



Hervidor no controlado y de Uso Libre



Semana 3, viernes 7 de Septiembre:

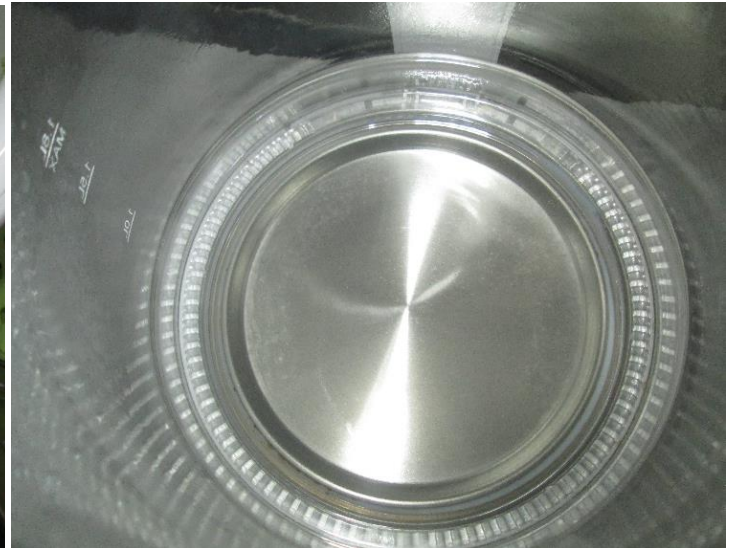




Semana 4, viernes 14 de Septiembre:
Sin Registro Fotográfico.

Semana 5, viernes 21 de Septiembre:
Sin Registro Fotográfico.

Semana 6, viernes 28 de Septiembre:
(Miércoles 26 de Septiembre se realiza limpieza de hervidores)
(Jueves 27 de Septiembre se inicia la etapa de "Re-lavado de la línea del laboratorio")



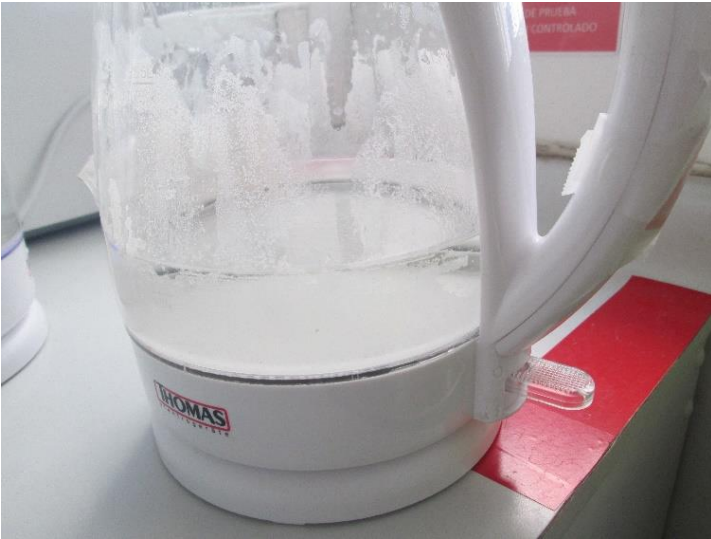
Semana 7, viernes 5 de Octubre:



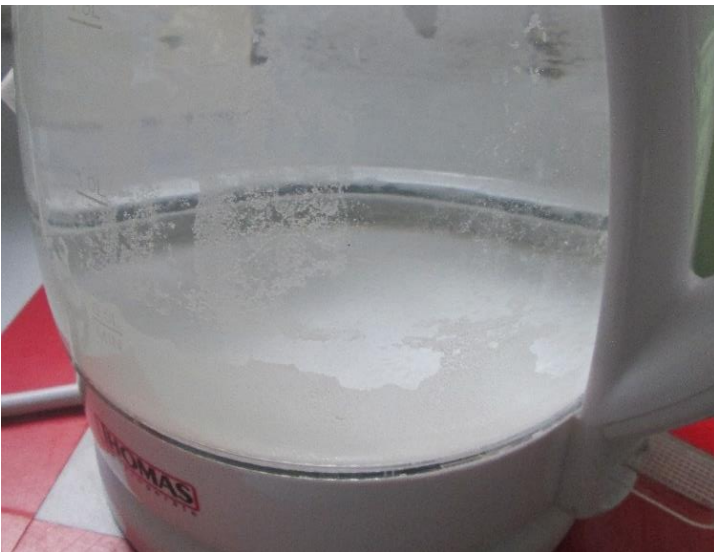
Semana 8, viernes 12 de Octubre:

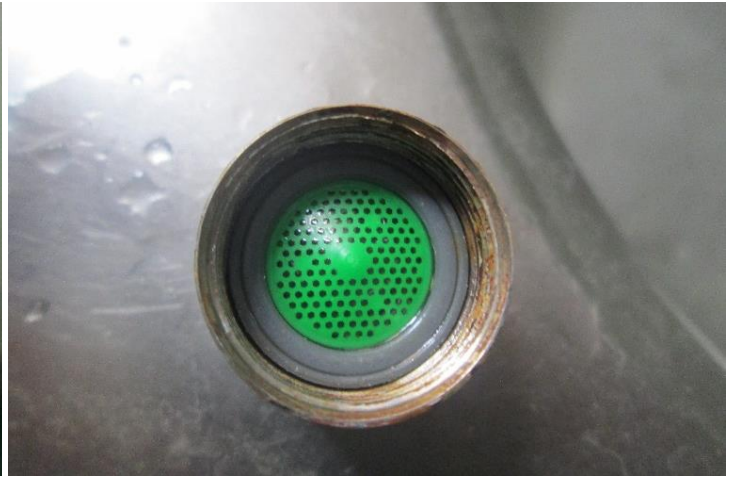


Semana 9, viernes 19 de Octubre:



Semana 10, viernes 26 de Octubre:



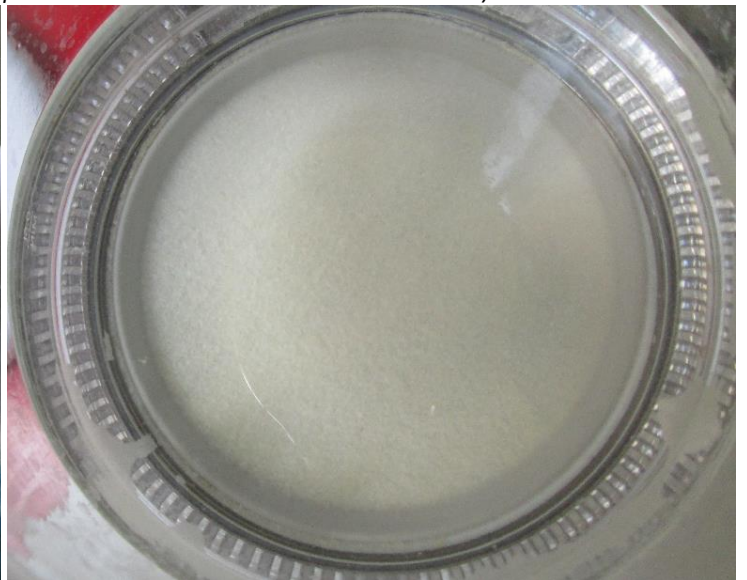
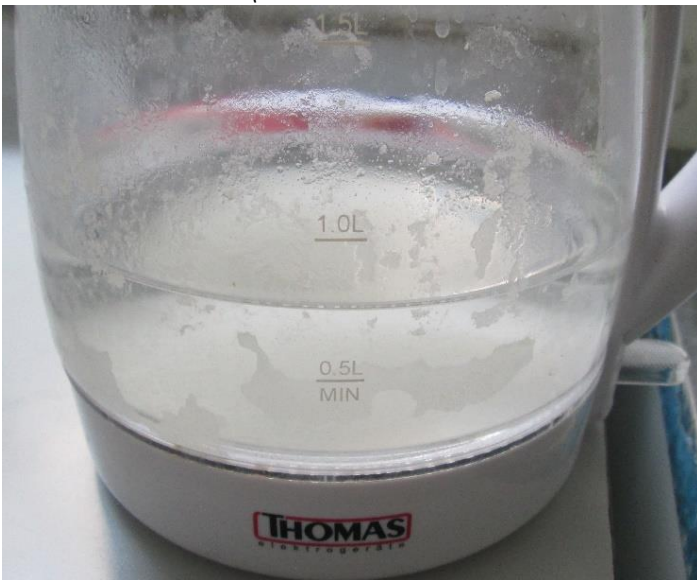


Semana 11, miércoles 31 de Octubre:

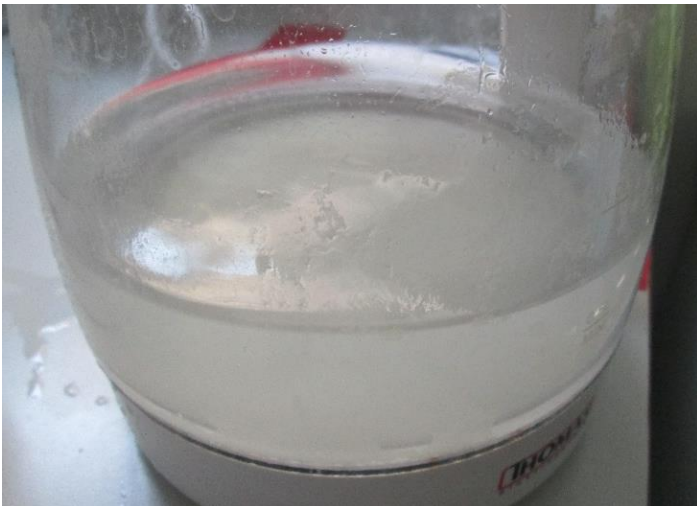
Sin Registro Fotográfico.

Semana 12, viernes 9 de Noviembre:

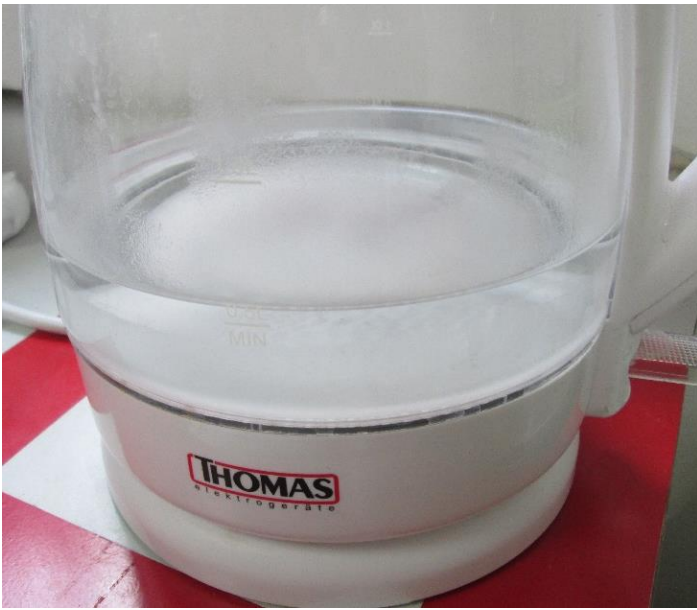
(Viernes 9 de Noviembre se termina la etapa de "Re-lavado de la línea del laboratorio")



Semana 13, viernes 16 de Noviembre:

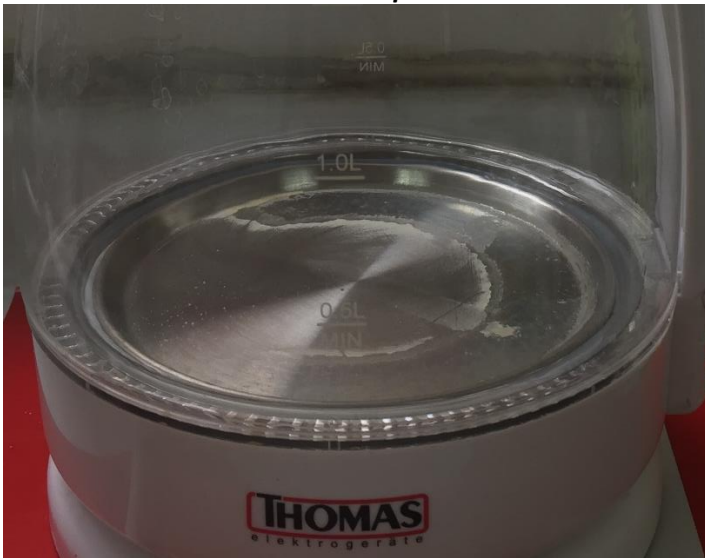


Semana 14, viernes 23 de Noviembre:



Semana 15, viernes 30 de Noviembre:

Sábado 24 de Nov. se limpia el hervidor controlado (por error), enjuagando con agua y pasando un paño.



3. Limpiezas y purgas del filtro

3.1. Limpiezas del filtro

Durante los meses de prueba, se realizaron un total de 3 limpiezas del filtro previo al acelerador iónico instalado, los que se detallan a continuación:

Tabla 4: Presiones manométricas antes y después de las limpiezas. Numeración de manómetros según Imagen 2.

Fecha	Control de Presión	Presiones manométricas [bar]		Diferencia
		Pre-acelerador (1.1) o (1.2)	Post-acelerador (2)	Porcentual %
07-09-2018	Antes de limpieza	5	0	100,00
	Posterior a limpieza	4,4	4,5	2,27
12-10-2018	Antes de limpieza	5	0	100,00
	Posterior a limpieza	4,4	4,5	2,27
21-11-2018	Antes de limpieza	5	0,8	84,00
	Posterior a limpieza	3,8	2,9	23,68

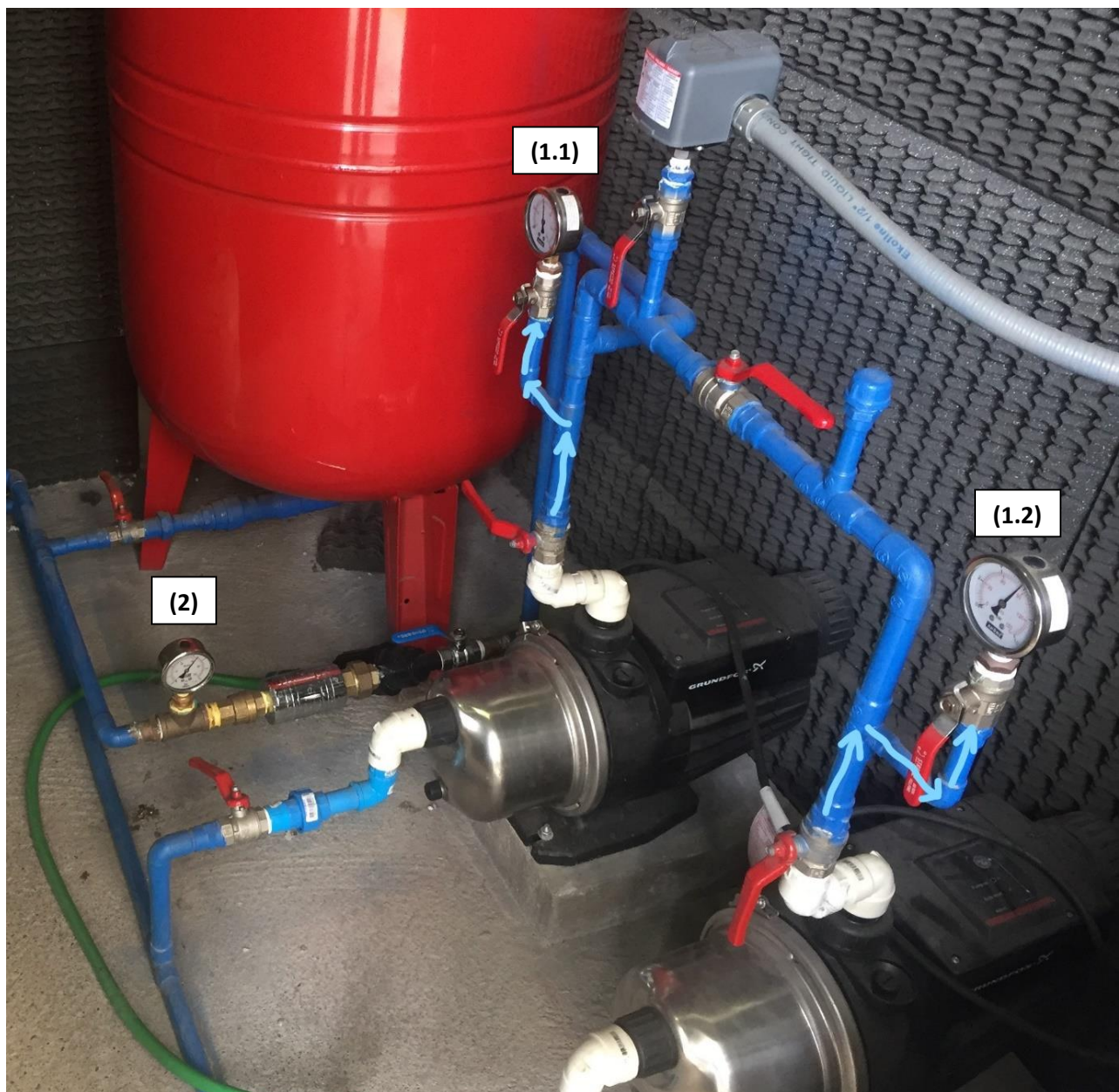


Imagen 2: Sala de bombas (las flechas celestes indican la dirección del flujo, para el registro manométrico de cada bomba).



Imagen 3: Acelerador iónico instalado.

Consideraciones:

- El suministro de agua para la línea del laboratorio, consta de un sistema de bombeo 2x1, tal y como muestra la **Imagen 2** (con fecha de captura del 26/11/18), donde la bomba en operación es la que posee el manómetro marcado como (1.2). Cabe mencionar que las bombas van cambiando de condición (operación/reserva) periódicamente.
- Las limpiezas se realizaron producto de una disminución considerable de la presión en la línea, tal y como muestra la **Tabla 4**. Dichas limpiezas consistieron en abrir la llave de purga con cuidado y progresivamente, girando la válvula naranja (**Imagen 3**) hacia arriba, y recolectando la purga en un recipiente, para luego eliminarla. Posteriormente se retiró el filtro, y se limpió con agua (manualmente con un paño), sin retirar los dos sellos de goma negros. Finalmente se volvió a instalar el filtro dejándolo operativo.
- La primera limpieza fue necesaria transcurridos los primeros 15 días de uso del agua de la línea del laboratorio, luego, la segunda limpieza ocurrió 22 días después de la primera, y la última limpieza se realizó luego de 25 días de uso efectivo del agua, desde la limpieza anterior. Esto justifica la programación de una limpieza periódica cada 3 semanas, para evitar la saturación del filtro.

3.2. Detalle de limpieza del filtro

El día miércoles 12 de Diciembre se realiza una limpieza manual del filtro, según el siguiente procedimiento:

A) *Antes de la limpieza:*

- 1) Se fotografiaron las presiones manométricas:



Imagen 4: Presión manométrica pre-acelerador y post-acelerador (de izquierda a derecha), marcando 5,6 [bar] y 4,3 [bar] respectivamente.

- 2) Desagüe y lavado de la línea, mediante apertura de la llave de purga.
- 3) Retiro del filtro, y se fotografía en su condición pre-limpieza:



Imagen 5: Vista exterior del filtro, previo a su limpieza.

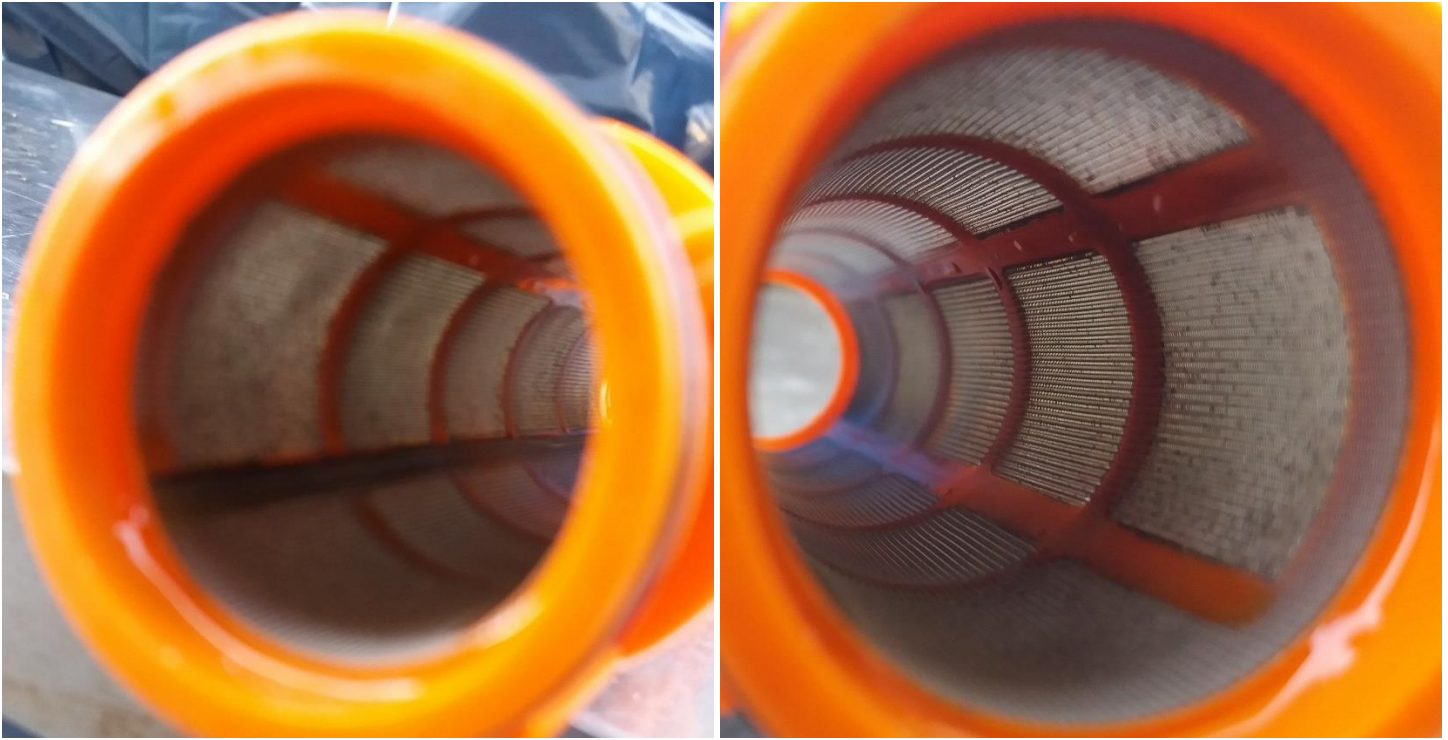


Imagen 6: Vistas interiores del filtro, previo a su limpieza.

B) Limpieza:

Se realiza manualmente, utilizando abundante agua.

C) Después de la limpieza:

1) Se fotografía el filtro en su condición post-limpieza:



Imagen 7: Vista exterior del filtro, posterior a su limpieza.

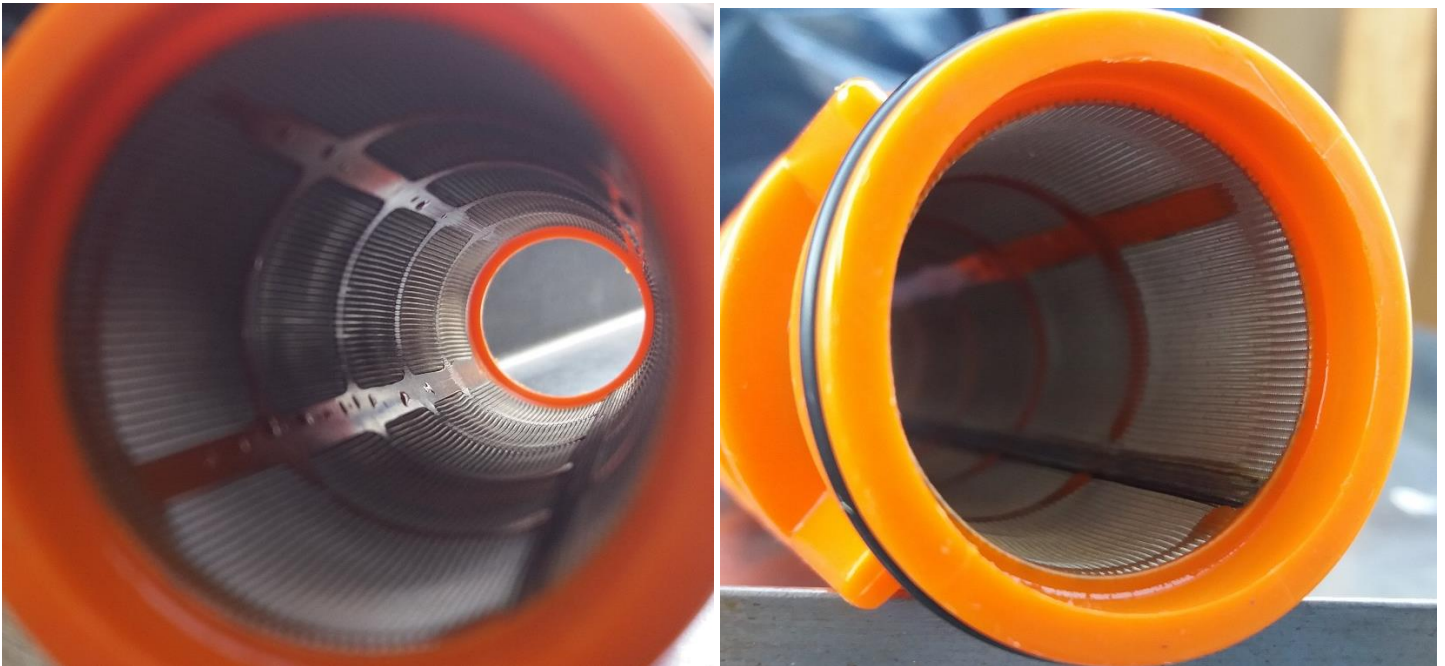


Imagen 8: Vistas interiores del filtro, previo a su limpieza.

- 2) Instalación del filtro.
- 3) Se fotografiaron las presiones manométricas:

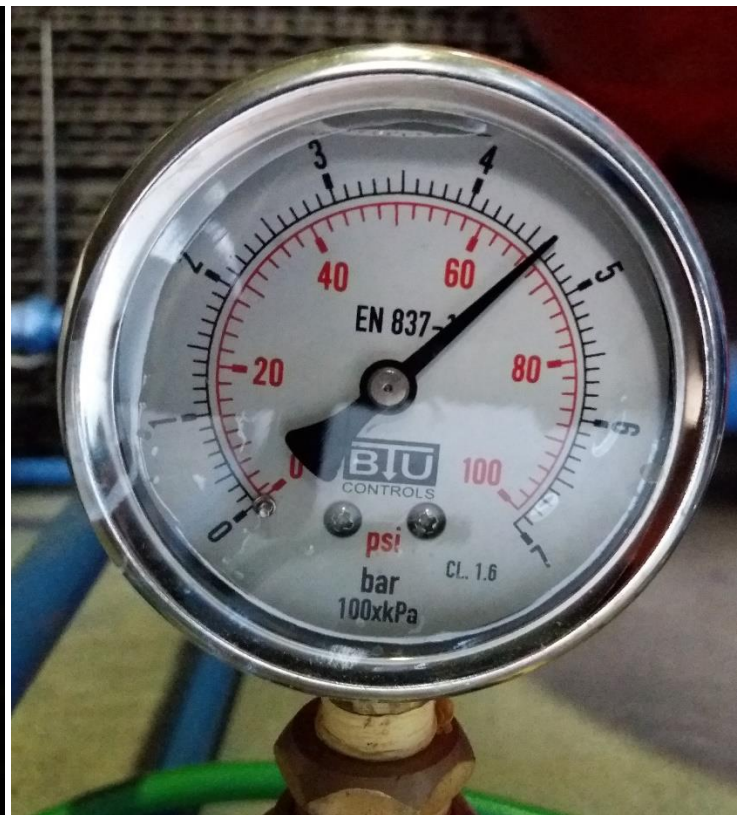
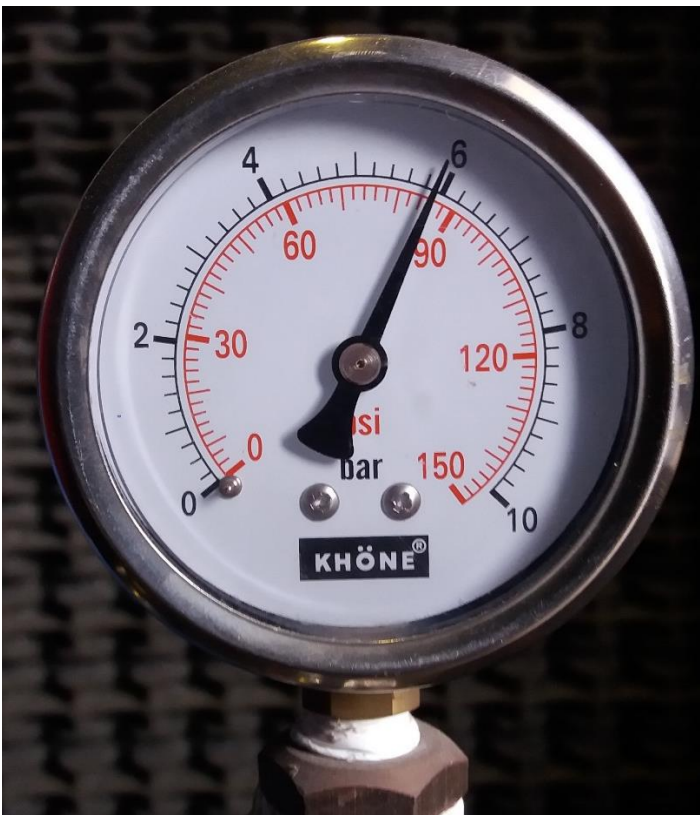


Imagen 9: Presión manométrica pre-acelerador y post-acelerador (de izquierda a derecha), marcando 5,9 [bar] y 4,6 [bar] respectivamente.

D) Comparación de condiciones de presión:

Tabla 5: Presiones manométricas antes y después de la limpieza.

Fecha	Control de Presión	Presiones manométricas [bar]		Diferencia
		Pre-acelerador	Post-acelerador	Porcentual %
12-12-2018	Antes de limpieza	5,6	4,3	23,21
	Posterior a limpieza	5,9	4,6	22,03

4. Parámetros controlados

4.1. Dureza

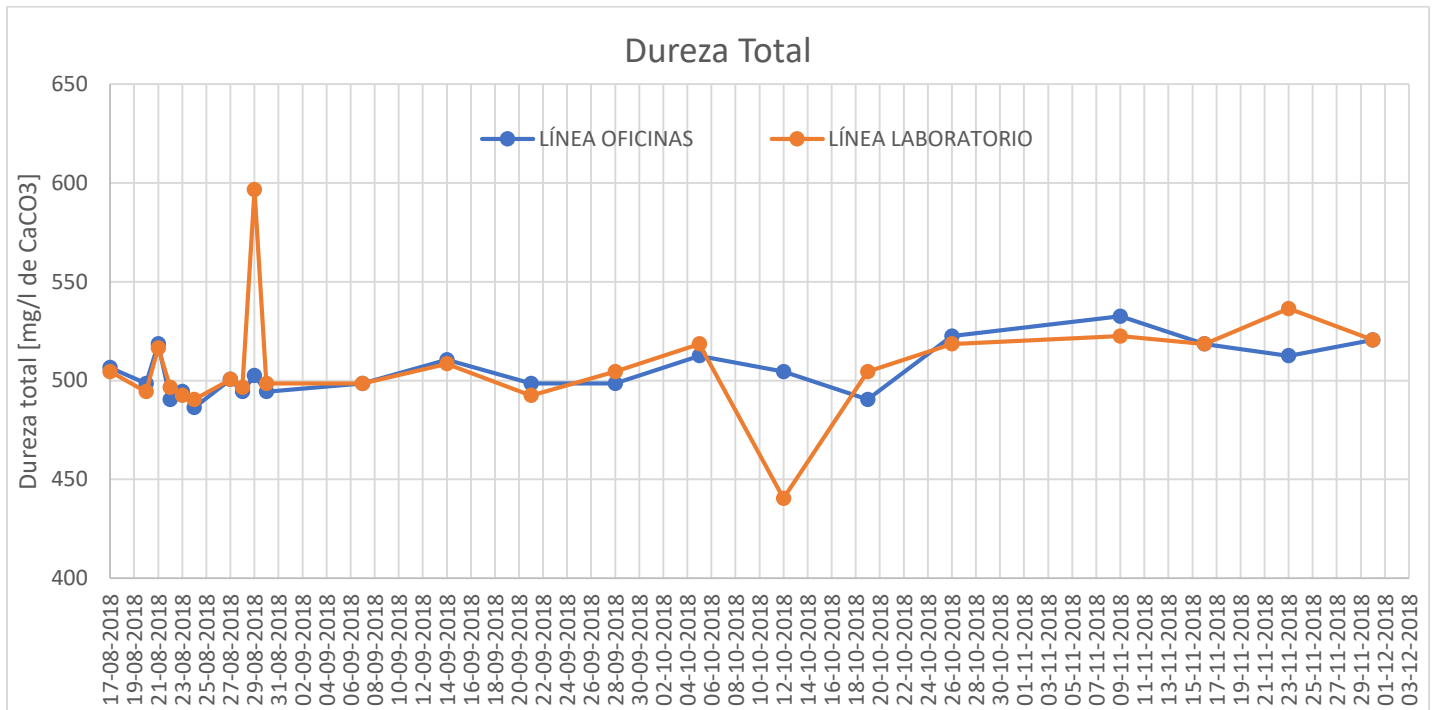


Gráfico 1: Dureza del agua potable para cada línea en análisis, en función del tiempo. No existe límite en la normativa chilena.

4.2. Sólidos disueltos totales

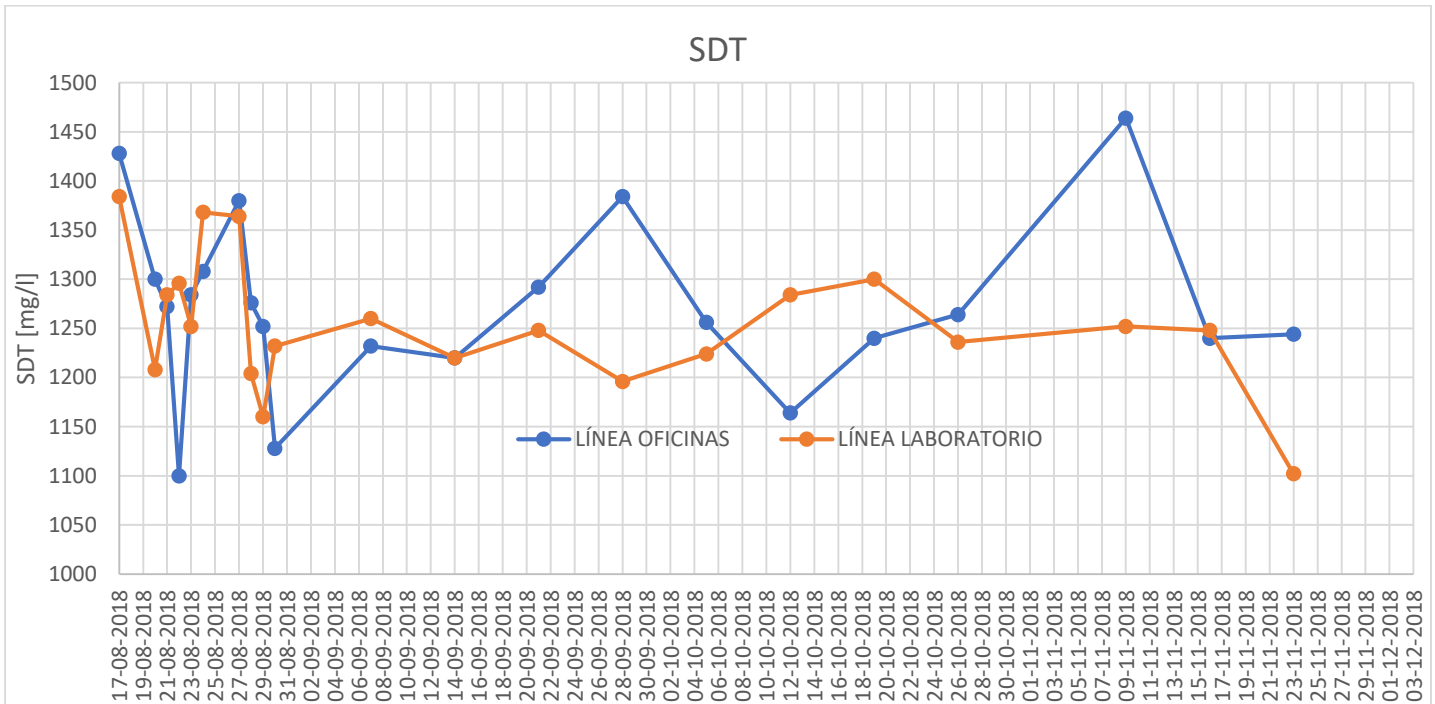


Gráfico 2: Sólidos disueltos totales del agua potable para cada línea de análisis, en función del tiempo. Según la normativa chilena de calidad del agua potable NCh409/1.Of2005, el límite es 1500 [mg/l].

4.3. Turbiedad

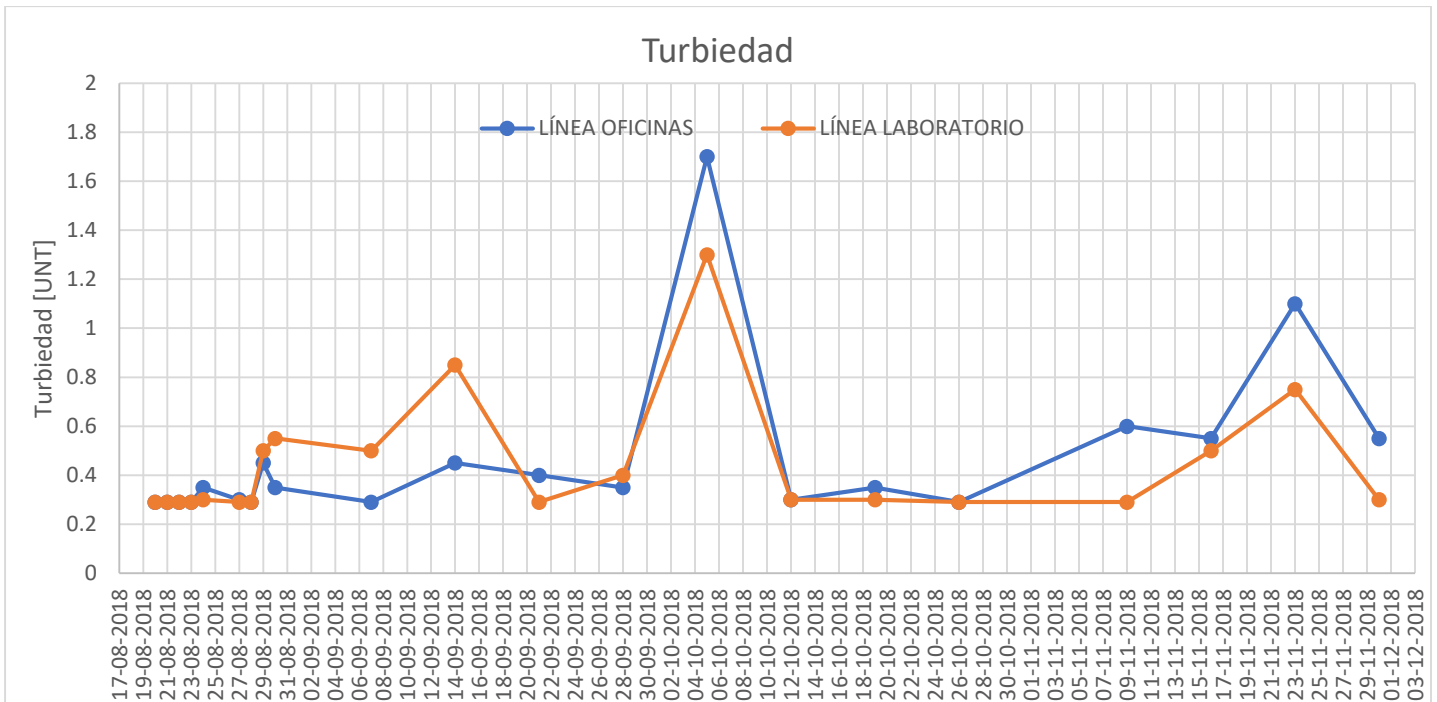


Gráfico 3: Turbiedad del agua potable para cada línea de análisis, en función del tiempo. Según la normativa chilena de calidad del agua potable NCh409/1.Of2005, el límite es 2 [UNT].

Tabla 6: Resumen con los promedios de los parámetros controlados durante las 15 semanas de prueba.

Línea Oficinas (sin acelerador)			Línea Laboratorio (con acelerador)		
Dureza Total [mg/l de CaCO3]	SDT [mg/l]	Turbiedad [UNT]	Dureza Total [mg/l de CaCO3]	SDT [mg/l]	Turbiedad [UNT]
504,8	1272,8	0,47	507,7	1253,4	0,44

4.4. Presión Manométrica

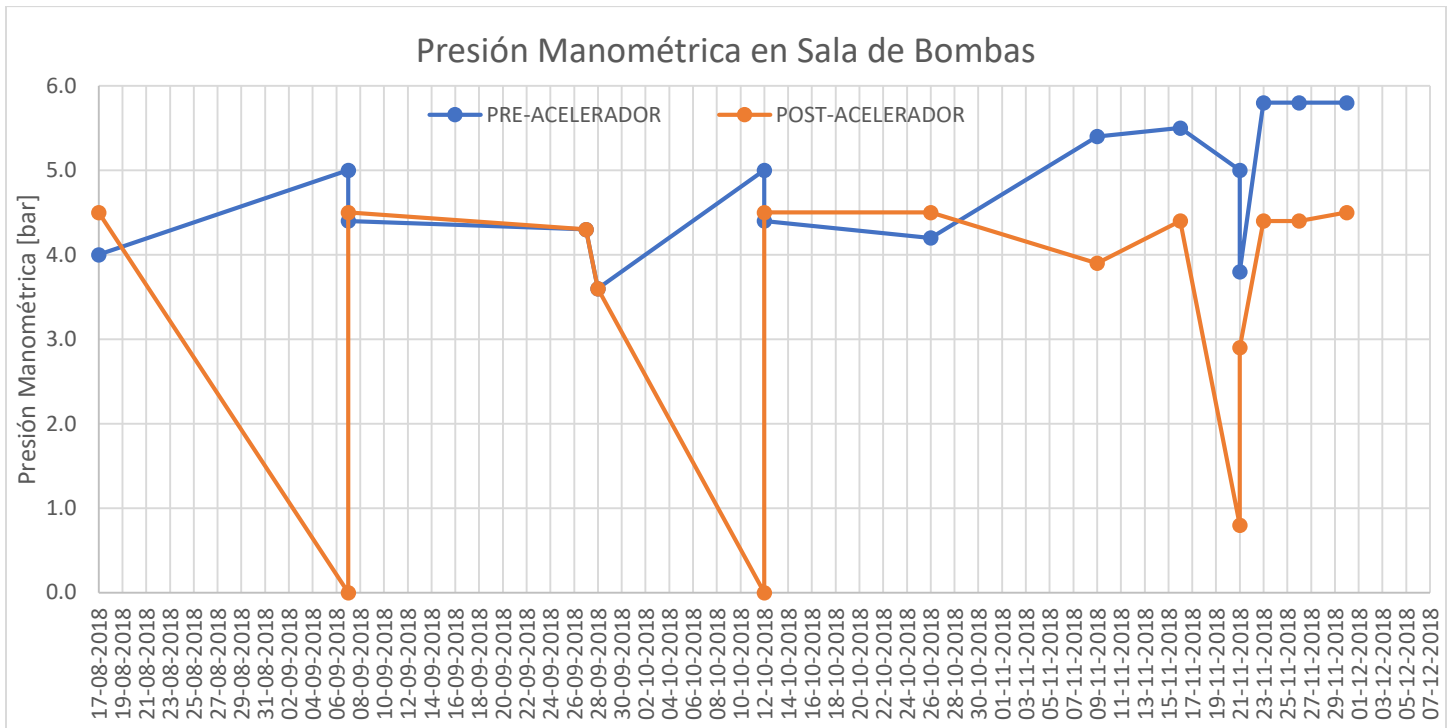


Gráfico 4: Presiones manométricas para cada línea de análisis, en función del tiempo.

4.5. Relación entre variación de parámetros y saturación del filtro

4.5.1. Dureza

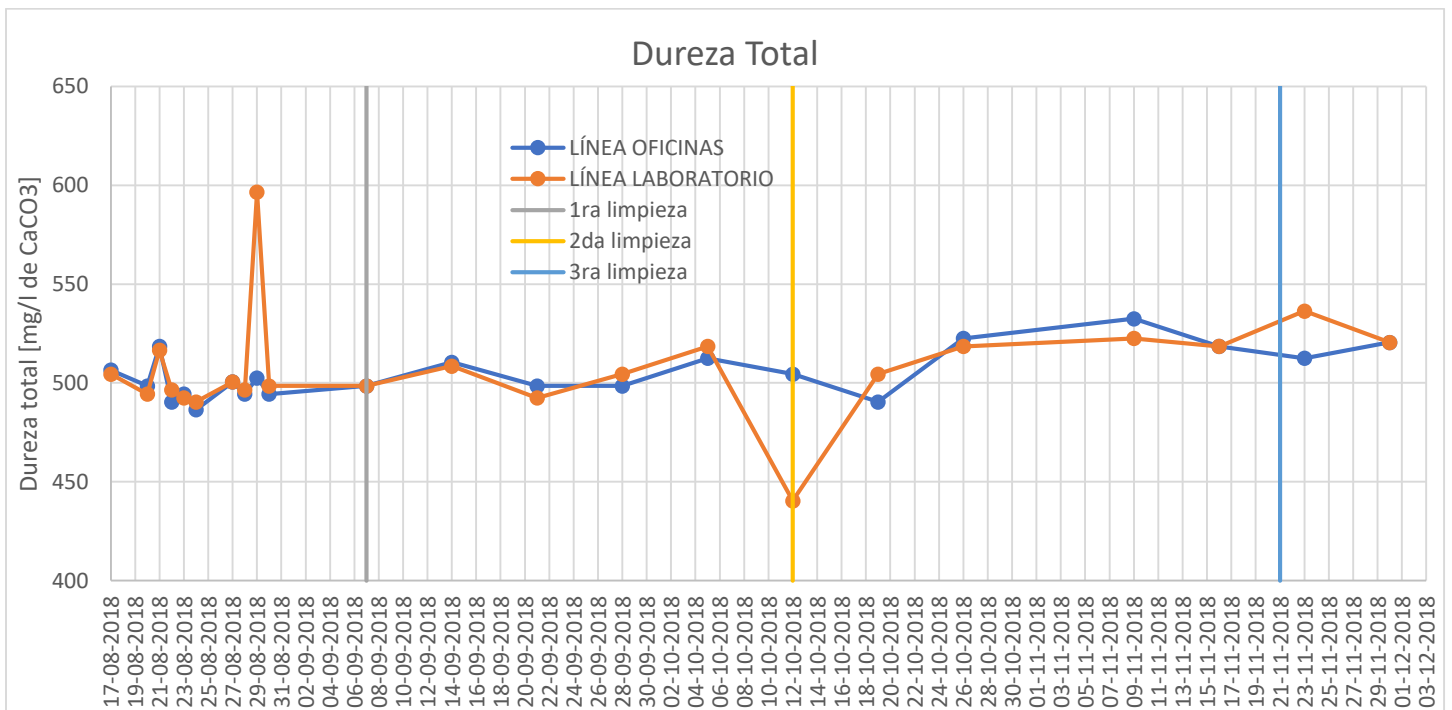


Gráfico 5: Dureza del agua potable en función del tiempo, con las limpiezas del filtro marcadas.

4.5.2. Sólidos disueltos totales

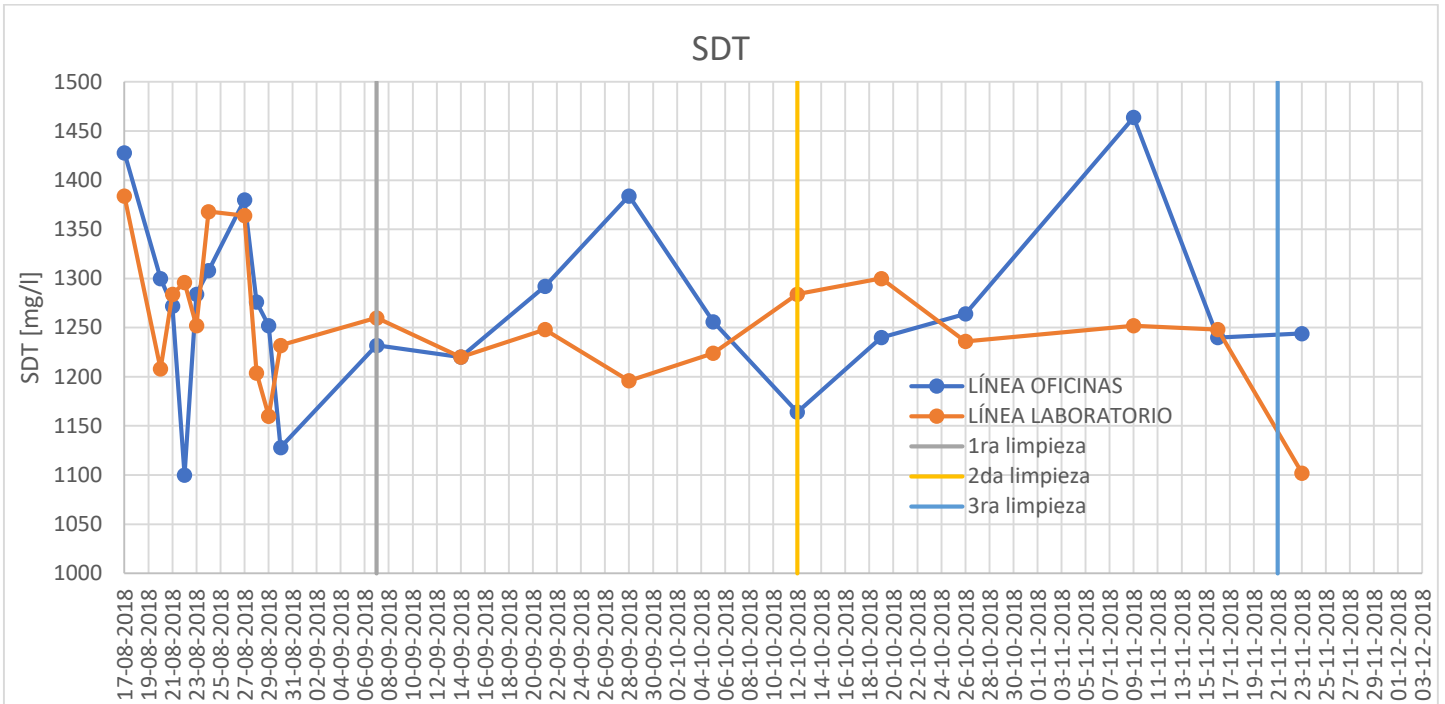


Gráfico 6: Sólidos disueltos totales en función del tiempo, con las limpiezas del filtro marcadas.

4.5.3. Turbiedad

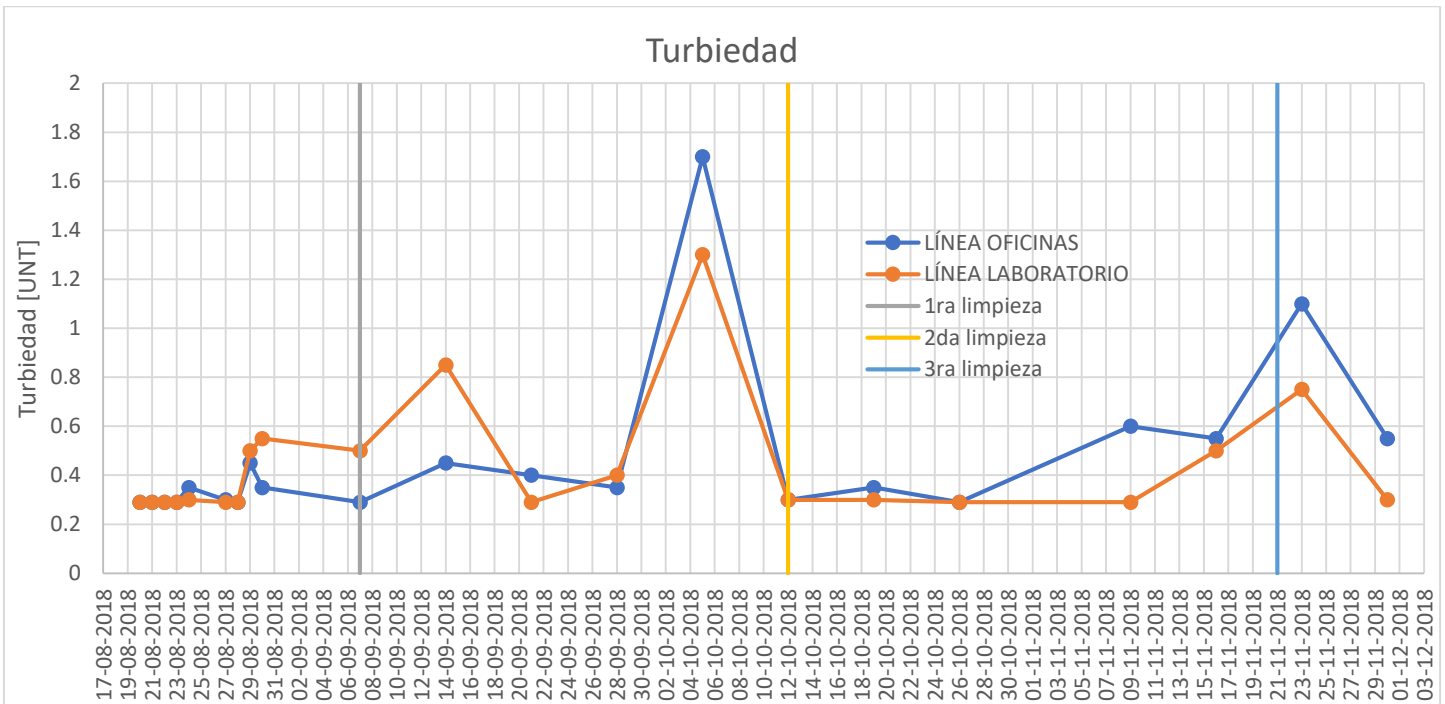


Gráfico 7: Turbiedad en función del tiempo, con las limpiezas del filtro marcadas.

4.5.4. Presión manométrica

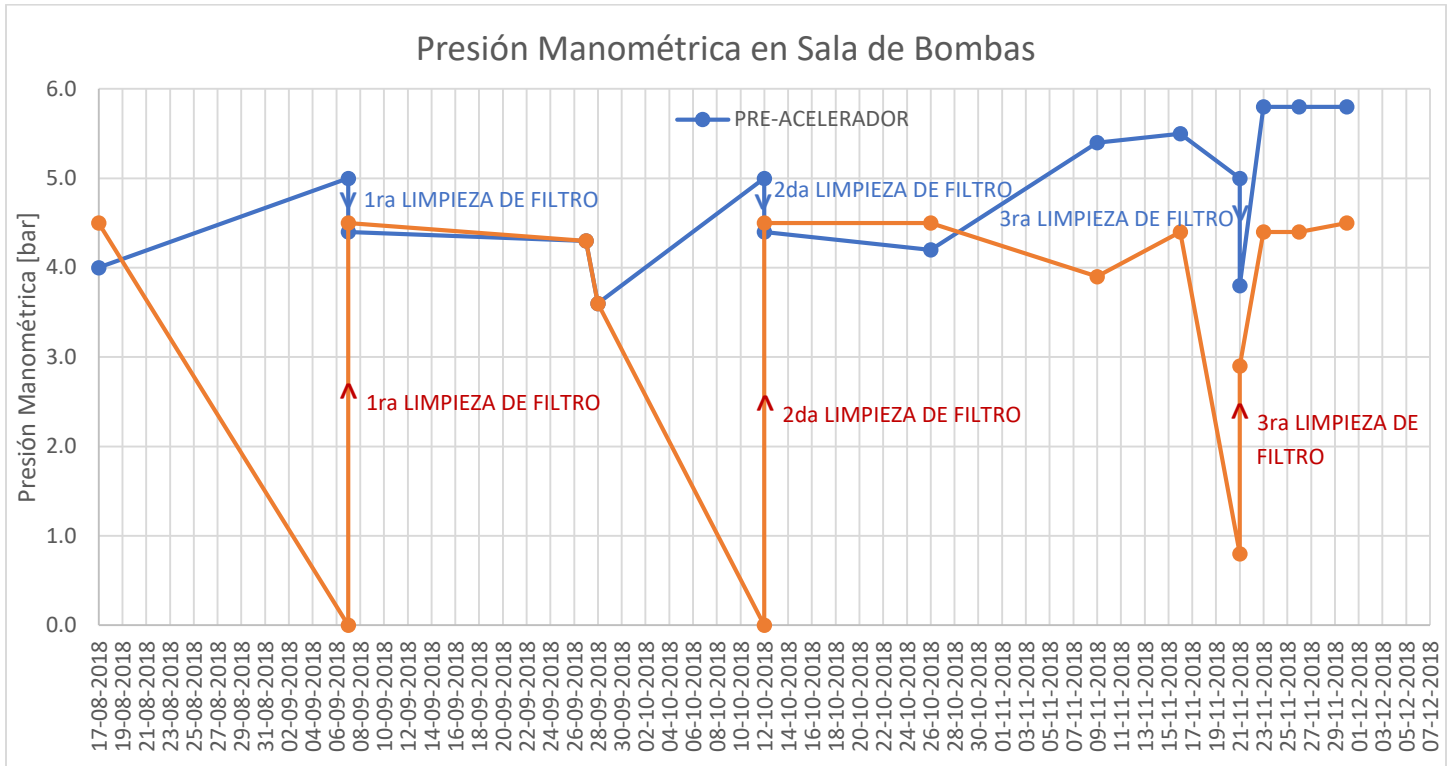


Gráfico 8: Presiones manométricas en función del tiempo, con las limpiezas del filtro marcadas.

5. Pruebas y procedimientos adicionales

5.1. Limpieza de Hervidores (Semana 6)

El día miércoles 26 de Septiembre se realizó la limpieza de los 4 hervidores (hervidor controlado y de uso libre de ambas líneas). Esto, para dar inicio el mismo jueves 27 a una etapa denominada "Re-lavado de la línea del laboratorio".

5.1.1. Condición previa al Lavado

Hervidores Sector Oficinas, Miércoles 26 de Septiembre:

Controlado

De uso libre



Hervidores Sector Laboratorio, Miércoles 26 de Septiembre:
Controlado De uso libre



- Para la limpieza de los hervidores, se utilizó una mezcla de agua con ácido cítrico (dosis; dos cucharadas soperas de ácido y agua hasta 1,5 litros), la cual se dejó reposar para luego calentar un poco sin hervir. Posteriormente se lavaron y enjuagaron con agua, dejando los hervidores como muestran las siguientes imágenes:

5.1.2. Condición posterior al lavado

Hervidores Sector Oficinas, Miércoles 26 de Septiembre:

Controlado

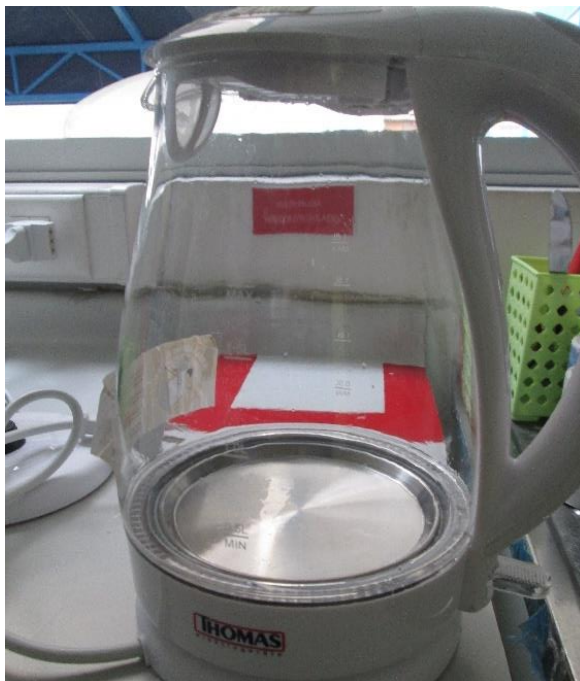
De uso libre

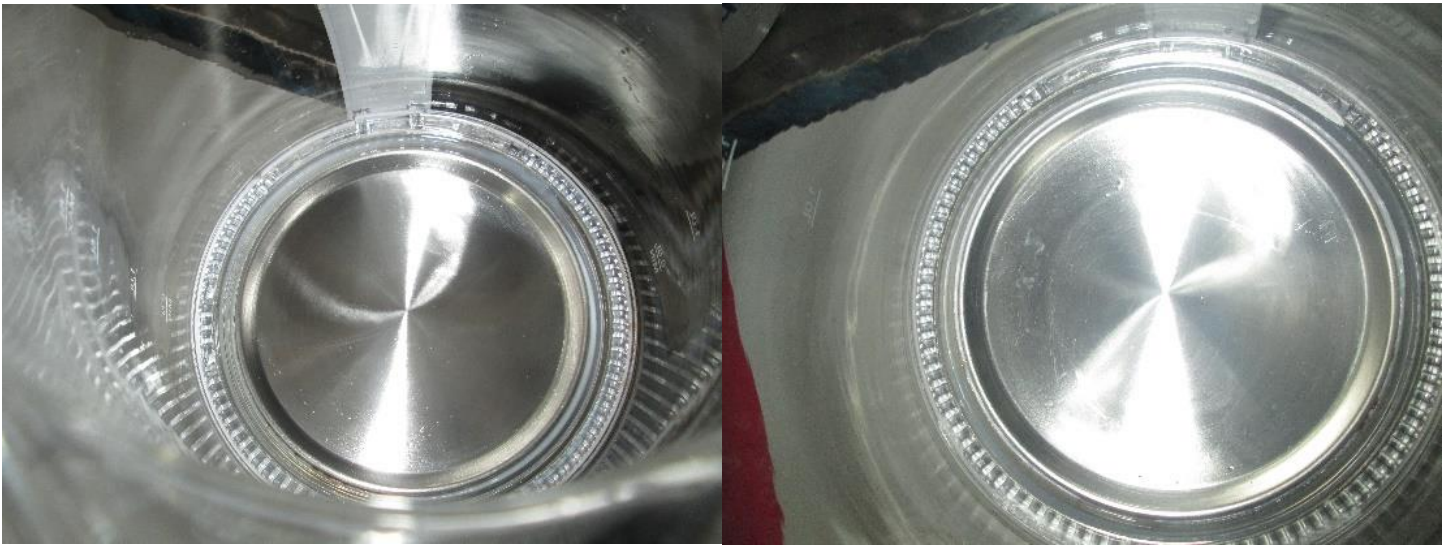


Hervidores Sector Laboratorio, Miércoles 26 de Septiembre:

Controlado

De uso libre





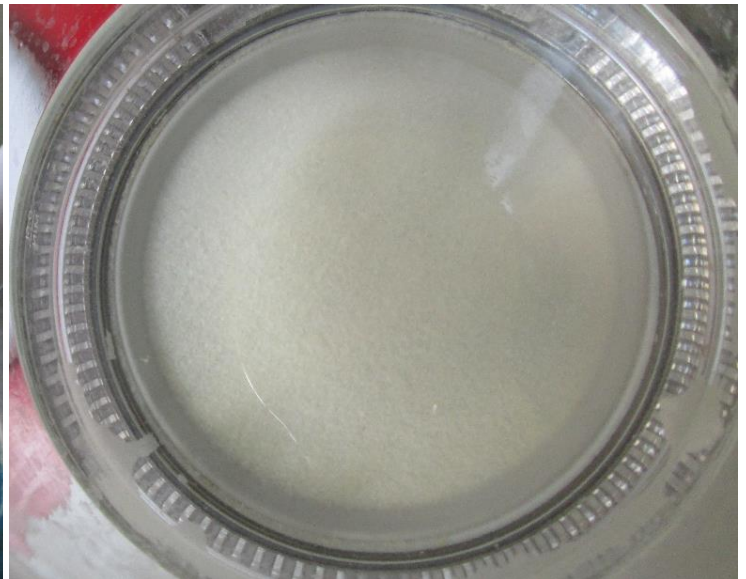
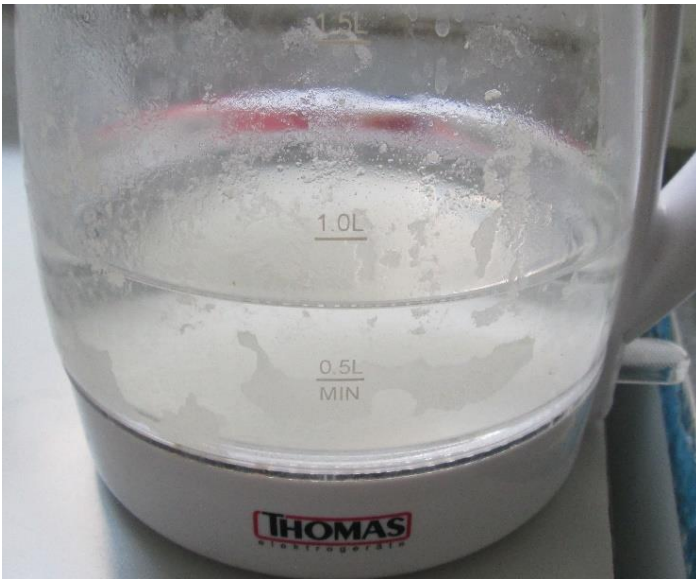
Dicha etapa de “Re-lavado” consistió en que, solo para la línea del laboratorio, se dejó corriendo la llave al menos 10 [min] cada vez que se realizaron los controles diarios, totalizando al menos 30 [min] de agua corriendo al día, asemejando así el uso de una ducha en una casa, y acelerando el proceso de desincrustación de tuberías, según el proveedor.

Esta etapa terminó el día viernes 9 de noviembre, completando así 6 semanas.

5.1.3. Condición al finalizar la etapa de “Re-lavado”

Semana 12, viernes 9 de Noviembre:

Hervidor controlado



5.2. Reporte de Hervidor Antiguo

5.2.1. Procedimiento de la prueba

Entre los días 5 y 28 de Septiembre, se realizó una prueba de desincrustación del hervidor antiguo que se utilizaba frecuentemente en el sector del comedor del laboratorio, y que fue dado de baja el día 17 de Agosto. Dicho hervidor contenía serias incrustaciones tal y como se muestran en la **Imagen 10**.



Imagen 10: Hervidor antiguo con serias incrustaciones de sarro. Fotografía del 17 de Agosto, día en que fue dado de baja.

- La prueba consistió en reutilizar el hervidor antiguo 2 veces al día, y registrar lo ocurrido mediante fotografías, desde el 5 al 28 de Septiembre.

5.2.2. Registros fotográficos de la prueba

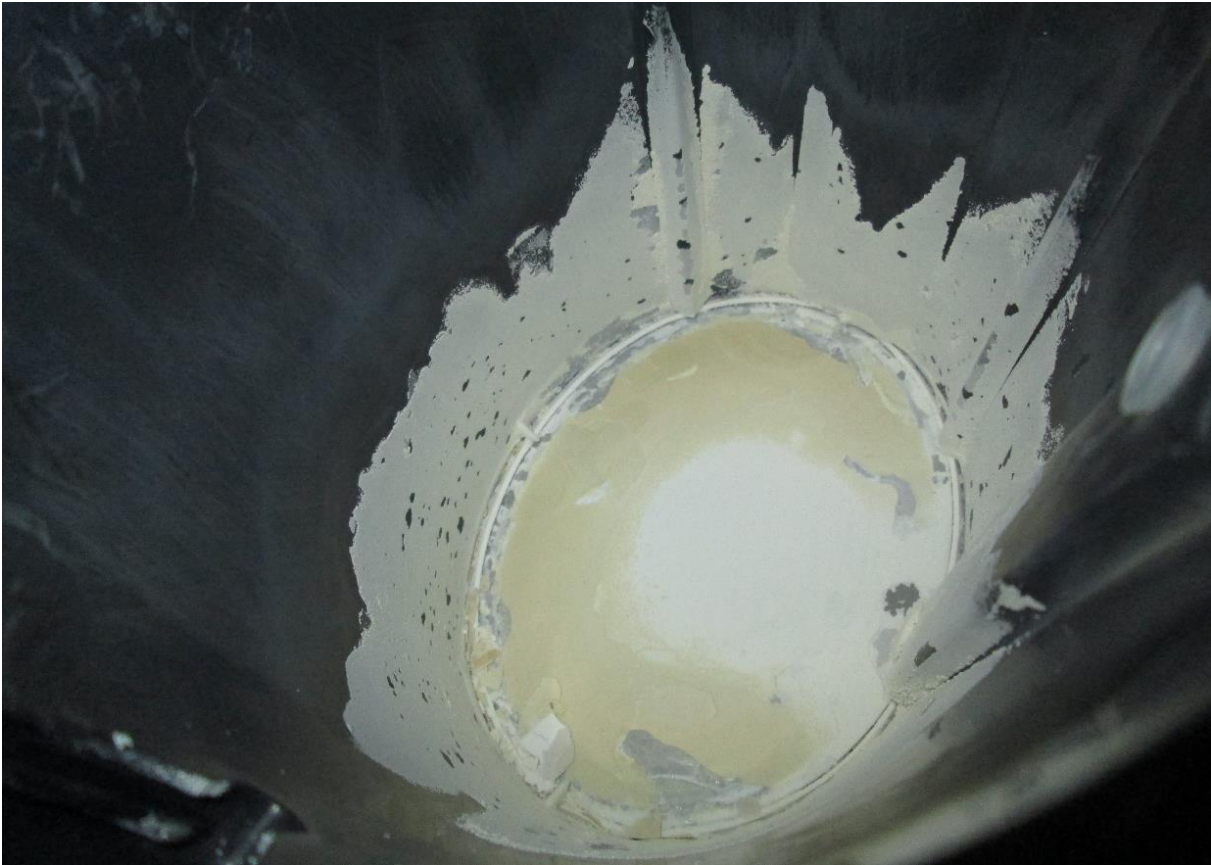


Imagen 11: Hervidor antiguo al inicio de la prueba, 05/09/2018.

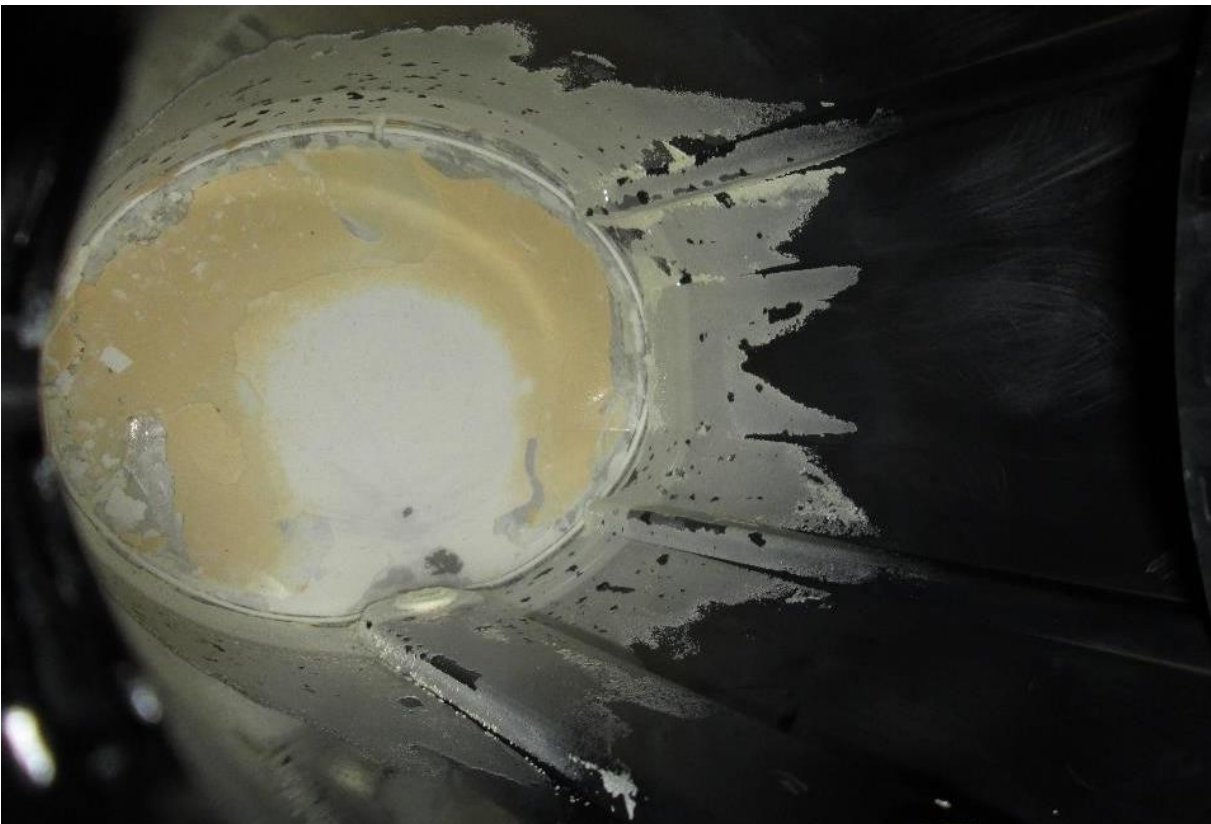


Imagen 12: Hervidor antiguo, 07/09/2018.

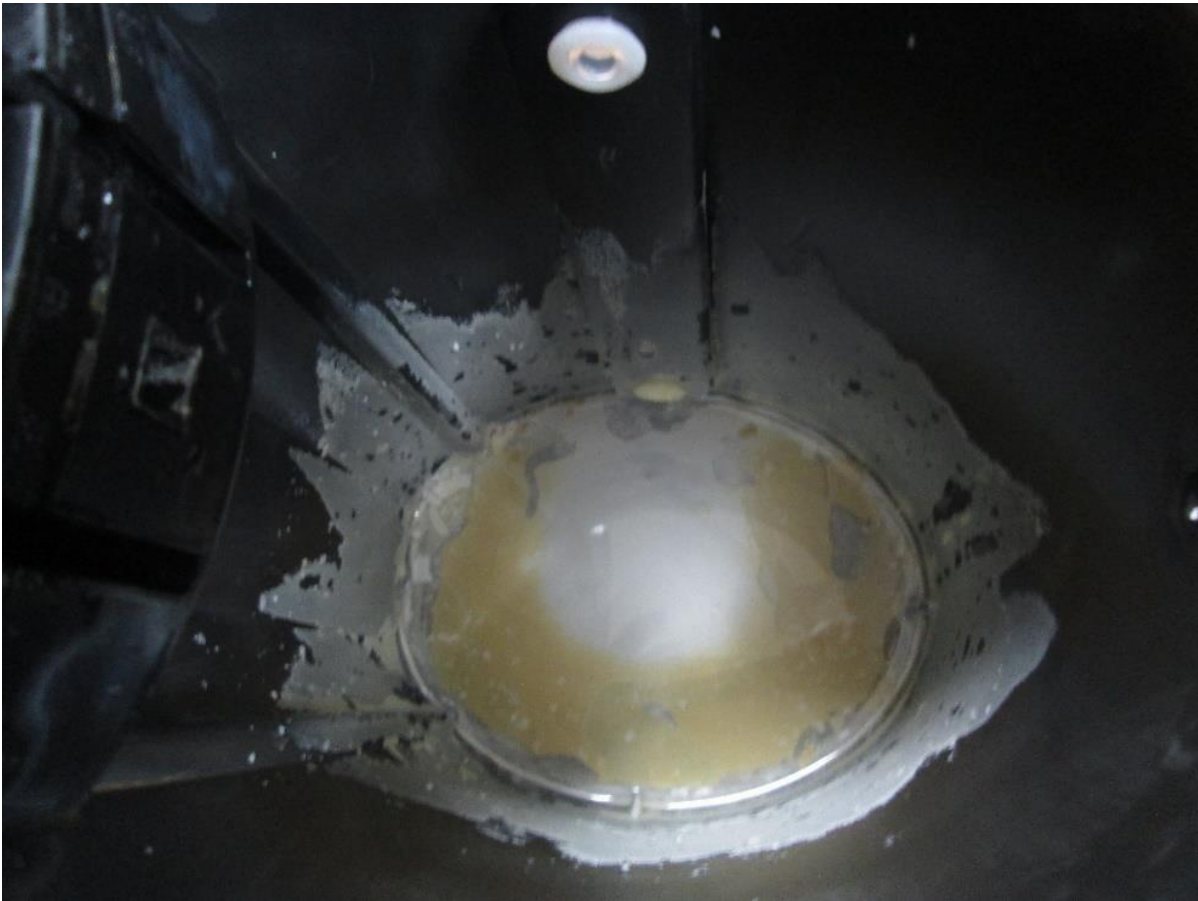


Imagen 13: Hervidor Antigo, 13/09/2018.

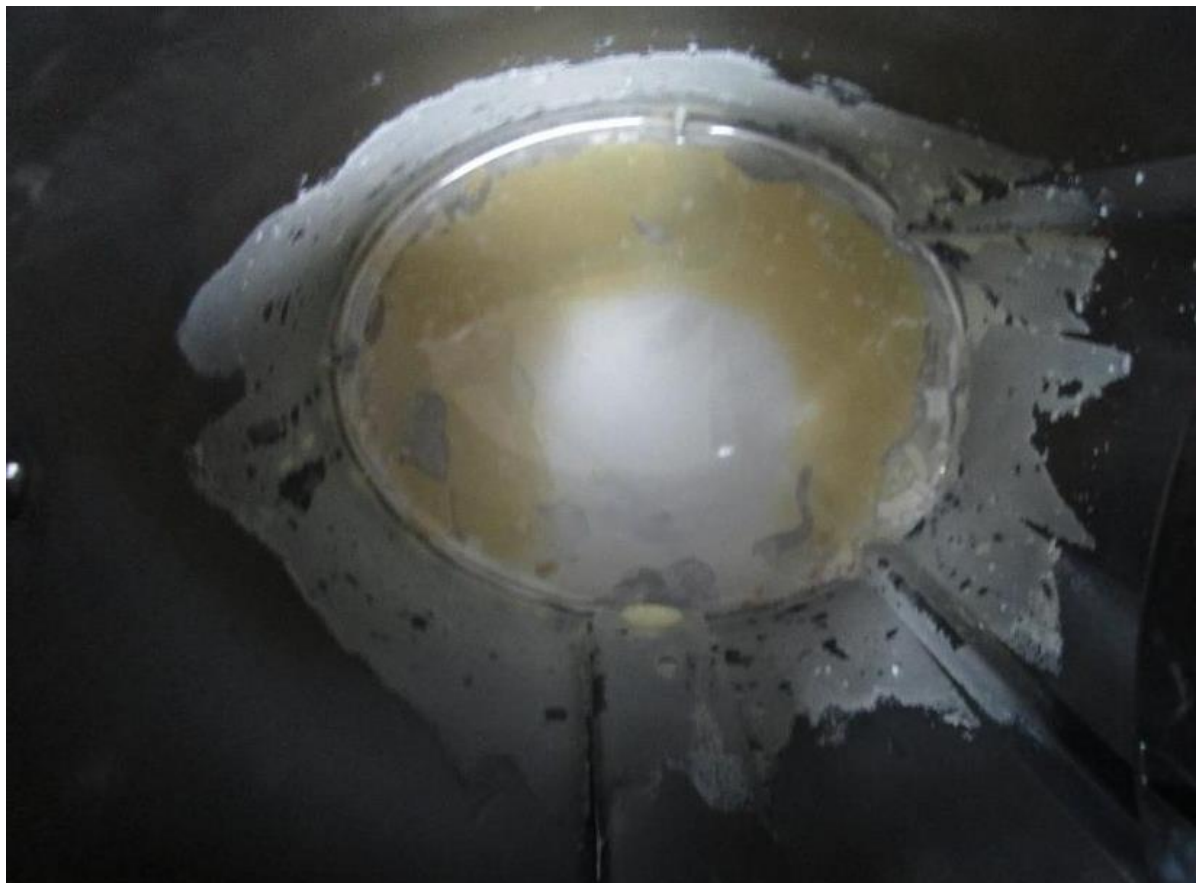


Imagen 14: Hervidor Antigo, 28/09/2018.

5.2.3. Limpieza del hervidor antiguo



Imagen 15: Hervidor antiguo, luego de su limpieza. 28/09/2018.

5.2.4. Observaciones y comentarios generales

- Con el tiempo, se fueron formando costras que se descascaraban solas, y los restos incrustados eran fácilmente removidos con los dedos, sin mucho esfuerzo, ya que las incrustaciones estaban más blandas.
- Luego de 3 semanas se mantuvo estable, se retiró la gran mayoría de la incrustación con agua y la fuerza de los dedos, y solo fue necesaria la utilización de una mínima cantidad de ácido cítrico para retirar el sarro incrustado, que nunca había sido removido.

5.3. Avance parcial de desincrustación en grifería del sector con tratamiento

El 5 de Octubre se sacaron fotografías detalladas de la grifería del comedor del laboratorio (sector con agua tratada por el acelerador iónico), con el fin de verificar la desincrustación hasta la fecha. La comparación de imágenes, con respecto al estado inicial de la grifería el día de la instalación del acelerador iónico (17/08/2018), se muestran a continuación:

17/08/2018



05/10/2018



17/08/2018



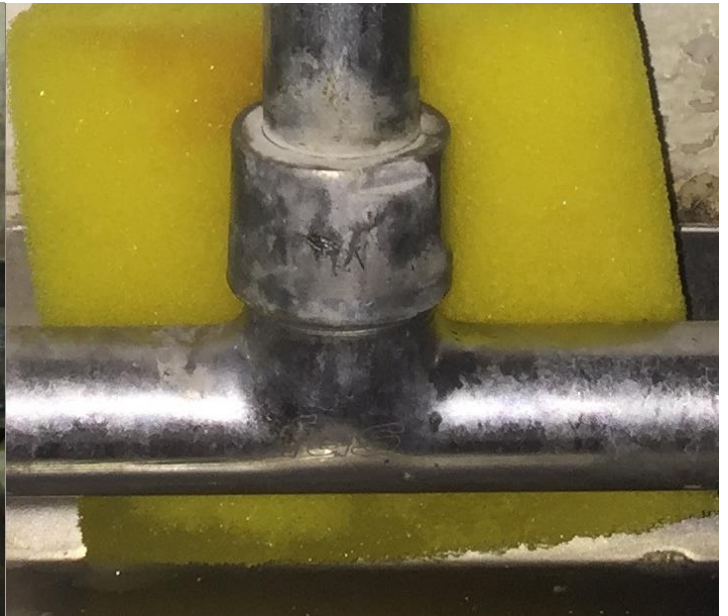
05/10/2018



17/08/2018



05/10/2018



17/08/2018

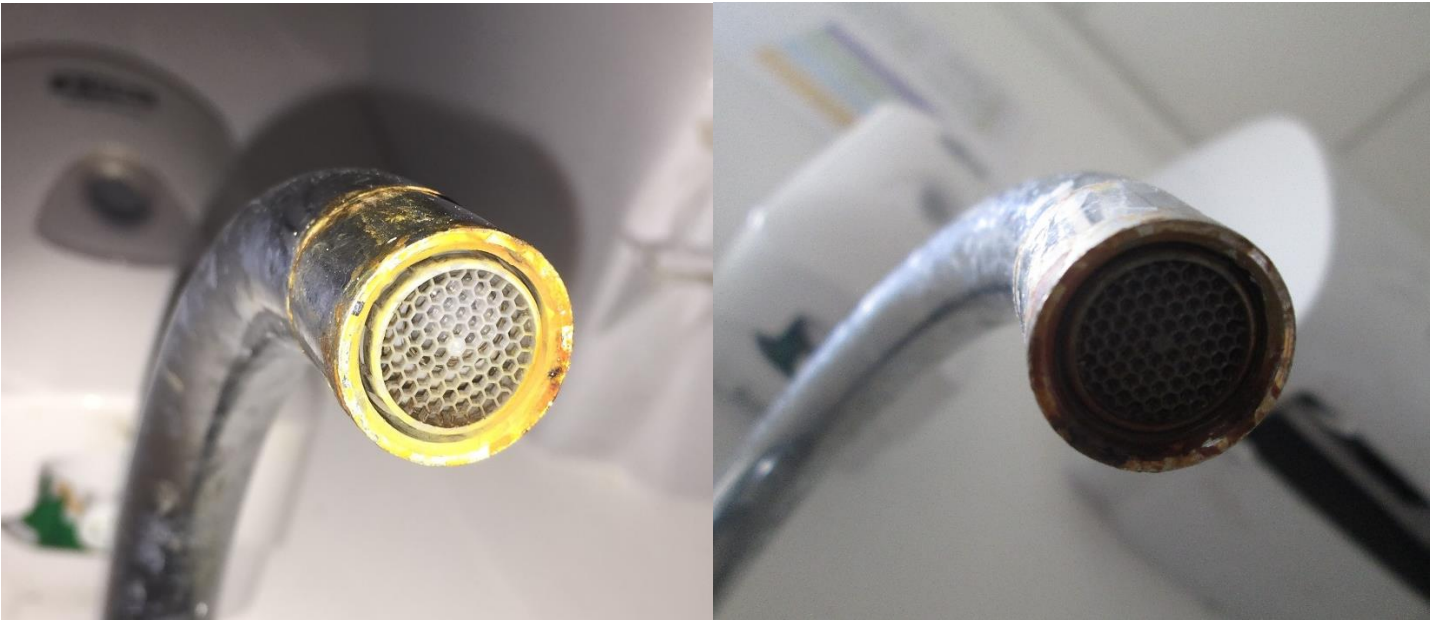


05/10/2018



17/08/2018

05/10/2018



5.4. Residuos del hervidor del laboratorio

El viernes 26 de Octubre (Semana 10 de la prueba), se retiraron 200 [ml] del concho depositado del hervidor controlado del comedor del laboratorio, con el fin de estudiar su consistencia. Cabe señalar que, por las características de la prueba, se dejaron 500 [ml] cada vez que se hervía el agua, para aumentar la concentración del sarro en su nueva forma (aragonita en vez de calcita). Así, de dichos 500 [ml] acumulados, se extrajeron 200 [ml] para esta experiencia. La **Imagen 16** muestra el estado inicial en el que se encontraban los residuos dentro del hervidor del laboratorio.



Imagen 16: Residuos en el fondo del hervidor controlado.

5.4.1. Observación cualitativa de residuos depositados en el hervidor

Para la experiencia, se revolvió el contenido del vaso precipitado y se dejó reposar, sacando fotografías según avanzaba el tiempo. Dichos registros se muestran a continuación:



Imagen 17: Vaso precipitado de 200 [ml], transcurridos 0, 1, 4 y 7 [min] desde el comienzo de la experiencia, de izquierda a derecha.

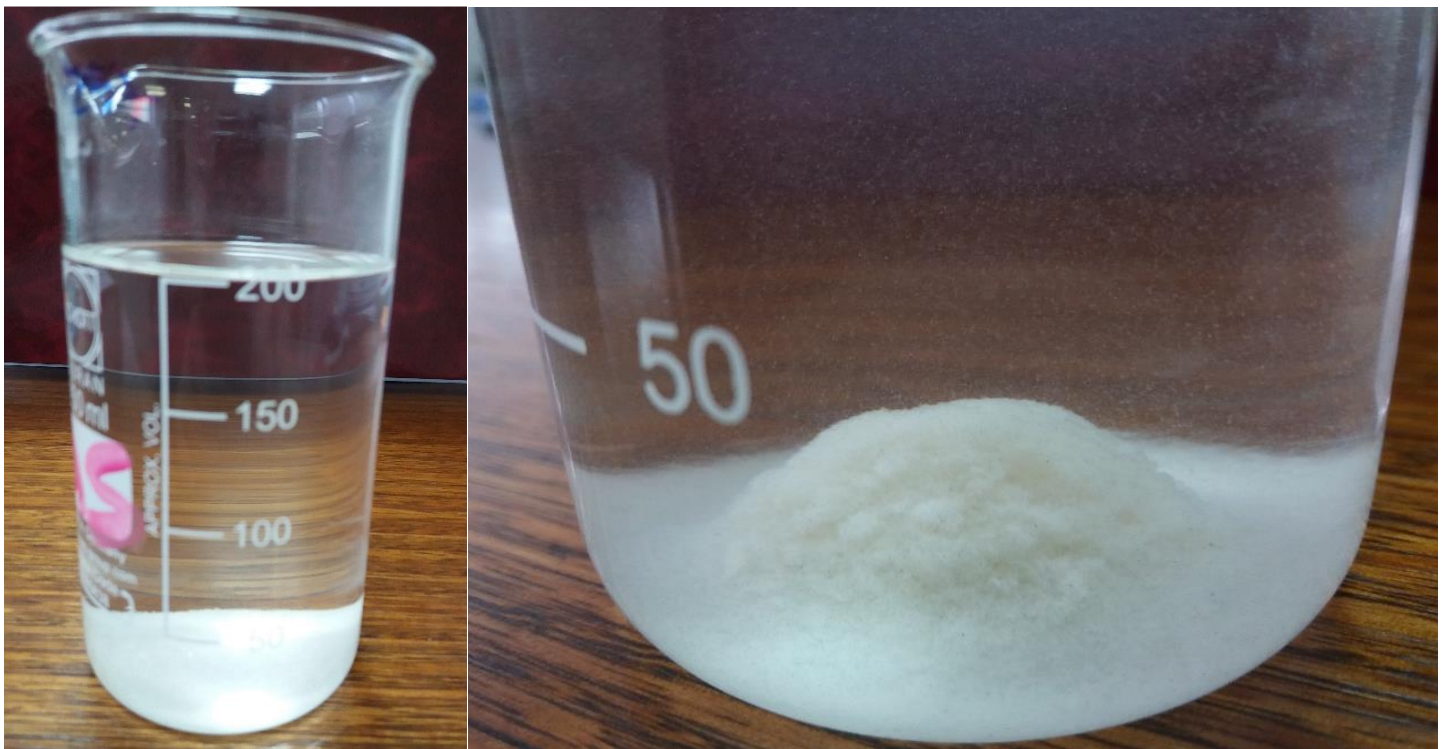


Imagen 18: Condición final del vaso precipitado y los depósitos decantados, transcurridos 56 [min] desde el inicio de la experiencia.

Además, se secó el contenido con papel filtro y se fotografió:



Imagen 19: Condición seca de las sustancias decantadas en el vaso precipitado.

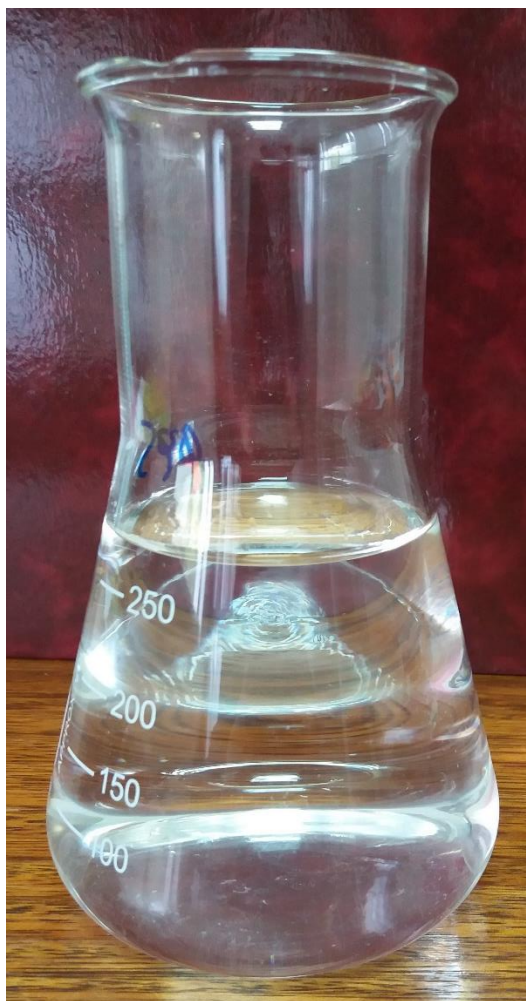


Imagen 20: Agua filtrada de la experiencia, luego de utilizar papel filtro.

5.4.2. Comentarios

- El residuo se mantiene depositado en el fondo y adherido a las paredes del hervidor controlado.
- Durante la experiencia, el residuo se re-suspende con mucha facilidad y el agua se ve "como con polvo blanco", no agradable a la vista.
- Luego de la experiencia, el agua y los residuos son devueltos al hervidor controlado.

5.5. Limpieza de grifería

El 26 de Octubre se realizó una limpieza simple de la grifería de ambas líneas, cuyo procedimiento se realizó utilizando agua, y una esponja de lava platos con lavalozas marca Quix.

5.5.1. Grifería sector comedor del laboratorio (agua tratada)



Imagen 21: Comparación antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza, en la tubería de salida de la grifería, del sector comedor del laboratorio.



Imagen 22: Comparación antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza, en el detalle de las llaves de la grifería, del sector comedor del laboratorio.

5.5.2. Grifería sector para café de oficinas (agua sin tratar)



Imagen 23: Comparación antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza, en la tubería de salida de la grifería, del sector para café de las oficinas.



Imagen 24: Comparación antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza, en el ducto de salida de la grifería, del sector para café de las oficinas.



Imagen 25: Comparación antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza, en el detalle de las llaves de la grifería, del sector para café de las oficinas.

5.5.3. Comentarios

- Muchas de las manchas presentes en ambas griferías, son producto de la evaporación de gotas de agua, donde su remoción fue más fácil en la grifería del laboratorio, que posee agua tratada con el acelerador iónico.
- No se realizó la limpieza con otros productos o materiales (como virutilla), para que fuera lo más simple posible, evitando además la utilización excesiva de fuerza para ambas limpiezas.
- Las fotografías se realizaron utilizando “flash”, para aumentar el detalle de las incrustaciones.
- Ambas griferías quedaron con incrustaciones, que necesitan de ácido cítrico u otro, para poder ser removidas. Sin embargo, la grifería del sector sin tratamiento quedó con mayores incrustaciones luego de la limpieza.
- Cabe mencionar que ambas griferías son de distinto modelo y forma, y también que tenían distintas condiciones iniciales de incrustación, por lo que se recomienda realizar una prueba más homogénea para obtener resultados más concluyentes.

5.6. Test de hervidores

5.6.1. Avance de depósitos en hervidores

Durante las 2 primeras semanas de prueba, entre el 20 y el 31 de agosto, se fotografiaron diariamente los hervidores controlados de ambas líneas (siguiendo el Procedimiento 2), para tener una noción del avance de la incrustación. A continuación, se muestran dichas imágenes:

1.1.1.1. Hervidor controlado, sector comedor del laboratorio (agua tratada)



Imagen 26: Base del hervidor controlado del laboratorio, los días 20, 21 y 22 de Agosto, de izquierda a derecha.



Imagen 27: Base del hervidor controlado del laboratorio, los días 23, 24, 27, 28, 29, 30 y 31 de Agosto, de izquierda a derecha, y de arriba hacia abajo.

1.1.1.2. Hervidor controlado, sector para café de las oficinas (agua sin tratar)

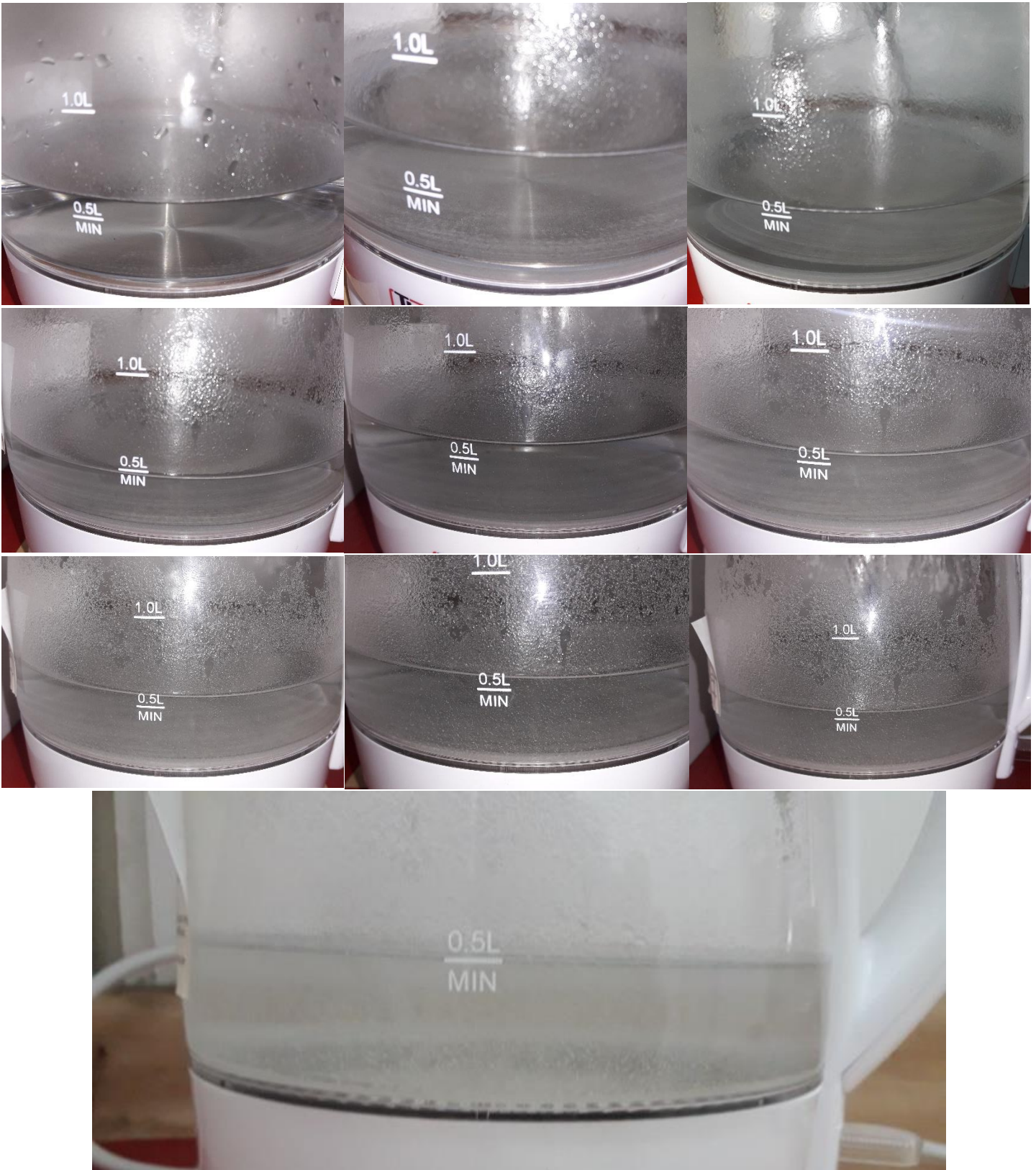


Imagen 28: Base del hervidor controlado de las oficinas, los días 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30 y 31 de Agosto, de izquierda a derecha, y de arriba hacia abajo.

1.1.1.3. *Hervidores no controlados y de uso libre*

Se secaron fotografías de los hervidores libres de cada línea, para comparar el avance de la incrustación luego de 2 semanas de prueba (viernes 31 de Agosto).



Imagen 29: Base del hervidor no controlado y de uso libre, del laboratorio (izquierda), y las oficinas (derecha), del viernes 31 de Agosto.

5.6.2. Limpieza de hervidores

El 27 de Noviembre, se realizó una limpieza simple de los hervidores no controlados y de uso libre, de ambas líneas. A continuación, se muestran las imágenes correspondientes:

5.6.2.1. Hervidor uso libre, sector comedor del laboratorio. Pre-limpieza



Imagen 30: Hervidor libre del laboratorio, antes de la limpieza. A la izquierda se muestra el fondo del hervidor luego de pasar 2 dedos, sin mayor esfuerzo.

5.6.2.2. Hervidor uso libre, sector comedor del laboratorio. Post-limpieza



Imagen 31: Hervidor libre del laboratorio, después de la limpieza.

- Cabe mencionar que producto de la limpieza (por error) de los hervidores del laboratorio, la suciedad del hervidor no controlado, mostrada en la **Imagen 30**, corresponde al uso de 1 día y medio (lunes 26 y medio día del martes 27 de Noviembre).

5.6.2.3. *Hervidor uso libre, sector para café de las oficinas. Pre-limpieza*

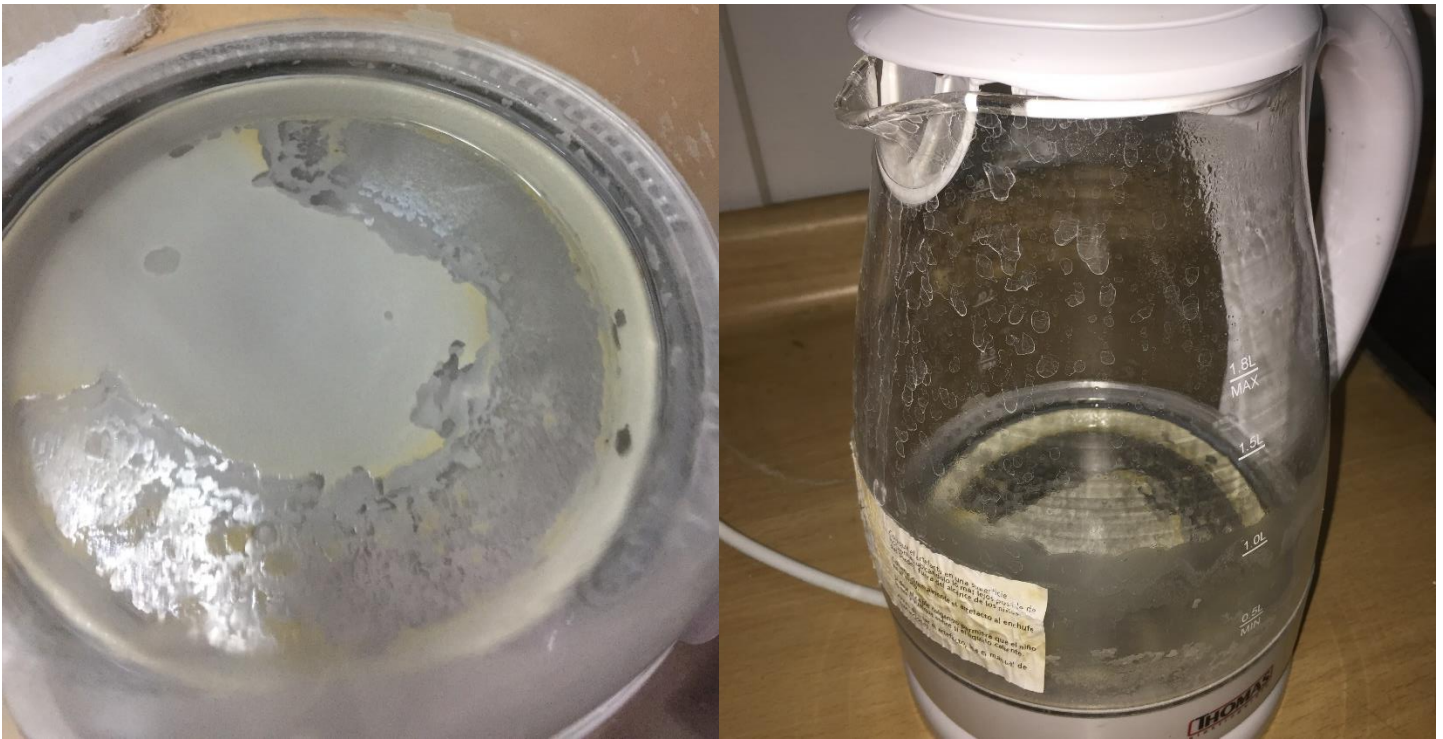


Imagen 32: Hervidor libre de las oficinas, antes de la limpieza.

5.6.2.4. *Hervidor uso libre, sector para café de las oficinas. Post-limpieza*



Imagen 33: Hervidor libre de las oficinas, después de la limpieza.

- Las incrustaciones del hervidor libre del sector de oficinas, corresponden al uso del personal durante 42 días, debido a que la última limpieza se realizó el 26 de Septiembre.

5.6.2.5. Comentarios y consideraciones

- Las limpiezas se realizaron utilizando un detergente lavalozas Quix y una esponja de lava platos, evitando el uso excesivo de fuerza.
- Se observa claramente la diferencia en la condición final de cada hervidor, donde el hervidor con agua tratada, queda en mejores condiciones luego de una limpieza simple.
- Cabe mencionar que la condición inicial del hervidor con agua tratada es favorable para su limpieza, debido a la limpieza “por error” que ocurrió días antes (sábado 24 de Noviembre). Sin embargo, dicha limpieza, se realizó utilizando tan solo un paño, agua y el mínimo esfuerzo, pasando de la condición que se observa en la imagen de la **Semana 14** (punto **1.3**), a una condición equivalente a lo que se observa en la **Imagen 31**, en excelente estado.

5.7. Test de Espuma

Esta prueba consistió en verificar a grandes rasgos, el aumento en la generación de espuma tanto en un vaso con detergente como en una esponja de lava platos, debido al uso de agua tratada con el acelerador iónico.

5.7.1. Espuma en vaso con agua

La prueba consistió en revolver 250 [ml] de agua con una cucharadita de detergente lavalozas Quix, con una cucharita metálica durante 1 [min], y registrar fotográficamente lo ocurrido.



Imagen 34: De izquierda a derecha; taza blanca utilizada para la dosis de 250 [ml] aprox. de agua, y atrás el tazón donde se realizaron las mezclas. Luego, están las dosis de detergente para el test con agua no tratada y con agua tratada, respectivamente.



Imagen 35: Condición final de la mezcla de agua con lavalozas luego de revolver por 1 [min]. Agua no tratada del sector de oficinas, y agua tratada del sector de laboratorio, de izquierda a derecha, respectivamente.

Comentarios:

- No se observa una diferencia importante entre ambos resultados.
- Se puede realizar una prueba más parámetros y con condiciones más controladas que las mencionadas en este test, de características simples. Por ejemplo, agregar a la prueba otros detergentes utilizados en el hogar, como por ejemplo los detergentes de ropa o los jabones, y así verificar el cambio en su eficiencia según el agua que se utilice (tratada o no).
- También se podría verificar la duración de la espuma generada.

5.7.2. Espuma en esponja de lava platos

En primer lugar, se dejaron en remojo ambas esponjas por 1 [min] (condición inicial en la **Imagen 36**), y se aplicaron 2 gotas de detergente lavalozas Quix, para luego estrujarlas con la mano y fomentar la generación de espuma, de forma y velocidad equivalente para cada esponja. Paralelamente se registró fotográficamente lo ocurrido.

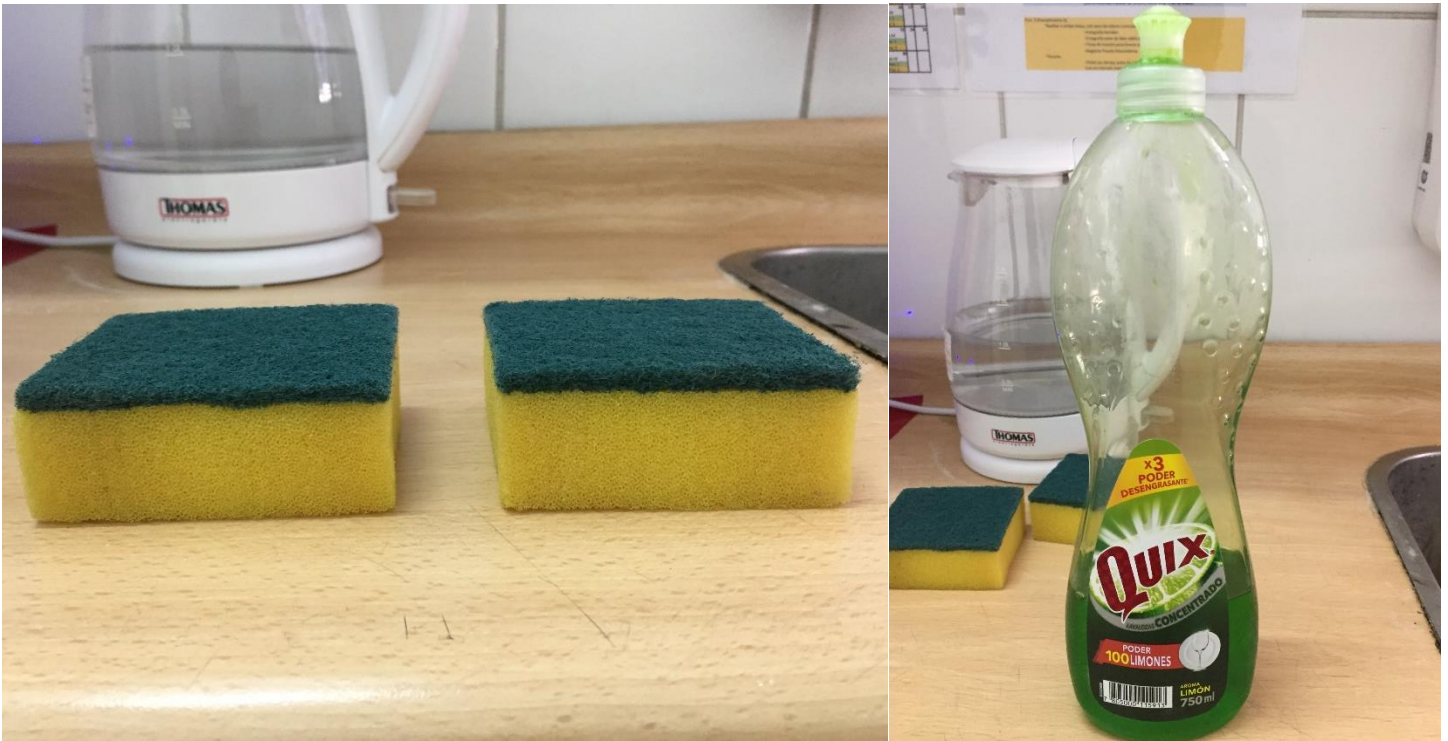


Imagen 36: Condición inicial de las esponjas lava platos nuevas, y el detergente lavalozas Quix, utilizados para la prueba.



Imagen 37: Condición de remojo por 1 [min] de las esponjas en agua, y dosis de Quix utilizadas para la prueba, con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha respectivamente.

- El procedimiento consistió en estrujar cada esponja húmeda con la dosis de Quix, durante 10 tiempos, en dos direcciones perpendiculares, y dejarlas reposar fotografiándolas cada cierto tiempo. Lo anterior se realizó en dos intentos, pero sin volver a aplicar la dosis de Quix.

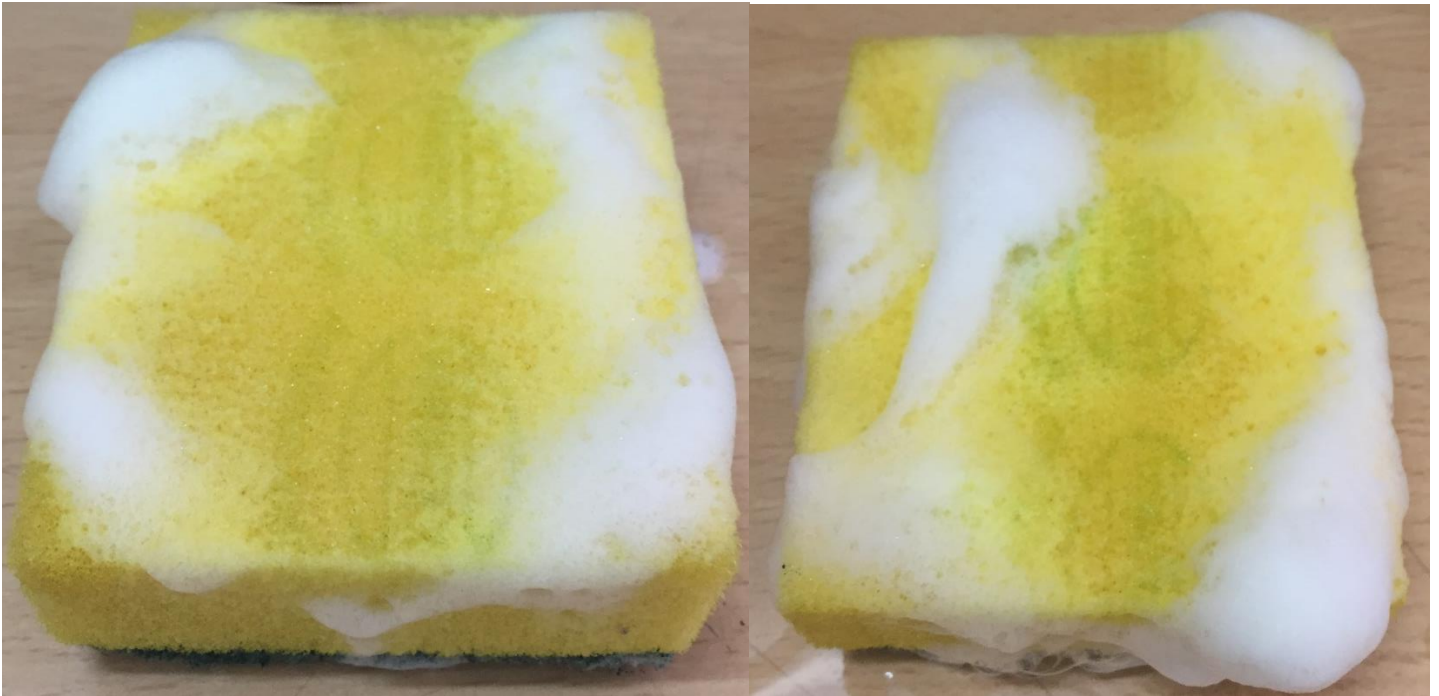


Imagen 38: Esponjas lava platos, luego de 0 [min] desde que fueron estrujadas por primera vez, con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha respectivamente.

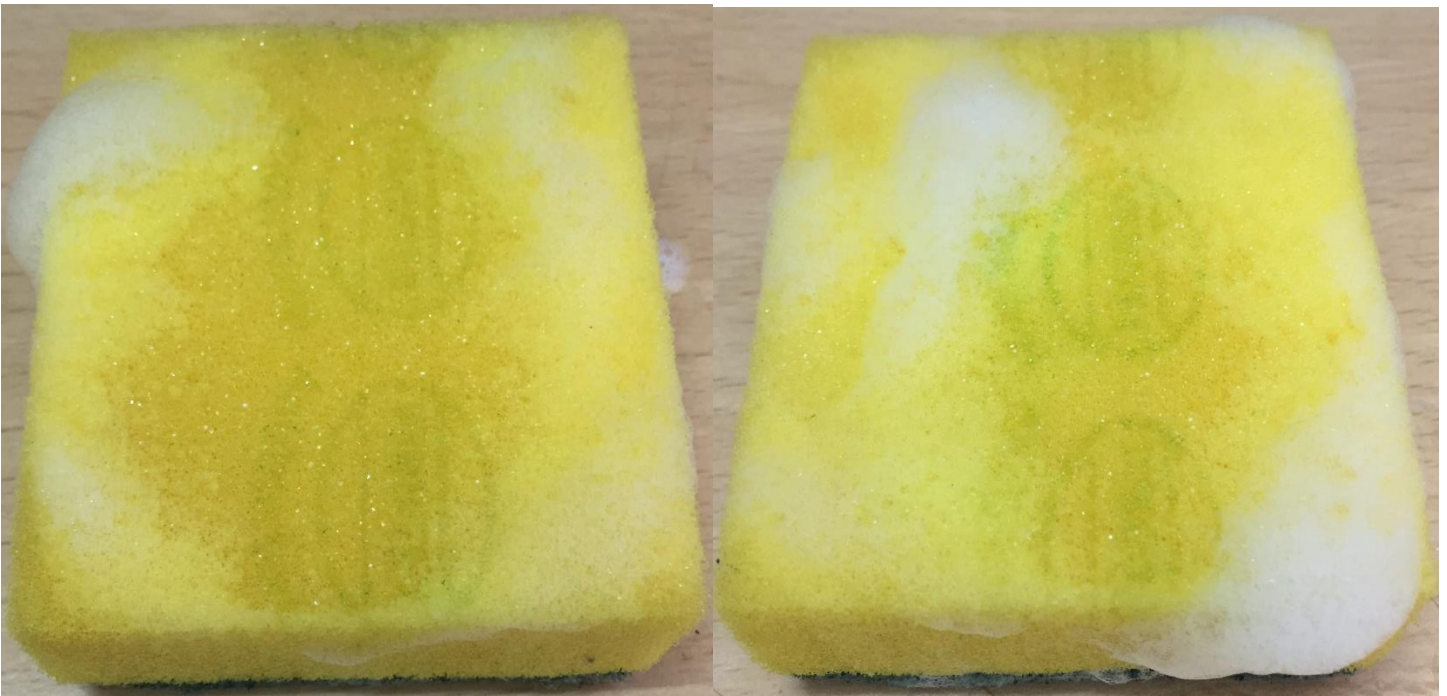


Imagen 39: Esponjas lava platos, luego de 4 [min] desde que fueron estrujadas por primera vez, con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha respectivamente.

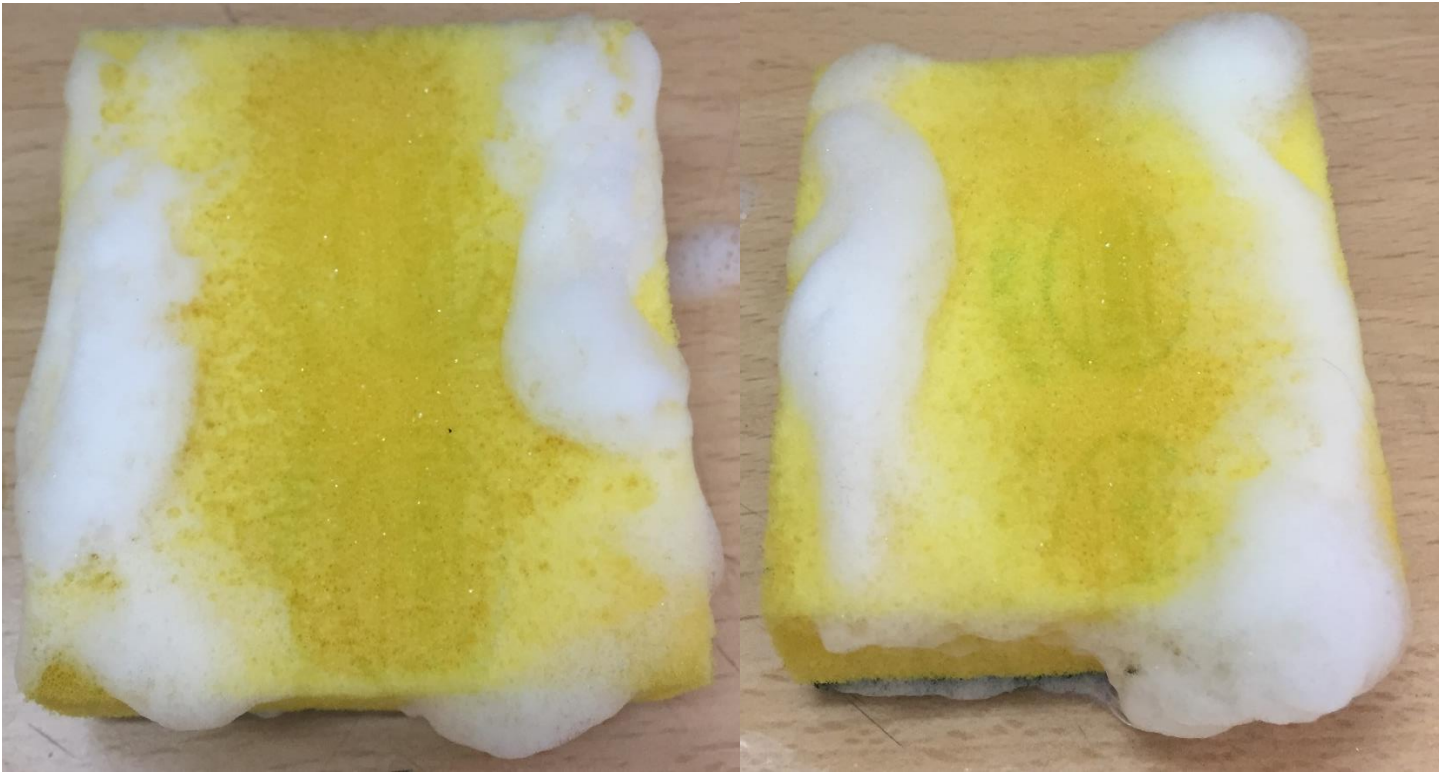


Imagen 40: Esponjas lava platos, luego de 0 [min] desde que fueron estrujadas por segunda vez, con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha respectivamente.

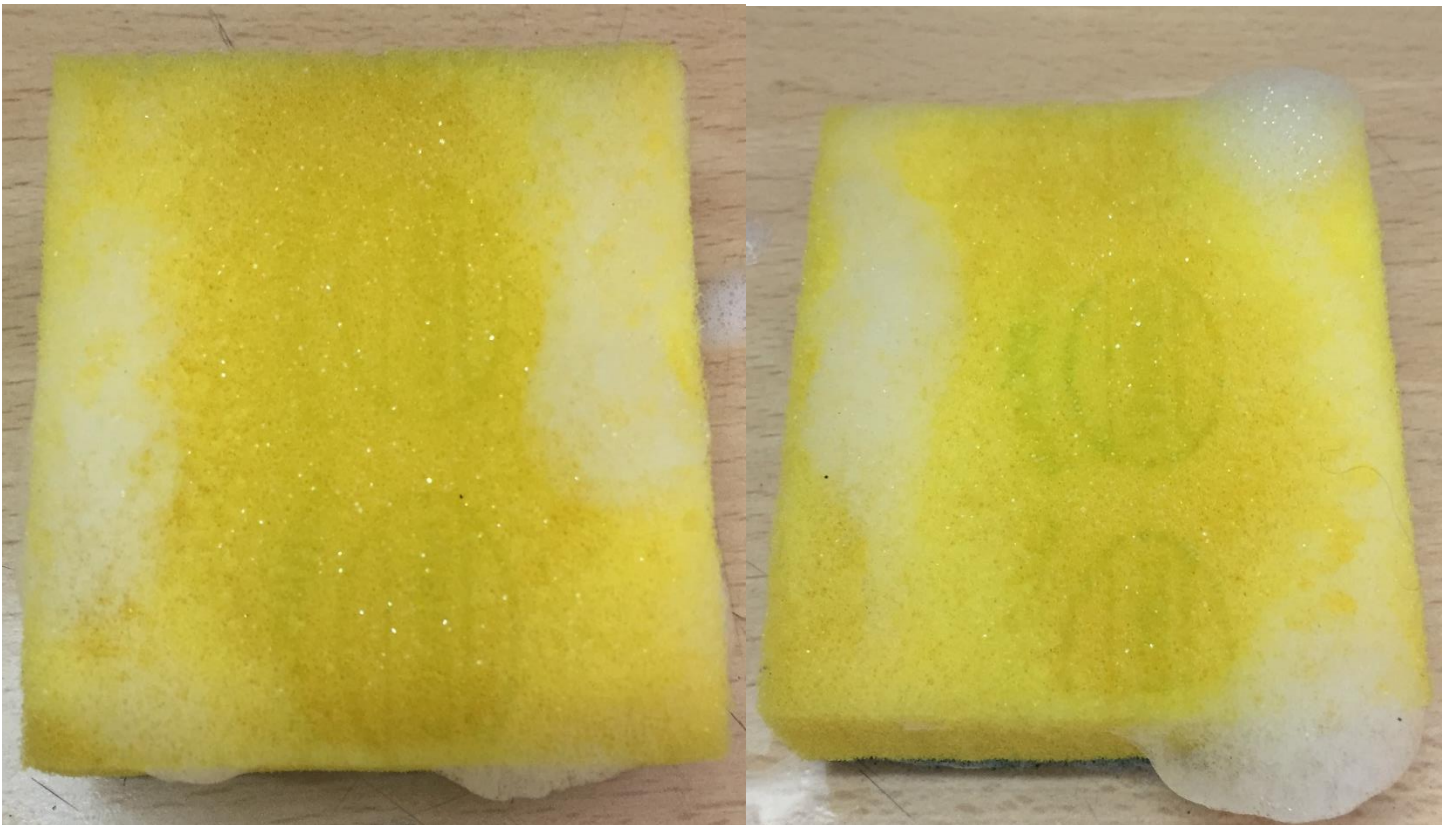


Imagen 41: Esponjas lava platos, luego de 5 [min] desde que fueron estrujadas por segunda vez, con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha respectivamente.

- No se observan diferencias significativas entre las espumas generadas de ambas esponjas, tanto en el primero como en el segundo intento.

5.8. Test de Sabor

5.8.1. Consideraciones de la prueba

El día martes 27 de Noviembre, en las oficinas del complejo Campos de Deportes, Iquique, se realizó el Test de Sabor, el cual consistió en preguntarles a 6 personas, que quisieron participar de la prueba, acerca de su percepción sensorial al probar agua tratada y no tratada con el acelerador iónico, sin que ellos distinguieran el origen del agua que estaban probando, para finalmente registrar y analizar sus respuestas.

5.8.1.1. Materiales de la prueba

- 2 vasos de vidrio iguales.
- Termómetro, con sensibilidad de 0,1 [°C].
- 2 botellas esterilizables de vidrio, de 2 [lt] de capacidad.
- Recipiente plástico (para acumular lo descartado del enjuague).



Imagen 42: Vasos de vidrio y botellas esterilizables, utilizadas en el test.



Imagen 43: Lugar del test, en las oficinas del complejo Campos de Deportes, Iquique.

5.8.1.2. Condiciones de la prueba

- Los pasos siguientes, se realizaron de idénticos para cada línea de agua, nombrando la botella con agua tratada del laboratorio como **1**, y al agua sin tratamiento de las oficinas como **2**.
- 1) Se dejó correr el agua por 10 [s].
 - 2) Se enjuagó la botella revolviendo y batiendo.
 - 3) Luego de botar el agua de enjuague, se llenó la botella con agua hasta 1,8 [lt] y se marcó con el número correspondiente.
 - 4) Se dejó enfriar en el refrigerador, durante 2 [hrs], ingresando a las 11:08 horas.



Imagen 44: Botella con agua sin y con tratamiento, de izquierda a derecha, en su condición de enfriamiento.

- 5) A las 13:07 horas, se retiran las botellas del refrigerador, dejándolas a temperatura ambiente en el sector donde se realizará la prueba, y así asegurar una temperatura homogénea para cada muestra de agua.

- Durante la prueba, los participantes tuvieron que responder las siguientes preguntas*:

- P1. ¿Qué sabor o sensación le dejó el agua del vaso X? (Luego se mencionan los adjetivos para ayudar al participante**).
- P2. ¿Qué sabor o sensación le dejó el agua del vaso Y? (Luego se vuelven a mencionan los adjetivos para ayudar al participante**).
- P3. ¿Sintió alguna diferencia entre el vaso 1 y el vaso 2? ¿Qué vaso le gustó más? ¿Recomendaría para tomar uno más que otro?

* El momento en que se realizan las preguntas se menciona más adelante.

** Listado de adjetivos típicos para calificar el agua: ácido, agridulce, agrio, dulce, seco, fresco, refrescante, terroso, mojado, húmedo, humectante, salado, insípido, mineral, mineralizado, cloro, clorado y sabroso.

5.8.1.3. Procedimiento de la prueba

- 1) Transcurridas 2 [hrs] desde el retiro de las botellas del refrigerador, a las 15:01 se da inicio al test y se controla la temperatura de cada muestra.

Tabla 7: Temperatura del agua de cada botella, al iniciar la prueba.

Botella	Temperatura	Hora
N°	[°C]	
1	22,7	15:05
2	22,8	15:06

- 2) Posterior a la toma de temperatura de las muestras, se prepara el lugar de la prueba, dejándolo como lo muestra la **Imagen 43**, y se llenan hasta la mitad los vasos respectivos de cada botella.
- 3) A continuación, se realizó el test, que contó con la participaron 6 sujetos, los cuales debieron elegir uno de los vasos con agua (proveniente de la botella 1 o 2) y realizar lo siguiente:
 - a. Tomar un sorbo del vaso X que eligieron, dejándolo en la boca para realizar un enjuague y desecharlo en el balde rojo de la **Imagen 43**.
 - b. Tomar otro sorbo del mismo vaso, saborearlo en la boca para finalmente ingerirlo.
 - c. Responder la pregunta P1.
 - d. Repetir el paso a. y luego el b., pero con el otro vaso (el que no había sido elegido).
 - e. Responder la pregunta P2.
 - f. Responder la pregunta P3.
- 4) Luego de finalizar con el participante, se limpian los vasos y se llenan nuevamente hasta la mitad, desechando los restos de agua en el balde rojo. Así, se deja todo listo para el próximo participante.
- 5) A las 15:43 se da por finalizado el test, para luego limpiar y ordenar el lugar utilizado.

5.8.2. Resultados

Tabla 8: Respuesta de los participantes en el test de sabor.

N°	Hora	Nombre de participante	Vaso elegido	Respuestas
1	15:05	Carolina Silva	1	P1: Mineralizado.
			2	P2: Cloro.
			-	P3: La número 1 es más fuerte en sabor mineralizado.
2	15:10	Hilda Valenzuela	2	P1: Refrescante al principio, y luego deja la boca y lengua secas.
			1	P2: menos seca al final. Es menos fresca en la boca al principio que el número 2, pero deja la boca y la lengua
			-	P3: sensación. Muy parecidas en general, insípidas en términos de sabor, pero con diferencias en la
3	15:17	Juan Carlos Nieto	1	P1: Cloro.
			2	P2: Más gusto a cloro, siendo más fuerte su sensación.
			-	P3: El cloro me perturbó la prueba y las sensaciones.
4	15:24	Karen Gallegos	1	P1: Es como agua mineral sin gas, como de bidón de filtro, no de llave.
			2	P2: Sabe a agua de la llave, con un fuerte gusto a cloro.
			-	P3: Encontré mucha diferencia entre ambas, y la 1 me gustó más, ya que se siente como agua purificada de bidón.
5	15:30	Rodrigo Mesías	1	P1: Tiene sabor a agua mineral sin gas, de la que venden embotellada.
			2	P2: cañerías de fierro. Es como agua de la llave, más seca, tierrosa, como si el agua pasara por kilómetros de
			-	P3: La primera la sentí más refrescante.

6	15:37	Cindy Corrotea	1	Sabe a agua de la llave, sin olor a cloro, y como si hubiese pasado por cañerías de metal o P1: fierro.
			2	P2: Tiene sabor a agua de la llave hervida, dejando una sequedad final.
			-	P3: Muy pequeña la diferencia, pero ninguna es como agua purificada de bidón.

5.8.2.1. Diagrama analítico de respuestas

Con las respuestas de los participantes, se analizó y clasificó la percepción del sabor del agua como:

- Azul: Preferencia por agua tratada.
- Naranja: Indiferencia.
- Gris: Preferencia por agua sin tratar.

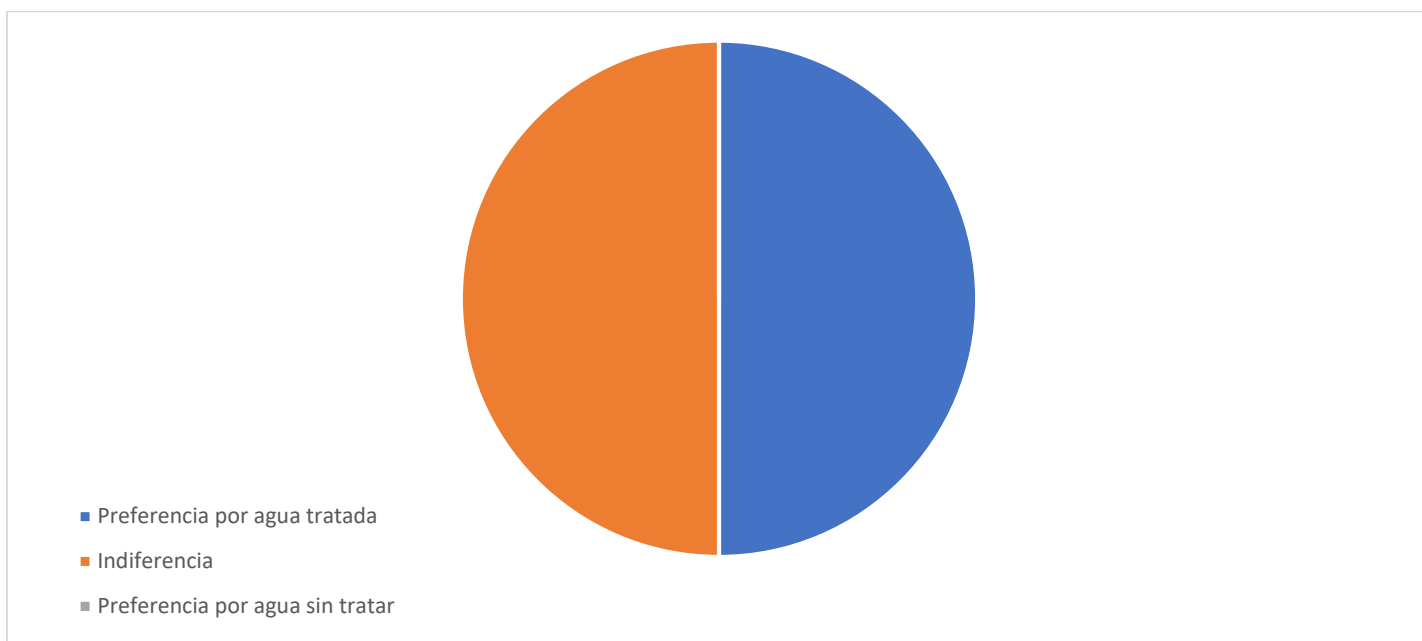


Ilustración 1: Esquema porcentual de las preferencias de sabor de los vasos probados.

5.8.3. Comentarios

- Si bien se observa una preferencia por el agua tratada, la indiferencia muestra que para algunas personas no es tan llamativo el cambio perceptual en el sabor, posiblemente debido a la característica personal en cuanto al gusto adquirido del sabor del agua que cada participante espera o se acostumbra a tomar. Sin embargo, al no existir preferencia contundente sobre el agua sin tratar, sugiere un buen antecedente en cuanto a la aprobación del uso del acelerador iónico para líneas de agua potable del hogar, y su efecto en el sabor del agua.
- Para obtener resultados más concluyentes, se debería ampliar el espectro utilizado, tanto de participantes, como de tipo de agua tratada, ya que las características propias de las aguas de origen darán distintos y variados sabores al agua de la llave, incluso en algunos casos independientes de las concentraciones de dureza.

5.9. Índice de Langelier

5.9.1. Consideraciones generales

El índice de Langelier hace referencia al equilibrio del agua, mostrando su carácter corrosivo o incrustante, y se calcula mediante fórmulas que utilizan los siguientes parámetros:

- Dureza cálcica
- Temperatura
- Alcalinidad Total
- pH
- Sólidos disueltos totales

Las dos fórmulas seleccionadas para este análisis son las siguientes:

$$IL = pH + TF_1 + HF_1 + AF_1 - 12,5 \quad (1)$$

Donde:

- IL : Índice de Langelier.
- pH : pH de la muestra de agua.
- TF_1 : factor que depende de la temperatura, según la **Tabla 11** (ver Anexos).
- HF_1 : factor que depende de la dureza cálcica, según la **Tabla 11** (ver Anexos).
- AF_1 : factor que depende de la alcalinidad total, según la **Tabla 11** (ver Anexos).
- 12,5: correspondiente a los sólidos disueltos totales, que asume dicho valor por simplificación, dadas las características homogéneas de las aguas potables.

$$IL = pH + TF_2 + HF_2 + AF_2 - ACF - SDF \quad (2)$$

Donde:

- IL : Índice de Langelier.
- pH : pH de la muestra de agua.
- TF_2 : factor que depende de la temperatura, según la **Tabla 12** (ver Anexos).
- HF_2 : factor que depende de la dureza cálcica, según la **Tabla 12** (ver Anexos).
- AF_2 : factor que depende de la alcalinidad total, según la **Tabla 12** (ver Anexos).
- ACF : factor que depende de la presencia de ácido cianúrico, utilizado solo para aguas de piscinas, por lo que, para este análisis es cero.
- SDF : factor correspondiente a los sólidos disueltos totales, según la **Tabla 12** (ver Anexos).

Una vez calculado el índice de Langelier, se determina que tan corrosiva o incrustante es el agua en cuestión, según:

- 1) $IL < 0,0$ – Agua corrosiva.
 - 2) $IL = 0,0$ – Agua perfectamente balanceada.
 - 3) $IL > 0,0$ – Agua incrustante (propensa a formar sarro).
- Cabe mencionar que un valor de IL entre $-0,3$ y $0,3$, pertenece a agua aceptable, sin embargo el valor ideal siempre será de $0,0$, o lo más cercano posible.

Es así como, durante la 13ava semana de prueba, los días 12, 14 y 16 de Noviembre, se tomaron muestras de agua de ambas líneas en cuestión, y se analizaron en el laboratorio para obtener los parámetros necesarios, y así calcular el índice de Langelier del agua potable, con y sin tratamiento, respectivamente.

5.9.2. Resultados

Los resultados del índice de Langelier para cada línea de agua en análisis, según las ecuaciones (1) y (2), se muestran a continuación (cabe mencionar que, para la obtención de los factores, se utilizaron regresiones lineales y logarítmicas según las tablas mencionadas):

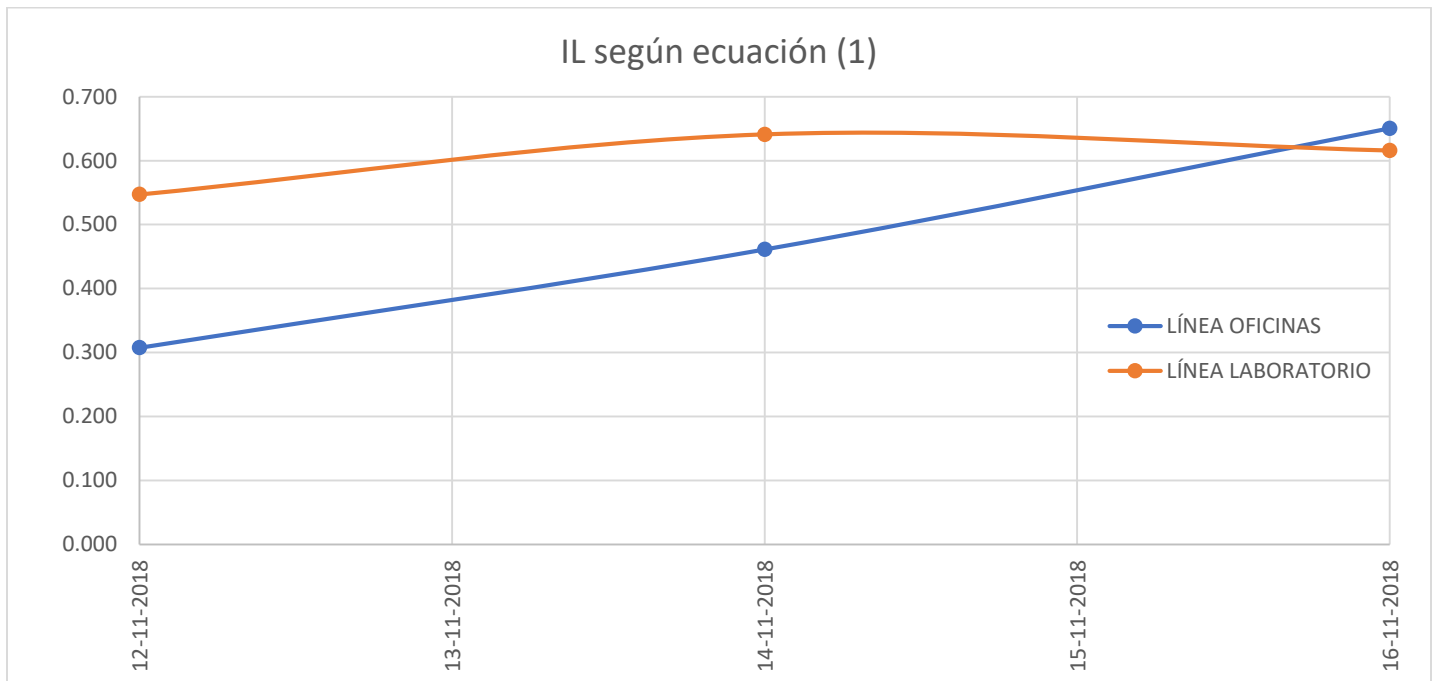


Gráfico 9: Índice de Langelier según ecuación (1), en función del tiempo.

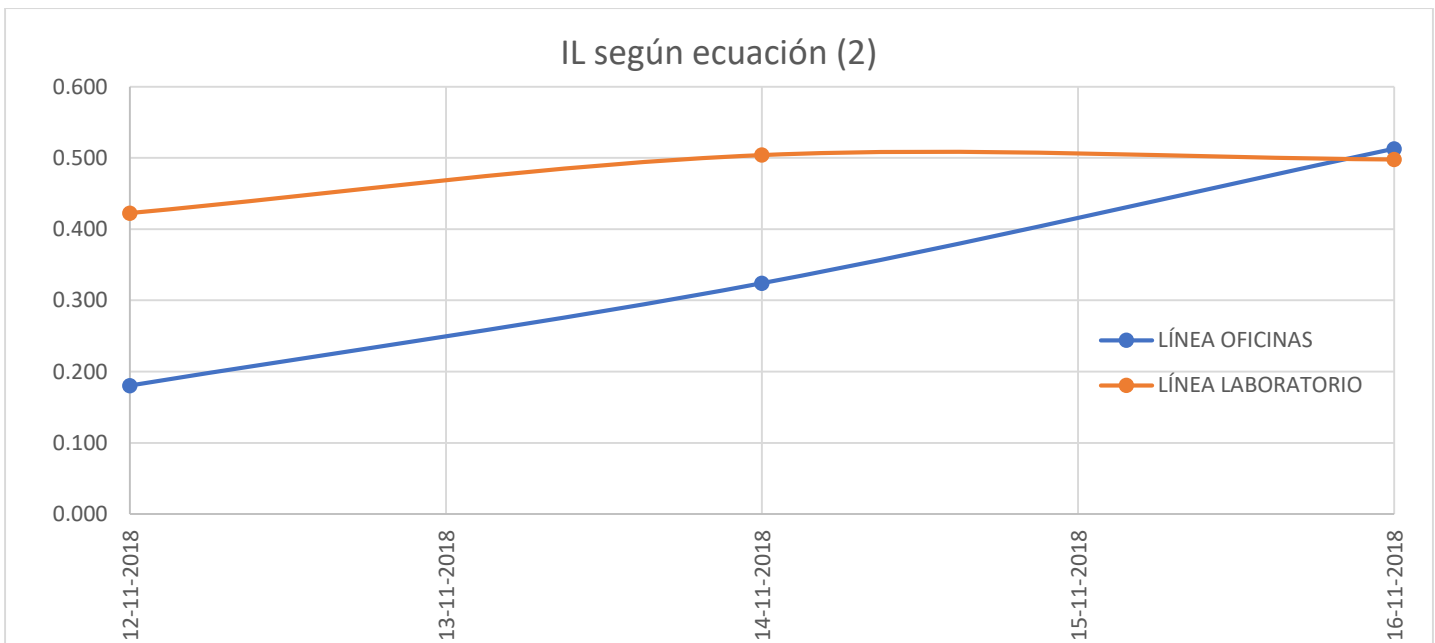


Gráfico 10: Índice de Langelier según la ecuación (2), en función del tiempo.

Tabla 9: Promedios de los índices de Langelier obtenidos en la semana de análisis, según las ecuaciones (1) y (2).

ÍNDICE DE LANGELIER (1)		ÍNDICE DE LANGELIER (2)	
LÍNEA OFICINAS	LÍNEA LABORATORIO	LÍNEA OFICINAS	LÍNEA LABORATORIO
0.473	0.601	0.339	0.475

5.9.3. Comentarios

- Los gráficos muestran una variación diaria importante en los valores del IL obtenidos, independiente de la línea de agua en análisis, dando a entender que el agua potable de la zona posee una alta variabilidad en cuanto a los parámetros que componen el índice. Para un mejor análisis, se recomienda realizar la prueba por más días.
- Si bien los índices dan valores de aguas incrustantes (siempre mayores a cero), como lo era de esperar por la importante dureza de las aguas analizadas, estas escapan del rango de aceptabilidad en cuanto a un agua relativamente balanceada, siendo en todo momento, independiente de la ecuación utilizada, en promedio mayores que 0,3.
- Se observó que, durante los 2 primeros días de tomas de muestras, el IL fue mayor para la línea con tratamiento, y que solo el último y tercer día fue menor que el IL para la línea sin tratar (independiente de la ecuación utilizada), lo cual contradice lo observado en cuanto al potencial desincrustante del agua tratada. Sin embargo, se recomienda realizar un análisis por mayor tiempo, para obtener resultados más concluyentes, dada la variabilidad de los parámetros mencionados.

5.10. Conductividad eléctrica

Aprovechando la toma de muestras realizada para el Índice de Langelier y la disponibilidad del laboratorio, se analizó la conductividad del agua de cada línea durante los días 12, 14 y 16 de Noviembre, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 10: Conductividad eléctrica de cada línea en análisis.

FECHA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [uS/cm]	
	LÍNEA OFICINAS	LÍNEA LABORATORIO
12-11-2018	1657	1654
14-11-2018	1670	1662
16-11-2018	1659	1656
PROMEDIO	1662	1657

- Se observa de la **Tabla 10**, que no existe una diferencia significativa de la conductividad entre cada línea de agua, salvo que para la línea de oficinas (sin tratamiento) resultó, en todos los casos, un poco mayor que para la línea del laboratorio, posiblemente debido a la ionización del agua tratada. Por otra parte, queda demostrado nuevamente la variabilidad de los parámetros en el tiempo.
- En muchos casos, la conductividad está directamente vinculada a la cantidad de sólidos totales disueltos, es por esto que para el agua potable se espera que esté en un rango de 50 a 500 [uS/cm] (50000 [uS/cm] para el agua de mar). Sin embargo, y por las características propias de las aguas extraídas de las napas de suelos nortinos, altamente mineralizadas, la conductividad es mucho mayor a lo esperado, lo cual en ningún caso supone algún tipo de problema, para la salud o para la industria sanitaria.

6. Comentarios finales

- 1.1. Con los antecedentes, pruebas y registros realizados, se verifica la eficacia del sistema Acelerador Iónico en cuanto al cambio en la estructura de la molécula de calcita, a su forma aragonita, generando así un efecto desincrustante. Dicha desincrustación requiere un seguimiento y protocolo inicial de las líneas intervenidas debido al arrastre de calcita incrustada inicialmente, dado el efecto desincrustante del sarro depositado en el pasado, dentro de las cañerías.
- 1.2. En cuanto al efecto del acelerador sobre el uso diario de los hervidores, se verifica una marcada diferencia entre el tipo de depósitos de cada línea, en donde la incrustación en el fondo de los hervidores con agua sin tratamiento es evidente y requiere de sustancias (como el ácido cítrico) para su remoción. Por otra parte, en la línea con tratamiento, los hervidores poseen una decantación en forma de polvillo fino (carbonato de calcio en su forma aragonita), que solo necesita de un paño y agua para su remoción. Sin embargo, por las características de la prueba, la acumulación de los 500 [ml] de agua hervida, fomentó la acumulación progresiva de carbonato de calcio, tanto en su forma incrustada como calcita (línea de oficinas, sin tratamiento), como en su forma decantada como aragonita (línea de laboratorio, con tratamiento).
- 1.3. Existe una pequeña diferencia en la velocidad del flujo para ambas líneas, dadas las singularidades de cada una;
 - 1.3.1. Tiempo de llenado del hervidor (1,8 [lt]), con la llave de sector laboratorio: 13.42 [s]
 - 1.3.2. Tiempo de llenado del hervidor (1,8 [lt]), con la llave de sector oficinas: 21.35 [s]

***Esta pequeña diferencia se debe a las diferencias propias de cada línea, sea presión, material, longitud y diámetro por donde fluye el agua.*
- 1.4. Con los tiempos de llenado del hervidor, se realiza una pequeña aproximación del flujo de agua diario de cada una, tomando las siguientes consideraciones:
 - 1.4.1. Existe un uso fijo del agua de la llave, dado por el llenado 3 veces al día del hervidor controlado para ambas líneas.
 - 1.4.2. Por un análisis comparativo entre los residuos de los hervidores libre y controlado, se estima que el hervidor libre se llena, al menos, el doble de las veces que el controlado, dejando 6 veces de llenados al día.
 - 1.4.3. Se estima el que uso de agua para lavado de manos o losa, equivale a 10 [min] de agua corriendo al día, por línea.

Con dichas consideraciones, y agregando un llenado más del hervidor como factor de seguridad, se estima que el uso del agua de la llave equivale a 10 llenados de hervidor más 10 [min] de agua corriendo, o aproximadamente a:

 - 1.4.3.1. Tiempo del agua corriendo, en la llave del sector laboratorio: 12 [min] y 15 [s].
 - 1.4.3.2. Tiempo del agua corriendo, en la llave del sector oficinas: 13 [min] y 34 [s].
 - 1.4.4. Adicionalmente, durante las 6 semanas del período de “Re-lavado de la línea del laboratorio”, se agregaron 30 [min] de agua corriendo al día, para cada línea, llegando así a casi 45 [min] de agua corriendo por dichas semanas.
- 1.5. Se deja en evidencia la necesidad de una limpieza con ácido cítrico del filtro, debido a que las limpiezas manuales no logran disminuir la pérdida de carga producto de la posible incrustación del filtro (según las diferencias porcentuales mostradas por la **Tabla 4** y también por la **Tabla 5**). Lo anterior se puede realizar sin perjudicar el funcionamiento de los procesos del laboratorio, debido a la llegada del filtro de repuesto, gestionada por el proveedor.
- 1.6. Debido a la saturación periódica del filtro, se comprueba la existencia de sólidos suspendidos de tamaño igual o mayor a 50 [micras], en el agua potable distribuida.

- 1.7.** Se verifica también una percepción positiva en cuanto a la sensación y sabor del agua pasada por el acelerador iónico, según el test de sabor realizado. Sin embargo, para obtener resultados más concluyentes de debería realizar una prueba con una mayor muestra de individuos.
- 1.8.** El test de espuma se realizó según un procedimiento muy simple, para tratar de igualar a una prueba realizada por un cliente del agua potable que quisiera comparar cualitativamente su generación de espuma con un vecino. Se puede realizar una prueba más controlada, midiendo exactamente las dosis tanto de agua como de detergente, así como también mecanizar el procedimiento de estrujar la esponja, que son susceptibles a errores experimentales.
- 1.9.** Las diferencias en las concentraciones promedio de los parámetros controlados, mostrados en la **Tabla 6**, no son concluyentes debido a la variabilidad de estos en el tiempo.
- 1.10.** En cuanto a las diferencias entre los parámetros químicos de cada línea, necesarios para el cálculo del Índice de Langelier, se debe tener en cuenta que el tratamiento de aceleración iónico es de carácter físico, por lo que las diferencias químicas entre las muestras podrían deberse a la retención de partículas por el filtro del acelerador, las diferencias propias del diseño de cada línea (largo, diámetros y materiales, entre otros), o incluso un efecto inesperado en la química del agua producto de la aceleración e ionización.
- 1.11.** Se deja constancia de la posible diferencia en la eficiencia eléctrica entre cada hervidor, debido a que la capa incrustada del hervidor de la línea sin tratamiento, posiblemente disminuya la eficiencia eléctrica del mismo, en comparación a la línea tratada, en la que solo existiría un polvillo decantado que no quedaba en permanente contacto con la base del hervidor, donde se genera el traspaso de calor. Es así como se recomienda realizar una prueba en el futuro, para verificar dicho supuesto.
- 1.12.** Como recomendaciones finales, sería bueno realizar una prueba de comparación a mayor escala, y con la totalidad de artefactos del baño, cocina y electrodomésticos que interactúan con el agua potable en un hogar estándar, y así lograr resultados más completos en cuanto al cambio en la percepción del cliente por el uso del sistema desincrustante. También se recomienda realizar una prueba piloto con una tubería incrustada en su interior con calcita (sarro), de un espesor considerable, y estudiar la velocidad de limpieza, y las características del agua de salida producto de la desincrustación general sobre tuberías, entre otros.
- 1.13.** Como observación, y luego de conversar con los usuarios habituales de la línea tratada del laboratorio, la percepción de ingerir el carbonato cálcico (en su forma aragonita), en vez de dejarlo incrustado en las tuberías o hervidores (en su forma calcita), generaba en algunos casos recelo e inseguridad.
- 1.14.** Finalmente, agradecer a todos los que ayudaron y aportaron durante los meses de la prueba, en especial a Alberto Kresse, Hilda Valenzuela, Andrés Aracena, David Zaharia, Fabiola Vega, y todos los participantes del test de sabor, los que gracias a su apoyo, disposición y participación permitieron un correcto desempeño de todas las pruebas y actividades.

Reporte realizado por:

Felipe Marchant Mellado
Memorista de Ingeniería Civil
Universidad Técnica Federico Santa María
felipe.marchantm@alumnos.usm.cl
Cel: (+56) 985539080

7. Anexos

- Tablas utilizadas para el cálculo del índice de Langelier.

Tabla 11: Para la obtención de los factores de la ecuación (1).

Temperatura [°C]	TF ₁	Dureza Cálctica [mg/l CaCO ₃]	HF ₁	Alcalinidad [mg/l CaCO ₃]	AF ₁
0	0	5	0.7	5	0.7
4	0.1	25	1.4	25	1.4
8	0.2	50	1.7	50	1.7
12	0.3	75	1.9	75	1.9
16	0.4	100	2.0	100	2.0
20	0.5	150	2.2	150	2.2
24	0.6	200	2.3	200	2.3
28	0.7	250	2.4	250	2.4
32	0.7	300	2.5	300	2.5
36	0.8	400	2.6	400	2.6
40	0.9	500	2.7	500	2.7
50	1	1000	3.0	1000	3.0

Tabla 12: Para la obtención de los factores de la ecuación (2).

Temperatura [°C]	TF ₂	Dureza Cálctica [mg/l CaCO ₃]	HF ₂	Alcalinidad [mg/l CaCO ₃]	AF ₂	SDT [mg/l]	SDF
0	0	5	0.3	5	0.7	<1000	12.10
2.78	0.1	25	1.0	25	1.4	1000	12.19
7.78	0.2	50	1.3	50	1.7	2000	12.29
11.67	0.3	75	1.5	75	1.9	3000	12.35
15.56	0.4	100	1.6	100	2.0	4000	12.41
18.89	0.5	150	1.8	150	2.2		
24.44	0.6	200	1.9	200	2.3		
28.89	0.7	300	2.1	300	2.5		
34.44	0.8	400	2.2	500	2.6		
40.56	0.9	800	2.5	800	2.9		

- Las técnicas utilizadas por el laboratorio para determinar los distintos parámetros del presente informe, se detallan a continuación.

Tabla 13: Técnicas utilizadas por el laboratorio de Campos de Deportes, Iquique.

Parámetro	Técnica	Unidad
Alcalinidad total	Volumétrica	mg/L CaCO ₃
C.E. Lab (Conductividad)	Electrométrico	uS/cm
Dureza Cálctica	Complejo métrica	mg/L CaCO ₃
Dureza total	Complejo métrica	mg/L CaCO ₃
pH-lab	Electrométrico	-
SDT	Gravimétrico	mg/L
TU-lab (Turbiedad)	Nefelométrico	UNT