

Control de la calidad del agua
**como eje fundamental
para el desarrollo de un
análisis químico.**



Evaluación de la calidad de agua generada por un equipo purificador para uso en laboratorios de análisis químico

Evaluation of the Water Quality Produced by a Purification System for Use in Chemical Analysis Laboratories

RESUMEN

El presente trabajo de investigación aplicada y descriptiva tiene como objetivo principal evaluar la Calidad del agua purificada para uso de laboratorio de análisis químicos. Es una propuesta muy útil y sencilla que fue aplicada a un sistema de purificación de agua para los laboratorios de un instituto de educación superior en el Perú.

La presente investigación consistió en las siguientes etapas:

- Reconocimiento del proceso de purificación del agua mediante los equipos de ósmosis inversa y agua ultra pura.
- Caracterización del agua de alimentación (agua de poza), agua osmotizada y agua ultra pura. Se aplica un plan de muestreo y los parámetros fisicoquímicos a determinar.
- El análisis de resultados señala que el agua obtenida por el equipo de purificación no se encuentra en los niveles deseados según recomendaciones de las normas ISO 3696 y ASTM D1193. El agua osmotizada no encaja en ninguna categoría y el agua ultrapura realmente es del tipo 3 (III).

Finalmente, se concluye que la calidad de agua obtenida de ambos equipos no son las esperadas, esto significa que hay necesidad de un mantenimiento de los equipos de purificación por parte del proveedor.

ABSTRACT

This applied and descriptive research aims to evaluate the quality of purified water for use in chemical analysis laboratories. It is a very useful and simple proposal that was applied to a water purification system for the laboratories of a higher education institution in Peru. This research consisted of the following stages:

- *Recognition of the water purification process through reverse osmosis equipment and ultrapure water.*
- *Characterization of the feed water (pond water), osmotized water, and ultrapure water. A sampling plan was applied, and the physicochemical parameters to be determined were established.*
- *The analysis of the results indicates that the water obtained from the purification system does not meet the desired levels according to the recommendations of ISO 3696 and ASTM D1193 standards. The reverse osmosis water does not fit into any category, and the ultrapure water is actually type 3 (III).*

Finally, it is concluded that the water quality obtained from both systems does not meet expectations, indicating the need for maintenance of the purification equipment by the supplier.



Palabras Claves

Agua purificada, ósmosis inversa, intercambio iónico, Normas ISO y ASTM.

Key words

Purified water, reverse osmosis, ion exchange, ISO and ASTM standards.

INTRODUCCIÓN

El uso del agua como solvente universal en los laboratorios de análisis químicos implica un mayor cuidado en cuanto a sus características fisicoquímicas, de manera que no afecte el resultado analítico de un ensayo. Es claro que el grado de pureza del agua en un laboratorio va a depender del uso que se le dé, es decir, según la técnica analítica aplicada. Un buen control de la calidad del agua puede ser fundamental en el desarrollo de un análisis químico.

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua purificada que se usa en los laboratorios de un instituto de educación superior. Es importante resaltar que esta investigación puede servir como referencia para su aplicación en otras instituciones.

Los parámetros a determinar estarán establecidos en función de normas internacionales, como la ISO 3696:1987 y ASTM D1193:2018, además de las recomendaciones del manual de los equipos de purificación de agua.

La ventaja de contar con los materiales, reactivos químicos, equipos instrumentales y ambientes adecuados permite realizar los ensayos de dureza, conductividad, etc., y disponer del recurso humano necesario para cumplir con los objetivos trazados.

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos para evaluar la calidad del agua que proporciona nuestro sistema de purificación y tomar acciones correctivas de ser necesario.

FUNDAMENTOS

Los parámetros de calidad del agua, como la dureza total, dureza cálcica, conductividad, entre otros, están definidos por diferentes

Tabla 1
Especificaciones según la norma ASTM D1193:2018

Parámetros Fisicoquímicos	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Conductividad eléctrica (máximo 25° C $\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,056	1,0	0,25	5,0
Resistividad (mínima a 25° C $\text{M } \Omega\text{-cm}$)	18	1,0	4,0	0,2
pH a 25° C	-	-	-	5,0 a 8,0
Carbono Orgánico Total (COT) máximo mg/L	50	50	200	-
Sodio (máximo $\mu\text{g}/\text{L}$)	1	5	10	50
Cloruros (máximo mg/L)	1	5	10	50
Silice Total (máximo $\mu\text{g}/\text{L}$)	3	3	500	-

Fuente: [1].

CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AGUA SEGÚN NC-ISO 3696: 2004

Agua de grado 1

Está libre de contaminantes como iones disueltos, coloides y materia orgánica. Es un agua de alta pureza, adecuada para los análisis más exigentes, como la cromatografía líquida HPLC.

normas de organismos prestigiosos, que proporcionan a los usuarios las características mediante criterios cuantitativos. Es importante hacer un resumen de las clasificaciones más relevantes sobre la calidad del agua en laboratorios de análisis químico.

CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AGUA SEGÚN ASTM 1193: 2018

Agua del tipo I

Es el agua de más alta calidad, requerida para análisis de máxima exactitud y precisión, generalmente en técnicas instrumentales como absorción atómica, ICP, cromatografía, biología molecular, cultivos celulares y secuenciación de ADN. Esta agua contiene un nivel mínimo de iones.

Agua del tipo II

Esta agua puede usarse para pruebas analíticas, como las de tipo clásico, así como en análisis hematológicos, serológicos y microbiológicos. La ASTM recomienda que esta agua se prepare mediante destilación [2].

Agua del tipo III

Se recomienda su uso para pruebas generales de laboratorio de tipo cualitativo, uroanálisis, y procedimientos histológicos y parasitológicos. También puede utilizarse para el enjuague previo de material de vidrio.

Agua del tipo IV

Aquí se alcanza una conductividad máxima de $5,0 \mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que su uso está recomendado para la preparación de ciertas soluciones y el lavado previo de material de vidrio.

Agua de grado 2

Contiene muy pocos contaminantes orgánicos e inorgánicos. Puede usarse en análisis instrumentales, como la espectrometría de absorción atómica [4].

Agua de grado 3

Recomendada para diversos análisis químicos en vía húmeda que no requieren una cuantificación estricta, así como para la preparación de reactivos.

Tabla 2
Especificaciones según ISO 3696: 1987 y la NC-ISO 3696:2004

Parámetros	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Conductividad eléctrica (máximo a 25 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,1	1	5
Resistividad ($\text{M } \Omega\text{-cm}$)	10	1	0,2
Absorbancia (UA a 254 nm)	0,001	0,01	-
Sílice total (máximo en mg/L)	0,01	0,02	1
pH	-	-	5,0 a 7,5

Fuente: [3].

TIPOS DE AGUA SEGÚN LAS TÉCNICAS DE PURIFICACIÓN

Agua destilada

Este es el método más antiguo, que consiste en calentar el agua hasta su punto de ebullición y condensar los vapores para obtener agua destilada. Se eliminan las sales, los sólidos en suspensión, la materia orgánica y los microorganismos [7].

Agua osmotizada

Se obtiene mediante la técnica de filtración por ósmosis inversa, que consiste en aplicar presión al agua para empujarla a través de una membrana semipermeable, filtrándola. La membrana permite el paso de moléculas de agua pura, reteniendo así las impurezas [5].

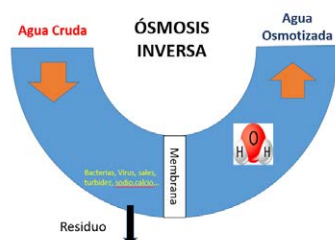


Figura 1. Proceso de ósmosis inversa

Fuente: Elaboración propia.

Agua ultrapura

En este trabajo, se considera agua ultrapura aquella que proviene de un equipo purificador EASYpure II, cuyo manual la clasifica como agua de tipo I según la norma ASTM. Este equipo debe ser alimentado con agua osmotizada, obtenida mediante un sistema de ósmosis inversa. En resumen, el proceso consiste en un sistema de ósmosis inversa seguido por un sistema de intercambio catiónico/aniónico.



Figura 2. Equipo purificador EASYpure II

Fuente: [6].

METODOLOGÍA

Por su finalidad, esta es una investigación aplicada, ya que busca contribuir con una metodología para evaluar la calidad del agua en laboratorios a partir de herramientas y métodos ya existentes.

Proceso de purificación del agua

Esta investigación se aplicó al sistema de purificación de agua de un instituto de educación superior en la carrera de Procesos Químicos y Metalúrgicos, cuyos laboratorios se abastecen de agua purificada.

El agua de alimentación proviene de una poza que pasa por un sistema de prefiltrado, con el fin de eliminar partículas de hasta 2 micras. Luego ingresa al sistema de ósmosis inversa (RO). El agua obtenida, a la que llamaremos «agua osmotizada», se almacena en un tanque para ser usada en los laboratorios de diversos cursos. Sin embargo, una parte de esta agua osmotizada ingresa al equipo purificador EASYpure II, que, mediante un sistema de intercambio iónico, proporciona agua ultrapura utilizada en los laboratorios de Química Analítica Instrumental [8].

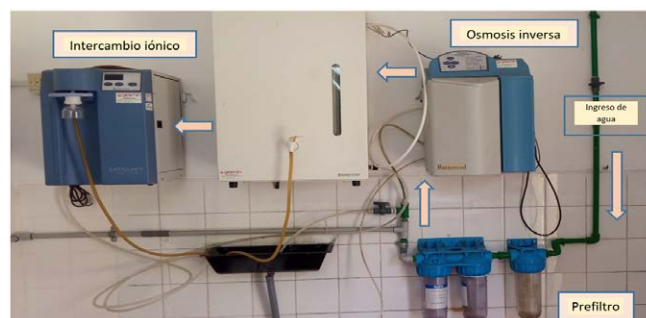


Figura 3. Sistema de purificación de agua para uso de laboratorios

Fuente: Elaboración propia.

Caracterización y muestreo

De acuerdo con los parámetros establecidos en las normas ISO 3696:1987 y ASTM D1193:2018, los manuales de los equipos de purificación y, sobre todo, la disponibilidad de equipos y reactivos químicos para realizar los análisis en el laboratorio de analítica, se planearon las siguientes mediciones y los muestreos que se llevarán a cabo según el plan siguiente.

Tabla 3
Plan de muestreo aplicado

Muestra de agua	Muestra puntual			Muestra compósito		
	Cantidad(L)	Frecuencia	Parámetros	Cantidad (L)	Frecuencia	Parámetros
Poza	200	3 veces / semana	1) Conductividad 2) Absorbancia 3) pH 4) Turbidez	300	100ml x 3 días/ semanal	1) Dureza total 2) Dureza Cálctica 3) Alcalinidad
Osmotizada	200	3 veces / semana	1) Conductividad 2) Absorbancia 3) pH 4) Turbidez	-	-	-
Ultrapura	200	3 veces / semana	1) Conductividad 2) Absorbancia 3) pH 4) Turbidez	-	-	-

RESULTADOS

Luego de aplicar los muestreos y análisis según lo planificado, se reportan los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 4
Resultados del agua de poza

N.º	Fechas	Absorbancia (UA)	Conductividad (uS/cm)	SDT (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Dureza Total(mg/L)	Dureza Ca(mg/L)	Alcalinidad HCO3(mg/L)	ISL
1	12-Oct	0,001	619	310	0,69	7,41				
2	14-Oct	0,001	660	330	0,61	7,40	168	128	178	-0,01
3	17-Oct	0,001	570	285	0,72	7,30				
4	19-Oct	0,001	662	331	0,71	7,40				
5	21-Oct	0,001	653	327	0,51	7,31	326	122	191	0,03
6	24-Oct	0,001	670	335	0,76	7,31				
7	31-Oct	0,001	638	319	1,03	7,35				
8	2-Nov	0,001	642	321	0,74	7,20	162	118	178	0,19
9	4-Nov	0,001	697	349	0,43	7,55				
10	7-Nov	0,001	657	329	0,67	7,39				
11	9-Nov	0,001	674	337	1,91	7,72	164	102	28	-0,61
12	11-Nov	0,001	648	324	1,87	7,56				
Promedio:		0,001	649	325	0,89	7,41	205	118	144	-0,10

Fuente: Elaboración propia

- El manual del equipo establece los siguientes requisitos: SDT (sólidos disueltos totales) ≤ 800 mg/L, turbidez ≤ 1 NTU, pH de 3 a 10, y ISL (Índice de Saturación de Langelier) < 1 .
- Se observa que, en promedio, se cumplen las condiciones fisicoquímicas del agua de alimentación para el equipo de ósmosis.

Tabla 5
Resultados del agua osmotizada

Nro.	Fechas	Absorbancia (UA)	Conductividad (uS/cm)	SDT (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH
1	12-Oct	0,000	14,02	7	0,31	5,62
2	14-Oct	0,000	14,36	7	0,32	5,89
3	17-Oct	0,000	16,43	8	0,33	6,09
4	19-Oct	0,000	15,65	8	0,24	5,99
5	21-Oct	0,000	18,93	9	0,36	6,12
6	24-Oct	0,000	22,50	11	0,16	6,03
7	31-Oct	0,000	33,70	17	0,24	5,95
8	2-Nov	0,000	18,70	9	0,2	6,75
9	4-Nov	0,000	18,24	9	0,27	5,87
10	7-Nov	0,000	25,60	13	0,3	5,87
11	9-Nov	0,000	25,4	13	0,21	6,56
12	11-Nov	0,000	20,22	10	0,33	6,3
Promedio:		0,000	20	10	0,27	6,09

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados muestran que la conductividad promedio de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ supera los estándares de cualquier tipo de agua purificada y, además, presenta un incremento progresivo, lo cual sugiere que hay un problema en el proceso de purificación.

Tabla 6
Resultados del agua ultrapura

N.º	Fechas	Absorbancia (UA)	Conductividad (uS/cm)	SDT (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH
1	12-Oct	0,000	1,57	1	0,23	5,12
2	14-Oct	0,000	1,82	1	0,17	5,82
3	17-Oct	0,000	1,76	1	0,21	5,69
4	19-Oct	0,000	0,45	0	0,24	5,50
5	21-Oct	0,000	1,18	1	0,28	5,90
6	24-Oct	0,000	0,74	0	0,15	5,99
7	31-Oct	0,000	1,74	1	0,22	7,32
8	2-Nov	0,000	1,22	1	0,18	5,18
9	4-Nov	0,000	0,92	0	0,21	6,60
10	7-Nov	0,000	1,98	1	0,26	6,07
11	9-Nov	0,000	1,95	1	0,25	7,60
12	11-Nov	0,000	1,6	1	0,22	5,20
Promedio:		0,000	1,4	1	0,22	6,00

Fuente: Elaboración propia.

- El valor promedio de la conductividad, de 1,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se aleja de los estándares de un agua tipo I, que según la norma ASTM D1193 debe ser $< 0,056 \mu\text{S}/\text{cm}$, y de un agua de grado 1, que según la norma ISO 3696 debe ser $< 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$.
- El agua osmotizada obtenida no cumple con los criterios de calidad según las normas ISO 3696:1987 y ASTM D1193:2018. La conductividad tiene un valor promedio de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cuando el máximo permitido debería ser 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El equipo que proporciona agua ultrapura está generando un agua de grado 3 y tipo III según las normas, lo que sugiere que, al ser alimentado con agua osmotizada de baja calidad, se provoca la saturación del equipo y, por ende, su mal funcionamiento.
- Se concluye que la calidad del agua obtenida de ambos equipos de purificación no es la esperada, lo que indica la necesidad de realizar un mantenimiento correctivo de los equipos.

CONCLUSIONES

De la presente investigación aplicada se concluye lo siguiente:

- El agua de alimentación al equipo de ósmosis cumple con los parámetros que el fabricante recomienda para el correcto funcionamiento del equipo.

- Los laboratorios pueden usar la conductividad eléctrica como único parámetro de control de la calidad del agua, ya que es más sencilla de medir y permite detectar la presencia de iones provenientes de impurezas, como las sales inorgánicas disueltas en el agua purificada.

REFERENCIAS

- [1]** American Society for Testing and Materials. (2018). *Standard specification for reagent water (ASTM D1193: 2018)*.
- [2]** British Standard. (1987). *Specification for water for laboratory use (BS 3978: 1987)*.
- [3]** International Organization for Standardization. (1987). *Water for analytical laboratory use – Specification and test methods (ISO 3696: 1987)*.
- [4]** Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *Agua para uso en análisis de laboratorio. Especificaciones y método de ensayo (NC-ISO 3696: 2004)*.
- [5]** Martínez Guijarro, M. (2021). *Agua con fines analíticos: calidad y sistemas de producción*. Universitat Politècnica de València, 1-10. <https://riunet.upv.es/handle/10251/162397>
- [6]** Valdivia, R. & Pedro, S. (2010). Agua para uso en laboratorios. *Boletín Científico Técnico INIMET*, (1), 3-10. <https://www.redalyc.org/pdf/2230/223017807002.pdf>
- [7]** Thermo Fisher Scientific. (2010a). *EASypure II Operating Manual (Rev. 0)*. <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LED/manuals/D01318~.pdf>
- [8]** Thermo Fisher Scientific. (2010b). *Diamond RO Operating Manual (Rev. 0)*. <https://www.apswater.com/images/diamond-ro-manual.pdf>

ACERCA DEL AUTOR

Iván Zacarías González Saavedra

Ingeniero químico por la Universidad Nacional del Callao (UNAC) con estudios de maestría en Gerencia de la Calidad y Desarrollo Humano de la Universidad Nacional del Callao (UNAC) y diplomado en Sistemas de Gestión de la Calidad en Laboratorios según ISO/IEC 17025 por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Posee experiencia profesional en el área de aseguramiento de la calidad en la industria de procesos y docente en los cursos de Química General (teoría y laboratorio), Físicoquímica, Operaciones Industriales, Matemática Aplicada y Química Analítica Clásica e Instrumental. También, tiene experiencia en sistemas de gestión de calidad, seguridad y medioambiente en la industria de procesos químicos.

@ igonzales@tecsup.edu.pe

@ ivanchemical2007@yahoo.com

Cristian Sánchez Ríos

Egresado de la carrera de Procesos Químicos y Metalúrgicos del instituto Superior Tecnológico Tecsup, con experiencia en análisis químico clásico e instrumental, actualmente se encuentra trabajando en un laboratorio de análisis químico acreditado con la norma ISO/IEC 17025 por el Instituto Nacional de Calidad (Inacal).



Recibido: 23-02-24
Revisado: 10-09-24
Aceptado: 24-09-24



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.