



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL  
FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

**Remoción de Arsénico por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal en aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno.**

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Medio Ambiente	Recursos Naturales y Medio Ambiente	

3. Duración del proyecto (meses)

**12 meses**

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	<input type="radio"/>
<u>Multidisciplinario</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>Director de tesis pregrado</u>	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>PALOMINO CUELA, GREGORIO</b>
<b>Escuela Profesional</b>	<b>INGENIERIA QUIMICA</b>
<b>Celular</b>	<b>951888555</b>
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:gpalomino@unap.edu.pe">gpalomino@unap.edu.pe</a>

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>MIRANDA ZEA, NORBERTO SIXTO</b>
<b>Escuela Profesional</b>	<b>INGENIERIA QUIMICA</b>
<b>Celular</b>	<b>951696907</b>
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:nsmiranda@unap.edu.pe">nsmiranda@unap.edu.pe</a>



Apellidos y Nombres	TTITO LEON, SALOMON
Escuela Profesional	INGENIERIA QUIMICA
Celular	950052283
Correo Electrónico	<a href="mailto:sttito@unap.edu.pe">sttito@unap.edu.pe</a>

Apellidos y Nombres	CCOA HUANCA, FAVIOLA
Escuela Profesional	INGENIERIA METALURGICA
Celular	979059539
Correo Electrónico	<a href="mailto:fcoa@unap.edu.pe">fcoa@unap.edu.pe</a>

### I. Título

Remoción de Arsénico por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal en aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno.

### II. Resumen del Proyecto de Tesis

El arsénico es considerado uno de los contaminantes más peligrosos en los cuerpos de agua, que se presenta en estas, debido a procesos naturales y antropogénicas. El objetivo de estudio es evaluar, la capacidad de remoción de arsénico por procesos de oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal para aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno. Así mismo Optimizar los parámetros físico-químicos de: pH, concentración de cloruro férrico, de sulfato de aluminio y de cal artesanal para remoción optima de arsénico del agua. La metodología, para las pruebas de oxidación y floculación, utilizará aguas naturales de pozos subterráneas con arsénico. El diseño de experimentos es del tipo factorial 2k, de los parámetros de control de: concentración del oxidante cloruro férrico, pH y floculantes sulfato de aluminio – cal, para niveles de remoción de arsénico del agua. Los hallazgos de este estudio ayudarán a desarrollar procesos de tratamiento efectivos para remocionar arsénico (As) de aguas naturales para consumo humano, de pozos subterráneos.

### III. Palabras claves

Aguas naturales, Arsénico, Consumo humano, Floculación, Oxidación, Remoción.

#### IV. Justificación del proyecto

El arsénico (As) es un conocido carcinógeno humano, clasificado en el Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer – IARC (Zhao & Babatunde, 2011) y (Steinmaus et al., 2010). La directriz de la OMS para el As en el agua potable es de 10 µg/L, sin embargo, cada vez es mayor la preocupación de que la ingestión crónica de bajas concentraciones de As también puede afectar negativamente a la salud humana (Steinmaus et al., 2010). Por ello, el tratamiento de aguas tiene como objetivo producir agua potable con concentraciones de As inferiores a 1 µg/L (Amen et al., 2020).

##### **Justificación Ambiental.**

En la Región Puno se han reportado problemas de contaminación de arsénico (As) en aguas para consumo humano en zonas rurales en aguas de pozos subterráneos y aguas superficiales (Pary, H, A.; Mamani, P, M. 2017) y (Tapia, C, L. 2017), con concentraciones superiores a los límites máximo permisibles (LMP), de los Estándares de Calidad del Agua, Perú D.S. 004–2017 MINAM; por lo que es necesario desarrollar estudios para el tratamiento y remoción de Arsénico de aguas naturales de pozos subterráneos destinados para el consumo humano.

##### **Justificación Social.**

Uno de los problemas sociales es el abastecimiento a la población de agua para consumo con concentraciones de arsénico, en zonas rurales en aguas de pozos subterráneos y aguas superficiales, sin tratamiento, cuya consecuencia es la toxicidad a la salud humana, el que es indeseable por sus efectos negativos a la salud aun a bajas concentraciones, ya que la población requiere consumir agua de calidad de fuente saludable, para lo que se debe realizar el tratamiento de agua con procesos seguros y adecuados.

#### V. Antecedentes del proyecto

- Ahmad et al., (2020) en su investigación Mechanisms of arsenate removal and membrane fouling in ferric based coprecipitation–low pressure membrane filtration systems, indica que la coprecipitación de As(V) con los óxidos de Fe (III) (oxihidratados) alcanzó rápidamente equilibrio antes de la filtración de la membrana, en menos de 1 minuto. Esto dio lugar a una estable de eliminación de As, incluso con un tiempo de residencia mayor de 5 minutos antes de la filtración por membrana. Los resultados de



su diseño experimental muestran una eficiencia superior a 90 % de As+5 adsorbido en un tiempo de cinco minutos.

- Francisca & Pérez, (2014) indican que El arsénico en estado oxidado tiene mejor respuesta a los ensayos de coagulación-floculación. Además, los porcentajes de remoción son mayores a menores concentraciones iniciales de arsénico en la solución. Lograron remociones del 80 y 95 % con sulfato de aluminio y cloruro férrico para concentraciones iniciales de 0.5 mg/L de As. También concluyen que el pH de la solución es primordial para lograr altas remociones, siempre acompañado de adecuadas relaciones entre concentraciones de coloides, dosis de coagulante y concentración de arsénico. Cuando se adicionan partículas de bentonita en suspensión el pH adecuado para altas remociones oscila entre 2 y 4, a menores valores de pH se produce la disolución del mineral y a mayores la carga superficial de las partículas resulta negativa por lo que no permite que el arseniato con carga eléctrica de igual signo se adsorba en la superficie mineral.
- Pary, (2017). Indican que el rendimiento de la remoción de As, de soluciones acuosas y en muestras de agua superficial del río Ayaviri, fue del 93,75% de absorción de As, para ambas muestras; se utilizaron 14,64 mg/L de FeCl<sub>3</sub> para el proceso de oxidación y 0,022 g/L de óxido de calcio CaO, para floculación; utilizando un tiempo de 25 minutos para sedimentación y su posterior filtración en columna de grava-arena IF tratado a un caudal de 10,5 L/min.
- Gao, (2006). El chacko con contenido de minerales óxido de hierro y alúmina tiene la propiedad de adsorber iones de arsénico, de aguas superficiales y subterráneas. Se evaluó la adsorción de arsénico (V) bajo diferentes condiciones fisicoquímicas sobre cuatro adsorbentes comerciales: hematita, goethita, magnetita y hierro valencia cero, los resultados muestran que la adsorción del arseniato está relacionada con el contenido de hierro en el adsorbente y la tasa de adsorción aumenta en el siguiente orden: geotita, hematita, magnetita y hierro.

## VI. Hipótesis del trabajo

La remoción de arsénico (As) por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal es adecuado aplicar para obtener agua de pozos subterráneos aptos para el consumo humano.



#### VII. Objetivo general

Determinar la capacidad de remoción de arsénico por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal para aguas naturales de pozos subterráneas para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno

#### VIII. Objetivos específicos

- Caracterizar las aguas de pozos subterráneos para evaluar, la concentración de arsénico para su proceso de tratamiento por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal de las aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno.
- Optimizar los parámetros físico-químicos de: pH, concentración de cloruro férrico y sulfato de aluminio-cal, para remoción de arsénico de las aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno.

#### IX. Metodología de investigación

##### • **Productos químicos y análisis**

Todos los productos químicos serán de grado reactivo y con cal de grado artesanal; con las que se preparará una solución de trabajo de cloruro férrico 1 M, y de sulfato de aluminio y de cal artesanal de concentración del 1%. Todas las soluciones madre se almacenarán en el refrigerador a 4 °C. El parámetro de control rutinario en la supervisión regular de los pozos subterráneos serán el caudal, la temperatura, el pH y el OD; parámetros que serán analizados en los laboratorios de análisis de aguas de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-Puno.

##### • **Muestreo y características de las aguas residuales**

Se recogerá muestras de agua de pozos subterráneos en el Distrito de Acora - Región Puno. Las muestras de aguas para el análisis químico se recogieron en contenedores de polietileno y todas las muestras de aguas que requieran conservación química se procesaran adecuadamente antes de ser transportadas a los laboratorios. Muestras de QA/QC, incluyendo los blancos de campo.

##### • **Experimentos de coagulación para la eliminación de As**

Todos los experimentos de coagulación se llevarán a cabo para eliminación de As bajo diferentes condiciones utilizando un aparato de prueba de jarra convencional (Phipps &



Bird, VA, USA) de acuerdo con el método estándar ASTM D2035. Todas las dosis de coagulante estarán en unidades de mg/L como Al o Fe.

**a) Eliminación de As de las muestras de aguas residuales mediante diferentes dosis de coagulantes**

Las pruebas de coagulación se realizarán mediante la adición de una cantidad predeterminada de coagulante en muestras de aguas residuales de 1 L en vasos de 1 L, las muestras se mezclarán a una velocidad de 120 rpm durante 1 min para su coagulación y a continuación, se agitarán a una velocidad de 20 rpm durante 20 min y posteriormente se dejarán sedimentar durante 20 min. Después de 20 min, se recogerán 20 mL del sobrenadante de la muestra tratada utilizando jeringas de 30 mL para el análisis de turbiedad NTU, el cual se analizará el pH de las muestras de aguas antes y después de los experimentos de floculación.

**b) Efecto del pH en la eliminación de As**

La eliminación de As mediante cloruro férrico y el sulfato de aluminio se realizará en el rango de pH de 5 a 9. En los experimentos se utilizarán muestras de aguas de pozos subterráneos; tras la adición del floculante, se evaluará el pH.

**X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)**

- Ahmad, A., Rutten, S., de Waal, L., Vollaard, P., van Genuchten, C., Bruning, H., Cornelissen, E., & van der Wal, A. (2020). Mechanisms of arsenate removal and membrane fouling in ferric based coprecipitation–low pressure membrane filtration systems. *Separation and Purification Technology*, 241(February), 116644. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116644>
- Amen, R., Bashir, H., Bibi, I., Shaheen, S. M., Niazi, N. K., Shahid, M., Hussain, M. M., Antoniadis, V., Shakoob, M. B., Al-Solaimani, S. G., Wang, H., Bundschuh, J., & Rinklebe, J. (2020). A critical review on arsenic removal from water using biochar-based sorbents: The significance of modification and redox reactions. *Chemical Engineering Journal*, 396(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125195>
- Amin, F. R., Huang, Y., He, Y., Zhang, R., Liu, G., & Chen, C. (2016). Biochar applications and modern techniques for characterization. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(5), 1457–1473. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1218-8>



- Francisca, F. M., & Carro Pérez, M. E. (2014). Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2), 177–190.
- Jaggard, K. W., Qi, A., & Ober, S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2835–2851. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0153>
- Niazi, N. K., Singh, B., & Shah, P. (2011). Arsenic speciation and phytoavailability in contaminated soils using a sequential extraction procedure and xanes spectroscopy. *Environmental Science and Technology*, 45(17), 7135–7142. <https://doi.org/10.1021/es201677z>
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2001). United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking-Water Chapter 1 . Source and behaviour of arsenic in natural waters 1 . 1 Importance of arsenic in drinking water. British Geological Survey, Wallingford, 1–390. [https://www.ircwash.org/sites/default/files/UNACC\\_2001-United.pdf](https://www.ircwash.org/sites/default/files/UNACC_2001-United.pdf)
- Steinmaus, C., Yuan, Y., Kalman, D., Rey, O. A., Skibola, C. F., Dauphine, D., Basu, A., Porter, K. E., Hubbard, A., Bates, M. N., Smith, M. T., & Smith, A. H. (2010). Individual differences in arsenic metabolism and lung cancer in a case-control study in Cordoba, Argentina. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 247(2), 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2010.06.006>
- Zhao, Y. Q., & Babatunde, A. O. (2011). Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering: Foreword. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 46(7), 677–679. <https://doi.org/10.1080/10934529.2011.571575>

#### XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Los resultados del estudio de remoción de arsénico As (V), por oxidación y remoción en aguas naturales subterráneas de pozo para consumo humano, contribuirán a los fines de:

- Desarrollo de una nueva tecnología para tratamiento de aguas residuales para remoción de arsénico As.
- Alternativa para el tratamiento de aguas naturales subterráneas de pozo para consumo humano para remoción de arsénico As (V).



## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

- Desarrollo de una tecnología para tratamiento de aguas residuales para remoción de arsénico As, por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio-cal.
- Alternativa para el tratamiento de aguas naturales subterráneas de pozo para consumo humano para remoción de arsénico As (V).

### ii. Impactos económicos

- Factibilidad económica del proceso seleccionado.
- Transferir los resultados de investigación de escala de laboratorio a escala industrial.

### iii. Impactos sociales

- Beneficiar a los usuarios del área de estudio proporcionando agua tratada apta para consumo humano.
- Recuperar cuerpos de agua del área de estudio.

### iv. Impactos ambientales

- Solucionar problemas de contaminación ambiental por metales tóxicos en aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, en el área de estudio del Distrito de Acora, Provincia Puno, Región Puno.

## XIII. Recursos necesarios

- Uso de laboratorio de Tecnología de Aguas para evaluación del procesamiento de remoción de Arsénico por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal en aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno
- Uso de reactivos y de equipos e instrumentos para de procesos de remoción de Arsénico por oxidación con cloruro férrico y floculación con sulfato de aluminio y cal artesanal en aguas naturales de pozos subterráneos para consumo humano, del Distrito de Acora - Región Puno



- Análisis de la concentración de Arsénico (As) en aguas naturales de pozos subterráneos, evaluación del proceso de tratamiento, materiales de escritorio, bibliografía, útiles de oficina y uso del sistema informático.

#### XIV. Localización del proyecto

El distrito de Acora está ubicado en el altiplano a una altura de 3 867 msnm a orillas del Lago Titicaca, el presente estudio se desarrollará con muestras de aguas naturales de pozos subterráneos, obtenido en el Distrito de Acora del departamento y Región Puno.

#### XV. Cronograma de actividades

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recolección y procesamiento de la información	X	X										
Levantamiento de information			X	X								
Pruebas experimentales					X	X						
Análisis de resultados							X	X				
Elaborar conclusiones									X	X		
Elaboración del Informe Final											X	X

#### XVI. Presupuesto

##### Material De Escritorio

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Papel A-4	Millar	25.00	2	50.00
C.D	Unid.	1.00	10	10.00
Útiles de escritorio	Varios	150.00	1	150.00
TOTAL				210.00

##### Servicio Tecnológico

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
USB	Unid.	20.00	4	80.00
Servicio de Internet	Unid.	70.00	4	2 800.00



Servicio de impresión	Unid.	0.10	1000	100.00
TOTAL				3 700.00

Servicio Tecnológico

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Análisis de Arsénico por ICP	Unid.	100.00	200	2 000.00
Transporte de muestras	Unid.	25.00	8	200.00
Reactivos60	Unid.	100.00	12	1200.00
TOTAL				3 400.00

Transporte y viáticos

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Transporte local	unid	25	8	200.00
Transporte Regional	Unid.	30	8	240.00
Viáticos	Unid.	200	20	00.00
TOTAL				2 040.00

Equipos

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Espectrofotometro ICP	unid	200	20	4 000.00
Potenciometro, conductimetro	Unid.	500	2	1 000.00
Turbidimetro	Unid.	100	15	1 500.00
Evaluadores de test jarra	Unid.	500	2	1 000.00
TOTAL				7 050.00

Son: DICIESEIS MIL CUATROCIENTOS