



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. CIENCIAS NUCLEARES

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA

1 Proyecto de Investigación

Título:

Estudio técnico económico del uso de ozono combinado con peróxido de hidrógeno en presencia de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con cianuro

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Los procesos para extracción de minerales como oro y plata mediante el uso de cianuro de sodio son aplicados en grandes y pequeñas empresas en Ecuador; su alto rendimiento lo convierte en la alternativa preferencial. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, los efluentes líquidos producidos tienen un alto impacto, especialmente por la presencia de cianuro, un compuesto altamente tóxico para los seres vivos, incluso en bajas concentraciones. El tratamiento de los efluentes puede realizarse con la aplicación de diferentes alternativas técnicas, las que en general son implementadas en función de la eficiencia y del factor económico. El presente proyecto se enfoca en el estudio del proceso de ozonificación combinado con peróxido de hidrógeno y carbón activado para el tratamiento de aguas contaminadas con cianuro. El diseño experimental consta de ensayos para la medición de la influencia del pH y la dosis de peróxido de hidrógeno y carbón activado combinados con la aplicación de ozono, sobre la eficiencia de remoción del cianuro. Se determinarán las condiciones a las cuales se logre un nivel de degradación de cianuro que permita alcanzar concentraciones iguales o menores al límite para descarga a un cuerpo de agua dulce, establecido por la legislación nacional y local en 0,1 mg/L, con el menor costo.

Palabras clave (4-6): Ozonificación, cianuro, carbón activado, peróxido de hidrógeno, estudio técnico económico

2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto

Apellidos: Muñoz Bisesti

Nombres: Florinella

Cédula de Identidad: 1704582020

Cargo actual en la EPN: Jefe del Departamento de Ciencias Nucleares

Fecha nombramiento definitivo: 01/06/2004

Dirección particular: El Rosario, Quitumbe No. N59-176

Teléfono casa: 2530896

Teléfono celular: 0984170819

Teléfono oficina: 2976300

Ext. EPN: 4202

Correo electrónico: [florinella.munoz@epn.edu.ec](mailto:florinella.munoz@epn.edu.ec)

Formación de pregrado y posgrado

Títulos	Fecha	Institución / Universidad/País
Ingeniería Química	17-12-1993	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
Doctora en Ciencias Naturales	24-10-1999	Instituto Max-Planck für Strahlenchemie/ Ruhr - Universität Bochum/ Alemania



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

<b>3 Datos personales y académicos del Profesor colaborador</b>		
Apellidos: Pérez Guamanzara	Dirección particular: Manuela Sáenz E7-118 y Tacuri. Nayón	
Nombres: Jady Paulina	Teléfono casa: 3820472	
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 23 de mayo de 1970	Teléfono celular: 0984259377	
Cargo actual en la EPN: Profesor Titular auxiliar	Teléfono oficina: 2976300	
Fecha nombramiento definitivo: 02/05/2014	Ext. EPN: 2102	
Correo electrónico: jady.perez@epn.edu.ec		
<b>Formación de pregrado y posgrado</b>		
<b>Títulos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Institución / Universidad</b>
Ingeniera Química	14 de mayo de 1999	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
Magíster en Seguridad, Salud y Ambiente	21 de julio de 2004	Universidad Central del Ecuador / Ecuador

<b>4 Datos personales del personal administrativo de investigación (opcional)</b>		
Apellidos:	Teléfono casa:	
Nombres:		
Lugar y fecha de nacimiento:	Teléfono celular:	
Cargo actual en la EPN:	Teléfono oficina:	
Dirección particular:	Ext. EPN:	
Correo electrónico:		
<b>Formación de pregrado y posgrado</b>		
<b>Títulos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Institución / Universidad</b>

<b>5</b>	<b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b>
	<b>5.1 Objetivos</b>
	<b>5.1.1 Objetivo General</b>
	Estudiar técnica y económicamente el uso de ozono combinado con peróxido de hidrogeno y carbón activado para el tratamiento de aguas contaminadas con cianuro.
	<b>5.1.2 Objetivos Específicos</b>
	a. Determinar el valor de pH y la relación $H_2O_2/O_3$ que permitan alcanzar la remoción más eficiente de cianuros en el proceso de ozonificación con peróxido de hidrógeno en soluciones sintéticas de cianuro.
	b. Determinar el valor de pH y la relación $O_3$ /carbón activado que permita alcanzar la mayor remoción de cianuro en el proceso de ozonificación con carbón activado, en soluciones sintéticas de cianuro.
	c. Establecer las mejores condiciones de pH, relación de $H_2O_2/O_3$ /carbón activado para el proceso combinado de ozono, peróxido de hidrógeno y carbón activado en la degradación de cianuro.
	d. Comparar el grado de remoción alcanzado a las condiciones establecidas como más eficientes sobre muestras sintéticas con aquel que se obtendrá en aguas residuales provenientes de una industria minera sometidas a los mismos tratamientos.
	e. Analizar técnica y económicamente los procesos más eficientes para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con cianuro.





**5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.**

A nivel local, la extracción de minerales de oro y plata se realiza con el uso de sales de cianuro, por la eficiencia que se alcanza en los procesos. Sin embargo, estas prácticas generan efluentes con altas contaminaciones con cianuro y sus complejos, los cuales son agentes altamente tóxicos para los seres vivos [3]. Los tratamientos que se suelen aplicar para disminuir la concentración de estos contaminantes en el agua son procesos oxidativos y requieren tiempos prolongados de reacción, con resultados que no siempre aseguran alcanzar los valores establecidos por la normativa.

Por esta razón, el presente proyecto plantea el estudio de la aplicación de procesos de oxidación avanzada, como es la ozonificación combinada con peróxido de hidrógeno y carbón activado, para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de cianuro. La combinación del proceso de ozonificación con varios agentes es usada para mejorar la eficiencia de degradación de cianuro y reducir el tiempo de tratamiento necesario.

Entre las principales ventajas del tratamiento mediante ozonificación están la rápida y completa descomposición de cianuros, cianatos e isocianatos, sin la producción de residuos tóxicos, ni la necesidad de almacenamiento; de generación del ozono "in situ" y bajos requerimientos de mantenimiento [2].

El ozono provoca la oxidación del cianuro y reacciona en forma directa como ozono molecular y en forma indirecta por la producción de radicales hidroxilo ( $\text{OH}\cdot$ ), cuya formación se ve favorecida, especialmente a condiciones de pH básicos. Estos radicales son más eficientes en el proceso de oxidación. Algunos agentes combinados con ozono permiten incrementar la formación de los radicales ( $\text{OH}\cdot$ ) y por lo tanto el efecto oxidativo [5]; como la adición de peróxido de hidrógeno o carbón activado [12].

Mediante la ozonificación, el cianuro es oxidado a cianato ( $\text{CNO}^-$ ), el cual no constituye un riesgo de contaminación por acumulación, debido a que en forma natural los iones cianato son hidrolizados a iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) [5-8].

Mudliar et al. [9], al analizar la eficiencia de procesos de oxidación avanzada combinados:  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ ,  $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{UV}/\text{O}_3$ , concluyeron que la combinación de peróxido de hidrógeno con la acción del ozono ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ ), proporciona la degradación del cianuro energéticamente más eficiente [7]. También las combinaciones de peróxido de hidrógeno sobre carbón activado y la ozonificación catalizada por carbón activado para la degradación de cianuro, han sido motivo de estudios previos [13,11].

Los estudios referenciados trabajan tanto con soluciones sintéticas como reales para el análisis de sus resultados y se reportan algunas diferencias entre las eficiencias alcanzadas en dependencia del tipo de muestra (sintética o real).

En los trabajos realizados no se han estudiado sistemas que combinan la ozonificación con el uso de peróxido de hidrógeno y el carbón activado, simultáneamente.

En Ecuador, los procesos de ozonificación en aguas residuales son poco empleados por la industria minera (3). Sin embargo, los avances en la generación de ozono y mejoramiento de la eficiencia, junto con sus ventajas ambientales hacen de este proceso una alternativa viable [5]. Por esta razón, el establecimiento de alternativas para el tratamiento de aguas mediante la combinación del proceso de ozonificación con los agentes mencionados, promoverá referencias para su aplicación a escala industrial en el país.

El Departamento de Ciencias Nucleares desarrolla la Línea de Investigación de Procesos de Oxidación Avanzada, que involucran la generación de radicales  $\text{OH}\cdot$ . Los procesos utilizados en este estudio corresponden a Procesos de Oxidación Avanzada, puesto que el uso de ozono combinado con peróxido de hidrógeno y en presencia de carbón activado promueve una mayor generación de estos radicales, si se compara con el proceso de ozonificación simple. Este proyecto se relaciona con esta línea de investigación y sus resultados permitirán conocer métodos de degradación de cianuro más eficientes, que podrán utilizarse en el país.



### 5.3 Productos esperados

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio);   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica;  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| c. Proyecto de Titulación;  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);   | <input type="checkbox"/>            |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada;                                    | <input type="checkbox"/>            |
| f. Patente presentada;  | <input type="checkbox"/>            |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input type="checkbox"/>            |

### 5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- Condiciones de pH y dosis de  $H_2O_2/O_3$  que permiten alcanzar la remoción más eficiente de cianuros en el proceso combinado: ozono y peróxido de hidrógeno.
- Valores de las variables que permiten alcanzar la remoción más eficiente de cianuros en el proceso combinado: ozono-carbón activado.
- Valores de las variables que permiten alcanzar la remoción más eficiente de cianuros en el proceso combinado: ozono, peróxido de hidrógeno y carbón activado.
- Comparación del grado de remoción de cianuros sobre el agua residual de minería y las soluciones sintéticas.
- Análisis técnico económico para determinar el proceso más conveniente.

## 6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo

### 6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

#### - Descripción del proyecto

En el presente trabajo se realizarán las siguientes actividades:

- Se prepararán soluciones sintéticas de cianuro de sodio con una concentración de 400 mg CN/L.
- Se realizarán pruebas preliminares de ozonificación para establecer los tiempos de tratamiento correspondientes a diferentes dosis.
- Se realizarán ensayos de tratamiento de las soluciones con ozono en combinación con peróxido de hidrógeno en relaciones de: 0,50, 1,25 y 2,00 mg de  $H_2O_2$ /mg de  $O_3$  y valores de pH de: 8, 9 y 10.
- Se realizarán ensayos de tratamiento de las soluciones con ozono en combinación con carbón activado en concentraciones de: 0,3, 0,5 y 1,0 g C/L y a dos valores de pH encontrados en la etapa anterior como más eficientes.
- Se determinarán, de acuerdo con los resultados encontrados en las combinaciones anteriores ( $H_2O_2/O_3$  y  $O_3$ /carbón activado), las condiciones de pH y valores de las dosis de los agentes  $H_2O_2$ ,  $O_3$  y carbón activado que se usarán para evaluar el proceso en combinación de los tres agentes.
- Se analizarán los datos para definir el modelo cinético de la reacción de cianuro con ozono y la influencia de los agentes estudiados.
- Se someterán muestras de aguas residuales de minería (efluente real) al proceso desarrollado y se compararán los resultados obtenidos entre muestras reales y sintéticas a las mejores condiciones en cada uno de los procesos.
- Se efectuará un análisis técnico-económico de la implementación del proceso más eficiente.

#### - Metodología y diseño de la investigación

Se efectuarán ensayos preliminares a partir de soluciones sintéticas de cianuro de sodio; en los experimentos se medirá la reducción en la concentración del contaminante a diferentes tiempos de dosificación a través de la aplicación de ozono como único agente oxidante. Las condiciones iniciales de





## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

### VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

concentración y pH de las soluciones se ajustarán a valores de 400 mg de  $\text{CN}^-/\text{L}$  y 11,5 respectivamente, que son los reportados en descargas residuales [12, 4]. Durante los ensayos, se tomarán muestras de la soluciones, a intervalos de 5 min, hasta completar una hora de tratamiento (incluido a las condiciones iniciales: tiempo igual a cero) para su posterior medición. Si el nivel de degradación no alcanza una concentración menor o igual a 0,1 mg de  $\text{CN}^-/\text{L}$  se extenderá el tiempo de dosificación en nuevos ensayos.

De los resultados obtenidos en los ensayos preliminares, se establecerá un rango de tiempos de dosificación de ozono que se usará para el estudio del proceso de ozonificación en combinación con peróxido de hidrógeno y carbón activado.

Para el estudio de la influencia de la combinación de agentes oxidantes ozono y peróxido de hidrógeno, se realizarán ensayos para determinar el grado de reducción de cianuro a los siguientes valores de pH: 8, 9 y 10. Las relaciones de peróxido de hidrógeno a emplearse serán: 0,50, 1,25 y 2,00  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{mg}$  de  $\text{O}_3$  [7]. Se analizarán los resultados obtenidos para establecer: pH, dosis de peróxido de hidrógeno y dosis de ozono que permitan la reducción más eficiente en la concentración de cianuros, en cuanto a porcentaje de degradación y tiempo.

En el estudio de la combinación ozono sobre carbón activado serán empleados los dos valores de pH cuya eficiencia de remoción fue mayor en la combinación  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ . Se usará carbón activado con tamaño de partícula entre 100 y 150  $\mu\text{m}$  y las dosis a usarse en los ensayos serán: 0,3, 0,5 y 1,0 g C/L [1, 12].

Para el estudio de la combinación  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$  y carbón activado; los resultados obtenidos de las combinaciones previas ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$  y  $\text{O}_3/\text{carbón activado}$ ) serán analizados y se determinarán las condiciones de pH y relaciones de los agentes a usarse.

Todos los ensayos descritos serán realizados por triplicado para el análisis estadístico; se analizarán los resultados para establecer un modelo de la cinética de la reacción de ozonificación y la influencia que presentan los agentes sobre la cinética de la reacción (Ozono-Cianuro) en los sistemas combinados.

Finalmente, las muestras de agua residual de minería (efluente real) serán sometidas a las condiciones determinadas para el sistema combinado y se comparará el grado de reducción alcanzado en muestras sintéticas de similar concentración de cianuro. En esta serie de ensayos, serán requeridos: el muestreo de la descarga de una planta que use procesos de cianuración (previo a cualquier tratamiento para reducción de cianuros aplicado) y la caracterización de las muestras en parámetros de CN, pH, STS, DQO y TOC de acuerdo con los métodos estándar [6].

Con los resultados de la comparación del tratamiento sobre muestras sintéticas y reales se realizará un análisis técnico económico comparativo del proceso más eficiente, para los mejores resultados obtenidos en cada una de las combinaciones ensayadas. Se analizará el porcentaje de degradación alcanzado y el tiempo empleado. Para el análisis de costos se considerará el gasto en los reactivos involucrados y se combinará este factor con los resultados técnicos para seleccionar el mejor tratamiento.

La ozonificación de las muestras se realizará en un reactor con recirculación de la solución; el suministro de ozono será proporcionado por un equipo marca PHILAQUA modelo BMT 802M, que tiene una producción estimada de 2,5 g de  $\text{O}_3$  /h; la producción de ozono del equipo y la cantidad de oxidante que no reaccionó serán medidas mediante el método de titulación yodométrica [5].

La medición de la concentración de cianuro en las muestras se hará mediante un espectrofotómetro marca HACH modelo DR 2800, con el método Piridina-Pirazolona, el cual tiene un rango de detección de 0,002 – 0,240 mg/L de cianuro y con un electrodo específico de cianuro según los métodos estándar [6].

El pH será regulado con la adición de soluciones 0,1 N de sosa cáustica (NaOH) y 0,1 N de ácido clorhídrico (HCl) [6]. La medición del pH se efectuará de acuerdo con la metodología expuesta por la norma ASTM D1293 para la medición rutinaria de pH.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Referencias bibliográficas:

1. Adhoum, N., y Monser, L. (2002). Removal of cyanide from aqueous solution using impregnated activated carbon. *Chemical Engineering and Processing*, 41(1), 17–21. doi:10.1016/S0255-2701(00)00156-2
2. Carrillo-Pedroza, F. R., Nava-Alonso, F., y Uribe-Salas, A. (2000). Cyanide oxidation by ozone in cyanidation tailings: Reaction kinetics. *Minerals Engineering*, 13(5), 541–548. doi:10.1016/S0892-6875(00)00034-0
3. Falconí F. (2012). *Diseño de un sistema de gestión integral de aguas residuales industriales generadas por el proceso de explotación minera en el proyecto corazón, cantón Cotacachi*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
4. Gaviria, A., y Meza, L. A. (2006). Análisis de alternativas para la degradación del cianuro en efluentes líquidos y sólidos del municipio de Segovia, Antioquia y en la planta de beneficio de la empresa mineros nacionales, municipio de Marmato, Caldas. *Dyna*, 73(149), 31–44. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532006000200003&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000200003&lang=es)
5. Gottschalk, C., Libra, J. A., y Saupe, A. (2009). *Ozonation of Water and Waste Water: a practical guide to understanding ozone and its applications*. doi:10.1002/9783527628926
6. Greenberg, A. E., Clesceri, L. S., y Eaton, A. D. (1999). *Standard Methods: For the Examination of Water and Wastewater*. (20a ed.). Baltimore, United States of America: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation.
7. Kepa, U., Stanczyk-Mazanek, E., y Stepniak, L. (2008). The use of the advanced oxidation process in the ozone + hydrogen peroxide system for the removal of cyanide from water. *Desalination*, 223(1-3), 187–193. doi:10.1016/j.desal.2007.01.215
8. Kuyucak, N., y Akcil, A. (2013). Cyanide and removal options from effluents in gold mining and metallurgical processes. *Minerals Engineering*, 50-51(3) 13-29. doi:10.1016/j.mineng.2013.05.027
9. Mudliar, R., Umare, S. S., Ramteke, D. S., y Wate, S. R. (2009). Energy efficient-Advanced oxidation process for treatment of cyanide containing automobile industry wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2-3), 1474–1479. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.09.118
10. Nava, F., Uribe, A., y Perez, R. (2003). Use of ozone in the treatment of cyanide containing effluents. *European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*, 3(3), 316–323.
11. Sánchez Castillo, M. A., Carrillo-Pedroza, F. R., Fraga-Tovar, F., y de Jesús Soria-Aguilar, M. (2014). Ozonation of Cyanide Catalyzed by Activated Carbon. *Ozone: Science & Engineering*, 37(3), 240-241. doi:10.1080/01919512.2014.965804
12. Sánchez-Polo, M., Von Gunten, U., y Rivera-Utrilla, J. (2005). Efficiency of activated carbon to transform ozone into ·OH radicals: Influence of operational parameters. *Water Research*, 39(14), 3189–3198.
13. Yeddou, A. R., Nadjemi, B., Halet, F., Ould-Driss, A., y Capart, R. (2010). Removal of cyanide in aqueous solution by oxidation with hydrogen peroxide in presence of activated carbon prepared from olive stones. *Minerals Engineering*, 23(1), 32-39. doi:10.1016/j.mineng.2009.09.009



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**

**6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)**

- Para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto se sugiere considerar el tiempo para la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Actividad	Primer Año						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes (%)						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Revisión bibliográfica	10						10
Adquisición de materiales y reactivos		10					10
Establecimiento de rango de relaciones de trabajo iniciales (ensayos preliminares)			15				15
Determinación de condiciones de pH y relación de peróxido de hidrógeno más eficiente				10			10
Determinación de dosis de carbón activado				10			10
Determinación de eficiencia alcanzada mediante condiciones de pH, relación de peróxido de hidrógeno y carbón activado más eficientes					10		10
Evaluación del proceso combinado aplicado a muestras de minería reales					10		10
Análisis de resultados y establecimiento de modelo cinético para los procesos de ozonificación evaluados						10	10
Análisis técnico económico						10	10
Elaboración del ensayo final						5	5
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>100</b>





7	<b>Fechas de inicio y fin</b>
	<p>(Indique cuando iniciaría y finalizará este proyecto de investigación)</p> <p>Fecha de inicio: 1 de septiembre de 2015</p> <p>Fecha de finalización: 31 de agosto de 2016</p>

8	<b>Infraestructura, equipos y fondos adicionales.</b>
	<b>8.1 Infraestructura y equipos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Indicar la infraestructura y equipos <b>disponibles</b> para la ejecución del proyecto<ul style="list-style-type: none"><li>• Espectrofotómetro Marca HACH Modelo DR 2800</li><li>• pH metro</li><li>• Ozonificador Marca PHILAQUA Modelo BTM 802M</li></ul></li></ul>
	<b>8.2 Breve justificación del equipo requerido</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Justificar la infraestructura y equipos <b>solicitados</b> para la ejecución del proyecto<ul style="list-style-type: none"><li>• Electrodo selectivo de cianuro: El instrumento permite la medición de la concentración de cianuro presente en soluciones acuosas y será esencial para la obtención de resultados.</li><li>• pH/ISE conductímetro: El equipo es complemento del electrodo selectivo de cianuro y en conjunto permite la lectura de los resultados.</li></ul></li></ul>

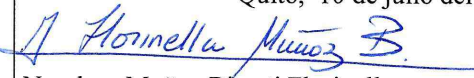
9	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.</li><li>- Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.</li><li>- En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos</li></ul>																	
	<p style="text-align: center;"><b><u>Primer Año</u></b></p> <table border="1"><thead><tr><th>Lista de ítems</th><th>Cantidad solicitada (US \$)</th><th>Porcentaje de Ejecución (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i></td><td></td><td></td></tr><tr><td style="text-align: right;"><b>Subtotal</b></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2. Maquinaria y Equipos pH/ISE conductímetro</td><td>2 156,00</td><td>43,12</td></tr><tr><td>Electrodo selectivo de cianuro</td><td>1 270,00</td><td>25,40</td></tr><tr><td style="text-align: right;"><b>Subtotal</b></td><td><b>3 426,00</b></td><td><b>68,52</b></td></tr></tbody></table>	Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)	1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>			<b>Subtotal</b>			2. Maquinaria y Equipos pH/ISE conductímetro	2 156,00	43,12	Electrodo selectivo de cianuro	1 270,00	25,40	<b>Subtotal</b>	<b>3 426,00</b>
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)																
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>																		
<b>Subtotal</b>																		
2. Maquinaria y Equipos pH/ISE conductímetro	2 156,00	43,12																
Electrodo selectivo de cianuro	1 270,00	25,40																
<b>Subtotal</b>	<b>3 426,00</b>	<b>68,52</b>																





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

3. Reactivos y materiales de laboratorio		
Nitrato de plata (25 g)	174,00	3,48
Peróxido de hidrógeno ( 1L)	91,00	1,82
Carbón Activado (500 g)	51,25	1,03
Tiosulfato de sodio ( 1 kg)	39,00	0,78
Solución de calibración para electrodo selectivo de cianuro (1)	146,00	2,92
Tiras indicadoras de pH ( 100 unidades)	11,00	0,22
Vaso de precipitación 250 mL (2)	4,86	0,10
Vaso de precipitación 100 mL (4)	6,00	0,12
Erlenmeyer 250 mL (4)	10,80	0,22
Tubo de ensayo de vidrio con tapa 20 mL (20)	11,40	0,23
Pipeta graduada 10 mL (1)	1,87	0,04
Pipeta graduada 5 mL (1)	1,78	0,04
Paquete de tapones de caucho (1)	25,00	0,50
<b>Subtotal</b>	<b>573,96</b>	<b>13,44</b>
4. Literatura especializada		
<b>Subtotal</b>		
5. Viajes técnicos y de muestreo		
<b>Subtotal</b>		
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones		
The 22 <sup>st</sup> International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Treatment of Water, Air and Soil (AOTs -22) San Diego, California, USA – Noviembre, 2016	1 000,00	20,00
<b>Subtotal</b>	<b>1 000,00</b>	<b>20,00</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>4 999,96 + IVA</b>	<b>100</b>

10	<b>Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto</b>	
	Quito, 10 de julio del 2015  Nombre: Muñoz Bisesti Florinella CC: 1704582020	<b>Firma del Director</b>

<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Ciencias Nucleares, al que pertenece el Director del Proyecto, en Sesión ordinaria del 12 de agosto de 2015, mediante Resolución No. 41-15, y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.	
 JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: Muñoz Bisesti Florinella CC: 1704582020	<u>2015/08/12</u> Lugar y fecha