



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LAS  
LAGUNAS DEL ALTO PERÚ, TUMBADÉN, SAN  
PABLO, CAJAMARCA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Richard Wagner Figueroa Alfaro

**Asesor:**

Ing. Gary Christiam Farfan Chilicaus

Cajamarca - Perú

2017



## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor Gary Christiam Farfan Chilicaus, Docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Ambiental, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del(os) estudiante(s):

- Richard Wagner Figueroa Alfaro

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS DEL ALTO PERÚ, TUMBADÉN, SAN PABLO, CAJAMARCA" para optar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas por lo cual **AUTORIZA** su presentación.



Ing. Gary Christiam Farfan Chilicaus

Asesor



## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El comité del trabajos de investigación, conformado por: *Rolando Iván Ramos Morante, Gladys Sandi Licapa Redolfo, e Irma Geraldina Horna Hernández;* designados mediante *La Dirección de Ingeniería Ambiental.....* ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Richard Wagner Figueroa Alfaro.*; para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS DEL ALTO PERÚ, TUMBADÉN, SAN PABLO, CAJAMARCA"

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido los miembros del jurado acuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:  Excelente [18 -20]

Calificativo:  Excelente [18 -20]

Sobresaliente [15 - 17]

Sobresaliente [15 - 17]

Buena [13 - 14]

Buena [13 - 14]

Desaprobación

Firman en señal de conformidad

Ing. Rolando Iván Ramos Morante

Miembro del Comité

Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Miembro del Comité

Ing. Irma Geraldina Horna  
Hernández

Miembro del Comité

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis queridos padres, fuente de apoyo y cariño incondicional en todos los pasos académicos en mi vida profesional y personal.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece sinceramente a todas las personas que facilitaron el desarrollo de esta investigación por su tiempo y disposición. De igual manera a la Universidad Privada del Norte, por brindar acceso a sus equipos de análisis de muestras para los diversos parámetros analizados.

## Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III RESULTADOS	15
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Parámetros físico-químicos .....	19
Tabla 02: Datos de Curva de Calibración Cu .....	20
Tabla 03: Datos de Curva de Calibración Pb .....	21
Tabla 04: Datos de Curva de Calibración Fe .....	22
Tabla 05: Datos de Curva de Calibración Zn .....	23
Tabla 06: Datos de Curva de Calibración K .....	24
Tabla 07: Datos de Curva de Calibración Na .....	25
Tabla 08: Datos de Curva de Calibración Ca .....	26
Tabla 09: Datos de Curva de Calibración Mg.....	27
Tabla 10: Categoría 1 (Poblacional y Recreacional) .....	28
Tabla 11: Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales).....	29
Tabla 12: Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático) .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Km 50 de la carretera Cajamarca-Bambamarca.....	15
Figura 02: Lado del derecho de la carretera Cajamarca-Bambamarca .....	15
Figura 03: Área de muestreo .....	16
Figura 04: Accesibilidad de la zona.....	17
Figura 05: Cuerpo de agua seleccionado.....	18
Figura 06: Puntos de muestreo .....	18
Figura 07: Curva de Calibración Cu .....	20
Figura 08: Curva de Calibración Pb .....	21
Figura 09: Curva de Calibración Fe.....	22
Figura 10: Curva de Calibración Zn.....	23
Figura 11: Curva de Calibración K .....	24
Figura 12: Curva de Calibración Na .....	25
Figura 13: Curva de Calibración Ca .....	26
Figura 14: Curva de Calibración Mg.....	27





## RESUMEN

El agua es un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos y para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra. La calidad de cualquier cuerpo de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Dicha calidad se puede determinar comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares.

En la legislación peruana se evalúan los parámetros biológicos, físicos y químicos de los recursos hídricos. Además los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para el agua nos dan unos parámetros de referencia según el uso del agua y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) tiene un protocolo para el monitoreo del agua. Tomando esto en cuenta el presente trabajo busca aplicar las técnicas de análisis instrumental para poder determinar la calidad del agua de una laguna ubicada en el Alto Perú, Tumbadén, San Pablo, Cajamarca.

Después de aplicar el protocolo de monitoreo de agua del ANA, se procedió al análisis de 5 muestras tomadas en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte utilizando varios instrumentos y equipos entre ellos el espectrómetro de absorción atómica para luego comparar los resultados con los ECAs del agua y establecer la calidad del agua en base a los parámetros encontrados.

Se determinó los siguientes parámetros: Temperatura, Turbidez, pH, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos disueltos totales (TDS), Conductividad, Potencial, Metales disueltos de cobre (Cu), plomo (Pb), hierro (Fe), zinc (Zn), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Para determinar la concentración de metales disueltos fue necesario aplicar las curvas de calibración.

De acuerdo con los ECAs se concluyó que la calidad del agua de la laguna es buena y cumple con la mayoría de los estándares. Sólo los contenidos de metales de cobre (Cu) y hierro (Fe) y zinc (Zn) estuvieron ligeramente por encima de los ECAs en variadas concentraciones para las categorías 1, 3 y 4. Finalmente, se recomienda un estudio más minucioso con mayor número de muestras y mayor número de parámetros a analizar.

**PALABRAS CLAVES: Agua, calidad, parámetros, metales**



## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El agua es un elemento esencial para la vida y todos somos conscientes que es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud (OMS, 2016). También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra.

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como del acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrogeológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química de agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares (Ahumada-Sempoal & Ruiz-García, 2008). Por ejemplo, en el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

El creciente incremento de las alteraciones de los cursos de agua y la sensibilidad a este problema por parte de los organismos competentes, ha hecho que en todos los países desarrollados se pongan en marcha programas de control y vigilancia de la calidad de las aguas. Para ello se han desarrollado numerosos métodos o índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los ecosistemas acuáticos (Amarildo, 2011).



## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del agua de una laguna del Alto Perú, Tumbadén, San Pablo, Cajamarca basado en algunas características físico-químicas usando métodos instrumentales?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la calidad del agua de una laguna del Alto Perú, Tumbadén, San Pablo, Cajamarca basado en algunas características físico-químicas usando métodos instrumentales.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar algunas características físicas del agua: Temperatura, Turbidez y Conductividad
- Determinar algunas características químicas del agua: pH, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos disueltos totales (TDS), Potencial, Metales disueltos de Cobre (Cu), Plomo (Pb), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).
- Comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental según la legislación vigente (DS 002-2008-MINAM).

## 1.4. Hipótesis

La calidad del agua de una laguna del Alto Perú, Tumbadén, San Pablo, Cajamarca es BUENA basado en algunas características físico-químicas usando métodos instrumentales.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Diseño de investigación

Experimental

- Pre experimental

Diseño:

Estudio	T1
M	O

Dónde:

M: Muestra

O: Observación

### 2.2 Unidad de estudio

Agua de un cuerpo lentic (laguna).

### 2.3 Población

Todas las lagunas de la zona del Alto Perú.

### 2.4 Muestra (muestreo o selección)

Cinco muestras de una laguna representativa de la zona de estudio

## **2.5 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección y análisis de datos**

### **Procedimiento experimental**

El estudio se basa en Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, Autoridad Nacional del Agua – DGCRH, mediante el cual se busca determinar los parámetros del análisis físico - químico.

El muestreo del agua se realizó en el mes de noviembre del 2016 siguiendo el protocolo establecido para el análisis de los parámetros. Los análisis se realizaron en el mismo mes contando con el apoyo del Laboratorio de Biología y de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Privada del Norte.

Para efectos del presente estudio se seleccionaron 16 parámetros físico – químicos los cuales pueden ser determinados en el laboratorio de la UPN, estos son: Temperatura, Turbidez, pH, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos disueltos totales (TDS), Conductividad, Potencial, Metales disueltos de cobre (Cu), plomo (Pb), hierro (Fe), zinc (Zn), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Para la medición de los primeros 8 parámetros se siguió el procedimiento indicado por el asistente de laboratorio y por la docente del curso respectivo para poder tomar medidas apropiadas y válidas para el estudio. Las mediciones fueron automáticas e inmediatas gracias a los instrumentos y equipos de los laboratorios.

Para la medición de metales disueltos se sigue el procedimiento aprendido en clase acerca de la calibración y uso del equipo de absorción/emisión atómica EAA/EEA (Anexo 01). Luego de crear las hojas de trabajo se procede a medir la absorbancia de las muestras para absorción atómica e intensidad para emisión atómica. Finalmente, se determina las concentraciones de los metales disueltos a través de la curva de calibración y de las ecuaciones mediante regresión lineal con cierto grado de confiabilidad.



### **Material de estudio**

- Material Cartográfico: imágenes satelitales del Google Earth
- Cuaderno de apuntes.
- Plumón indeleble.
- 5 Recipientes de vidrio de ½ litro aproximadamente.
- Guantes descartables.
- Un cooler pequeño.
- 3 vasos de precipitado de 10ml, 2 fioles de 50ml.
- Patrones de Cu, Pb, Fe, Zn, K, Na, Ca y Mg a diferentes concentraciones.

### **Equipos**

- Equipo de medición de multi-parámetros HACH
- Espectrómetro de absorción atómica Agilent 240FS AA.

### **Instalaciones**

- Laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte.
- Laboratorio de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Privada del Norte.

### **Instrumentos**

- Termómetro.
- GPS 60 GARMIN.
- Potenciómetro.
- Turbidímetro HACH 2100Q

## CAPÍTULO III RESULTADOS

### 3.1 Ubicación de los puntos de muestreo y proceso de muestreo

#### Identificación

Para ubicar los puntos de muestreo se accedió al área de las lagunas en el Km 50 de la carretera Cajamarca-Bambamarca como se muestra en la figura 01:



Luego se identificó una laguna al lado del derecho de la carretera según la figura 02:



Finalmente se tomó las coordenadas UTM en el sistema WGS84 de la laguna seleccionada: Este = 762386, Norte = 9236876 y Altitud = 3921 m.s.n.m; y se observa en la figura 03:



### Accesibilidad

El acceso a la laguna seleccionada es rápido y seguro tomando como guía las imágenes satelitales mostradas anteriormente. El camino desde la carretera hacia la laguna tiene una pendiente ligeramente inclinada con vegetación poco densa tipo pastizal y terreno estable, como se aprecia en la figura 04:





### Representatividad

Una laguna es un cuerpo de agua léntico, por lo cual no tiene alta turbulencia ni movimiento excesivo de las aguas. Sólo el viento actúa como generador de movimiento.

### **Muestreo**

Para el muestreo se tomó una muestra representativa de agua con un volumen de 400 mililitros en 5 recipientes de vidrio de  $\frac{1}{2}$  litro para el análisis de diversos parámetros. El muestreo se realizó de manera directa con 5 muestras puntuales en la laguna seleccionada, el día 13 de Noviembre del 2016, a las 10:30 a.m.

### Reconocimiento del entorno

El cuerpo de agua es una laguna con presencia de vegetación acuática y presencia de algunas aves esporádicamente y no hay actividades humanas. El área de muestreo tiene las siguiente georreferenciación: Este = 762386, Norte = 9236876 y Altitud = 3921 m.s.n.m. en el sistema WGS84. Se tiene las siguientes fotos del lugar de muestreo (Figuras 05 y 06):



### Acondicionamiento

- Se enjuagó primero los recipientes con el agua de la laguna 3 veces antes de la toma de muestra.
- Se tomó la muestra de 400 mililitros en 5 recipientes de ½ litro cada uno.
- Se etiquetó las muestras como Muestra 1, 2, 3, 4 y 5.
- Se colocó las muestras en un cooler para mantener una temperatura constante.

### **3.2 Parámetros físico-químicos**

Los parámetros físico-químicos fueron determinados en el laboratorio de Biología y de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Privada del Norte, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 01: Parámetros físico-químicos

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Temperatura (°C)	9.4	9.1	9.5	9.2	9.5
Turbidez (NTU)	1.35	1.50	2.02	1.31	1.70
pH	7.36	7.29	7.39	7.27	7.31
Salinidad (0%)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	6.37	6.35	6.30	6.28	6.59
TDS (mg/L)	7.32	5.12	4.28	4.26	4.99
Conductividad (mS/cm)	15.77	12.39	9.30	9.26	10.81
Potencial (mV)	-5	-24	-19	-16	-7
Absorbancia Cu	0.311	0.416	0.357	0.414	0.510
Absorbancia Pb	0.260	0.190	0.260	0.630	0.290
Absorbancia Fe	0.311	0.416	0.357	0.414	0.510
Absorbancia Zn	-0.0651	-0.0478	-0.0204	-0.0338	-0.0433
Intensidad K	7.4844	0.9003	-0.1658	-0.2397	-0.3963
Intensidad Na	-1.0100	-1.4603	-2.0876	-2.1263	-2.2062
Intensidad Ca	-18.629	-18.629	-18.629	-18.629	-18.629
Intensidad Mg	-0.1877	0.2301	0.3812	-0.0725	0.2368

Parámetros físico químicos obtenidos en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte a través de diferentes instrumentos y equipos disponibles.

### 3.3 Cálculo de las concentraciones de Metales Disueltos

Tabla 02: *Datos de Curva de Calibración Cu*

<b>Curva de Calibración Cu</b>			
		<b>Absorbancia</b>	<b>Concentración Cu (ppm)</b>
Patrones	0	0.0011	0.00
	1	0.0636	2.50
	2	0.1266	5.00
Muestra	1	0.3110	12.35
	2	0.4160	16.53
	3	0.3570	14.18
	4	0.4140	16.45
	5	0.5100	20.28

Tabulación de valores de absorbancia de Cobre (Cu) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

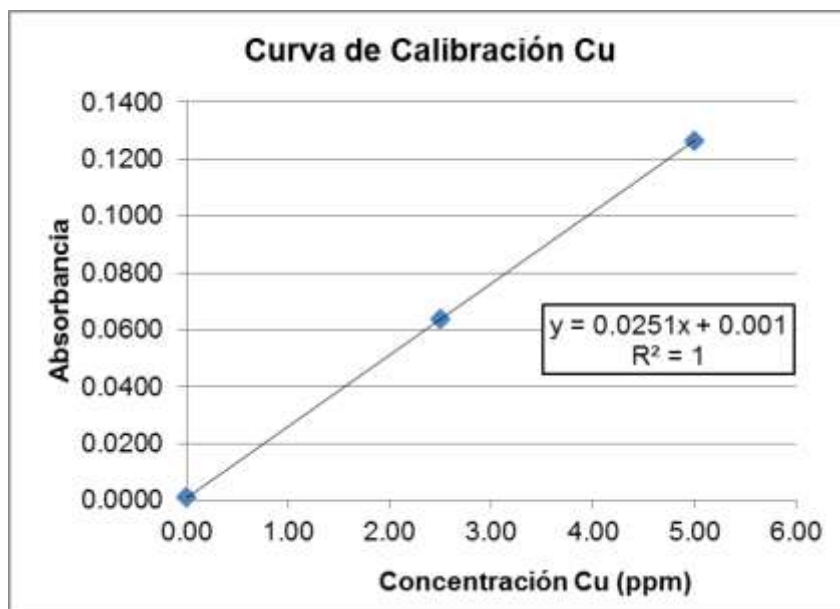


Figura 07: Curva de Calibración Cu. Calibración de la absorbancia y concentración del Cobre para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 03: *Datos de Curva de Calibración Pb*

<b>Curva de Calibración Pb</b>			
		<b>Absorbancia</b>	<b>Concentración Pb (ppb)</b>
Patrones	0	0.0006	0.00
	1	0.0104	2.50
	2	0.0284	5.00
Muestra	1	0.2600	46.57
	2	0.1900	34.07
	3	0.2600	46.57
	4	0.6300	112.64
	5	0.2900	51.93

Tabulación de valores de absorbancia de Plomo (Pb) en función directa de su concentración en ppb utilizando el equipo de absorción atómica.

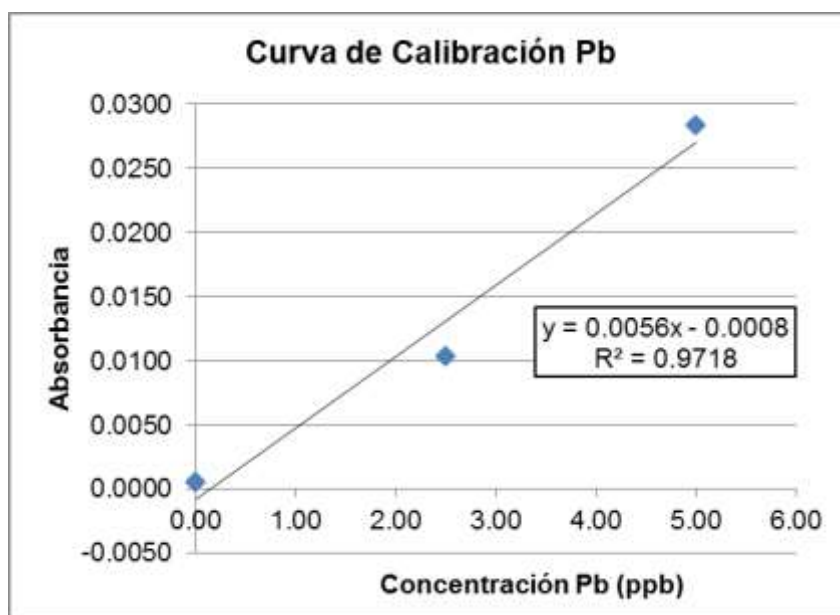


Figura 08: Curva de Calibración Pb. Calibración de la absorbancia y concentración del Plomo para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 04: Datos de Curva de Calibración Fe

Curva de Calibración Fe			
		Absorbancia	Concentración Fe (ppm)
Patrones	0	-0.0025	0.00
	1	0.1437	10.00
	2	0.2934	20.00
Muestra	1	0.3110	21.22
	2	0.4160	28.32
	3	0.3570	24.33
	4	0.4140	28.18
	5	0.5100	34.67

Tabulación de valores de absorbancia de Hierro (Fe) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

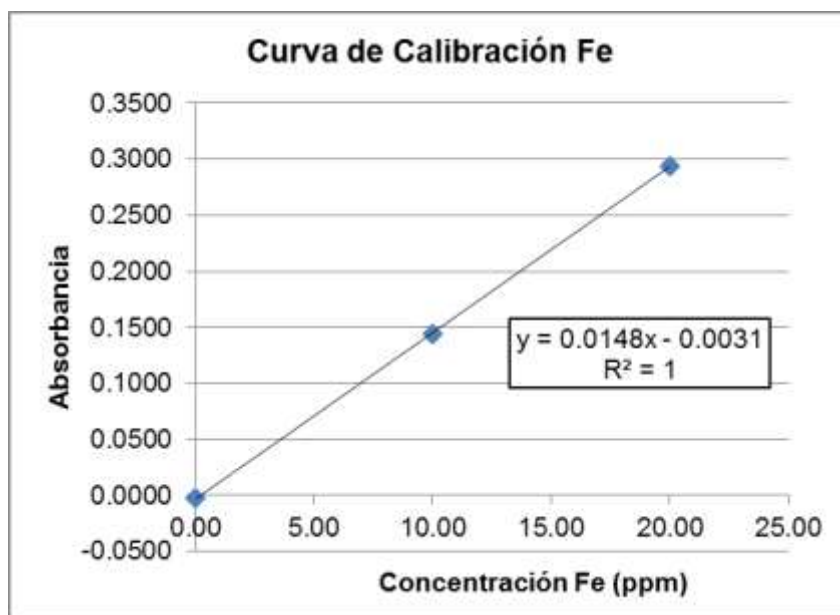


Figura 09: Curva de Calibración Fe. Calibración de la absorbancia y concentración del Hierro para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 05: *Datos de Curva de Calibración Zn*

<b>Curva de Calibración Zn</b>			
		<b>Absorbancia</b>	<b>Concentración Zn (ppm)</b>
Patrones	0	0.0010	0.00
	1	0.1360	5.00
	2	0.2338	10.00
Muestra	1	-0.0651	3.10
	2	-0.0478	2.36
	3	-0.0204	1.18
	4	-0.0338	1.76
	5	-0.0433	2.17

Tabulación de valores de absorbancia de Zinc (Zn) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

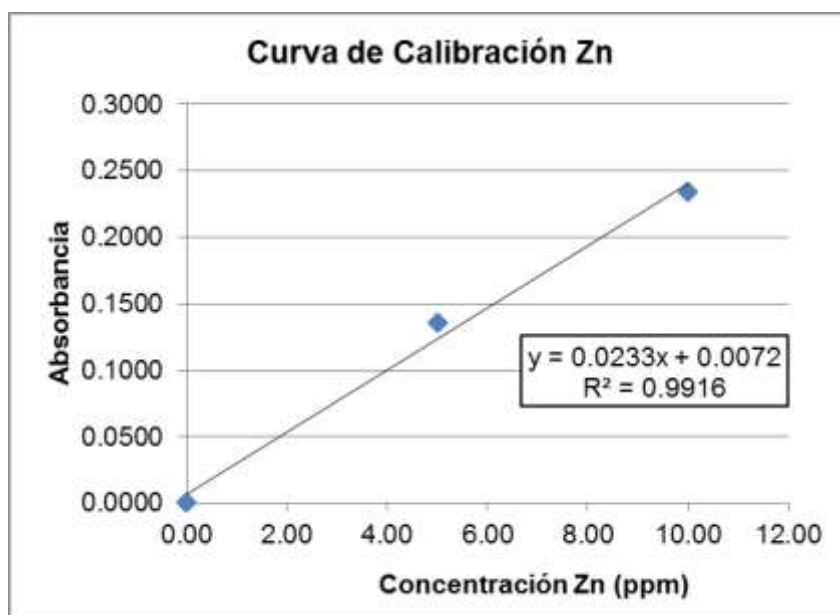


Figura 10: Curva de Calibración Zn. Calibración de la absorbancia y concentración del Zinc para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 06: *Datos de Curva de Calibración K*

<b>Curva de Calibración K</b>			
		<b>Intensidad</b>	<b>Concentración K (ppm)</b>
Patrones	0	-0.0003	0
	1	0.6754	500
	2	0.9427	1000
Muestra	1	7.4844	8241
	2	0.9003	925
	3	-0.1658	260
	4	-0.2397	342
	5	-0.3963	516

Tabulación de valores de absorbancia de Potasio (K) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

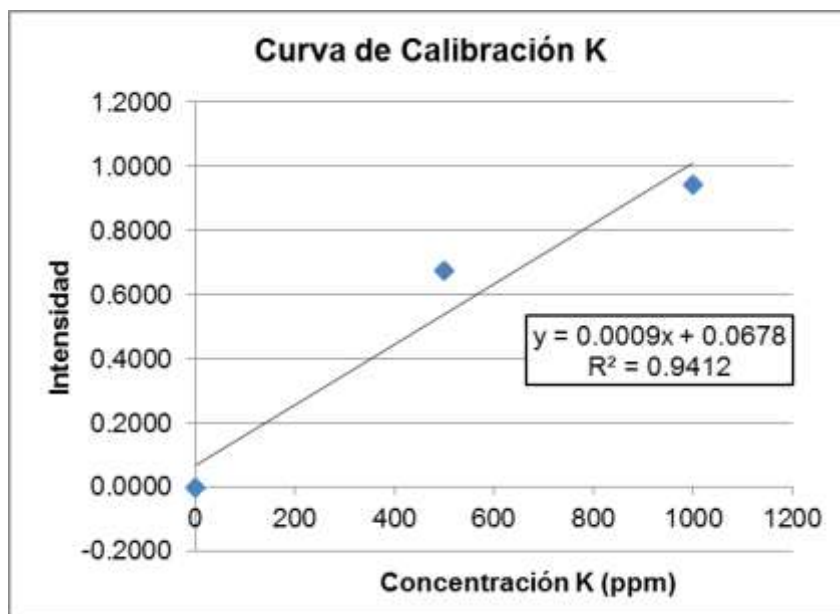


Figura 11: Curva de Calibración K. Calibración de la absorbancia y concentración del Potasio para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.



Tabla 07: *Datos de Curva de Calibración Na*

<b>Curva de Calibración Na</b>			
		<b>Intensidad</b>	<b>Concentración Na (ppm)</b>
Patrones	0	-0.0001	0.00
	1	0.5590	50.00
	2	0.9741	100.00
Muestra	1	-1.0100	106.59
	2	-1.4603	153.01
	3	-2.0876	217.68
	4	-2.1263	221.67
	5	-2.2062	229.91

Tabulación de valores de absorbancia de Sodio (Na) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

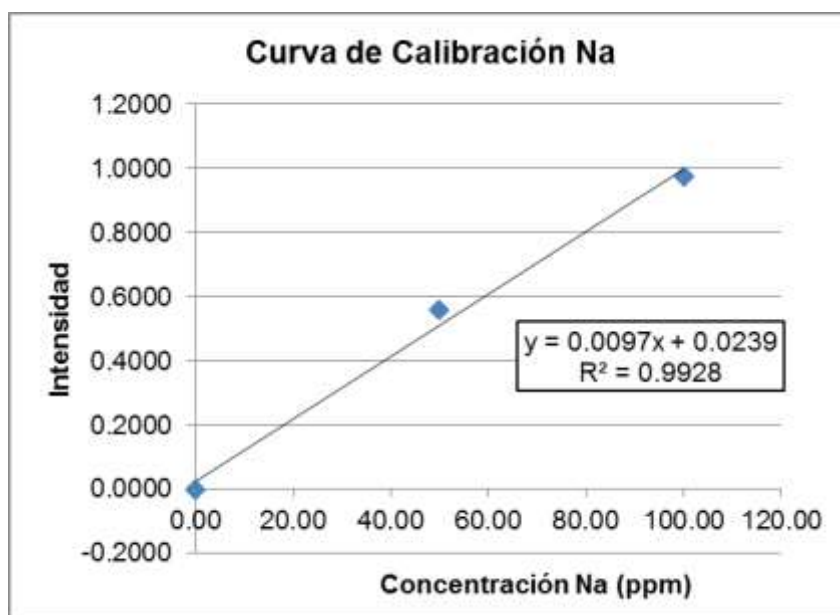


Figura 12: Curva de Calibración Na. Calibración de la absorbancia y concentración del Sodio para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 08: *Datos de Curva de Calibración Ca*

<b>Curva de Calibración Ca</b>			
		<b>Intensidad</b>	<b>Concentración Ca (ppm)</b>
Patrones	0	0.0109	0.00
	1	0.1669	10.00
	2	0.2352	20.00
Muestra	1	-18.6290	1665.58
	2	-18.6290	1665.58
	3	-18.6290	1665.58
	4	-18.6290	1665.58
	5	-18.6290	1665.58

Tabulación de valores de absorbancia de Calcio (Ca) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

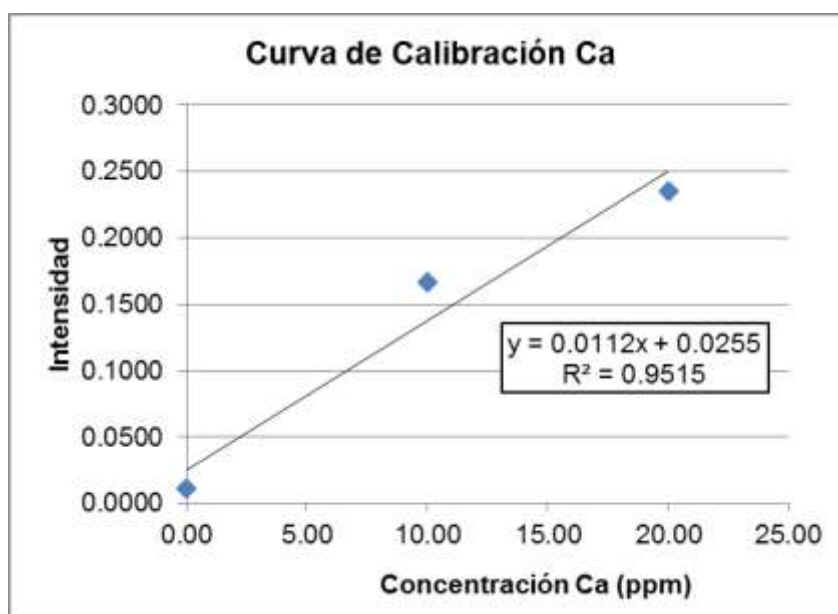


Figura 13: Curva de Calibración Ca. Calibración de la absorbancia y concentración del Calcio para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

Tabla 09: Datos de Curva de Calibración Mg

<b>Curva de Calibración Mg</b>			
		<b>Intensidad</b>	<b>Concentración Mg (ppm)</b>
Patrones	0	-0.0025	0.00
	1	0.2769	20.00
	2	0.3789	40.00
Muestra	1	-0.1877	22.04
	2	0.2301	21.94
	3	0.3812	37.84
	4	-0.0725	9.92
	5	0.2368	22.64

Tabulación de valores de absorbancia de Magnesio (Mg) en función directa de su concentración en ppm utilizando el equipo de absorción atómica.

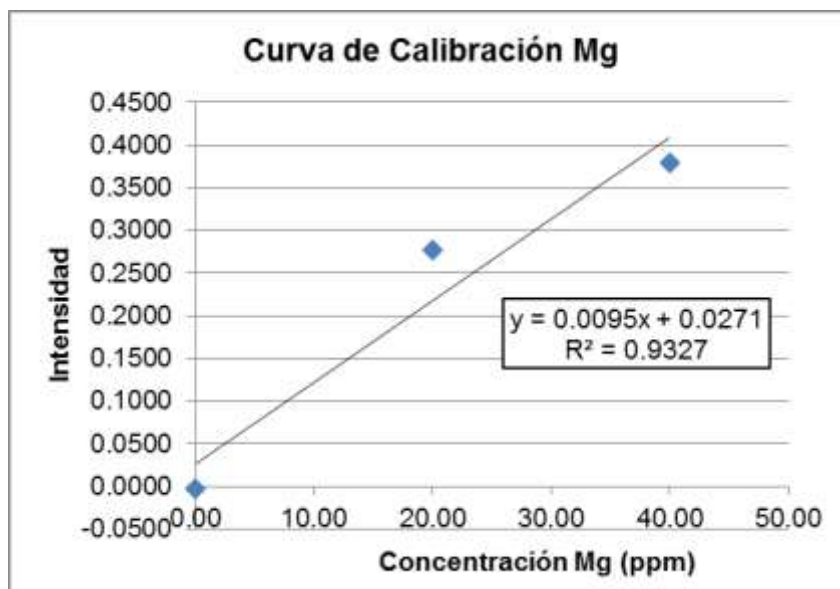


Figura 14: Curva de Calibración Mg. Calibración de la absorbancia y concentración del Magnesio para determinar el grado de relación directa entre ambos valores usando el R cuadrado.

### 3.4 Comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)

Para el análisis se comparó el valor de los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua para las categorías 1, 3 y 4.

Tabla 10: Categoría 1 (Poblacional y Recreacional)

Parámetro	Unidad	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Turbidez	NTU	5	100	**	100	**
pH	---	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6-9	**
O <sub>2</sub> disuelto	mg/L	>=6	>=5	>=4	>=5	>=4
TDS	mg/L	1000	1000	1500	**	**
Conductividad	µS/cm	1500	1600	**	**	**
Cobre (Cu)	mg/L	2	2	2	2	**
Plomo (Pb)	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	**
Hierro (Fe)	mg/L	0.3	1	1	0.3	**
Zinc (Zn)	mg/L	3	5	5	3	**

\*\*Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante.

La turbidez, el pH, el oxígeno disuelto, los TDS y la conductividad encontradas de las muestras están por debajo de los estándares para todas las clases de la categoría 1. Las concentraciones de cobre y hierro, están por encima de los estándares para todas las clases de la categoría 1. Las concentraciones de plomo y zinc encontrados de las muestras están por debajo de los estándares para todas las clases de la categoría 1, excepto ligeramente en la muestra 1 (3.10 ppm Zn) para las clases A1 y B1.

Tabla 11: Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales)

Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto		
Parámetro	Unidad	Valor
pH	---	6.5-8.5
O <sub>2</sub> disuelto	mg/L	>=4
Conductividad	μS/cm	<2000
Cobre	mg/L	0.2
Plomo	mg/L	0.05
Hierro	mg/L	1
Zinc	mg/L	2
Sodio	mg/L	200
Calcio	mg/L	200
Magnesio	mg/L	200
Parámetros para bebidas de animales		
Parámetro	Unidad	Valor
pH	---	6.5-8.4
O <sub>2</sub> disuelto	mg/L	>5
Conductividad	μS/cm	<=5000
Cobre	mg/L	0.5
Plomo	mg/L	0.05
Hierro	mg/L	1
Zinc	mg/L	24
Magnesio	mg/L	150

El pH, el oxígeno disuelto y la conductividad encontradas de las muestras están por debajo de los estándares para las dos clases de la categoría 3. Las concentraciones de cobre, hierro, zinc (para riego), sodio (muestras 3, 4 y 5) y calcio están por encima de los estándares para todas las clases de la categoría 3.

Las concentraciones de plomo, zinc (para bebida de animales), sodio (muestras 1 y 2) y magnesio encontrados de las muestras están por debajo de los estándares para todas las clases de la categoría 3.

**Tabla 12: Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático)**

Parámetro	Unidad	Lagunas y Lagos
pH	---	6.5-8.5
O <sub>2</sub> disuelto	mg/L	>=5
TDS	mg/L	500
Cobre	mg/L	0.02
Plomo	mg/L	0.001
Zinc	mg/L	0.03

El pH, el oxígeno disuelto y los TDS encontradas de las muestras están por debajo de los estándares para la clase Lagunas y Lagos de la categoría 4. Las concentraciones de cobre y zinc están por encima de los estándares para la clase Lagunas y Lagos de la categoría 4. Las concentraciones de plomo encontrados de las muestras están por debajo de los estándares para la clase Lagunas y Lagos de la categoría 4.



## CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

- La calidad del agua se determinó basándose en algunas características físico-químicas, tomando 5 muestras de agua en una laguna seleccionada y usando métodos instrumentales del curso desarrollado.
- Se determinó las siguientes propiedades físico-químicas: Temperatura, Turbidez, pH, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos disueltos totales (TDS), Conductividad, Potencial, Metales disueltos de cobre (Cu), plomo (Pb), hierro (Fe), zinc (Zn), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg).
- Se comparó los resultados con los ECAs según la legislación vigente (DS 002-2008-MINAM) concluyendo que la calidad del agua de la laguna es buena y cumple con la mayoría de los estándares.
- Los contenidos de metales de cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn) fueron los únicos por encima de los ECAs en varias concentraciones para las categorías 1, 3 y 4.



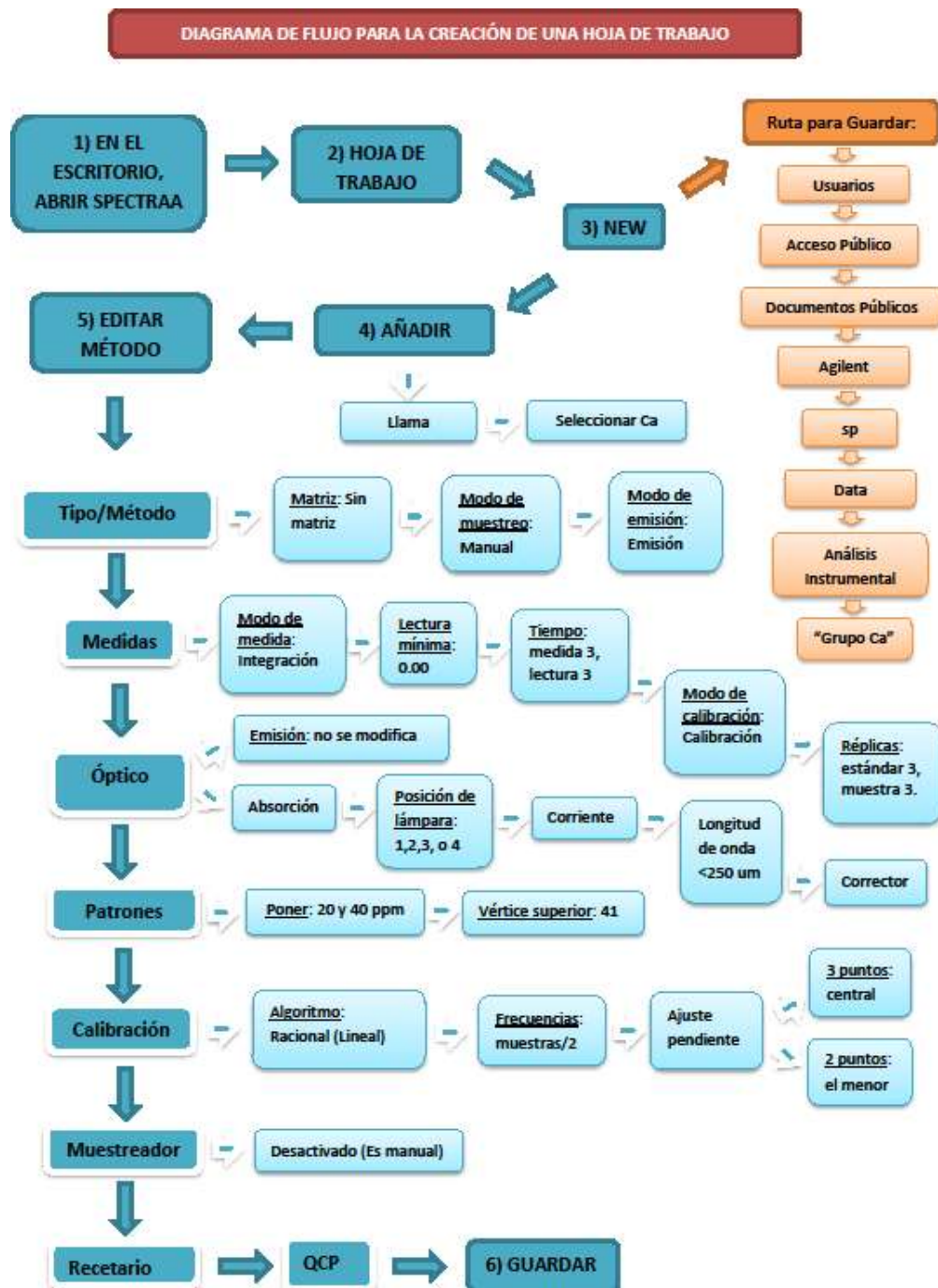
## REFERENCIAS

- Ahumada-Sempoal, M. Á., & Ruiz-García, N. (2008). Características fisicoquímicas de la Laguna Pastoría, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 12(36), 3-17.
- Amarildo Fernández Estela. (2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. 28/05/16, de Autoridad Nacional Agua Sitio web: <http://www.ana.gob.pe/media/361356/3%20protocolo%20nacional%20de%20monitoreo%20af.pdf>
- Benjamín J. et al., (2010). Estudio hidrológico en el ámbito de la propuesta para el Establecimiento del Área de Conservación Regional Lagunas Alto Perú. En *Estudio Batimétrico Lagunas Alto Perú*. Cajamarca.
- DEVIDA. (2013). Estudio de la calidad del agua en el valle del río Apurímac. 02/06/16, de Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas - DEVIDA Sitio web: [www.devida.gob.pe/wp.../Estudio-del-AGUA-en-le-VRAE-Folleto-DEVIDA-1.pdf](http://www.devida.gob.pe/wp.../Estudio-del-AGUA-en-le-VRAE-Folleto-DEVIDA-1.pdf)
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2014). Calidad del agua. 02/06/16, de ONU Sitio web: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos . (2011). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Los Recursos Hídricos, Autoridad Nacional Del Agua – DGCRH. 28/05/16, de Ministerio de Agricultura Autoridad Nacional del Agua Sitio web: [http://www.gwp.org/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](http://www.gwp.org/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf)
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2010). Propuesta de Declaratoria área de Conservación Regional “Lagunas Alto Perú”. Cajamarca: Expediente Técnico.
- Mario López Mesones. (2014). Humedales de Alta Montaña en San Pablo, distrito de Tumbadén, Cajamarca. 28/04/16, de [www.Academia.edu](http://www.academia.edu) Sitio web: [http://www.academia.edu/14498754/Humedales\\_de\\_Monta%C3%B1a\\_de\\_San\\_Pablo\\_Cajamarca](http://www.academia.edu/14498754/Humedales_de_Monta%C3%B1a_de_San_Pablo_Cajamarca)
- OMS. (2016). Agua, saneamiento y salud (ASS). 02/06/16, de OMS Sitio web: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)
- Romanelli, A., Quiroz Londoño, O. M., Massone, H. E., Martínez, D. E., & Bocanegra, E. (2010). El agua subterránea en el funcionamiento hidrológico de los humedales del Sudeste Bonaerense, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 121(4), 373-386.



## ANEXOS

Anexo 01: Diagrama de flujo para la creación de una hoja de trabajo para EEA.



### Anexo 02: Vista panorámica de las lagunas del Alto Perú



### Anexo 03: Muestras tomadas en campo



### Anexo 04: Equipo de medición multi-parámetro HACH – Turbidímetro HACH 2100Q



### Anexo 05: Potenciómetro



### Anexo 06: Equipo de Absorción/Emisión Atómica Agilent 240FS AA



Anexo 07: Patrones utilizados para el calibrado del EAA/EEA

