

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA**



**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
LICENCIADO EN QUÍMICA**

TITULADO:

**“DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICO
DEL FENOL EN DIFERENTES TIPOS DE AGUAS”**

PRESENTADO POR:

MARLENE LIZ GONZALES OTTOS

**LIMA – PERÚ
2002**

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad estudiar uno de los agentes contaminantes tóxicos, como es el fenol presente en el recurso hídrico muy importante que es el agua.

Se Desarrolló así un enfoque teórico del Agua y del Fenol, describiendo sus propiedades, usos, contaminación y toxicología de éstos; El enfoque experimental consiste en evaluar las concentraciones de fenol en muestras de agua de diferentes procedencias, así como la discusión estadística de los resultados.

Para tal objetivo clasificamos en Agua Potable y Agua Residual obteniéndose como resultado que la mayor concentración de fenol se encuentra en los efluentes industriales por lo contrario el agua potable presenta concentraciones que están debajo de los valores permisibles, cumpliendo con las Normas de Calidad establecidas para Agua Potable.

Asimismo, se optimizó el método evaluando la trazabilidad, límite de detección y cuantificación para una mejor obtención de resultados de las muestras analizadas.

SUMMARY

The present work has for purpose to study the toxic polluting agents, like it belongs one to them the present phenol in a resource very important hídric that is the water.

Developing this way a theoretical focus of the water and phenol, describing their properties, uses, contamination and toxicology of these, the experimental focus consists on evaluating the phenol concentrations in samples of water of different origins.

For such an objective we classify in Drinkable Water and Residual Water being obtained as a result that the biggest phenol concentration is in the industrial wastewater for the opposite the drinkable water it doesn't contain concentrations of this pollutant that is what was expected to be of human consumption and fulfill the established Norms of quality for Drinkable Water.

Also the method was optimized evaluating the traceability, detection limit and quantification for a better obtaining of results of the analyzed samples.

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis seres mas queridos, mi hijo por ser motivo de superación, esposo y mis padres por su apoyo moral y espiritual para la culminación de este trabajo y muchas logros adquiridos.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a mi esposo por el continuo apoyo en el desarrollo de este trabajo, también a M.Sc Otilia Acha por brindarme el asesoramiento respectivo.

INDICE

Introducción	
Objetivos	ii
Capítulo 1	
Antecedentes	01
Capítulo 2	
Fundamento Teórico	
2.1 Características físicas del Agua	07
2.2 Características Químicas del Agua	09
2.3 Clasificación del Agua	14
2.4 Calidad del Agua	19
2.5 La Contaminación del agua	23
2.5.1 Contaminación de las Aguas Superficiales de Lima.....	26
2.5.2 Contaminación de las Aguas Subterráneas	27
2.5.3 Contaminación del Mar	30
2.6 Efectos de la Contaminación del Agua	33
2.7 Fuentes de Control	34
Capítulo 3	
Estudio del Fenol	
3.1 Propiedades Físicas y Químicas	36
3.2 Producción y Usos	39
3.3 Exposición y Destino Ambiental	40

3.4 Cinética y Metabolismo	40
3.5 Efectos en los Organismos del Ambiente	42
3.6 Tratamiento de Aguas Contaminadas por Fenoles	44
3.7 Riesgos en la Salud Humana	48
3.8 Consejos Médicos	50
3.9 Exposición, Prevención y Almacenamiento	50

Capítulo 4

Normatividad del Agua

4.1 Reseña Histórica	51
4.2 Norma Nacional	52
4.3 Ley General de Aguas	56
4.4 Reglamento de Desagües Industriales	58

Capítulo 5

Parte Experimental

5.1 Determinación de Fenoles Totales en Agua Potable y Residuales	68
5.2 Discusión General	69
5.3 Interferencias	70
5.4 Preservación y Almacenamiento de la Muestra	71
5.5 Procedimiento	71
5.6 Cálculos	75
5.7 Diagramas de Flujo	76
5.8 Datos Experimentales	78

Capítulo 6

6.1 Generalidades	82
6.2 Trazabilidad de las medidas	84
6.3 Demostración de la trazabilidad.....	86
6.4 Control de Calidad Interna	
6.4.1 Codificación de Muestras y Documentos	87
6.4.2 Procedimiento General realizado en el Laboratorio.....	89
6.4.3 Almacenamiento y Eliminación de Muestras	94
6.4.4 Eliminación de Residuos	97

Capítulo 7

Obtención de Resultados

7.1 Muestreo	98
7.2 Trazabilidad del material de referencia secundario	104
7.3 Evaluación Estadística.	
7.3.1 Interpretación de gráficas	107
7.3.2 Evaluación de la linealidad de Método	119
Conclusiones	120
Recomendaciones	121
Referencias bibliográficas	122

Anexo I Ciclo del Agua

Anexo II Reactivos Materiales y Preparación de Reactivos

Anexo III Tablas

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Concentración de Fenol en diferentes puntos de Muestreo.	03
Tabla 2.1	Parámetros Físico – Químicos del Agua	13
Tabla 2.2	Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua Residual y su Procedencia.	17
Tabla 2.3	Depreciación de la Calidad del Agua mediante uso Municipal	21
Tabla 2.4	Composición Típica de Aguas Residuales Domésticas	22
Tabla 2.5	Parámetro de Polución Potencial	29
Tabla 2.6	Carga contaminante vertida en las playas de Lima	32
Tabla 3.1	Propiedades físicas de los Fenoles	37
Tabla 3.2	Datos Físicos del Fenol	38
Tabla 3.3	Efectos del Fenol en seres vivos	43
Tabla 3.4	Riesgos de Salud y protección	49
Tabla 4.1	Ley General de Aguas D.L. N° 17752	57
Tabla 4.2	Límites Permisible Aguas Residuales – Perú	60
Tabla 4.3	Límites Permisible Aguas Residuales – México	61
Tabla 4.4	Límites Máximos Permisibles en Agua Potable (México)	62
Tabla 4.5	Norma Colombiana para Agua Potable	64
Tabla 4.6	Límites Máximos Permisibles en Agua Potable (Chile)	66
Tabla 4.7	Estándares en otros países	67
Tabla 5.3	Datos de la Curva de Calibración Método Extracción con cloroformo.	78

Tabla 5.4	Datos de muestras extracción con extracción con cloroformo	78
Tabla 5.5	Datos de la curva de calibración. Método Directo	80
Tabla 5.6	Datos de muestras. Método Directo	80
Tabla 6.1	Procedimiento realizado en el Laboratorio	90
Tabla 6.2	Programa de Monitoreo de Ensayo.....	92
Tabla 6.3	Programa de Monitoreo de Equipo.....	93
Tabla 6.4	Requisitos mínimos para ensayar muestras.....	95
Tabla 6.5	Procedimientos de conservación de contramuestras	96
Tabla 7.1	Lectura Absorbancia del material de Referencia	105
Tabla 7.2	Lecturas Absorbancia del sal de fenol (Fen-O3)	105
Tabla 7.3	Parámetros estadísticos de la evaluación del Método Extracción con cloroformo.	110
Tabla 7.4	Parámetros estadísticas de la Evaluación Método Directo.	110
Tabla 7.5	Parámetro de la Evaluación de Varianza del Método Extracción con Cloroformo	117
Tabla 7.6	Parámetro de la Evaluación de Varianza del Método Directo	117
Tabla 7.7	Parámetro estadísticos de la trazabilidad del estándar secundario	119
Tabla 7.8	Comparación de los valores de la t	119

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1	Curva de Calibración del Fenol Método Extracción con Cloroformo	79
Gráfico 5.2	Curva de Calibración del Fenol Método Directo	81
Gráfico 7.1	Distribución de la Concentración de fenol por meses.....	99
Gráfico 7.2	Distribución de la Concentración del Fenol por tipo de Agua	100
Gráfico 7.3	Distribución Mensual de la Concentración de Fenol provenientes de efluentes de Mar	101
Gráfico 7.4	Distribución Mensual de la Concentración de Fenol provenientes de efluentes de Minas	102
Gráfico 7.5	Distribución Mensual de la Concentración del Fenol Provenientes de efluentes Industriales	103
Gráfico 9.5	Curva de Calibración Validación Patrón Secundario	106

ABREVIATURAS

OMS	Organización Mundial de la Salud
mg	Miligramo
L	litro
OD	Oxígeno Disuelto
DBO	Demanda Bioquímica del Oxígeno
DQO	Demanda Química del Oxígeno
COT	Carbono Orgánico Total
SDT	Sólidos Disueltos totales
SS	Sólidos sedimentables
FenO3	Sal de Fenol
Fen-A-O2	Patrón Certificado
NOAEL	Concentración máxima sin efecto observable
DL ₅₀	Dosis letal para el 50% de la población

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad estudiar uno de los agentes contaminantes tóxicos, como es el fenol presente en el recurso hídrico muy importante que es el agua.

Se Desarrolló así un enfoque teórico del Agua y del Fenol, describiendo sus propiedades, usos, contaminación y toxicología de éstos; El enfoque experimental consiste en evaluar las concentraciones de fenol en muestras de agua de diferentes procedencias, así como la discusión estadística de los resultados.

Para tal objetivo clasificamos en Agua Potable y Agua Residual obteniéndose como resultado que la mayor concentración de fenol se encuentra en los efluentes industriales por lo contrario el agua potable presenta concentraciones que están debajo de los valores permisibles, cumpliendo con las Normas de Calidad establecidas para Agua Potable.

Asimismo, se optimizó el método evaluando la trazabilidad, límite de detección y cuantificación para una mejor obtención de resultados de las muestras analizadas.

SUMMARY

The present work has for purpose to study the toxic polluting agents, like it belongs one to them the present phenol in a resource very important hídric that is the water.

Developing this way a theoretical focus of the water and phenol, describing their properties, uses, contamination and toxicology of these, the experimental focus consists on evaluating the phenol concentrations in samples of water of different origins.

For such an objective we classify in Drinkable Water and Residual Water being obtained as a result that the biggest phenol concentration is in the industrial wastewater for the opposite the drinkable water it doesn't contain concentrations of this pollutant that is what was expected to be of human consumption and fulfill the established Norms of quality for Drinkable Water.

Also the method was optimized evaluating the traceability, detection limit and quantification for a better obtaining of results of the analyzed samples.

INTRODUCCION

En las últimas tres décadas, la legislación ambiental mundial se ha centrado en exigir la protección de los cuerpos del agua, pues la escasez de la misma y el incremento dramático de enfermedades como el cáncer y disfunciones del sistema nervioso en los animales y en el hombre han dado la voz de alerta para que se tomen medidas sobre la necesidad de la preservación de este recurso natural.

Entre los compuestos con más alta toxicidad presentes en las corrientes de agua se encuentra el fenol, el cual al reaccionar con el Cloro que se utiliza en la mayoría de países para el tratamiento de agua potable, forma compuestos Fenil-policlorados que son más tóxicos y a la vez más resistentes a la biodegradación, por lo tanto es estrictamente necesaria la eliminación completa del fenol de las aguas residuales antes que sean vertidas a los cauces naturales.

La eliminación efectiva de contaminantes orgánicos de las aguas residuales industriales es un problema de gran importancia, entre los más comunes se encuentra el Fenol y los Fenoles sustituidos, los cuales son probablemente biodegradables. Tiene un tiempo de vida media de descomposición entre 2 y 72 días, además son extremadamente tóxicos a la vida acuática, presentando un fuerte y desagradable olor (2).

El interés en determinar el contenido de fenoles que se vierten a las aguas de los ríos se explica no solamente por los efectos negativos que pueden ejercer sobre los organismos acuáticos y fundamentalmente por sus

incidencias sobre las aguas destinadas al consumo de la población, en las aguas naturales su presencia esta relacionada con la descomposición de hojas y materia orgánica, ácido húmicos y fúvicos, pero principalmente se le asocia a procesos de contaminación de las fuentes por desechos industriales, aguas servidas, funguicidas y pesticidas, hidrólisis y oxidación de pesticidas, órgano fosforados, degradación bacteriológica de herbicidas del ácido fenoxialquílico, etc. (17).

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es cuantificar las concentraciones del fenol en agua potable y residuales, evaluar donde presenta mayor trascendencia debido a su considerable toxicidad en este medio. Asimismo optimizar el método para la evaluación del agente contaminante.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

Como la mayoría de las grandes ciudades, enfrentan problemas ambientales que se va agudizando a medida que la ciudad crece y se desarrolla, el crecimiento comercial e industrial se agudiza y se concentra cada vez más. La contaminación del agua es la incorporación al agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos residuos industriales o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos (3). Las aguas residuales contienen en solución una serie de compuestos orgánicos e inorgánicos y algunos sufren transformaciones en el medio acuático, debido a la acción bioquímica de microorganismos o por reacciones químicas mientras que otras se acumulan, pues no están sujetos a tales transformaciones, debido a esto la caracterización de las aguas a ser tratadas, debe incluir información sobre compuestos orgánicos e inorgánicos presentes. Es importante saber el contenido de los fenoles que se vierten a las aguas de los ríos, esto se explica no solamente por los efectos negativos que pueden ejercer en los organismos acuáticos, si no por la incidencia sobre las aguas destinadas al consumo de la población.

A continuación se presenta algunos estudios:

- a) En la provincia de corrientes Argentina, no existe hasta hoy una tecnología aplicada al análisis de los fenoles y derivados en muestras

de agua que permita un monitoreo continuado, Asimismo se han analizado en esta primera etapa muestras de aguas naturales sin tratar captadas por las principales plantas potabilizadoras que la empresa agua de corrientes S.A. dispone sobre el curso de los ríos de Paraná y Uruguay, como así también muestras de líquidos cloacales de la ciudad de corrientes. Siendo la industria de la madera la principal fuente de contaminación de compuestos fenólicos (10). Los resultados obtenidos de muestras tomadas durante los meses de marzo abril 2001, se muestran en la Tabla N° 1.1.

TABLA N° 1.1
CONCENTRACIONES DEL FENOL EN DIFERENTES
PUNTOS DE MUESTREO

MUESTRA	FENOL mg/L
Crudo cloacal capital	0,232
Crudo cloacal Ñapindá	0,542
Natural de ctes cap *	0,156
Natural de ctes cap *	0,206
Natural de Goya	0,120
Natural de Esquina	0,059
Natural de sto. Tome	0,442
Natural de P Libres	0,411
Natural de Mte. Caseros *	0,186
Natural de Mte. Caseros *	0,202

*Estos valores de concentración son del mismo punto o lugar de muestreo en diferentes horas.

- b) En Alemania el fenol se considera en el grupo de sustancias clasificadas como amenaza para el Agua-Clase 2, debido a su alta toxicidad en este medio (27).
- c) En México se desarrollo el método general, simple y confiable para evaluar los valores de fenoles y compuestos relacionados en muestras de aguas de sedimentos, tejidos y pescado, obteniéndose valores de fenoles.
- d) En los procesos industriales especialmente de las refinerías de petróleo, industria química, metalúrgica, plásticos y otras, se generan efluentes líquidos con altas concentraciones de compuestos orgánicos, en donde tienen gran presencia las sustancias fenólicas.

Los actuales de remoción de estos poluentes, son casi siempre onerosos o de baja eficiencia. Se presento un trabajo práctico donde se examina la posibilidad de utilizar un subproducto del beneficio del carbón mineral (SBCM) como material absorbente para remover compuestos fenólicos de los efluentes. Los ensayos de laboratorio se realizaron a condiciones normales y utilizando SBCM. Los mejores resultados obtenidos se obtuvieron con el SBCM tratado con sustancias ácidas. El estudio presenta los resultados de compuestos orgánicos presentes en las diferentes etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales de una refinería, siendo los principales compuestos de las aguas residuales de esta industria petroquímica los hidrocarburos y fenoles (1).

e) El departamento de Química Ambiental y de Química Orgánica Biológica del Instituto de investigaciones químicas y Ambientales “Joseph Pascual Vila” (CSIC), ha desarrollado para probar la eficacia de un nuevo biosensor en la detección y cuantificación de fenoles, contaminantes persistentes que provienen fundamentalmente de la industria química.

Las plantas depuradoras estudiadas son de Manresa, Ripoll, Igualada, Abrera i Montornés. Las dos primeras reciben agua de origen urbano, en las otras tres, entre un 60% y 70% del agua es de origen industrial. En este estudio se analizó durante tres meses tanto las aguas que entran en la depuradora como las que salen ya tratadas con un nuevo biosensor.

Los resultados obtenidos con el biosensor han sido contrastados con los métodos tradicionales de análisis.

Habitualmente se analiza el contenido en fenoles con el sistema estandarizado por la Unión Europea, técnicamente llamado 4-AAP (4-Amino antipirina). Este sistema sólo detecta compuestos que contienen más de 50 microgramos de fenoles. Además es imposible determinar de que tipo de fenoles se trata.

El nuevo biosensor se basa en anticuerpos del 4-nitro fenol y detecta específicamente este contaminante además de otros cinco similares, los más habituales en la industria, desde que se prohibieron los cloro fenoles.

El biosensor permite diferenciar el origen de las aguas residuales (si son urbanas o industriales), así como decidir rápidamente si los efluentes de

las depuradoras se pueden verter sin peligro al río o necesitan un nuevo tratamiento.

En este sentido, cabe destacar que el nuevo biosensor permite obtener resultados en una hora, mientras que con el sistema tradicional se necesita varias horas.

El biosensor también se podría aplicar para el control de fenoles en la red de agua potable, ya que tiene un nivel de sensibilidad muy alto (puede detectar hasta a 0,1 microgramos de fenoles y el máximo permitido actual son 0,5 microgramos en el agua potable).

Según los resultados de las muestras analizadas, el agua más limpia es la de Ripoll y Manresa. La de Igualada recibe una parte importante de aguas de origen industrial, presentando un contenido más alto de fenoles, aunque este varía en función de la época (27).

Capítulo 2

FUNDAMENTO TEORICO

En general la composición física y química de las aguas se debe a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos, que provienen de diversas fuentes, tales como la erosión de suelos y rocas, reacciones de disolución y precipitación que ocurren bajo la superficie de la tierra y también de los efectos que resultan de las actividades del hombre.

El agua es un elemento esencial para la vida, cubre las 4/5 partes de la superficie terrestre y en el hombre representa el 70% del peso total de su cuerpo (12).

A continuación se muestra la disponibilidad del agua en la tierra, usos típicos y el ciclo del Agua. (Anexo I)

2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

Las propiedades físicas son en muchos casos relativamente fáciles de medir, algunas de las cuales se muestran a continuación.

a) Temperatura

Es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio. La temperatura debe tomarse en el punto de muestreo (20).

b) Sabor y olor

Debido a las impurezas disueltas frecuentemente de naturaleza orgánica, por ejemplo fenoles y cloro fenoles. La determinación es

útil para evaluar la calidad del agua. existen métodos cuantitativos, el más usado es determinar la relación de dilución, en la cual el olor y el sabor son apenas detectable (13).

c) Color

Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azul verdoso pálido en grandes volúmenes. Es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y el color aparente debido a la materia suspendida. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañina (13).

d) Turbidez

La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbiedad en el agua puede causar partículas de arcilla y limo, descargas de agua residual, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos (13).

e) Sólidos

Éstos pueden estar presentes en suspensión, en solución o ambos y se dividen en materia orgánica y materia inorgánica. Los sólidos disueltos totales (SDT) se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión (SS) son partículas discretas que se pueden medir al filtrar una muestra a través de un papel fino. Los sólidos sedimentables son aquellos removidos en un procedimiento estándar de sedimentación con el uso de un cilindro de 1 litro (20).

f) Conductividad eléctrica

La conductividad de una solución depende de la cantidad de sales disueltas ionizadas en el agua y la temperatura en la cual se haya la determinación (13).

2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA

Las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que algunos de los parámetros físico y por eso son más útiles para evaluar las propiedades de una muestra de inmediato.

A continuación se describen algunas características químicas importantes.

a) pH

La intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra se mide en la escala de pH, que en realidad mide la concentración de iones de hidrógeno presentes (14).

b) Potencial de óxido – reducción (potencial O-R)

Los potenciales de redox controlan los procesos químicos naturales e indican los cambios en las propiedades del agua debido a los procesos biológicos aeróbicos o anaeróbicos los potenciales menores de -200mv son procesos anaeróbicos entre 0 y 200mv transicionales y los valores positivos indican procesos aeróbicos (20).

c) Alcalinidad

La alcalinidad del agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, para reaccionar con iones hidrogeno o la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH) su determinación es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tamponada del agua. En aguas naturales la Alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos; bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (13).

d) Acidez

Puede definirse como la capacidad de neutralizar bases, capacidad para reaccionar iones hidroxilo, ceder protones o el contenido total de sustancias ácidas, su determinación es importante debido a las características corrosivas de las aguas ácidas.

e) Dureza

Es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Es debida principalmente a los iones metálicos Ca^{++} y Mg^{++} aunque también son responsables Fe^{++} y Sr^{++} . Los metales normalmente están asociados con HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- y NO_3^- (13).

f) Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida biológica y el efecto de una descarga de

desechos en un río se determina principalmente por el balance de oxígeno del sistema. Desafortunadamente el oxígeno es poco soluble en agua (13).

g) Demanda de oxígeno

Los compuestos orgánicos por lo regular son inestables y pueden oxidarse biológica o químicamente para obtener productos finales estables, relativamente inertes tales como CO_2 , NO_3 , H_2O .

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aeróbicas en un periodo de 5 días y a 20 °C.

- Valor de permanganato (VP)

Es la oxidación química que usa una solución de permanganato de potasio.

- Demanda química de oxígeno (DQO)

Es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química específicamente representa el contenido orgánico total (13).

h) Nitrógeno

Es un elemento importante ya que las reacciones biológicas sólo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno. Existe en

cuatro formas principales por lo que toca a la ingeniería de salud pública:

- Nitrógeno orgánico

Nitrógeno en la forma de proteínas, amino ácidos y urea.

- Nitrógeno amoniacal

Nitrógeno como sales de amoníaco; por ejemplo, $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$, o como amoníaco libre.

- Nitrógeno de nitritos

Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.

- Nitrógeno de nitratos

Producto final de la oxidación del nitrógeno.

A continuación se presentan características importantes de muestras diferentes Tabla N° 2.1

TABLA N° 2.1

PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA

CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE MUESTRAS DIFERENTES	Agua de río	Agua Para beber	Efluente de Agua residual
PH	X	X	X
Temperatura	X	X	
Color	X	X	
Turbiedad	X	X	
Sabor		X	
Olor		X	
Sólidos totales	X	X	
Sólidos sedimentales			
Sólidos suspendidos			X
Conductividad	X	X	
Radioactividad	X	X	
Alcalinidad	X	X	X
Acidez	X	X	X
Dureza	X	X	
OD	X	X	
DBO	X		X
VP, DQO o COT	X		X
Nitrógeno orgánico			X
Nitrógeno amoniacal	X		X
Nitrógeno de nitritos	X		X
Nitrógeno de nitratos	X	X	X
Cloruros	X	X	
Fosfatos	X		X
Detergente sintético	X		X
Recuentos bacteriológicos	X	X	

X Indicador del parámetro a considerar

2.3 CLASIFICACIÓN DEL AGUA

a) Agua Potable

Es aquella apta para el consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológico establecidos en esta norma (30). Condiciones señaladas por las autoridades sanitarias para ser consumidas por la población humana y no padezcan efecto adverso a su salud (17).

Ciertas sustancias o características físicas y químicas pueden afectar la aceptabilidad del agua de beber. Entre ellas figuran las que afectan la apariencia estética como la turbiedad causando malos olores y sabores, acidez y alcalinidad, detergentes aniónicos, aceites minerales, compuestos fenólicos, sales naturales de magnesio y hierro, así como los iones de sulfato y cloruro. Si están presentes en concentraciones excesivas pueden afectar la salud de las personas que la ingieren.

Así mismo, requieren de atención las diversas transformaciones químicas y bioquímicas a que están expuestos los contaminantes del ambiente acuático. Las alteraciones químicas pueden afectar su disponibilidad biológica o toxicidad, aumentándola o disminuyéndola. A pesar de que son indispensables para comprender las repercusiones para la salud, los niveles de contaminantes en el agua deben realizarse siempre en relación con la ingestión efectiva de agua potable y de la carga impuesta a los organismos por otras fuentes en una localidad determinada.

Pero varios factores en el agua pueden influenciar en la salud y enfermedades, estos producen diferentes efectos según áreas geográficas (17).

b) Aguas Residuales

Las aguas residuales contienen en solución una serie de compuestos orgánicos e inorgánicos y algunos sufren transformaciones en el medio acuático, debido a la acción bioquímica de microorganismos o por reacciones químicas, mientras que otras se acumulan, pues no están sujetas a tales transformaciones (26).

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionadas con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Las aguas residuales tiene un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales. Las aguas residuales domesticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que el vertido reciben antes de su descarga. Un área metropolitana estándar vierte un volumen de agua residual entre 60 y el 80% de sus requerimientos diarios totales y el resto se usa para lavar coches y regar jardines,

así como en procesos del enlatado y embotellado de alimentos (25).

Debido a los problemas es necesario la caracterización de las aguas servidas a ser tratadas o dispuestas en corrientes receptoras.

El objetivo de la caracterización es determinar la composición de las aguas residuales para establecer los parámetros que representan riesgo ambiental y que habrá que remover antes de descargar el efluente, a fin de mitigar los efectos negativos sobre el ambiente receptor. La caracterización se operativiza a través de un programa de monitoreo, estableciendo puntos de muestreo en cada descarga del efluente identificando además los parámetros a estudiar según los procesos internos de la industria, de la misma manera se determinan las frecuencias para la toma de muestra que depende fundamentalmente de las rutinas internas de operación y la concurrencia de procesos en Batch o continuos (22).

Seguidamente se muestran las características físico químicas y biológicas del agua residual Tabla N° 2.2.

TABLA N° 2.2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL Y SUS PROCEDENCIAS

Características	Procedencia
Propiedades Físicas: Color	Aguas residuales, domesticas e industrial es degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos Industriales.
Sólidos	Agua residual, domestica e industrial, suministro.
Temperatura	Aguas residuales domesticas e industriales.
Propiedades Químicas Orgánicos: Carbohidratos	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Grasas animales ,aceites y grasa	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Pesticidas	Residuos Agrícolas
Fenoles	Vertidos Industriales
Proteínas	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Agentes Tensoactivos	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Otros	degradación natural de materia orgánica
Propiedades Químicas Inorgánicos: Alcalinidad	Aguas residuales domesticas, de suministro, i Filtración de agua subterránea.
Cloruros Metales	Aguas residuales domesticas, de suministro, i Filtración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos Industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas domesticas.
PH	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.
Azufre	Aguas residuales domesticas e industriales y Comerciales.

c) Aguas Naturales

Se define como el agua cruda, subterránea de lluvia, tal como se encuentra en la naturaleza (30).

d) Aguas Superficiales

Son aquellas que se encuentran en el seno de los ríos, lagos, lagunas, las aguas de los ríos en su recorrido se van transformando de diversas maneras, ya que a su gran poder disolvente recogen materias de los diferentes suelos por los cuales pasa (12).

e) Aguas Subterráneas.

Cuando caen lluvias al suelo, una parte de ellas se infiltra en la tierra mientras que una proporción de esta agua será absorbida por las raíces de las plantas, algo se infiltrará mas profundamente, por gravedad, eventualmente ésta se acumulará encima de una capa impermeable, saturando los poros del suelo y formando un reservorio subterráneo. Esta agua que permanece bajo tierra es conocida como subterránea, el reservorio subterráneo del cual se pueden extraer el acuífero, a través del cual el exceso del agua de lluvias que pasa verticalmente se conoce como la zona no saturada y se caracteriza por tener poros conteniendo aire y agua, él limite entre la zona no saturada y acuífero define el nivel freático.

- Importancia del agua subterránea

Constituyen cerca del 95 % del agua dulce de nuestro planeta sin tomar en cuenta aquella que se encuentra en las capas de hielo polar. En contraste los ríos y lagos representa menor del 5% este

hecho le brinda una importancia fundamental al agua subterránea con respecto a la vida humana y la actividad económica (16).

2.4 CALIDAD DEL AGUA

El término calidad en relación con el agua es un término abstracto y sólo tiene importancia universal si está relacionado al uso que se le va a dar. Por ejemplo, el agua suficientemente limpia que permita la vida de peces de agua fresca puede ser demasiado poluida para ser usada para la nación, el agua que es útil para bebida humana, puede que no sea suficientemente pura para usarla en la manufactura de equipos electrónicos. Para decidir si un agua es de una calidad deseable para un propósito particular, su calidad debe ser especificada en términos de uso. Las sociedades modernas utilizan el agua para muchos propósitos, entre ellos los principales son: uso doméstico, industrial, hidroeléctrico, navegación, irrigación, crianza de ganado y aves de corral, vida acuática y recreación. Cada uno de ellos con requerimientos específicos de calidad pero a su vez originan cambios en el agua usada, surgiendo un conflicto cuando el usuario afecta la calidad del agua en forma tal que su valor queda disminuido para otro. Por ejemplo, cuando una industria o refinería descarga sus desagües a un río del cual aguas abajo se abastece una planta de tratamiento de agua. A los cambios en los que ocurre cualquier disminución de la adecuación de la misma para cualquiera de sus usos benéficos sean reales o potenciales y que son causados por el hombre se denomina contaminación. Esto no considera

la contaminación debido a causas naturales. Como resultados de determinación de las características físicas, químicas y biológicas, se pueden cuantificar las aguas con relación a sus varios usos. Este proceso está siendo revisado, divulgándose continuamente mediante publicaciones nacionales o internacionales sobre criterios de calidad relativos a los diferentes usos del agua, estos criterios de calidad se refieren a cualquier límite definido de variación o alteración de la calidad del agua señalado por los expertos en base a datos científicos, dentro del cual no origina efectos específicos generalmente adversos para su uso por el hombre o para los organismos que viven en este elemento y como ya se ha mencionado, se basan en los conocimientos científicos más avanzados de que se dispone y pueden ser depurados a medida que dichos conocimientos evolucionan (17). Se han efectuado diversos estudios sobre los cambios en la calidad del agua debido al uso doméstico la Tabla N° 2.3 muestra un resumen de los resultados de uno de estos estudios en Lima (1980) y la Tabla N° 2.4.

TABLA N° 2.3
DEPRECIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
MEDIANTE USO MUNICIPAL

Parámetro	Aguas de caño promedio (mg/L)	Efluente Alcantarillado Promedio (mg/L)
DQO sin Filtración	6,0	265
DQO con Filtración	-	101
DQO con Filtración corregida para Cl	2	84
Detergentes Aniónicos	0,02	7,4
Oxidrilo Aromático	0,05	1,7
Carbohidratos (glucosa)	0,05	2,5
Azucares Reductores	0,005	0,005
Nitrógeno Orgánico	0,07	2,3
Nitrato	0,67	4,1
Nitrito	0,031	0,3
Amoniaco	0,02	16,1
Nitrógeno Total	-	-
Alcalinidad Total (CACO ₃)	141	263
Calcio	52	75
Magnesio	15	22
Potasio	1,9	11,2
Sodio	13,5	70
Fosfato Total	0,043	24,3
Ortofosfato	0,011	22,8
Sulfato	68	101
Cloruro	15,1	70,9
Residuo 105°C	256	547
Perdida por ignición	58	127
PH	8,3	7,5
Conductancia especifica	422	916

TABLA N° 2.4

COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Constituyente	Concentración mg/L		
	Alta	Media	Baja
Sólidos Totales	1200	700	350
Disueltos Totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
En Suspensión Totales	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos Sedimentales	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno Total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitrito	0	0	0
Nitrato	0	0	0
P. Orgánico	5	3	1
P. Inorgánico	10	5	3
Fósforo Total (como P)	15	8	4
Cloruros (como Cl)	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50
Cadmio (como Cd)	110**	50	10*
Magnesio (como Mg)	10**	9	8*
Sodio (como Na)	100**	50	23*

*Agua Blanda

**Agua Dura

2.5 LA CONTAMINACION DEL AGUA.

Las fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas. La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas. No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dado según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas o equivalente de población necesario para producir la misma cantidad de residuos. Este valor se acostumbra expresarse en términos de DBO. Para la determinación del número de personas se emplea un valor medio de 0,077 Kg. en 5 días a 20 °C de DBO por persona y día. El equivalente de población de un matadero, por ejemplo, oscilará entre 5 y 25 por animal. La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos (25).

El agua contiene y al mismo tiempo es un vehículo de una larga lista de agentes contaminantes tanto de origen biológico, como de naturaleza química. Además constituye el hábitat de seres acuáticos y vectores que

transmiten organismos patógenos. Su escasez perjudica la higiene personal y doméstica. Las rutas de exposición a la contaminación por agua pueden ser directas o indirectas; las rutas directas incluyen: la ingestión y/o el contacto con agua contaminada durante actividades productivas, domésticas y recreativas; las rutas indirectas incluyen el consumo de cultivos regados con aguas servidas, la ingestión de alimentos preparados con agua contaminada y el consumo de pescado y moluscos contaminados por organismos patógenos, entre otros.

Las principales rutas de exposición asociadas al agua que constituyen un riesgo para la salud de la población de Lima son:

- a) La ingestión de agua potable proveniente del río Rimac tratada por Sedapal.
- b) El consumo de agua potable proveniente de los pozos de las aguas superficiales no tratadas de los tres ríos de Lima. Administrados por sedapal; los diversos usos incluyendo la ingestión.
- c) El consumo del agua subterránea proveniente de los pozos que no se encuentran bajo la administración de sedapal.
- d) El consumo de alimentos regados, lavados o preparados con aguas sucias o el consumo de pescados y mariscos cosechados en aguas contaminadas.
- e) El contacto con las aguas marinas contaminadas durante el baño o las actividades recreativas.
- f) La limitada disponibilidad de agua para los sectores que no cuentan con conexiones domésticas o cuyos servicios son deficientes (21).

La contaminación es una desviación de la pureza, los principales contaminantes del agua son las aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

Presentándose los siguientes agentes infecciosos:

- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Estas a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y al descomponerse agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso Industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las

centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen (25).

2.5.1 La contaminación de las aguas superficiales de Lima.

La oferta de recursos hídricos de Lima, ciudad del desierto es escasa. Las necesidades de todas las actividades productivas y no productivas se satisfacen mediante la explotación de las aguas subterráneas y las aguas superficiales de tres ríos: Rimac, Chillón y Turín, estas constituyen las fuentes de agua superficial para todos los usos consuntivos y no consuntivos, tales como la generación de energía, la agricultura, la producción minera e industrial, las actividades comerciales, domésticas y sociales de la capital.

A pesar de constituir las únicas fuentes de agua superficial, los tres ríos son receptores de residuos líquidos y sólidos, contaminantes que producen las actividades urbanas y no urbanas. Para el caso del Río Rimac, se han contabilizado 175 descargas de aguas residuales de origen minero, industrial y doméstico (PROMAR 1996). La producción agrícola, ganadera, industrial, minera, energética y el abastecimiento de agua para consumo humano, compiten y eventualmente entran en conflicto. En las zonas altas, el río se carga de agua contaminada, la misma que debe ser removida mediante costosos procesos de tratamiento aguas abajo. Las cargas contaminantes que soportan los otros dos ríos Chillón y Lurín son menores. No existe una

importante industria minera en estas dos cuencas; sin embargo, la agricultura y expansión urbana especialmente en las partes bajas contribuyen al deterioro de la calidad de las aguas (21).

2.5.2 La contaminación de las aguas subterráneas.

Existen alrededor de 1,000 pozos en la ciudad de Lima, de los cuales en 1995 aproximadamente 360 estaban administrados por la empresa de agua potable sedapal. La calidad del acuífero de Lima varía ampliamente de un pozo a otro. sedapal efectúa un monitoreo permanente de los pozos bajo su administración, pero se desconoce la calidad de las aguas del resto de pozos de la ciudad, dado que las entidades que lo administran (principalmente empresas privadas o municipios) no han realizado programas de evaluación ni efectúan mediciones periódicas. Los parámetros de calidad de las aguas subterráneas considerados de importancia para la salud son: los nitratos, microorganismos patógenos, hidrocarburos, metales y pesticidas. Estudios realizados por sedapal en 1995 indican que el 5% de las muestras de los pozos estaban contaminadas por coliformes fecales, mientras que el 15.8% contenían una excesiva presencia de sales. No se dispone de datos recientes de niveles de metales, hidrocarburos, pesticidas u otros compuestos orgánicos en los pozos de Lima. Algunas mediciones efectuadas en 1985, encontraron altos niveles de benceno, tolueno y xileno (típicos de los combustibles) en algunos pozos, así como concentraciones de metales pesados

relativamente altos, sedapal asegura que tales pozos han sido clausurados y que están en proceso de recuperación (21). En la Tabla N° 2.5 se presentan parámetros de polución potencial en desechos líquidos.

Parámetro Indicador	Tipo de Industria																										
	Aluminio	Automotriz	Azúcar	Bebidas	Conservas enlatadas	Concentrados	F. Nitrogenados	F. Fosforados	Vidriera	Cementos, otros	Asbesto	Cereales	Quim. Inorgánica	Alcalis-Cloro	Curtimbres	Carnes	Metales	Quim. Orgánica	Ref. Petróleo	Sintética/Plast.	Pulpa y papel	Generador Ener.	Acero	Textiles	Granjas	Lavandería	Lechera
Alcalinidad Total			X						X			X	X	X										X			X
Arsénico								X				X	X														
Aluminio	Xx							X				X	X														
Amonio		X					X												X	X	X		X		X		
Aceite	X	X	X	X	X		X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Boro												X	X									X					
Color			X	X	X									X	X				X		X				X	X	X
Cobre		X																	X		X						
Coliforme			X	X	X	X									X						X				X		
Cloruros		X						X											X			X	X		X		X
Cromo		X						X					X	X					X				X	X			
Calcio							X	X					X	X	X									X	X		
Cromatos									X	X	X											X					
Cianuro		X											X	X			X	X	X	X	X		X				
Carbón Orgánico Total					X							X						X	X		X						X
Demanda Bioquímica (DBO)		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
Demanda Química (DQO)		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X			X
Detergentes			X	X																						X	
Estaño		X							X														X				
Fósforo	X	X		X	X	X		X	X	X									X	X							X
Fluoruros	X							X					X	X													
Fenoles	X	X											X	X				X	X	X	X		X	X	X		
Grasas	X	X		X			X							X	X	X				X	X		X	X	X	X	
Hierro		X					X	X	X				X	X					X			X	X				
Materiales Tóxicos			X	X												X					X			X			
Merceptanos																			X	X							
Metales pesados																	X	X			X			X			
Mercurio								X					X	X													
Nitratos		X					X		X												X					X	
Nitrógeno Total			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			X	X						X	X	X
PH	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Titanio												X	X														
Zinc		X					X		X	X	X								X	X		X	X				
Plomo		X											X	X					X								
Sólidos suspendidos	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sólidos totales disueltos	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X			
Sólidos Sedimentales			X	X											X										X		
Sulfatos		X					X	X	X				X						X	X			X				
Sulfuros									X	X									X		X				X	X	
Silicatos													X	X													
Temperatura			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X					X			X	X	X	X	X	X
Turbidez			X	X											X				X						X	X	X

TABLA N° 2.5 ALGUNOS PARÁMETROS DE POLUCIÓN POTENCIAL SIGNIFICATIVOS EN DESECHOS LÍQUIDOS DE INDUSTRIA

2.5.3 La Contaminación del Mar

Lima Metropolitana tiene una franja costera de aproximadamente 18 Km. ocupando dos bahías principales: la Bahía del Callao y la Bahía de Miraflores. El mar es un importante componente de la urbe: la condiciona y es a su vez condicionado por ella. Sin embargo, las influencias de las actividades urbanas no siempre son positivas, con el crecimiento poblacional de la ciudad y el incremento de actividades humanas, el mar se ha convertido en el principal receptor de los residuos líquidos y sólidos que se generan. En las épocas de mayor caudal de los ríos, se estima que el mar de Lima recibe $52.7 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas altamente contaminadas de diverso origen (doméstico, industrial, etc.). Las estimaciones efectuadas indican que las actividades domésticas contribuyen en proporción mayor que las actividades industriales. La calidad de las aguas y sedimentos marinos, así como la presencia de metales en organismos del mar constituyen indicadores de contaminación irrefutables.

Numerosos muestreos han detectado la presencia de indicadores de contaminación fecal por encima de los límites recomendados para la recreación (1000 NMP/100 ml). Los estudios de difusión de la contaminación en el mar efectuados por PROMAR indican que se forman franjas de alta contaminación (Coliformes fecales $>5000 \text{ NMP}/100\text{ml}$), desde La Pampilla hasta La Punta en Lima Norte, al Sur del emisor Costanero, por una longitud de

aproximadamente 2,5 Km, alrededor del emisor Surco, por una longitud de aproximadamente 3 Km.

Los niveles de contaminación en el resto de las playas son variables, pero generalmente no sobrepasan los límites permisibles. Sistemáticamente, algunas playas de la franja costera se declaran no aptas para la recreación, tanto en la costa norte como en la costa sur.

Un monitoreo de calidad de las aguas, sedimentos y organismos marinos efectuado en 1992, en las dos principales bahías, evidencian el impacto de las actividades industriales en la zona norte de la ciudad. En la Bahía del Callao, las concentraciones de DBO_5 en el agua y materia orgánica en sedimentos, son sustancialmente mayores que en la Bahía de Miraflores. Adicionalmente, se encuentran trazas de hidrocarburos y metales pesados tanto en aguas, sedimentos como en organismos indicadores de contaminación (25).

A continuación se muestra en la Tabla N° 2.6 La carga contaminante anual originada por las aguas residuales vertidas en las playas de Lima, 1986.

TABLA N° 2.6

CARGA CONTAMINANTE ANUAL DE AGUAS RESIDUALES

VERTIDAS EN LAS PLAYAS DE LIMA, 1986

Parámetro	Doméstica	%	Industrial	%	Total
Volumen m ³	278.327	90,07	30,691	9,93	309.018
DBO ₅ (T)	85.448	90,14	9,348	9,86	94.796
DQO (T)	192.084	96,19	7,599	3,81	199.683
SST (T)	105.612	91,13	9,269	8,07	114.881
SDT (T)	208.050	64,17	116,181	35,83	324.231
ST (T)	--	--	2,862	100	2.862
Aceites y grasas (T)	--	--	14,974	100	14.974
Alcalinidad (T)	--	--	2,006	100	2.006
Amonio (T)	--	--	16	100	16
Sulfuro (T)	--	--	5,298	100	5.298
Nitrato (T)	18.810	100	--	--	18.810
Fosfatos (T)	2.280	100	--	--	2.280
Otros (T)	--	--	4,800	100	4.800

2.6 EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

La contaminación representa un riesgo para la salud ambiental y humana; este riesgo depende de factores de peligro y efecto del contaminante en el organismo vivo. Este segundo factor depende de la capacidad y resistencia del organismo vivo y del nivel de contaminantes al que se está expuesto, sobre cada uno de estos aspectos solo se puede controlar y disminuir el riesgo de exposición por inhalación, ingestión y contacto.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana, la presencia de nitratos en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas, de ser ingerido en cantidad suficiente puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Hay un problema de eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, un cúmulo de algas, crecimiento denso de las plantas con raíces, el

agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras (16).

2.7 FUENTES DE CONTROL.

Debido a la necesidad de conciliar diferentes demandas de los recursos hidráulicos, la mayoría de los países tienen mecanismos para controlar la contaminación y mejorar la calidad del agua. Cuando se establecen métodos para el control de la contaminación del agua los patrones se pueden basar ya sea en la calidad del agua receptora o bien pueden aplicarse directamente al efluente.

El compromiso de adoptar patrones de emisión basados en el uso del agua receptora tiene merito de ser mas fácil de implantar que los patrones para agua receptora, pero no asegura por si mismo la conservación de la calidad del agua en condiciones cambiantes de descarga del efluente (14).

El Perú además de ser un país minero, también es rico en biodiversidad biológica del mundo, para conservar esta riqueza renovable es necesario proteger a todos estos ecosistemas, para los salubristas es de vital importancia la preservación de las fuentes de agua que sirven de materia prima para el agua de bebida en el Perú y América latina, la tecnología que se usa para el tratamiento del agua de consumo humano consiste en la remoción de partículas y bacterias, pero no remueve

material disuelto, por ello si las aguas naturales tienen elementos y compuestos disueltos lo mas probable es que estos serán ingeridos por los consumidores.

Para controlar los vertimientos y disminuir el riesgo de exposición es necesario cumplir con los límites establecidos considerando la capacidad de dilución y asimilativa del recurso hídrico, es necesario estudiar la carga del contaminante que puede recepcionar el ambiente y la efectividad de la industria minera u otra para mantener controlados sus vertimientos de tal manera que sus efectos se minimicen o no dañen las condiciones originales del medio.

En el Perú la identificación y cuantificación de los contaminantes principalmente residuos líquidos y gaseosos, se realiza mediante un programa de monitoreo que ha servido al Ministerio de Energía y Minas para desarrollar un diagnóstico de la situación ambiental relacionada con la minería, por ello se conoce que los efluentes líquidos tienen mayor impacto que cualquier otro tipo de emisiones (20).

Capítulo 3

ESTUDIO DEL FENOL

3.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El Fenol es un sólido a la temperatura ambiente y a presión atmosférica normal, el cual consisten en cristales blancos que se ponen rosas o rojos cuando están expuestos al aire y la luz. Tiene un sabor ardiente y el olor distintivo. El compuesto ha limitado la solubilidad en el agua (9,3g/100mL de agua) y es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos. El punto fusión es de 43 °C.

Químicamente, el compuesto es un ácido débil. El pH de las soluciones acuosas es aproximadamente 6,0 y reacciona rápidamente con agentes oxidantes (18).

Los fenoles definidos como hidroxiderivados del benceno y sus núcleos condensados (9), pueden estar presentes en agua residual, doméstica e industrial y en los suministros de agua potable, la cloración de tales aguas pueden producir cloro fenoles olorosos, producen mal sabor y son cancerígenos (17).

Su composición es un producto cristalino sintético disponible comercialmente, por lo menos 98% puro. Las calidades comerciales del fenol obtenidas de la destilación del alquitrán de carbón consisten en 80% o más fenol, el constituyente restante es agua y cresol. Los

derivados fenólicos más importantes desde el punto de vista del control analítico de las aguas se muestran en la Tabla N° 3.1 y la Tabla N° 3.2

TABLA N° 3.1
PROPIEDADES FISICAS DE LOS FENOLES

Nombre	Formula	Temperatura Fusión °C	Temperatura Ebullición °C	Solubilidad En Agua g/100mL H₂O
0- Clorofenol	0-ClC ₆ H ₄ OH	8	176	2,8
m- Clorofenol	m-ClC ₆ H ₄ OH	33	214	2,6
p- Clorofenol	p-ClC ₆ H ₄ OH	43	220	2,7
Pentaclorofenol	C ₆ Cl ₅ OH	190	300	2,0
0- Cresol	C ₇ H ₈ O	191	31	2,0
m- Cresol	C ₇ H ₈ O	203	11	2,0
p- Cresol	C ₇ H ₈ O	202	35	2,0

TABLA N° 3.2
DATOS FÍSICOS DEL FENOL

Propiedades	Valores
Fórmula empírica:	C_6H_6O
Masa molecular relativa:	94,11 g
Densidad:	1,07 g/cm ³ a 20°C
Densidad relativa del gas:	3,24
Punto de ebullición:	181,75°C
Punto de fusión:	40,8°C
Presión de vapor:	0,2 hPa a 20°C 3,5 hPa a 50°C 54 hPa a 100°C
Punto de inflamación:	82°C
Temperatura de ignición:	595°C
Límites de explosividad:	1,3-9,5% V
Umbral de olor:	0,18 mg/m ³ = 0,046 ppm
Solvólisis:	En agua: 9,3 g/100mL; Se disuelve fácilmente en alcohol, éter, cloroformo, grasas y aceite esenciales.
Factores de conversión:	1 ppm = 3,91 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,26 ppm

3.2 PRODUCCION Y USOS

La producción del mundo industrial total de fenol en 1981 se estimó en 3.375 kilotoneladas que eran aproximadamente 60% de la capacidad total.

El Fenol es principalmente usado para la fabricación de resinas de fenol, bisfenol A y caprolactum. otros productos son alquilfenol, xilenol, cresol y ácido del adipico. Los usos menores incluyen la producción de pinturas, germicidas, productos farmacéuticos, tintes, reactivo de laboratorio y desinfectante.

Por lo general, el Fenol se utiliza como producto intermedio en diversos procesos de producción, siendo producido y consumido por la propia industria.

USOS:

- Preparación de antisépticos y desinfectantes.
- Productos farmacéuticos.
- Indicadores químicos (Fenoltaleína).
- Productos de resinas fenólicas, resinas epoxi y nylon.
- Industria petroquímica (disolvente empleado para el refinamiento de aceites lubricantes).
- Preparación de especies químicas: ácido salicílico, ácido adípico, pentaclorofenol, reactivos de laboratorio y otros compuestos.
- Preparación de pinturas y germicidas (21).

3.3 EXPOSICIÓN Y DESTINO AMBIENTAL

Las fuentes potenciales de exposición del fenol incluyen: la producción, uso del fenol y sus productos, el humo del cigarro, la degradación de benceno bajo la influencia de luz y la presencia del fenol en el abono líquido.

Los niveles atmosféricos varían de 0,1 a 8 ug/m³, mientras que las concentraciones en las industrias pueden ser superiores a dos órdenes de magnitud. El aumento del fenol es debido a los sedimentos y aguas subterráneas asociados con la polución industrial. Los humos del cigarro y los productos de comida fumados son las fuentes más importantes de exposición del fenol, aparte de la exposición vía el aire.

El Fenol en el agua y la tierra se degrada por las reacciones abióticas y la actividad microbiana a varios compuestos, los más importantes son el anhídrido carbónico y metano, se encuentran en agua residuales de industrias de cok, aceites usados de motores, disolventes para refinados de aceites, residuos de producto decapantes de pintura y algunas aguas brutas (pre potable) (25).

3.4 CINÉTICA Y METABOLISMO

Fenol es realmente absorbido de cualquier medio; se distribuye rápidamente a todos los tejidos. El hígado, el pulmón y la mucosa gastrointestinal son los sitios más importantes de metabolismo del fenol. Conjugado principalmente con el ácido del glucoronico y el ácido sulfúrico. En los vivos y estudios del Vitro covalente se han demostrado que se

ligan al tejido y proteínas del plasma, la excreción urinaria es la ruta mayor de disposición del fenol en los animales y humanos. Una parte menor es eliminado en los excrementos y aire expirado. En los seres humanos/mamíferos: los vapores y líquidos del fenol son tóxicos y pueden ingresar fácilmente al cuerpo por vía cutánea. Los vapores inhalados lesionan las vías respiratorias y el pulmón. El contacto del líquido con la piel y los ojos, produce severas quemaduras (el fenol es un poderoso tóxico protoplasmático). La exposición prolongada paraliza el sistema nervioso central y produce lesiones renales y pulmonares. La parálisis puede desembocar en la muerte. Los síntomas que acompañan la afección son cefalalgias, zumbido en los oídos, mareos, trastornos gastrointestinales, obnubilación, colapso, intoxicación, pérdida del conocimiento, respiración irregular, paro respiratorio (apnea), paro cardíaco y en algunos casos convulsiones. Según HORN (1989) el fenol ejerce efectos teratógenos y cancerígenos. Según el ensayo Ames, el fenol carece de potencial mutagénico (5). La dosis fatal más baja informada era de 4,8 g por ingestión, produciendo la muerte dentro de 19 min. se ha informado que el umbral del olor en el aire recorre de 0,021 a 20 mg/m³, mientras que en el agua es de 7,9 mg/L, se ha sugerido un valor de 0,3 mg/L para el umbral del sabor.

3.5 EFECTOS EN LOS ORGANISMOS DEL AMBIENTE

Se encontró que el umbral de toxicidad del fenol para las bacterias es de 64 mg/L, Los valores para los protozoarios y hongos son del mismo orden de magnitud, sin embargo los valores para las algas son algo bajo. El fenol es más alto para los organismos de agua dulce. El LC50 varía para los crustáceos y peces está entre 3 y 7 mg/L, En base a los estudios a largo plazo.

En los sistemas de prueba de Animales en vitro, el Fenol es ligeramente tóxico para los mamíferos. El LD50 oral en roedores es de 300 a 600 mg/kg, mientras el LD50 dérmico para las ratas y conejos de 670 a 1400 de mg/kg y el LD50 para las ratas estaba más de 900 mg/m³. Los síntomas clínicos después de la exposición a corto plazo son hyperexcitabilidad del neuromuscular, la necrosis de las membranas superficiales y mucosas, efectos en los pulmones, riñones e hígado. se han informado efectos tóxicos en el riñón de la rata a los niveles de dosis oral de 40 mg o peso/kg por día.

En dos estudios de cancemogenidad se administró fenol a ratas y ratones en el agua de bebida, sólo se vieron las malignidades en bajas dosis a las ratas masculinas.

Puesto que existe una gran variedad de compuestos fenólicos, sus efectos en organismos vivos varían según la especie y forma genérica, los fenoles son sustancias muy tóxicas en estado puro (21).

Existe una gran variedad de compuestos fenólicos sus efectos en organismos vivos varían según la especie genérica Tabla N° 3.3

TABLA N° 3.3
EFEECTO DE FENOL EN SERES VIVOS

Especie		Dosis	Referencia
Seres humanos		1g puede ser fatal	s. RIPPEN, 1989
Mamíferos	Ratas	DL ₅₀ 414 - 530 mg/K, oral DL ₅₀ 670 mg/K, dérmico	s. RIPPEN, 1989
	Conejos	DL ₅₀ 400 - 600 mg/K, oral DL ₅₀ 850 mg/K, dérmico	s. RIPPEN, 1989
	Gatos	DL ₅₀ 100 mg/K, oral	s. RIPPEN, 1989
	Perros	DL ₅₀ 500 mg/K, oral	s. RIPPEN, 1989
Organismos acuáticos	Pimephales promelas	CL ₅₀ 24 - 68 mg/L,	s. RIPPEN, 1989
	Leuciscus idus melanotus	CL ₅₀ 25 mg/L (48 h)	s. RIPPEN, 1989
	Lepomis macrochirus	CL ₅₀ 24 mg/L (96 h)	s. RIPPEN, 1989
	Daphnia	CL ₅₀ 12 mg/L (48 h)	s. RIPPEN, 1989
	Scenedesmus quadricauda	CE ₀ 7,5 - 40 mg/L	s. RIPPEN, 1989
	Microcystis aeruginosa	CE ₀ 4,6 mg/L	s. RIPPEN, 1989

3.6 TRATAMIENTOS DE AGUAS CONTAMINADAS POR FENOLES

El tratamiento biológico directo en muchas corrientes de aguas residuales que contienen contaminantes orgánicos tóxicos poco biodegradables como el fenol y compuestos fenol sustituidos no es factible. Los tratamientos mecánicos o por coagulación no tienen efectos sobre los fenoles, la filtración lenta no los elimina totalmente. En estos casos se hace necesario el uso de técnicas menos convencionales para lograr su oxidación. Sin embargo, estas técnicas pueden ser demasiado costosas cuando se intenta obtener una oxidación completa de todos los compuestos orgánicos presentes. Como una alternativa, la oxidación parcial de los compuestos orgánicos se puede utilizar como un paso preliminar a su eliminación definitiva a través de procesos biológicos naturales. Entre los métodos más empleados actualmente para el tratamiento de fenoles y fenoles sustituidos, se encuentran los siguientes

- a) El ozono destruye el fenol y los compuestos fenólicos siempre que la dosis que se empleen estén en función de los tratamientos procedentes del pH, de la naturaleza de dichos compuestos y de la concentración final deseada.

En la zona de valores de pH que corresponden al funcionamiento normal de las instalaciones de tratamiento de agua potable (7 a 8,5), el consumo de ozono por gramo de fenol eliminado es máximo. Las dosis de ozono varían según se trate de fenol puro, muy poco frecuente de di o trifenoles, cresoles o naftoles y dependiendo de que estos que se encuentren unidos a otros, como los triocianatos,

sulfuros, etc. La dosis correcta sólo puede fijarse mediante un ensayo. Generalmente es del orden de cuatro veces el valor del contenido en compuestos fenólicos presentes, expresado en fenol puro.

Para la oxidación de los fenoles, no se necesita un tiempo de contacto prolongado. Con el empleo de ozono puede combinarse su eliminación con la desinfección total del agua a tratar en tanto la concentración de fenol se mantenga reducida. Si existen fenoles en pequeñas concentraciones en las aguas sin tratar se eliminan radicalmente mediante una ozonización aplicada en dosis de bactericidas o virulicidas, el aumento del pH favorece la disminución de las concentraciones del fenol. Un estudio americano realizado con aguas que contenían diferentes derivados de fenoles y con aguas residuales de las fábricas de coke, muestra que concentraciones de fenol de 5 mg/L desaparecen en 10 a 15 min., con tratamientos de una dosis de ozono en el agua de 2,5 mg/L 3 a 6 mg/L. Los cresoles en concentraciones de 0,2 mg/L a 0,4 mg/L se destruyen igualmente en estas condiciones. En los casos de di y trifenoles de 0,2 mg/L (solución coloreada) y naftoles de 0,5 mg/L, se obtiene su destrucción por medio del ozono en 10 minutos (18).

b) Degradación de contaminantes por H_2O_2/UV

La radiación UV degrada los compuestos aromáticos clorados. Los fenoles son convertidos en presencia de H_2O_2 en quinonas con eliminación de HCL.

c) Degradación de contaminantes por O_3/UV

El pentaclorofenol (ampliamente usado como pesticida y preservativo de la madera) y el lindano son eficientemente degradados por O_3/UV en bajas concentraciones (50 - 60 $\mu g/L$) por irradiación con una lámpara de mercurio durante 1 hora. Un método industrial más promisorio es la combinación de O_3/H_2O_2 con irradiación ultravioleta.

d) Degradación de contaminantes por TiO_2 / UV

En las últimas dos décadas, la aplicación de la fotocatalisis de semiconductores a la degradación de contaminantes orgánicos ha sido ampliamente desarrollada. Los principales inconvenientes del proceso TiO_2/UV son: el relativo bajo rendimiento cuántico ($< 0,05$); además la recuperación de las micro partículas de TiO_2 del agua tratada no es un proceso fácil, lo cual hace necesario la búsqueda de nuevos métodos para la inmovilización del catalizador (24).

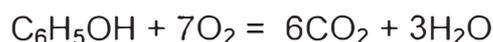
e) Extracción

La extracción de fenoles con solventes es el método más económico y eficaz en la recuperación de los mismos, cuando la concentración es elevada. Sin embargo, las pérdidas de solventes pueden ser significativas, creando así un problema adicional de contaminación. Después de la extracción con solventes y la etapa de agotamiento, los fenoles están todavía presentes en niveles de cientos de mg/L . La oxidación biológica usualmente debe acompañar la operación de

agotamiento. Es evidente que el tratamiento del efluente de aguas residuales por este método es complejo y costoso.

f) Incineración

La incineración es una técnica usada para la destrucción de fenoles y compuestos aromáticos clorados. El fenol se destruye transformándose en dióxido de carbono y agua:



g) Oxidación con agua supercrítica

Por encima de su punto crítico el agua se transforma en un medio único de reacción donde los hidrocarburos y el oxígeno molecular tienen una solubilidad infinita. Con estas propiedades, el agua en condiciones supercríticas es atractiva para la oxidación de fenoles, clorofenoles y bifenilos policlorados.

h) Oxidación con aire húmedo

Los compuestos orgánicos también pueden ser oxidados por oxígeno del aire a temperaturas y presiones más bajas que la temperatura y presión crítica del agua. Este proceso se conoce como oxidación con aire húmedo. La ventaja comparada con la oxidación con agua supercrítica es el menor costo, pero la oxidación no es completa y debe estar asociada con un proceso de biodegradación.

i) Tratamiento electroquímico

La electro oxidación es uno de los procesos que ha sido estudiado a escala de banco para el fenol y algunos fenoles sustituidos. Algunos

electrodos modificados con películas de PbO_2 son promisorios en la degradación electroquímica de cloro aromáticos.

3.7 RIESGOS, PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS PARA LA SALUD HUMANA

Los riesgos de salud humana asociados con ciertos tipos de exposición al fenol, junto con las medidas proteccionistas y recomendaciones de Primeros Auxilios y el Resumen de Información de Seguridad Química se muestra a continuación: Tabla N° 3.4

TABLA N° 3.4

RIESGOS DE SALUD Y PROTECCION

LA SALUD ARRIESGA	LA PREVENCION Y PROTECCION	PRIMERO AYUDA
<p>Sola Exposición</p> <p>La Piel: blanqueamiento, la sensación ardiente seguida por el entumecimiento; la corrosión (la quemadura y la gangrena); puede entrar al cuerpo rápidamente por piel y causar los efectos sistémicos</p> <p>Los Ojos: irritación por vapor; irritación o corrosión por líquido.</p> <p>Aspiración: inflamación y edema en el sistema respiratorio; la depresión nerviosa central de sistema.</p> <p>Ingestión: irritación, la corrosión o de boca, de la garganta, y de trecho gastrointestinal; la depresión nerviosa de sistema con problemas respiratorios; edema pulmonar; insuficiencia renal.</p> <p>La Exposición Repetida</p> <p>La Piel: dermatitis; puede entrar al cuerpo y causar los efectos sistémicos.</p> <p>Ingestión y Aspiración: el daño del hígado y el riñón; bancos nerviosos centrales de distur de sistema.</p>	<p>Evite la exposición; el uso ropa limpia protectora, los guantes (neopreno, el caucho), y los zapatos; proporcione la ducha de emergencia</p> <p>Use gafas de seguridad;</p> <p>Evite la exposición; aplique la ventilación, el escape local, o usar de protección que respira un respirador adecuado.</p> <p>No coma, beba, masque, o fume cuándo trabajar con fenol; no mantenga en áreas con el potencial.</p> <p>El uso de ropa limpia y protectora, los guantes (neopreno, de etileno asta, el caucho), y los zapatos.</p> <p>Aplica la ventilación y el escape local.</p>	<p>Quite la ropa y los zapatos contaminados instantáneamente; el lavado con abundancia agua para por lo menos 15 min. Y entonces con una mezcla de glicol de polietileno 70:30 y etanol.</p> <p>Lave con abundante agua por lo menos 15 min.</p> <p>Quite la víctima al aire fresco y mantenga la calma; si para de respirar, aplique la respiración artificial.</p> <p>Enjuague la boca con grandes cantidades de agua para beber; no induzca a vomitar.</p>

3.8 CONSEJOS MÉDICOS

La intoxicación por Fenol puede reconocerse por el olor característico del compuesto en la respiración. El compuesto puede descubrirse en la orina que es oscuro-coloreada (verde al negro), siendo corrosiva a las membranas mucosas, ojos y piel. Ningún antídoto específico es conocido, se trata sintomáticamente. un lavado gástrico, es recomendado con agua o también el empleo del aceite de la aceituna, aceite del ricino o aceite de la semilla del algodón.

Se puede desarrollar por señales de edema pulmonar. En caso del tratamiento superficial, el médico debe proteger su piel de la contaminación, lavando con abundante cantidades de agua.

Los individuos potencialmente expuesto al fenol, deben pasar el examen médico periódico con el énfasis en los efectos en la piel, tracto respiratorio, sistema nervioso central, hígado y riñones.

3.9 EXPLOSIÓN, PREVENCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Encima de 73 °C, se pueden formar mezclas aéreas de vapor, esto puede ser encendido por fuegos abiertos, por las chispas, o por superficies resplandecientes. La temperatura de autoignición es 715 °C.

Pero se puede prevenir mediante el uso de un aparato cerrado y con ventilación. En caso de fuego, rociar con agua el fenol fundido o acuoso.

El fenol se debe almacenar separadamente de los alimentos, oxidantes y de otras sustancias incompatibles, en un ambiente adecuadamente ventilado, seco y oscuro.

Capítulo 4

NORMATIVIDAD DEL AGUA

4.1 RESEÑA HISTÓRICA.

En el año 1984 se han publicado las guías o pautas de calidad de agua recomendadas, derogando las normas internacionales anteriores, de este modo cada país puede emplear las guías en la preparación de sus normas nacionales de acuerdo con las realidades propias de cada país.

En resumen, estas guías o metas han sido determinadas por un comité de expertos de la OMS tomando las siguientes consideraciones al establecer los valores.

Los programas efectivos de control y vigilancia de la calidad del agua potable requieren de una legislación que tengan normas adecuadas que regulen la calidad del agua de consumo humano y que sirvan para seleccionar las fuentes del agua, el tratamiento y la distribución. Para el establecimiento de las normas propias de cada país, las guías de calidad de la OMS pueden servir de base y orientación.

Se debe tomar en cuenta si las normas se establecen en base a criterios de control de procesos o de posibles efectos en la salud humana.

- a) Los valores aseguran la aceptabilidad estética y no representa riesgo en la salud humana.
- b) La calidad del agua es adecuada para el consumo humano para todos los propósitos domésticos.

- c) Sirve como señal para que cuando se pasa este valor se investigue la causa y se consulte con las autoridades responsables de la salud pública.
- d) La calidad del agua es aceptable para ser consumido durante toda la vida.
- e) Las metas están dirigidas a salvaguardar la salud considerando el consumo del agua durante toda la vida. Exposiciones a contaminantes por cortos períodos pueden ser tolerados, pero según el caso y nivel de toxicidad deben ser controlados.
- g) Cambios por corto tiempo que no cumplen con las metas señaladas no significa que el agua tenga que ser descartada para el consumo.

4.2 NORMA NACIONAL.

La normatividad ambiental en el Perú se inicia formalmente en la Constitución Política del Perú de 1979, que en su artículo 123° establece: “Todos tiene el derecho de habitar en ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza, todos tienen el deber de conservar dicho ambiente y es obligación del Estado prevenir y controlar la contaminación ambiental”, Lo que se ratifica en la Constitución Política de 1993.

En el país se han promulgado diversas normas relacionadas con la protección de los recursos hídricos, la primera norma data de 1902 en el que se promulga el Código de Aguas, que fue derogado con la

promulgación de la Ley General de Aguas y sus Reglamentos en 1969, posteriormente revisados en 1983; estableciéndose las responsabilidades y competencias del Ministerio de Agricultura en cuanto a la conservación e incremento de los recursos hídricos y el Ministerio de Salud a través de DIGESA en lo que respecta a la preservación de los mismos.

Asimismo a partir de la promulgación del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (D.Leg. 613) en el año 1990 se establece que la evaluación técnica del ambiente y de los recursos naturales corresponde a la autoridad competente y en la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada publicada en Noviembre de 1991, se indica que la Autoridad competente es el Ministerio del Sector correspondiente a la actividad que se desarrolla, se hace referencia que toda prohibición hecha en el mencionado Código de contaminar el medio ambiente se entenderá referida a la que exceda los niveles tolerables de contaminación establecidos para cada efluente por la autoridad sectorial competente.

Estableciéndose en el país competencias de los sectores productivos relacionadas con la adopción de medidas encaminadas a controlar los procesos que originen problemas de contaminación del ambiente.

En lo referente al Sector Salud, en cumplimiento de lo estipulado en la Ley General de Salud emitida en Julio de 1997 indica la prohibición de efectuar descargas de desechos de sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo sin haber adoptado las precauciones de depuración

en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente, dictando la autoridad de Salud las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivados de elementos, factores y agentes ambientales en relación a la Ley General de Aguas y sus Reglamentos mencionada anteriormente, norma las condiciones para la preservación de la calidad de los recursos hídricos del país.

Siendo los puntos centrales de su articulado los siguientes:

- a) No existe propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas.
- b) El estado deberá formular la política general de su utilización y desarrollo, planificar y administrar sus usos, así como inventariar y evaluar su potencial, también conservar, preservar, mantener actualizados los estudios hidrológicos, hidrobiológicos y meteorológicos que fuesen necesarios en las cuencas del país.
- c) El ámbito de aplicación comprende las aguas marítimas, terrestres y atmosféricas del territorio nacional (Las del mar, de golfos, bahías, ensenadas y esteros, nevados glaciares, ríos y sus afluentes, lagos, lagunas y embalses, las subterráneas, minero medicinales, las servidas y desagües agrícolas).
- d) Está prohibido verter o emitir cualquier residuo sólido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Podrán descargarse

únicamente cuando: sean sometidos a los necesarios tratamientos previos y se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación; se compruebe que con lanzamiento submarino no se causará perjuicio para otro uso en otros casos que autorice el reglamento.

- e) Está prohibido verter a las redes públicas de alcantarillado, residuos con propiedades corrosivas o destructoras de los materiales de construcción o que imposibiliten la neutralización de las aguas receptoras.

La autoridad Sanitaria establecerá los límites de concentración permisibles de sustancias nocivas que puedan contener las aguas, según el uso a que se destinen. Estos límites podrán ser revisados periódicamente.

Cuando la Autoridad Sanitaria compruebe la contravención de las disposiciones contenidas en este Capítulo podrá solicitar a la autoridad de aguas la suspensión del suministro.

El orden de preferencia en el uso de las aguas es el siguiente:

- Para las necesidades primarias y abastecimientos de poblaciones,
- Para cría y explotación de animales,
- Para la agricultura,
- Para usos energéticos, industriales y mineros, y
- Para otros usos.

El Estado otorgará el uso de las aguas preferentemente para fines domésticos y abastecimiento de poblaciones, que comprenderá la satisfacción de las necesidades primarias y sanitarias de la población como conjunto humano (23).

4.3 LEY GENERAL DE AGUAS D.L. N° 17752 Y SUS MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE LOS TITULOS I, II Y III SEGÚN EL DECRETO SUPREMO N° 007-83-S.A., DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

Artículo 81°: Específica la clasificación de la calidad de los cuerpos del agua.

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños similares).
- V. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca recreativa o comercial.

TABLA N° 4.1

LEY GENERAL DE AGUAS D.L. N° 17752 Y SUS MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE LOS TITULOS I, II Y III SEGÚN EL DECRETO SUPREMO N° 007-83-S.A., DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Denominación	Cursos de Aguas						Agua Marítima						Expresado
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
Aluminio	-	-	-	1,00	+1	-	-	-	1,00	1,00	+1	-	mg/L como Al
Arsénico	0,10	0,10	0,20	1,00	0,01	0,05	0,10	0,10	0,20	1,00	0,01	0,05	mg/L como As*
Bario	0,10	0,10	-	0,50	+0,50	-	0,10	0,10	-	0,50	+0,50	-	mg/L como Ba
Cadmio	0,01	0,01	0,05	-	0,0002	0,004	0,10	0,10	0,05	-	0,0002	0,005	mg/L como Cd*
Cianuro	0,20	0,20	+1	-	0,005	0,005	0,20	0,20	+1	-	0,005	0,005	mg/L como CN*
Cobalto	-	-	-	0,20	+0,20	-	-	-	0,20	0,20	+0,20	-	mg/L como Co
Cobre	1,00	1,00	0,50	3,00	+0,01	-	1,0	1,00	0,50	3,00	+0,01	-	mg/L como Cu*
Color	0	10	20	30	+030	-	0	5	20	30	30	+30	mg/L como Color
Cromo Hexa	0,05	0,05	1,00	5,00	0,05	0,05	0,05	0,05	1,00	1,00	0,05	0,05	NMP/100ml**
Colif. Totales	8,8	20000	5000	5000	1000	20000	8,8	20000	5000	5000	1000	20000	NMP/100ml**
Colif. Fecales	0	4000	1000	1000	200	4000	0	4000	1000	1000	200	4000	mg/L como Al
OD	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	5	4	mg/L como OD
DBO	5	5	15	10	10	10	5	5	15	10	10	10	mg/L como DBO
Fenoles	0,0005	0,001	+0,001	-	0,002	0,002	0,0005	0,001	+0,001	-	0,002	0,002	mg/l como
Hierro	0,30	0,30	1,00	-	-	-	0,30	0,30	1,00	-	-	-	mg/L como Fe
Fluoruros	1,50	1,50	2,00	-	-	-	1,50	1,50	2,00	-	-	-	mg/L como F
Litio	-	-	-	5,00	+5,00	-	-	-	5,00	5,00	+5,00	-	mg/l como IL
Magnesio	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L como Mg
Manganeso	0,10	0,10	0,50	-	-	-	0,10	0,10	-	-	-	-	mg/L como MN
Grasas	1,50	1,50	0,50	5,00	No	-	1,50	1,50	0,50	000	No per	-	mg/L *
Mercurio	0,002	0,002	0,01	-	0,0001	0,0002	0,001	0,002	0,01	-	0,0001	0,0002	mg/l como Hg*
Nitrato	0,01	0,01	0,10	-	-	--	0,01	0,01	0,01	-	-	-	mg/L como N*
Níquel	0,002	0,002	0,002	0,50	0,002	-	0,002	0,002	0,02	0,50	0,02	-	mg/L como Ni*
PH	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	-	6-9	6-9	6-9	6-8,5	6-8,5	-	Unidades
Plata	0,05	0,05	0,05	-	-	-	0,05	-	0,05	-	-	-	mg/L como Ag
Plomo	0,05	0,05	0,10	-	0,01	0,03	0,05	0,05	0,10	-	0,01	0,03	mg/L como Pb*
PCB	0,05	0,001	+0,001	-	0,002	0,002	0,001	0,001	+0,001	-	0,002	0,002	mg/L como PCB*
Selenio	0,01	0,01	0,05	0,05	0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,01	mg/L como Se*
S. Flotantes	0,00	0,00	0,00	Peg,c	Moder	-	0,00	0,00	0,00	Peg,	Moder	-	mg/L
S. Suspendidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	+100	-	mg/L
Sulfatos	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L como SO4

*Sustancias potencialmente peligrosas**Entendido como valor máximo en 80% de 5 o 6 muestras mensuales Fuente (27)

4.4 REGLAMENTO DE DESAGÜES INDUSTRIALES D.S. N° 28-60-PL

El reglamento de residuos industriales, tiene como objetivo conseguir que estos no causen problemas en el flujo normal de las aguas que discurren por el alcantarillado, de modo de no acortar su vida útil y de no aumentar los costos de operación y mantenimiento

El reglamento vigente sobre los requisitos que deben reunir las aguas industriales antes de su descarga en los sistemas de alcantarillado data del año 1960.

Actualmente los parámetros de control son los siguientes:

Tabla N° 4.2
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
EN AGUA RESIDUALES

Parámetro	Unidad	Expresión	Valor Admisible
pH	unidad	-	5,0 - 8,5
Temperatura	°C	-	< 35
Sólidos Suspendidos Sedimentables	mg/L	SS	< 8,5
Grasas	mg/L	-	< 100
DBO	mg/L	DBO	< 1000
Sustancias Inflamables	°C		< 90

4.5 NORMAS INTERNACIONALES

a) Norma Mexicana

Las normas Oficiales Mexicanas en materia de protección Ambiental en especial las relativas a descargas de aguas residuales, así como las que regulan la calidad de las aguas naturales para diferentes usos establecen límites máximos permisibles de contaminantes que se debe cumplir para medir la concentración de dichos parámetros.

Esta norma oficial especifica los límites permisibles de contaminantes y es la siguiente: NOM-001-ECOL-1996 Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

Tabla N° 4.3

NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental - agua para uso y consumo humano - límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Para el agua potable o apta para consumo humano: El número de organismos coliformes totales debe ser como máximo de dos organismos en 100 mL., según las técnicas del número más probable (NMP) o la de filtro de membrana y no deben detectarse organismos fecales.

Los requisitos organolépticos y físicos se encuentre dentro de los límites siguientes: Sabor y olor agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre

que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico); Color: hasta 20 unidades de color verdadero en la escala de platino de cobalto o su equivalente en otro método y Turbiedad: 5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método. El contenido es expresado en miligramos por litro de elementos iones y sustancias, no debe exceder los límites permisibles que a continuación se expresan en la Tabla N° 4.4

Tabla N° 4.3
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
EN AGUAS RESIDUALES
MEXICO

Fuente	Fenoles	Promedio Diario	Instantáneo
Descarga de aguas residuales provenientes de la industria productora de caña azúcar.	mg/L	0,5	0,75
Las corrientes de agua y derrames residuales en los suelos o su infiltración en los terrenos, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica provocan efectos adversos en los ecosistemas.	mg/L	0,5	0,75

Tabla N° 4.4
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
EN AGUA POTABLE
MEXICO

Parámetro	Unidad	Expresión	Valor Admisible
pH	unidad	-	6,5 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	TDS	1000
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁼	400
Aluminio	mg/L	Al	0,20
Arsénico	mg/L	As	0,05
Bario	mg/L	Ba	0,70
Cadmio	mg/L	Cd	0,005
Clordano Total	mg/L	-	0,03
Cloro Residual	mg/L	-	0,2 - 1,5
Cianuro	mg/L	CN	0,07
Cobre	mg/L	Cu	2,0
Cromo Total	mg/L	Cr	0,05
Cloruros	mg/L	Cl	250
DDT	mg/L	-	1,0
Dureza Total	mg/L	CaCO ₃	500
Fenoles	mg/L	Fenol	0,001
Fierro	mg/L	Fe	0,30
Fluoruros	mg/L	F	1,5
Manganeso	mg/L	Mn	0,15
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Nitratos	mg/L	NO ₃	10,0
Nitrito	mg/L	NO ₂	0,05
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	-	0,50
Plaguicidas	mg/L	-	0,03
Plomo	mg/L	Pb	0,025
Samm	mg/L	ABS o ALS	0,5
Sodio	mg/L	Na	200

b) Norma Colombiana

Esta norma nos proporciona valores de límites permisibles de parámetros físicos, químicos Inorgánicos y químicos orgánicos.

La Norma para Agua Potable (Decreto 2105 de 1983) y se muestra en la Tabla N° 4.5 a continuación:

TABLA N° 4.5

NORMA COLOMBIANA PARA AGUA POTABLE

Parámetro	Unidad	Expresión	Valor Admisible
FISICOS			
Color		Pt -Co	15
Olor y sabor		-	inobjetable
Turbiedad		UNT	5
QUÍMICOS INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	Al	0,2
Arsénico	mg/L	As	0,05
Bario	mg/L	Ba	1,0
Cadmio	mg/L	Cd	0,005
Cianuro	mg/L	CN	0,1
Cloro libre	mg/L	Cl ₂	1,0
Cloruros	mg/L	Cl	250
Cobre	mg/L	Cu	1,0
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,05
Dureza total	mg/L	CaCO ₃	150
Fluoruros	mg/L	F	0,8 - 1,7
Hierro	mg/L	Fe	0,3
Magnesio	mg/L	Mg	36
Manganeso	mg/L	Mn	0,1
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Nitratos	mg/L	NO ₃	45
Nitritos	mg/L	NO ₂	0,1
pH	Unidad	-	6,5 - 9,0
Plata	mg/L	Ag	0,05
Plomo	mg/L	Pb	0,05
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	TDS	500
Sulfatos	mg/L	SO ₄	250
Zinc	mg/L	Zn	10
QUÍMICOS ORGANICOS			
Aldrin	Octaleno	-	0,001
Carbaril	mg/L	-	0,1
Clordano	mg/L	-	0,003
DDT	mg/L	-	0,05
Diazinón	mg/L	-	0,01
Dieldrín	mg/L	Diaton alamina	0,001
Endrin	mg/L	-	0,0005
Fenoles	mg/L	Fenol	0,001
Heptacloro	mg/L	-	0,03
Lindano	mg/L	-	0,005
Metoxicloro	mg/L	-	0,1
Metilparatión	mg/L	-	0,007
Paratión	mg/L	-	0,035
Samm	mg/L	ABS o ALS	0,5

d) Norma Chilena

NORMA TECNICA "RELATIVA A DESCARGAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS A SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS SERVIDAS".

La presente Norma Técnica establece características que deben cumplir los vertidos de residuos industriales líquidos, en conformidad a lo preceptuado en los Artículos 2º y 4º letra b) de la Ley N° 18.902/89 que crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios y La Ley N° 3.133/16 sobre "Neutralización de los Residuos provenientes de Establecimientos Industriales", y en su reglamento aprobado por D.S. N° 2.491/16, específicamente su Art.20º. Queda prohibido descargar a los sistemas de recolección de aguas servidas, vertidos industriales con las características y/o con la concentración de contaminantes que sobrepasen los rangos y límites máximos permisibles que se presentan en la Tabla N° 4.6

Tabla N° 4.6
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES
CHILE

Características	Unidad	Expresión	Requisito
pH	unidad		5,5 – 9,0
Temperatura	°C		35
Sólidos Suspendidos	mg/L	S.S.	300
Sólidos Sedimentables	mL/L 1 hrs.		20
Aceites y Grasas	mg/L		150
Hidrocarburos	mg/L		20
DBO5	mg/L	DBO ₅	300
Arsénico	mg/L	As	0,5
Cadmio	mg/L	Cd	0,5
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo	mg/L	Cr	0,5
Fósforo	mg/L	P	10
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Níquel	mg/L	Ni	4
Nitrógeno	mg/L	N	80
Plomo	mg/L	Pb	1
Sulfatos	mg/L	SO ₄	600
Sulfuros	mg/L	S=	5
Zinc	mg/L	Zn	5
Detergentes	mg/L		2
Triclorometano	mg/L		0,5
Compuestos Fenólicos	mg/L	Fenoles	0,5

TABLA N° 4.7

ESTÁNDARES DE OTROS PAÍSES

Descripción de Rutina ámbito	País	Valor mg/L	Observaciones
Agua Potable	C.E	0,0005	Concentración max.
Agua Potable	EEUU	0,001	Estado Illinois
Agua Superficiales	RFA	0,005	Limite de contaminación hasta que es posible potabilizar agua recurriendo solo a metodos naturales.
Agua Superficiales	RFA	0,01	Limite de Contaminación hasta que es posible potabilizar agua recurriendo a los tratamientos físicos-químicos actualmente conocidos y probados.
Agua Servidas	Suiza	0,005	Meta de calidad buscada en Suiza que sirve de base para la evaluación de los cuerpos de aguas superficiales y del suministro de agua potable .
Agua Servidas	Suiza	0,05 - 0,20	Valor limite para el vertido de efluentes en cuerpos de aguas fluviales.
Agua Subterránea	P. Bajos	0,0002	Recomendado, si esta es de 2 mg/L entonces intervención.

Capítulo 5

TRABAJO EXPERIMENTAL

5.1 DETERMINACION DE FENOLES TOTALES EN AGUA POTABLE Y RESIDUALES.

El fenol se encuentran en muchos de los casos en aguas residuales y muy poco en agua de la fuente cruda. Generalmente son identificados en efluentes industriales o basurales. Este compuesto tienen un umbral bajo en el sabor de las aguas potables y también pueden tener un efecto perjudicial en la salud humana a los niveles más altos.

Existen diversos métodos presentados para la determinación de fenol individual para compuestos específicos.

- a) El método cromatografía de gas (GC), utiliza la extracción liquido-liquido. Es aplicable a la determinación del fenol y el fenol sustituido en las descargas municipales e industriales. es una técnica cualitativa adicional, que al analizar muestras poco familiares de estos compuestos, por lo menos apoya a las identificaciones.
- b) El método 4-amino-antipirina se da en dos casos:
 - EL MÉTODO EXTRACCIÓN CON CLOROFORMO para la sensibilidad extrema, es adaptable para el uso en muestras de agua que contienen menos de 1mg fenol/L.

El color se concentra en una solución de cloroformo.

- El MÉTODO DIRECTO se observa el color intenso de la solución acuosa y se lee en el equipo. Se puede usar cualquiera de estos dos métodos porque las cantidades relativas del fenol en una muestra dada son imprevisibles, no es posible proporcionar una norma universal que contiene una mezcla de fenol (32).

5.2 DISCUSIÓN GENERAL.

Para Analizar los fenoles existen diferentes métodos Normalizados pero se utilizará el siguiente:

- Cleanup Procedure APHA -AWWA-WPCF, Part 5530-B/20th/1998.
- Chloroform Extraction Method APHA-AWWA-WPCF, Part 5530 C/20th/1998.
- Direct Photometric Method WPCF, Part 5530-B-C-D/20th/1998.

Este método es aplicable en la determinación de compuestos fenólicos en aguas superficiales, potables y salinas, así como también en residuos industriales líquidos. Es aplicable a los fenoles volátiles destilados en medio ácido con vapor cuando sus concentraciones en el agua son de 0,001 a 0,5 mg/L.

Por el método de la 4-amino-antipirina se determinan los fenoles sustituidos en orto y meta, el fenol C_6H_5OH , así como los sustituidos en para, cuando los grupos son carboxilo halógeno o ácido sulfúrico exceptuando los grupos nitro, benzoilo, nitroso o aldehído. se emplea

como patrón el fenol, determinándose además otros compuestos fenolicos que produzcan coloración.

La reacción con la 4-amino-antipirina se produce a pH $7,9 \pm 0,1$ en presencia de ferrocianuro de potasio con el cual produce una coloración roja intensa por la formación de un tinte azo, el cual se extrae con cloroformo y se mide la absorbancia a 460nm, este Método de extracción con cloroformo se aplica cuando la sensibilidad del método es de 1mg y con el se cubren las concentraciones en el rango de 1 a 250 ug/l. El método directo espectrofotometrico se emplea para muestras de fenoles mayores a 0,5mg/L (32).

5.3 INTERFERENCIAS

Las interferencias que descomponen son las bacterias que oxidan y reducen el fenol, los valores del pH alcalinos se corrigen con la acidificación. Las aguas residuales pueden requerir de técnicas especializadas, para eliminar las interferencias y la recuperación cuantitativa del fenol.

Los agentes oxidantes, como el cloro es detectado por liberación de yodo con acidificación en presencia del Ioduro de potasio. Si los agentes oxidantes no son eliminados los compuestos del fenol se oxidarán parcialmente.

Los compuestos de azufre se eliminan acidificando a pH 4,0 con el ácido fosforico y aireando brevemente. Esto elimina la interferencia del sulfuro de hidrogeno y el dióxido de azufre.

El aceite y alquitranes hacen un extracto alcalino ajustando a pH 12 a 12,5 con las granallas de NaOH. El aceite del extracto y alquitrán de la solución acuosa son extraídos con 50mL de CHCl₃. el exceso de este solvente se elimina de la fase acuosa mediante un baño maría, antes de proceder con el paso de la destilación.

5.4 LA PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS.

La concentración del fenol normalmente encontrada en aguas residuales está sujeta a oxidación biológica y química. Si las muestras no se analizan en un periodo de cuatro horas después de la toma, acidificar la muestra con 2mL de ácido sulfúrico concentrado por litro de muestra, mantener en refrigeración a 4 °C hasta su análisis y el tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 28 días (32).

5.5 PROCEDIMIENTO.

5.5.1 Destilación

- a) El fenol se destila para eliminar las impurezas, porque la volatilización del fenol es gradual, destilándose un volumen igual que la muestra original.

- b) Tomar una alícuota de 500mL de muestra en un erlenmeyer y ajustar el pH a 4 con solución de Ácido fosfórico al 10%, usando anaranjado de metilo o medidor de pH como indicador. Omitir la adición de solución de ácido fosfórico al 10% y ajustar a $\text{pH} = 4$ con solución de hidróxido de sodio 2,5N en el caso que la muestra haya sido preservada con ácido sulfúrico.
- c) Traspasar la muestra al aparato de destilación y usar material graduado a 500mL para recibir el destilado.
- d) Destilar 450mL y detener la destilación, cuando la ebullición haya cesado, añadir 50mL de agua destilada – desionizada caliente al balón de destilación. Destilar hasta que unos 500 mL hayan sido recolectados.
- e) Si el Destilado es turbio, redestilar. Acidifique el destilado turbio con solución de ácido fosfórico y repetir los puntos anteriores. Si el segundo destilado es turbio, utilizar el proceso de extracción que se usa a continuación.
- f) Extraer una fracción de 500mL de la muestra original como sigue, añadir gotas de indicador de anaranjado de metilo y llevar este a su forma ácida con ácido sulfúrico 1N, pasar a un embudo de separación de 1l y añadir 150g de NaCl agitar con cinco fracciones sucesivas de cloroformo empleando 40mL en la primera y 25mL en las sucesivas.

Pasar la fase de cloroformo a un segundo embudo de separación y agitar con tres fracciones sucesivas de hidróxido de sodio 2,5N. utilizando 4mL en la primera y 3mL en cada una de las siguientes. Combinar los extractos alcalinos y calentar en baño maría hasta que el cloroformo haya sido evaporado, enfriar y diluir hasta 500mL con agua, para luego proceder con la destilación como se ha descrito anteriormente (32).

5.5.2 Método de extracción con Cloroformo

- a) Preparar curva de calibración tomando alícuotas de 5, 10, 20, 30, 40 y 50mL. de la solución estándar del fenol y enrazar a un volumen de 500mL.
- b) Tratar muestras, blanco y estándares de igual manera.
- c) Adicionar 12mL de solución de hidróxido de amonio e inmediatamente ajustar a pH $7,9 \pm 0,1$ con solución buffer de fosfato (se requieren 10mL aproximadamente).
- d) Transferir muestras, blanco y estándares a su respectivo embudo de decantación, adicionar 3mL de solución de amino antipirina, mezclar bien y adicionar 3mL de solución de ferrocianuro de potasio, mezclar bien. Dejar que el color se desarrolle por 15 minutos. La solución debe ser clara y de color amarillo suave.

- e) Extraer inmediatamente con cloroformo. Agitar el embudo de decantación al menos 10 veces y dejar decantar. Cuando el cloroformo ha decantado nuevamente agitar el embudo 10 veces y permitir que el cloroformo decante nuevamente.
- f) Filtrar cada extracto de Cloroformo a través de un filtro que contenga unos 5g de Na_2SO_4 , colectar el extracto directamente a la celda de medición. No agregar cloroformo adicional.
- g) Leer la absorbancia de muestras y estándares contra el blanco a 460nm. Realizar la grafica de absorbancia vs. μg de Fenol en 500mL.

5.5.3 Método Directo Espectrofotometrico.

- a) Tomar 100mL de destilado o una alícuota adecuada que no contenga mas de 0,5mg de fenol y diluir a 100mL, preparar un blanco de agua de 100mL también y una serie de estándares de fenol de 100mL que contengan 0, 100, 200, 300, 400 y 500 μg de Fenol.
- b) Tratar las muestras, blanco y estándares como sigue, añadir 2,5mL de la disolución de amonio 0,5N e inmediatamente ajustar el pH 7,9 \pm 0,1 con el buffer de fosfato. Adicionar 1,0mL de la disolución de 4amino-antipirina mezclar bien y añadir 1,0mL de la disolución de ferrocianuro de potasio y mezclar.

- c) Después de 15min transferir a la celda y leer la absorbancia de las muestras, estándares y blanco a 500nm y realizar la curva de calibración.

5.6 CÁLCULOS:

Para calcular se utiliza la formula siguiente:

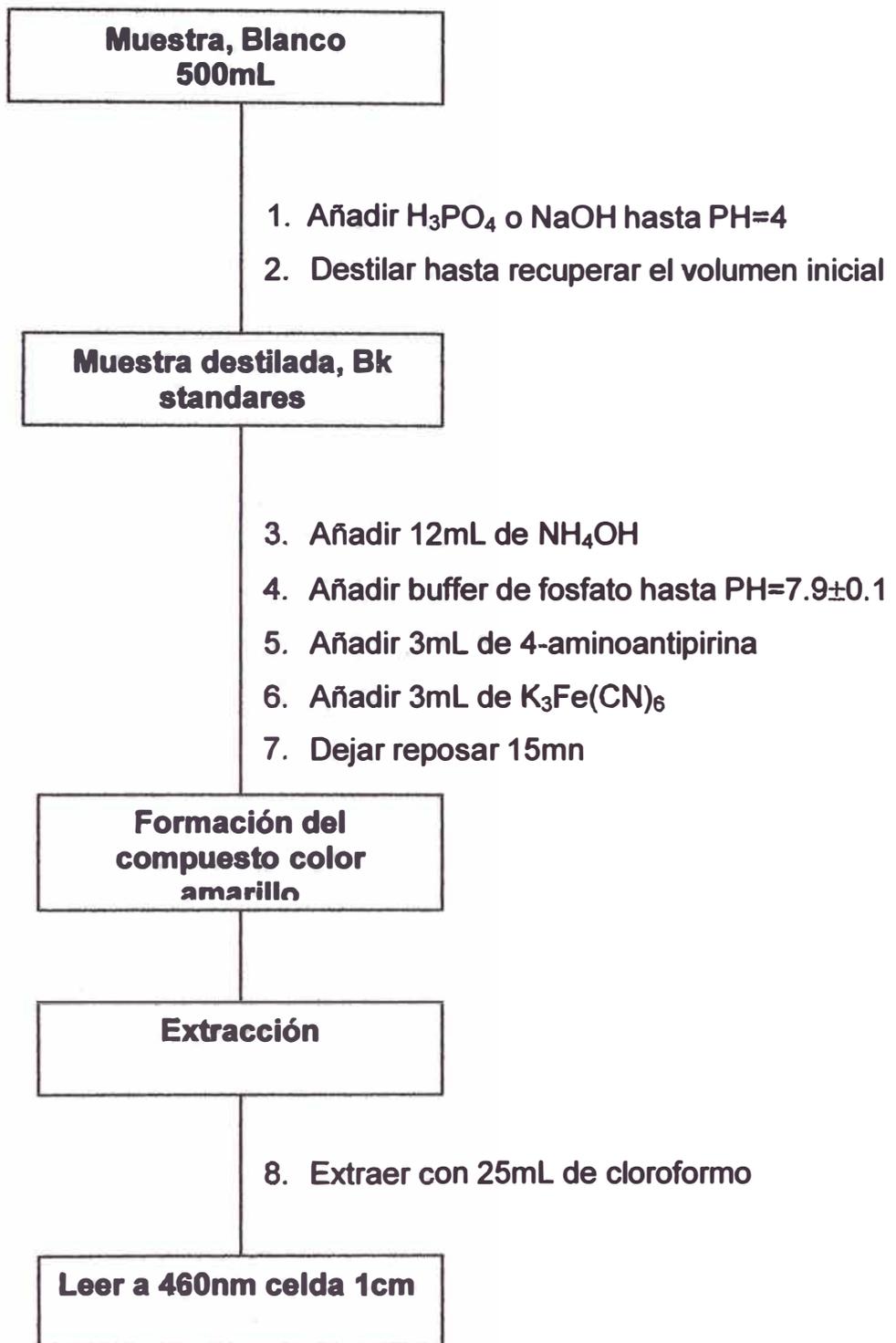
$$\text{Fenol ug/mL} = (A / B)$$

A = Ug de Fenol en la muestra determinado de la curva de calibración

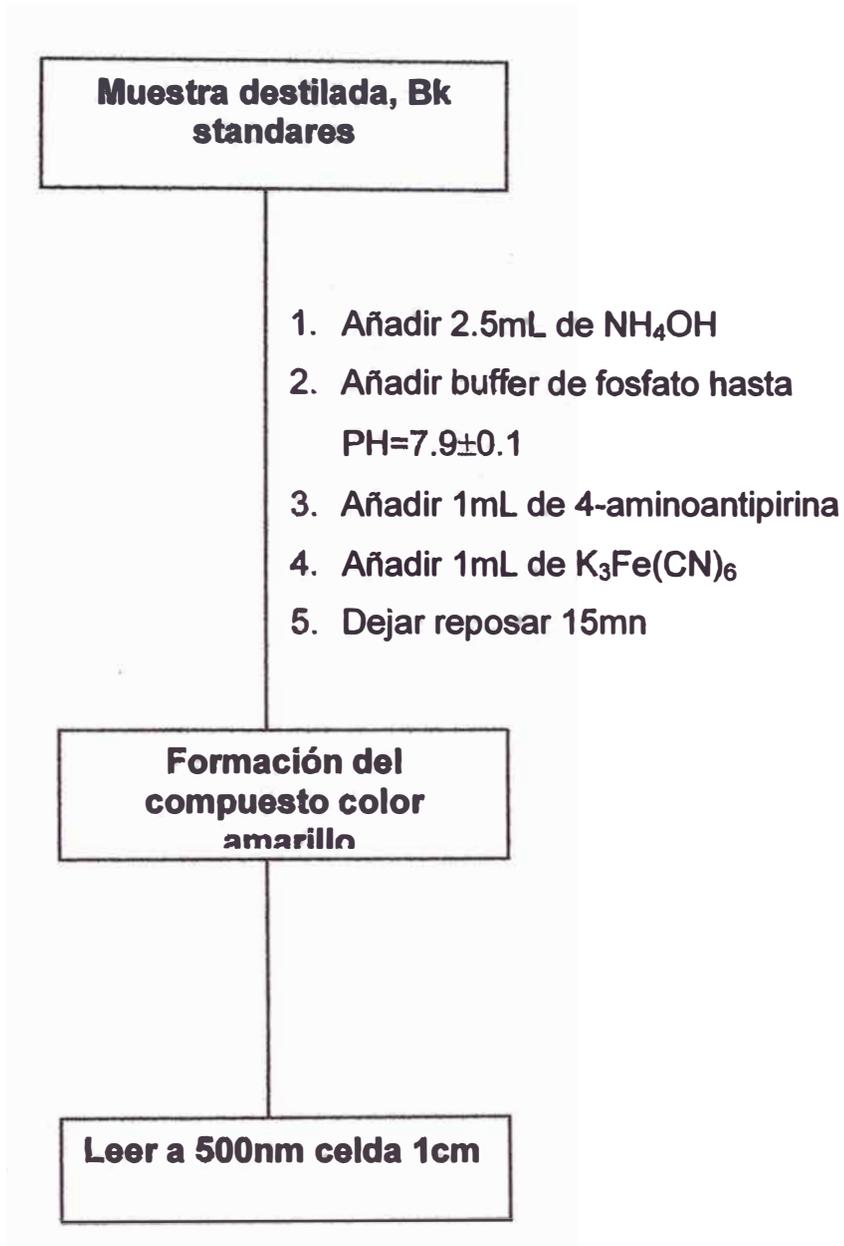
B = mL de la muestra original

5.7. Diagrama de flujo

a) Método con Extracción con cloroformo



b) Modelo Directo Espectrofotometrico



5.8 DATOS EXPERIMENTALES

TABLA N° 5.3
DATOS DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN
MÉTODO EXTRACCIÓN CON CLOROFORMO

Concentración	Absorbancia
0,000	0,00000
0,010	0,09583
0,020	0,19830
0,040	0,40297
0,060	0,51155
0,080	0,79627
0,100	0,81391

TABLA N° 5.4
DATOS DE MUESTRAS
MÉTODO EXTRACCIÓN CON CLOROFORMO

Orden	Absorbancia	mg / L
210532-1	0,109	0,010
210532-2	0,126	0,012
210532-3	0,134	0,013
210532-4	0,143	0,014
210532-5	0,145	0,014
210532-6	0,134	0,013
210532-7	0,145	0,014
210532-8	0,136	0,013
210532-9	0,147	0,015
210532-10	0,145	0,014
210532-11	0,136	0,013
210532-12	0,142	0,014
210532-12	0,119	0,011
Patrón (0.030)	0,270	0,029

GRAFICO N° 5.1
CURVA DE CALIBRACION DEL FENOL
METODO EXTRACCION CON CLOROFORMO

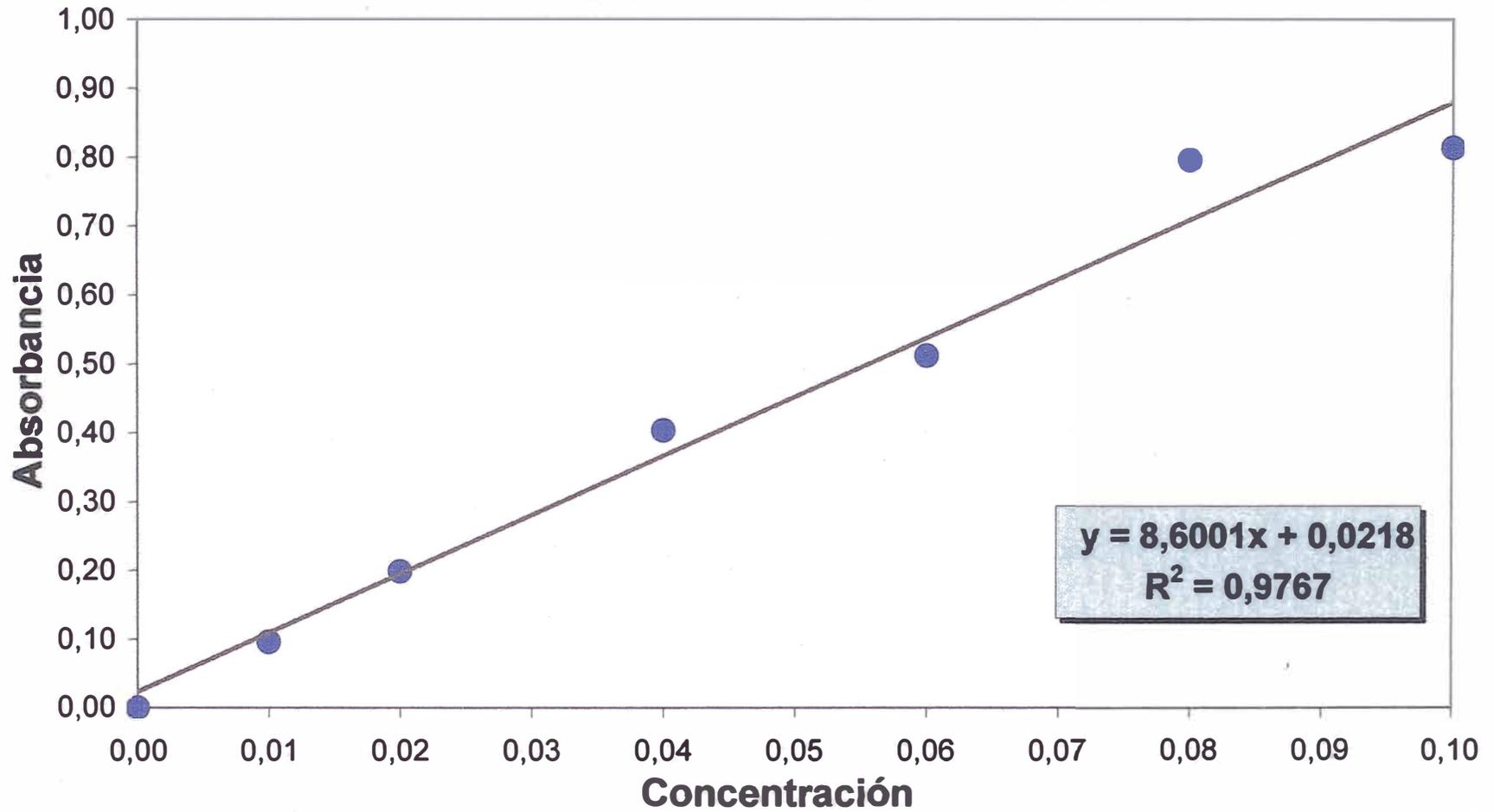


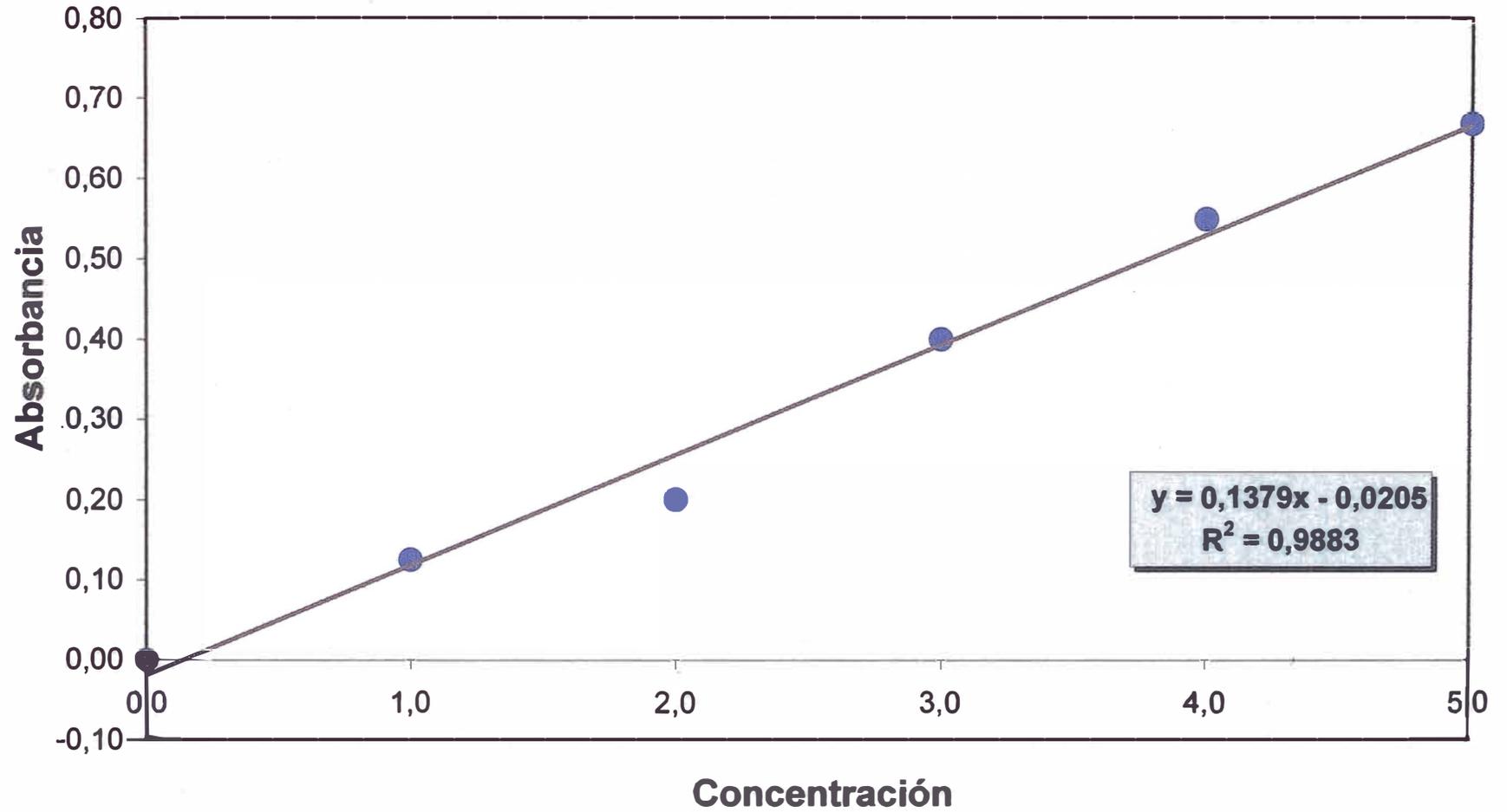
TABLA N° 5.5
DATOS DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN
MÉTODO DIRECTO

Concentración	Absorbancia
0,000	0,00000
1,000	0,12500
2,000	0,20000
3,000	0,40000
4,000	0,55000
5,000	0,67000

TABLA N° 5.6
DATOS DE MUESTRAS
MÉTODO DIRECTO

Orden	Absorbancia	mg /L
210560 -1	0,140	0,58
210560 -2	0,128	0,54
Patrón (2,39)	0,310	2,40

GRAFICO N° 5.2
CURVA DE CALIBRACION DEL FENOL
METODO DIRECTO



Capítulo 6

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

6.1 GENERALIDADES

Un sistema de aseguramiento de la calidad es realmente un marco general en el que existen y se aplican cuatro actividades bien diferenciadas

- a) Actividades de planificación
- b) Actividades de control de la calidad
- c) Actividades de evaluación
- d) Actividades de corrección

Con esta secuencia de actividades se pretende la mejora continuada del sistema de la calidad a través del compromiso de la revisión por la dirección.

Por tanto, las actividades del Control de Calidad constituyen una parte esencial de los sistemas de Aseguramiento de la Calidad, indicando que el control de la calidad es el conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos de calidad.

- El control de calidad comprende las técnicas y actividades operativas que tienen por objeto, tanto el seguimiento de un proceso, como la eliminación de las causas de prestaciones no satisfactorias en todas las fases del proceso de la calidad con el fin de obtener los mejores resultados económicos.

- Algunas acciones de control de la calidad y de aseguramiento de la calidad están interrelacionadas.

El control de calidad se entiende como el conjunto específico de actividades planificadas y efectuadas para proporcionar un producto, sistema o servicio con un nivel definido de calidad que sea satisfactorio, adecuado, fidedigno y económico.

El control de calidad referido a un laboratorio analítico se concreta en una serie de acciones, diferenciadas del trabajo ordinario, planificadas y ejecutadas para proporcionar una información analítica con un nivel definido de calidad (exactitud y representatividad) que satisfaga los requisitos impuestos.

La calidad no solo hay que planificarla, sino también controlarla y evaluarla, un sistema de calidad debe tener acciones dirigidas a cumplir con ambos objetivos “Como parte de sus sistemas de calidad, los laboratorios deben tener un programa sistemático de control interno de calidad y participar siempre que sea posible, en ensayos de actitud e ínter comparaciones”.

Esto es particularmente importante en el caso de los laboratorios por las siguientes razones :

- Multiplicidad de factores que pueden afectar al resultado de los análisis.
- Consecuencias derivadas del suministro al cliente de un resultado equivocado (3).

6.2 TRAZABILIDAD DE LAS MEDIDAS

Es importante para el aseguramiento de la calidad contener referencias explícitas o implícitas de actividades de control de calidad, en especial referidas al calibrado y verificación de los equipos. En la parte de generalidades el laboratorio dispondrá de un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos. El programa debería incluir un sistema para seleccionar, utilizar, calibrar, verificar, controlar y mantener los patrones de medida. Los materiales de referencia utilizados como patrones de medida, equipos de medida y ensayo para realizar ensayos y calibraciones.

El laboratorio dispondrá de un plan de muestreo y procedimientos para el muestreo de sustancias, materiales o productos utilizados en posteriores ensayos o calibraciones. El plan y procedimiento de muestreo estarán disponibles en el lugar donde se efectúe el muestreo. Los planes de muestreo se basarán siempre que sea razonable, con métodos estadísticos apropiados, el procedimiento de muestreo indicara los factores que deben controlarse para asegurar la validez de resultados de los ensayos y calibraciones.

El laboratorio dispondrá de procedimientos para registrar los datos y operaciones relacionadas con el muestreo correspondiente al ensayo o calibración efectuado. Dicho registro incluirá el procedimiento de muestreo utilizado, la identificación del equipo de muestreo, las condiciones ambientales (cuando proceda), los diagramas u otros medios equivalentes de identificar el lugar de muestreo según sean

necesario y en caso apropiado, las estadísticas en las que se basan los procedimientos de muestreo. Pero, sin lugar a dudas, el apartado Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayos y calibraciones el que se refiere de forma más explícita al control de calidad (interno y externo).

Este breve apartado se transcribe a continuación

El laboratorio dispondrá de procedimientos de control de calidad para comprobar la validez de los ensayos y calibraciones realizadas. Los datos obtenidos se registrarán de forma que puedan detectarse tendencias y siempre que sea posible se aplicarán técnicas estadísticas para analizar los resultados. Estos controles deben ser planificados y revisados y pueden incluir, pero sin limitarse a lo siguiente :

- Uso habitual de materiales de referencia certificados o controles internos de calidad que empleen materiales de referencia secundarios.
- Participación en programas de intercomparación o ensayos de aptitud.
- Repetición de ensayos o calibraciones utilizando los mismos o diferentes métodos.
- Repetición de ensayos o calibraciones de especímenes almacenados.
- Coherencia de resultados de diferentes características de un espécimen (8).

6.3 DEMOSTRACION DE LA TRAZABILIDAD

La demostración de la trazabilidad es un requisito metrológico básico para los resultados de un laboratorio. Para ello es necesario disponer de referencias a través de muestras certificadas o con valores de referencia bien establecidos o bien comparar con métodos alternativos considerados de referencia. La comparación respecto a muestras con valores de referencia se lleva a cabo mediante pruebas de significación estadísticas, mientras que la comparación con métodos alternativos de referencia a través de análisis de regresión. Se describen herramientas estadísticas para evaluar la trazabilidad de los resultados.

Básicamente la demostración de la trazabilidad se puede plantear estadísticamente por cuatro caminos diferentes

- Mediante la comparación con un valor de referencia.
- Mediante la comparación con un método alternativo.
- Mediante la fortificación de muestras.
- Mediante el consenso entre laboratorios.

Para demostrar la trazabilidad de los resultados obtenidos en el laboratorio la comparación se basara en la prueba t de student de la muestra. El objetivo es obtener una serie de resultados repetidos sobre la misma muestra o material y la media aritmética (que seria la mejor estimación del resultado) se compara con el valor certificado del material o con un valor de referencia (3).

6.4 CONTROL DE CALIDAD INTERNO

Para cumplir con el sistema de calidad se presentaran procedimientos y documentos redactados que se muestran a continuación.

6.4.1 CODIFICACION DE MUESTRAS Y DOCUMENTOS

El presente procedimiento describe como se codifican las muestras y documentos generados durante la atención de una orden de ensayo en el laboratorio para asegurar que se guarde trazabilidad de los ensayos.

SISTEMA DE CODIFICACION DE DOCUMENTOS

- Los documentos utilizados durante la atención de un servicio son codificados con el numero de orden del servicio correspondiente, el cual se registra en el cuaderno de ordenes de trabajo.
- El sistema de codificación adoptado es alfanumérica, compuesto de letras que identifican a la División seguido de 06 dígitos, los dos primeros indican el año y los cuatro siguientes el correlativo de las órdenes.

Ejemplo: O/L ECO-210042

Donde 21 (orden del año 2001)

0042 (es el número de ingreso al laboratorio)

SISTEMA DE CODIFICACION DE INFORMES DE ENSAYO

- Cuando los resultados de ensayos de una orden son reportados en un solo informe de ensayo, éste se codifica con el número de la orden de ensayo.

- Cuando los resultados de los ensayos de una orden corresponden a ensayos acreditados y no acreditados se deben reportar en dos informes por separado.

SISTEMA DE CODIFICACION DE MUESTRAS

- Las muestras son codificadas utilizando el número de la orden de ensayo y el número correlativo de la muestra de acuerdo al número de muestras recibidas.

Ejemplo: Si la orden es para el ensayo de 3 muestras, éstas se

codifican de la siguiente manera: 210042/01

210042/02

210042/03

- En el caso de existir varios envíos para una misma orden de ensayo, las muestras se codifican con números arábigos de acuerdo al número de envío, seguidos del número de muestras recibidas.

Ejemplo: Si la orden se realiza a través de dos envíos con dos muestras en cada envío, se codifican de la siguiente manera:

210042-01/01

210042-01/02

210042-02/01

210042-02/02

- Esta codificación debe permanecer durante todo el ensayo o si se da el caso usar otro, pero siempre se debe asegurar que sea trazable al número de orden de ensayo.

- La codificación de muestras se registra en el formato de Recepción de Muestras (29).

6.4.2 PROCEDIMIENTO GENERAL REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

Esto consta de todos los pasos a seguir desde el momento que ingresa la muestra hasta que termine todo el análisis esto se muestra en la Tabla N° 6.1

Si durante el proceso de ensayo se detecta que existe alguna falla con algún medio de medición que incida directamente sobre los resultados se deberá proceder a investigar sobre la calidad de los resultados de los análisis que se efectuaron con el equipo estimando la fecha de la no-conformidad.

En caso se detecte alguna medición defectuosa, que arroje duda sobre la validez de los resultados emitidos en un informe de ensayo dudoso, se deberá notificar por escrito al cliente de la situación encontrada.

TABLA N° 6.1

PROCEDIMIENTOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO

Acción	Responsable	PROCESO
1	Auxiliar Encargado del laboratorio	Recepción de Muestras.- Recepciona las muestras con la solicitud de servicio del cliente, en la zona de recepción de muestras. Si todo es conforme se llena el formato de recepción de muestras y se codifica. Si no tiene instrucciones no se reciben las muestras.
2	Encargado del Laboratorio	Revisión de orden: -Tipo de muestra a analizar -Número de muestras y codificación según solicitud -Verificación del volumen de muestra con parámetros del cliente y requerimientos del método de ensayo -Límite de detección solicitado -Si la muestra es preservada.
3	Encargado del Laboratorio	¿Los datos y muestras están conformes? Si: se firma en señal de conformidad y pasa act.5. No: pasa act.4 y procede según sea el caso.
4	Encargado del Laboratorio	-Si las muestras presentan algún inconveniente o falta información se comunica al área comercial y queda como pendiente. -Si no sé esta en capacidad de ejecutar un ensayo se informa al área comercial.
5	Encargado del Laboratorio	Distribución de Ensayos.- Recepciona el file y distribuye las muestras en el formato de distribución de análisis marcando los análisis a realizar para las muestras codificadas, colocando las muestras en la zona de muestras para análisis e indicando el tipo de preservación, tipo de muestra u otra información adicional.
6	Analista	Ensayo.- El analista toma el ensayo asignado y verifica: El registro de operatividad del equipo (Programa de monitoreo de equipos) – Si aplica. (Tabla 6.2 y 6.3) Disponibilidad del material, reactivos y estándares. Método de ensayo aplicar.
7	Analista	Evaluación de resultados : Verificar si los controles son conformes
8	Analista	Reporte de resultados de los ensayos -Determinaciones Gravimétricas -Determinaciones Calorimétricas -Determinaciones Volumétricas -Análisis por Absorción Atómica -Determinaciones Varias.
9	Analista	Finalizado el ensayo se actúa de acuerdo a lo establecido en el procedimiento del manejo de muestra y contra muestras.

10	Encargado del Laboratorio	Revisión de resultados.- Si son conformes con los criterios de aceptación del método (programa de monitoreo de ensayos) No: Se re-analiza a partir de act.6 se registra la no-conformidad según el procedimiento Nota: en esta etapa verifica que se hayan realizado todos los ensayos solicitados, revisa cálculos y los problemas surgidos si fue el caso.
11	Encargado del Laboratorio	Trascripción de resultados.- Hace la transcripción de los resultados en una plantilla.
12	Secretaria	Emisión de Informe de Ensayo.- Emite el informe de ensayo final en número original y copias según solicita el cliente y le envía al encargado del laboratorio para la firma respectiva .
13	Encargado del Laboratorio	Revisa el informe de ensayo y en señal de conformidad firma el informe de ensayo y lo entrega a la secretaria para su distribución. Si es conforme se revisa
14	Secretaria	Conserva 01 copia para el file que a su vez se utiliza como cargo y entrega el resto al área comercial.

TABLA N° 6.2

PROGRAMA DE MONITOREO DE ENSAYOS

Ensayo	Control	Frecuencia	Registro	Rangos
Fenoles	Repetibilidad	10% por batch	Fto de determinación calorimétrica	Var. Máx. 0,005mg/L
	Veracidad	Material de control Uno por cada lote o grupo de muestra		95 - 105%
Dureza Total	Repetibilidad	Una muestra por orden <10 o 10% por orden Si es >10	Fto de determinación volumétrico	10%
	Análisis de blancos	Dos por lote o batch		<0,04
	Veracidad	Material de Control Uno por cada lote o grupo de muestras		95 - 105%
Selenio Generación de Hidruros	Repetibilidad	Un duplicado por cada orden	Fto de determinación Por A.A	10%
	Veracidad	Material de control Uno por cada lote o grupo de muestras		95 - 105%
Plomo Zinc	Repetibilidad	Una muestra por orden <10 o 10% por orden Si es >10	Fto de determinación A.A	<2,0ppm 10% >2,0ppm
	Análisis de blancos	Dos por lote o batch		max 0,5mg/L
	Veracidad	Material de Control Uno por cada lote o grupo de muestra orden <10 Dos por lote o batch Si es >10		95 - 105%

TABLA N° 6.3

PROGRAMA DE MONITOREO DE EQUIPOS

Equipo	Control	Frecuencia	Patrón	Registros
Balanza Analítica	Exactitud	Diaria	Pesa 5gr Pesa 50gr Pesa 100gr	Registro de operatividad del equipo Balanza Analítica
Espectro UV-Visible Lambda 20	A) Control de luz espurea B) Control de Resolución C) Control de absorbancia	Mensual	A) K_2CrO_7/H_2SO_4 B) Tolueno/Hexano C) KCL 1.2%	Registro de operatividad Espectrofotómetro UV
Potenciómetro EA-940	A) Calibración Potenciómetro B) Verificación del Slope	Cada vez que se use	A) Buffer 4,7 y 10 B) Slope > 92%	Registro de operatividad Potenciómetro
Espectrometría A.A Analyst-100	Parámetro; Sensibilidad Con cobre Veracidad	Cada vez que se use	Solución Standard Cu = 5,0ppm Absorbancia > 0,250UA	Registro de operatividad Equipo de absorción Atómica AA100

6.4.3 ALMACENAMIENTO, ELIMINACION DE MUESTRAS Y CONTRAMUESTRAS

El presente procedimiento define las actividades a seguir para el almacenamiento y la eliminación de muestras y contra muestras.

Muestra : Es una unidad objeto de ensayo.

Contra muestra: Porción de muestra que no ha sido ensayada y se conserva por un tiempo determinado, manteniendo las mismas características que la parte ensayada, que puede servir para la ejecución de nuevos ensayos o reensayos solicitados por los clientes.

Residuos : Se define así a restos de muestra analizada, sobrantes sólidos y frascos de plástico y vidrio no reciclables.

CONSERVACION DE CONTRAMUESTRAS

Para la conservación de contramuestra es necesario conocer el tipo de ensayo solicitado los requisitos mínimos para cada ensayo en la Tabla N° 6.4 y el procedimientos de conservación de contramuestras en la Tabla N° 6.5.

TABLA N° 6.4

REQUISITOS MINIMOS PARA ENSAYAR MUESTRAS

Tipo	Parámetros	Cantidad mínima ensayo (mL)	Envase	Preservante	Tiempo (días)
Físico Químico	PH	50	Frasco Plástico 1L	Refrigerar	2
	Conductividad	50			28
	Sólidos Suspendidos	Muestras Claras 1L			7
	Turbidez	50			2
	Sólidos Disueltos	100			7
	Sólidos sedimentables	100			14
	Acidez	100			14
	Alcalinidad	100			28
	Cloruro	100			28
	Fluoruro	100			28
	Sulfato	100			28
	Nitrito	250			2
	Dureza	100			HNO ₃ pH< 2
Nutriente	Nitrato	250	Frasco Plástico 1L	pH< 2 Refrigerar	2
	Orto-fosfato	100			2
	Fósforo Total	200			7
	Nitrógeno amoniacal	200			28
Metales Totales y Disueltos	Aluminio	1000	Frasco Plástico 1L	HNO ₃ pH< 2	90
	Antimonio				
	Arsénico				
	Bario				
	Bismuto				
	Cadmio				
	Calcio				
	Cobre				
	Cobalto				
	Hierro				
	Plomo				
Otros	Cianuro Total	1000	Frasco Plástico 1L	NAOH Refri. H ₂ SO ₄ (pH<2) Refri. Acetato Zn, NaOH	14
	Fenoles	1000			28
	Sulfuros	1000			28
Contaminac. Orgánica	DBO	300	Frasco Ámbar	Refri. H ₂ SO ₄	6horas
	DQO	100	Frasco Plástico		7
	Aceite y Grasa	2000	Frasco vidrio		HCL pH< 2

TABLA N° 6.5

PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION DE CONTRAMUESTRAS

Acción	Responsable	PROCESO
1	Analista	Finalizando el ensayo.- Coloca las contra muestras en la estantería destinada para las muestras analizadas.
2	Auxiliar	<p>Registra en el formato de registro de almacenamiento de contra muestras, según :</p> <p>AGUAS</p> <ul style="list-style-type: none"> . Muestras de ensayos físico químicos y nutrientes se conservan por 28 días refrigerados. . Muestras para aceites y grasa 28 días a temperatura ambiente. . Muestras que se ensayan metales 3 meses a temperatura ambiente <p>otros :</p> <ul style="list-style-type: none"> Fenoles 28 días refrigeradas Sulfuros 28 días refrigeradas Cianuro total 14 días . Muestras para DQO mantener 07 días a temperatura ambiente. <p>SÓLIDOS</p> <ul style="list-style-type: none"> . Se conservan por 01 mes a temperatura ambiente.
3	Auxiliar	Descarte de Contra muestras.- Cuando se realice el descarte de las contra muestras se verificara en el cuaderno ordenes – almacén aquella que ya vencieron el periodo de conservación.

6.4.4 ELIMINACION DE RESIDUOS

Los equipos y materiales que se requieren para la eliminación son:

- .Bicarbonato de sodio grado técnico
- .Tacho para neutralización
- .Cintas de papel ph 0 – 10

TABLA N° 6.6

ELIMINACION DE RESIDUOS

Acción	Responsable	PROCESO
1	Auxiliar	Descarte de residuos Colocar en el tacho de neutralización el residuo a descartar.
2	Auxiliar	Medir el PH con papel Muestra ácida (por debajo de 6) agregar bicarbonato de sodio hasta obtener un PH entre 6 y 9,luego eliminar en el desagüe No descartar en el desagüe
3	Auxiliar	Descarte de Sólidos. Se empaquetan en bolsas plásticas gruesas, colocando una etiqueta que indica: Residuo sólido no reactivo y luego se eliminan en el tacho de basura.
4	Auxiliar	Descarte de frascos Plásticos: punzar los frascos luego eliminarlos en el tacho de basura Vidrio: se rompen y eliminan en el tacho de basura , esto aplica solo para los frascos que se tratan como residuos

Capítulo 7

OBTENCION DE RESULTADOS

7.1 MUESTREO.

Se realizó un estudio a 282 muestras en dos tipos de Aguas, recopilándose información por un periodo de 12 meses en dos años, caracterizándose los resultados obtenidos en el laboratorio de la siguiente manera.

7.1.1 Se tomaron muestras por cada tipo de agua ver (Anexo 3)

- a) Agua potable (12 muestras)
- b) Aguas residuales (270 muestras), distribuidas en :
 - Efluente de Mar (52 muestras)
 - Efluente de Minas (192 muestras)
 - Efluente de Industrial (26 muestras)

7.1.2 En base a los resultados de las muestras analizadas se obtuvieron las siguientes comparaciones:

- a) Comparación de las concentraciones del Fenol distribuida por meses.
- b) Comparación de las concentraciones del Fenol por diferentes tipos de agua.
- c) Comparaciones Individuales distribuidas por meses de las concentraciones del Fenol en agua potable y residual.

GRAFICO N° 7.1

Distribución de la Concentración del Fenol por Meses

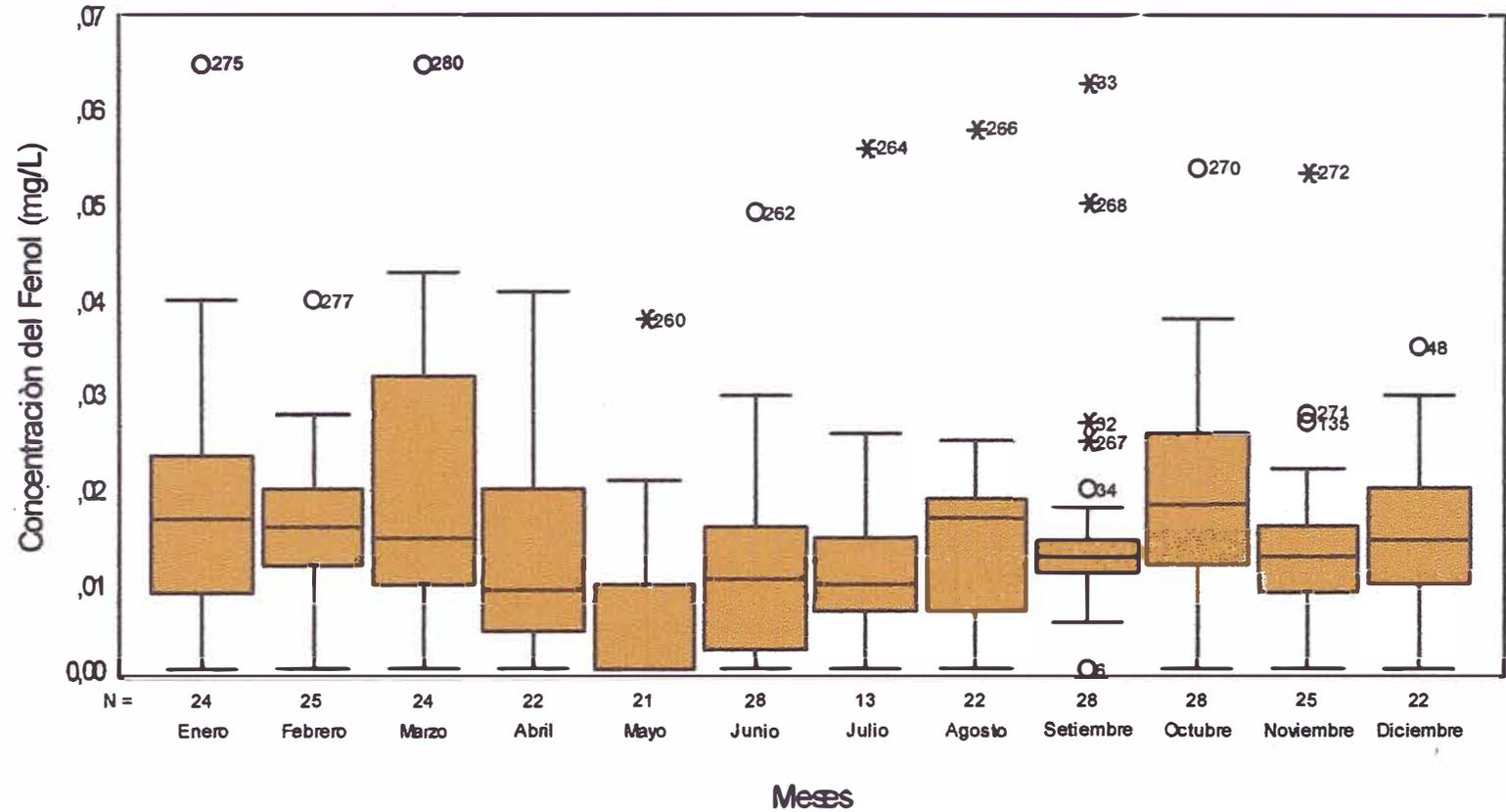


GRAFICO N° 7.2

Concentración del Fenol por Tipo de Agua

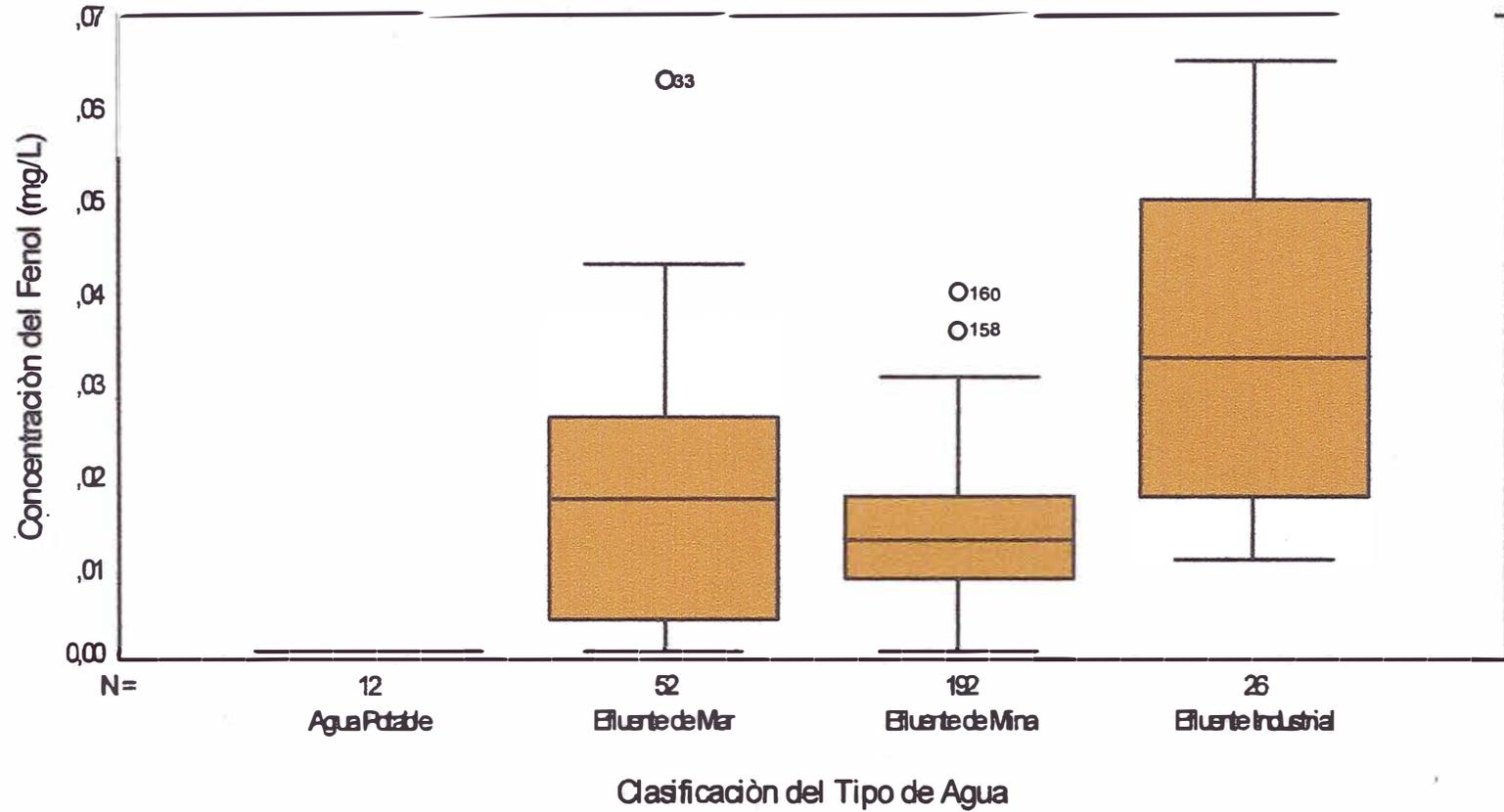


GRAFICO N° 7.3

Distribución Mensual de la Concentración del Fenol

Provenientes de Efluentes de Mar

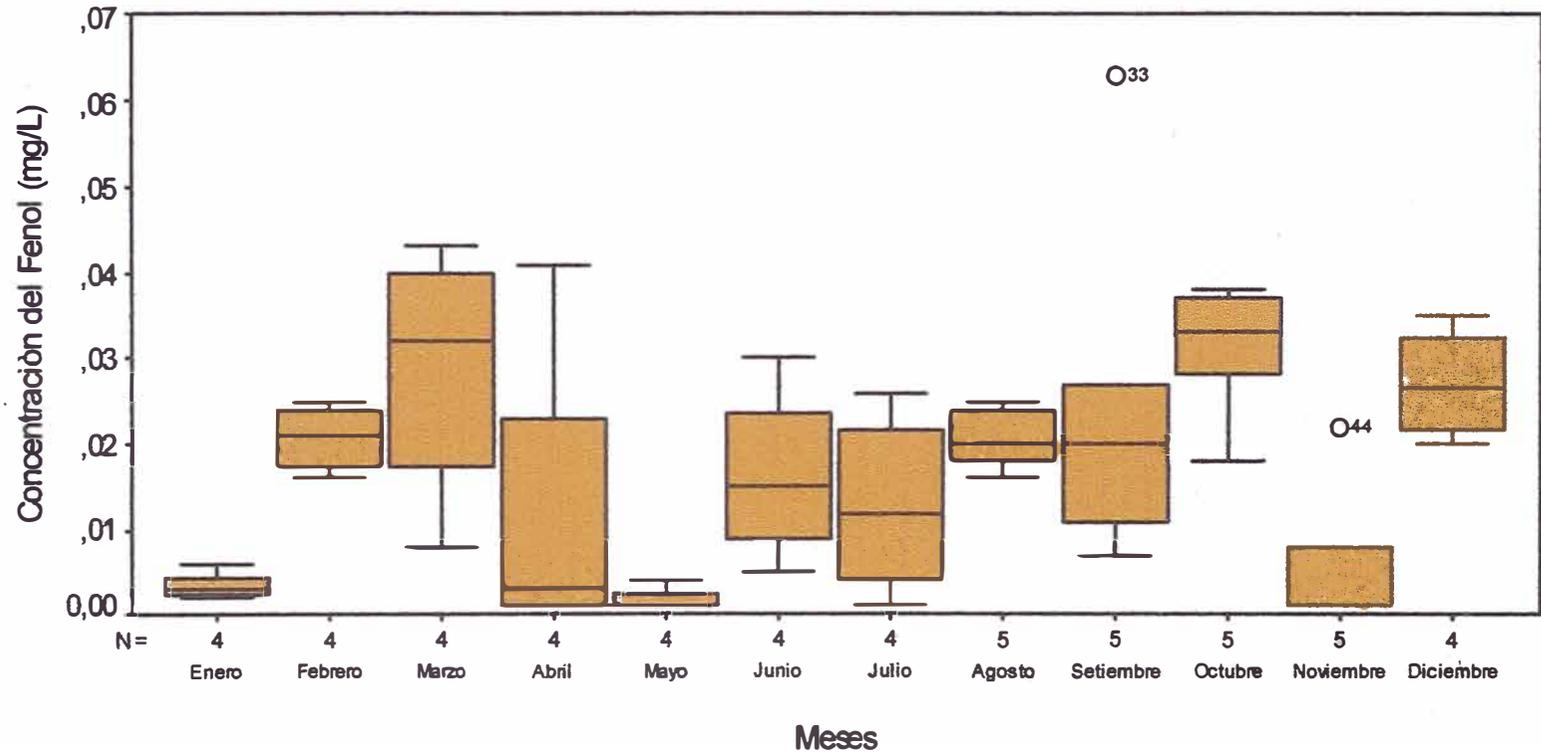


GRAFICO N° 7.4

Distribución Mensual de la Concentración del Fendol

Provenientes de Efluentes de Minas

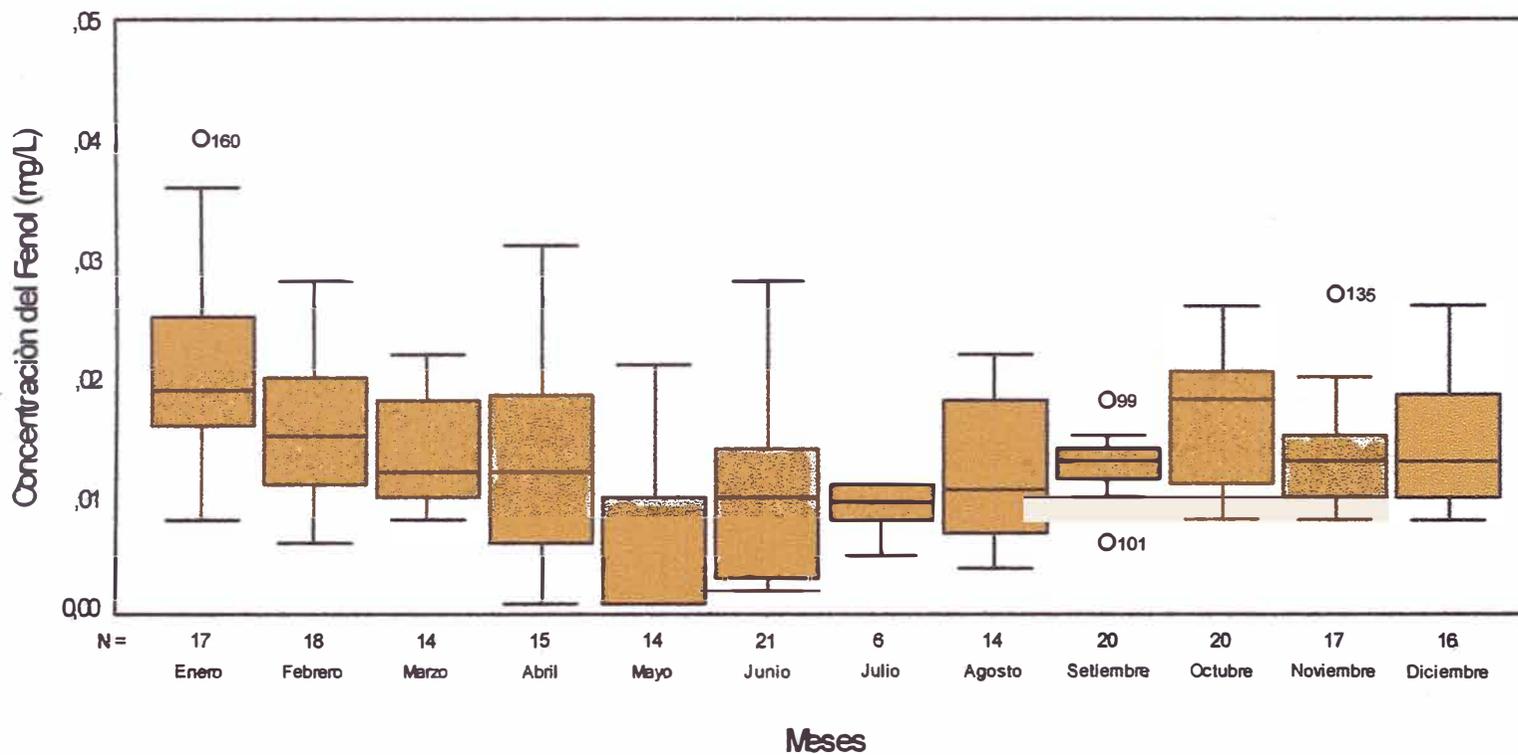
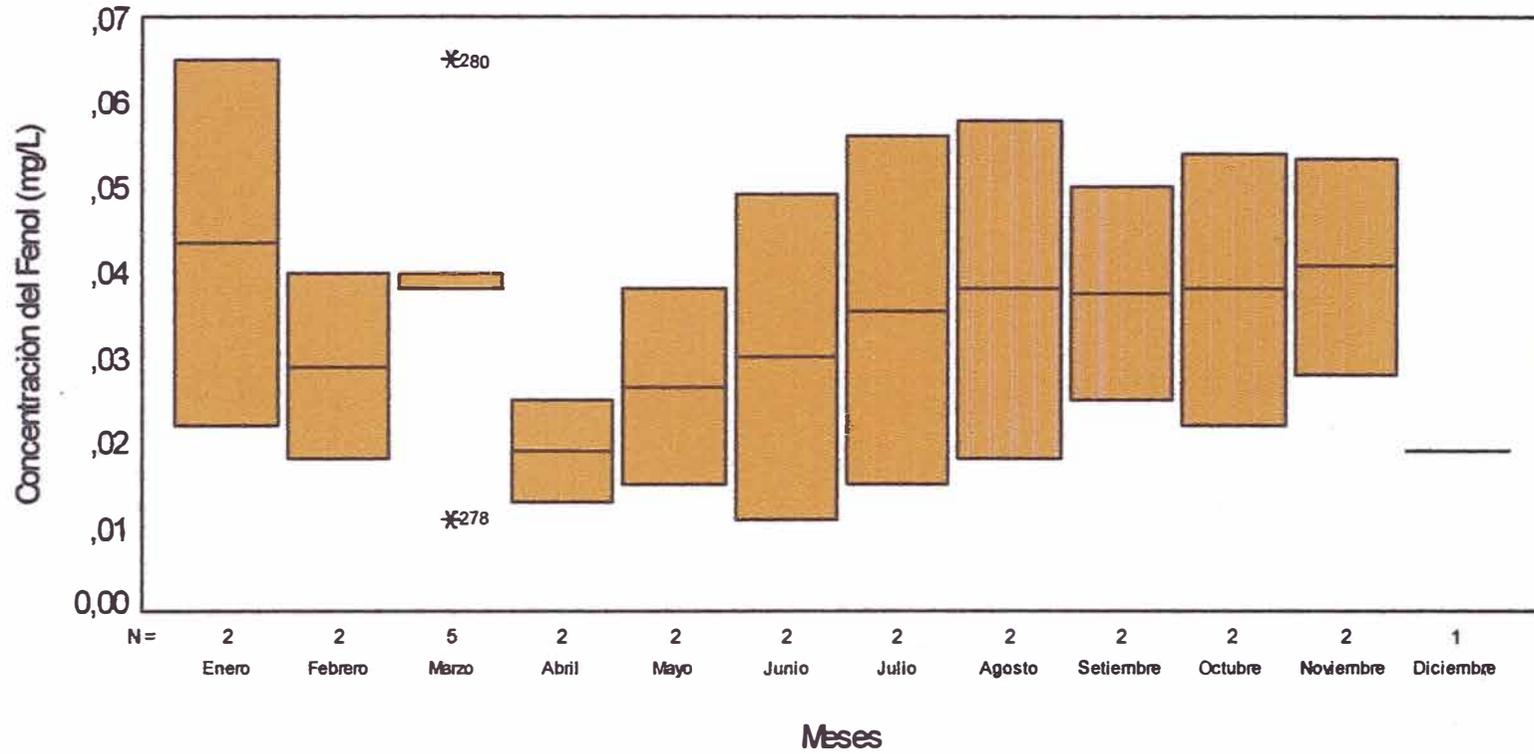


GRAFICO N° 7.5

Distribución Mensual de la Concentración del Fenol

Provenientes de Efluentes Industriales



7.2 TRAZABILIDAD DEL MATERIAL DE REFERENCIA SECUNDARIO FENOL (FEN-03)

El reactivo Fenol (fen-03) se utiliza en la aplicación del método APHA-AWWA-WPCF 20TH Ed1998. 55330d.

Para este estudio se recolecto la siguiente información

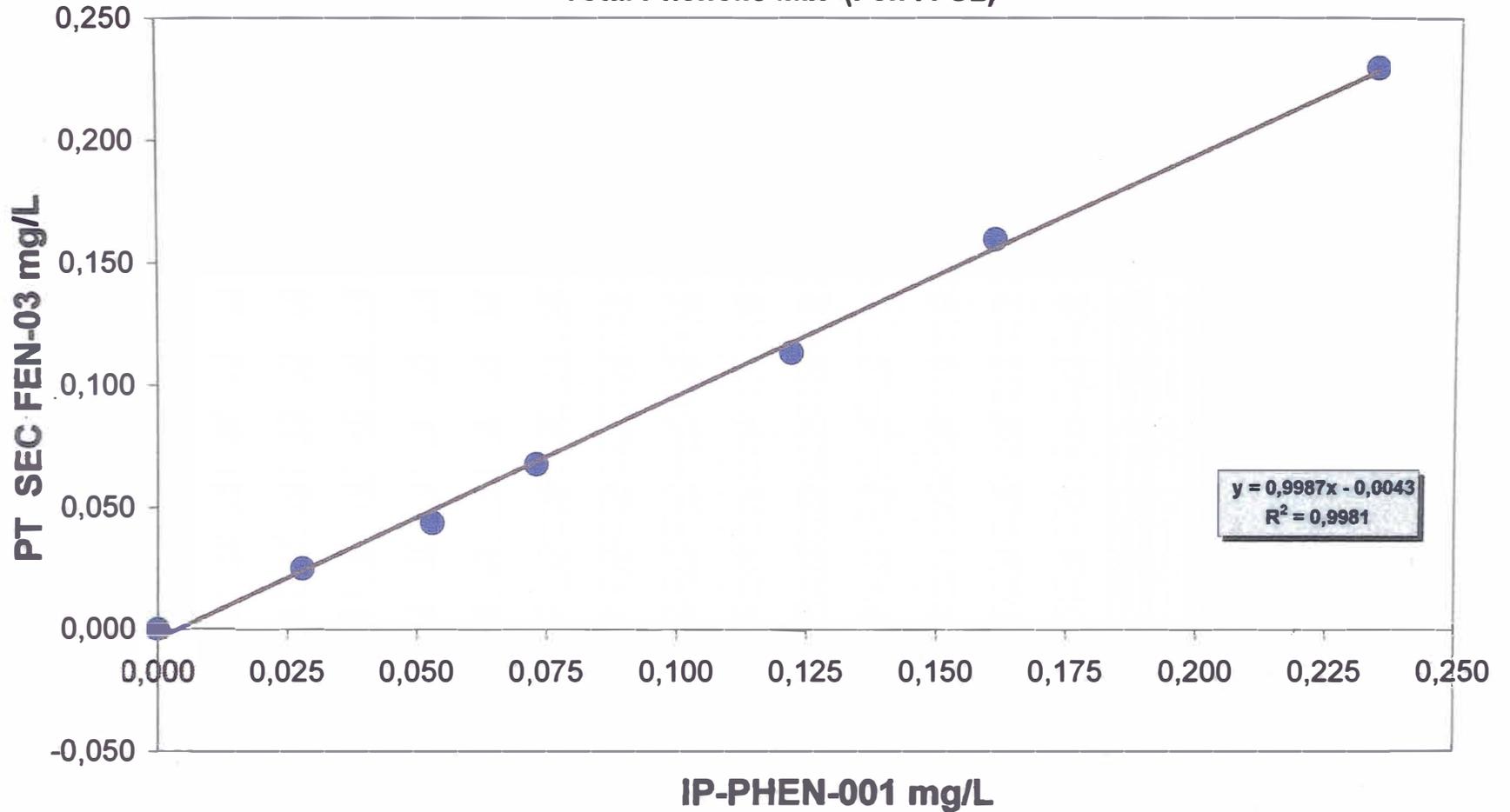
- Lecturas de absorbancia del material de Referencia WP-PE Total Phenolic Mix (Fen-A-O2) en 7 niveles de concentración. (ver Tabla N° 7.1)
- Lecturas de absorbancia del reactivo de Fenol (Fen-03) en 7 niveles de concentración (ver Tabla N° 7.2)

GRAFICO N° 7.6

VALIDACION DE PATRON SECUNDARIO DEL REACTIVO FEN-03

Ecuación de Regresión del Material de Referencia WP-PE

Total Phenolic Mix (Fen-A-O2)



7.3 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

7.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS GRÁFICOS

- a) Del gráfico de cajas N° 7.1, se compararon las concentraciones de 282 muestras en un periodo de 12 meses, observándose 10 valores atípicos y 8 valores extremos (outliers), los valores mínimos están dados por las concentraciones del agua potable la cual se mantiene fija en 0,001 en el tiempo, en contraparte, se encontraron concentraciones máximas en los meses de enero, marzo, abril y octubre. Esto debido principalmente a las concentraciones de los efluentes residuales, la cual tienen un comportamiento discontinuo y presentan valores muy elevados respecto al del Agua Potable, el cual es uniforme y continuo. Sin embargo la mediana se encuentra en una banda de 0,01 a 0,02 mg/L, Las concentraciones en los meses de setiembre y noviembre presentan mayores distorsiones, estando sesgados a la izquierda.
- b) Del gráfico de cajas N° 7.2, al comparar las aguas residuales se observa que los efluentes de minas mantienen las concentraciones homogéneas en un rango de 0,009 a 0,018 mg/L, Excluyendo dos valores atípicos durante un periodo de 12 meses.

- c) En el grafico de cajas N° 7.3, se observa el comportamiento de las concentraciones de 52 muestras tomadas de efluentes de mar, conteniendo dos valores atípicos en los meses de setiembre y noviembre, presentando valores mínimos de 0,0010 en los meses de Abril, Mayo, Julio y Noviembre, siendo los valores máximos de 0,0300 a 0,0430 encontrados en los meses de Marzo, Abril, Octubre y Diciembre. Sin embargo en los meses de Enero, Febrero, Mayo y Agosto las concentraciones se mantienen mas homogéneas y compactas. La mediana fluctúa en un rango de 0,000 a 0,005 mg/L en los meses de Enero, Abril, Mayo y Noviembre.
- d) El Grafico N° 7.4, se observa el comportamiento de las concentraciones de 192 muestras tomadas de efluentes mineros, conteniendo 04 valores atípicos en los meses de Enero, Setiembre y Noviembre, presentando valores mínimos de 0,0010 a 0,0020 en los meses de Abril, Mayo y Junio, siendo los valores máximos de 0,0280 a 0,0365 encontrados en los meses de Enero, Febrero, Abril y Junio. Sin embargo en los meses de Julio y Setiembre las concentraciones se mantienen mas homogéneas y compactas, las cuales oscilan entre 0,0073 a 0,0140. La mediana fluctúa inconstante en el periodo de referencia.

- e) El Grafico N° 7.5, se observa el comportamiento de las concentraciones de 26 muestras tomadas de efluentes industriales, conteniendo 02 valores atípicos en el mes de marzo, presentando valores máximos que fluctúa entre 0,0540 a 0,0650 en los meses de Enero, Julio, Agosto, Octubre y Noviembre.

7.3.2 Evaluación de la linealidad de los métodos

- a) Para comprobar la linealidad y regresión de las curvas de calibración del método extracción con Cloroformo se trabajaron 7 niveles de concentración entre 0 y 0,10 ppm, 8 corridas. (Anexo 3)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Ecuación de la Regresión Lineal

$$Y = 0,0193 + 6,71*(conc)$$

- b) Para comprobar la linealidad y regresión de las curvas de calibración del método directo, se trabajaron 6 niveles de concentración entre 0 y 5 ppm, 4 corridas. (Anexo 3)

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Ecuación de la Regresión Lineal

$$Y = -0,0057143 + 0,1392357*(conc)$$

TABLA N° 7.3

**PARÁMETRO ESTADÍSTICOS DE LA EVALUACIÓN
DEL METODO EXTRACCION CON CLOROFORMO**

Parámetros	Valores
Coeficiente de correlación múltiple	0,9627603
Coeficiente de determinación R ²	0,9269074
R ² ajustado	0,9255539
Error típico S _{x/y}	0,0663994
Pendiente	0,1392357
Intercepto	-0,0057143
Desviaciones estándar : S _b	0,0025333
Desviaciones estándar : S _a	0,0076698
Limites de confianza de la pendiente: b	0,1339821 < b < 0,1444894
Limites de confianza del intercepto: a	-0,0216205 < a < 0,0101919

TABLA N° 7.4

**PARÁMETRO ESTADÍSTICOS DE LA EVALUACIÓN
DEL METODO DIRECTO**

Parámetros	Valores
Coeficiente de correlación múltiple	0,9963785
Coeficiente de determinación R ²	0,9927702
R ² ajustado	0,9924416
Error típico S _{x/y}	0,0211947
Pendiente	6,7142919
Intercepto	0,0192956
Desviaciones estándar : S _b	0,2565793
Desviaciones estándar : S _a	0,0144167
Limites de confianza de la pendiente: b	6,1998807 < b < 7,2287028
Limites de confianza del intercepto: a	0,009608 < a < 0,0481996

c) ANÁLISIS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÉTODO EXTRACCIÓN CON CLOROFORMO.

Para evaluar la regresión lineal, el desvío de la linealidad, la convergencia al origen y los límites de confianza para la recta incluye las siguientes pruebas de hipótesis

- Prueba de la hipótesis para demostrar la convergencia en el origen:

Hipótesis Nula $H_0: \alpha = 0$

Hipótesis Alternante $H_1: \alpha \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{\text{cal}} = \frac{a - \alpha}{S_a} = 1,338$$

Donde:

α = valor del parámetro intercepto (valor verdadero)

a = valor estimado del intercepto

S_a = desviación estándar del intercepto

N = número total de respuestas

t = t de student, con probabilidad de error $1 - \alpha/2$ y $N - 2$ g

Para $(n - 2) = 54$ se obtiene un t_{cal} con 54 grados de libertad

Bajo un nivel de significancia 0,05 en dos colas se tiene 2,01.

Por lo tanto se acepta la hipótesis Nula debido a que

$t_{\text{cal}} < t_{\text{tab}}$ es decir que el valor de "a" no es significativo diferente de cero pasando por el origen.

- Prueba de la hipótesis para la pendiente :

Hipótesis Nula $H_0: \beta = 0$

Hipótesis Alternante $H_1: \beta \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{\text{cal}} = \frac{b - \beta}{S_b} = 26.168$$

Donde:

β = valor del parámetro pendiente (valor verdadero)

a = valor estimado de la pendiente

S_b = desviación estándar de la pendiente

N = número total de respuestas

t = t de student, con probabilidad de error $1 - \frac{\alpha}{2}$ y $N - 2$ g

Para $(n-2)=54$ se obtiene un t_{cal} con 54 grados de libertad bajo un nivel de significancia 0,05 en dos colas se tiene 2,01. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula debido a que $t_{\text{ca}} > t_{\text{tab}}$, y se acepta la hipótesis alterna es decir que exista la suficiente evidencia estadística para afirmar que la pendiente es significativamente diferente de cero.

- Prueba de hipótesis para el coeficiente de correlación :

Hipótesis Nula $H_0: \rho = 0$

Hipótesis Alternante $H_1: \rho \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{\text{cal}} = \frac{\rho}{S_\rho} = 52,40$$

Donde:

ρ = valor del parámetro coeficiente de correlación

S_{ρ} = desviación estándar del coeficiente de correlación

N = número total de respuestas

t = t de student, con probabilidad de error $1-\frac{\alpha}{2}$ y $N-2$ g

Para $(n-2)=54$ se obtiene un t_{cal} con 54 grados de libertad bajo un nivel de significancia 0,05 con dos colas se tiene 2,01. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula debido a que $t_{ca} > t_{tab}$,y se acepta la hipótesis alterna que existe grado de asociación entre la concentración y la respuesta que difiere de cero.

d) ANÁLISIS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÉTODO DIRECTO

Para evaluar la regresión lineal, él desvió de la linealidad, la convergencia al origen y los límites de confianza para la recta incluye las siguientes pruebas de hipótesis :

- Prueba de la hipótesis para demostrar la convergencia en el origen:

Hipótesis Nula $H_0: \alpha = 0$

Hipótesis Alternante $H_1: \alpha \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{cal} = \frac{a - \alpha}{S_a} = -0,7450373$$

Donde:

α = valor del parámetro intercepto (valor verdadero)

a = valor estimado del intercepto

S_a = desviación estándar del intercepto

N = número total de respuestas

T = t de student, con probabilidad de error $1-\frac{\alpha}{2}$ y $N-2$ g

Para $(n-2)=22$ se obtiene un t_{cal} con 22 grados de libertad

Bajo un nivel de significancia 0,05 en dos colas se tiene 2,06.

Por lo tanto se acepta la hipótesis Nula debido a que

$t_{cal} < t_{tab}$ es decir que el valor de "a" no es significativo diferente de cero pasando por el origen.

- Prueba de la hipótesis para la pendiente :

Hipótesis Nula $H_0 : \beta = 0$

Hipótesis Alternante $H_1 : \beta \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{cal} = \frac{b-\beta}{S_b} = 54,9632515$$

Donde:

β = valor del parámetro pendiente (valor verdadero)

a = valor estimado de la pendiente

S_b = desviación estándar de la pendiente

N = número total de respuestas

$t = t$ de student, con probabilidad de error $1-\frac{\alpha}{2}$ y $N-2$ g

Para $(n-2)=22$ se obtiene un t_{cal} con 22 grados de libertad bajo un nivel de significancia 0,05 con dos colas se tiene 2,06. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula debido a que $t_{ca} > t_{tab}$, y se acepta la hipótesis alterna es decir que exista la suficiente evidencia estadística para afirmar que la pendiente es significativamente diferente de cero.

- Prueba de hipótesis para el coeficiente de correlación :

Hipótesis Nula $H_0 : \rho = 0$

Hipótesis Alternante $H_1 : \rho \neq 0$

Prueba Estadística:

$$t_{cal} = \frac{\rho}{S_{\rho}} = 26.20$$

Donde:

ρ = valor del parámetro coeficiente de correlación

S_{ρ} = desviación estándar del coeficiente de correlación

N = número total de respuestas

t = t de student, con probabilidad de error $1-\frac{\alpha}{2}$ y $N-2$ g

Para $(n-2)=22$ se obtiene un t_{cal} con 22 grados de libertad bajo un nivel de significancia 0,05 con dos colas se tiene 2,06. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula debido a que $t_{ca} > t_{tab}$, y se acepta la hipótesis alterna que existe grado de asociación entre la concentración y la respuesta que difiere de cero.

f) PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA DEMOSTRAR REGRESIÓN Y DESVIÓ DE LA LINEALIDAD.

Para demostrar que la concentración influye en el resultado del ensayo y es lineal, se analiza la varianza para la regresión lineal (relación F), el cual evalúa as fuentes (dentro de las respuestas para una misma concentración-replicas y entre las diferentes concentraciones).

Hipótesis Nula $H_0: \alpha = 0$

Hipótesis Alternante $H_1: \alpha \neq 0$

- Para la Regresión:

Como $F_{cal} > F_{Tab}$ entonces se concluye que la regresión es estadísticamente significativa, es decir que la variable concentración esta influyendo de manera significativa sobre el resultado del ensayo

- Para la linealidad :

Como $F_{cal} > F_{Tab}$ entonces se concluye que la falta de ajuste no es significativa y que la relación existente entre ambas variables es lineal

TABLA N° 7.5
PARÁMETRO DE LA EVALUACIÓN DE VARIANZA
DEL METODO EXTRACCION CON CLOROFORMO

Fuente	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor Critico
Regresión	1	3,0192	3,0192	684,79	0,000
Residuos	54	0,2381	0,0044	-	-
Lack of Fit	5	0,0131	0,0025	0,57	0,722
Error puro	49	0,2250	0,0046	-	-
Total	55	3,2573		-	-

TABLA N° 7.6
PARÁMETRO DE LA EVALUACIÓN DE VARIANZA
DEL METODO DIRECTO

Fuente	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor Critico
Regresión	1	1,3571	1,351	3020,96	0,000
Residuos	22	0,0099	0,0004	-	-
Lack of Fit	4	0,0024	0,0006	1,43	0,265
Error puro	18	0,0075	0,0004	-	-
Total	23	1,3669		-	-

e) DETERMINANDO EL LIMITE DE DETECCION Y CUANTIFICACION.

$$\text{Limite Detección} \quad Y = Y_b + 3S_b$$

$$\text{Limite Cuantificación} \quad Y = Y_b + 10S_b$$

Reemplazando los valores

Método Extracción con cloroformo

$$LD = 0,029686922 / 20 = 0,001484346$$

$$LC = 0,098956406 / 20 = 0,00494782$$

Método Directo

$$LD = 0.0578696$$

$$LC = 0.206232$$

7.3.3 Trazabilidad del Material de Referencia Secundario fenol (Fen-03).

Los parámetros estadísticos y la Ecuación de regresión entre el material de Referencia WP-PE Total Phenolic Mix (Fen-A-O2) el reactivo de Fenol (Fen-03) a validar son los siguientes:

$$Y = 0.9987x - 0.0043$$

TABLA N° 7.7
PARÁMETRO ESTADÍSTICOS DE LA TRAZABILIDAD
DEL STANDAR SECUNDARIO

Parámetros	Valores
Coefficiente de correlación múltiple	0,9997
Coefficiente de determinación R ²	0,9927702
R ² ajustado	0,9924416
Error típico S _{x/y}	0,0184
Pendiente	0,9897
Intercepto	-0,0256
Desviaciones estándar : S _b	0,0117
Desviaciones estándar : S _a	0,0109
Limites de confianza de la pendiente: b	0.959664 < b < 1.01979
Limites de confianza del intercepto: a	- 0.0536 < a < 0.0025

Se realizó análisis estadístico de la regresión lineal y cumple con los criterios de aceptación para la prueba de hipótesis de intercepto, pendiente y coeficiente de correlación se presenta la siguiente Tabla N° 7.8.

TABLA N° 7.8
COMPARACIONES DE LOS VALORES DE T

Parámetro	t _{cal}	t _{tablas}	Condición	
Intercepto	-2.34	-2.5706	t _{cal} < t _{cal}	Cumple
Pendiente	85.517	2.5706	t _{cal} > t _{cal}	Cumple
Coef. Correlac	45.571	2.5706	t _{cal} > t _{cal}	Cumple

CONCLUSIONES

1. De los resultados obtenidos del análisis, los efluentes Industriales presenta mayor concentración de fenoles por lo tanto es la que mas influye en la contaminación del agua .
2. El agua potable no presenta concentraciones de fenol cumpliendo así con las normas de calidad de agua por ser empleado en el consumo humano.
3. De los datos experimentales se puede establecer un orden de contaminación de mayor a menor
Efluente Industrial>Efluente de Mar >Efluente de Mina
4. El Material de Referencia Patrón Certificado y la sal de Fenol coinciden estadísticamente en todo el intervalo de concentraciones ensayadas, no hay evidencias estadísticas que las concentraciones de ambos materiales sean diferentes, se demostró así la trazabilidad.
5. De la evaluación de resultados del método extracción con cloroformo y método directo los limites de detección y cuantificación coinciden con los valores establecidos por el método utilizado.

RECOMENDACIONES

1. En cuanto al desarrollo del método se debe tener mucho cuidado en la preparación de la curva de calibración, el tiempo de reacción y el ajuste del PH por ser esencial para la identificación cuantitativa del fenol .
2. Este método no menciona todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las medidas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificada en este método .
3. Los efluentes industriales deben verterse cuando cumplan con los requisitos establecidos, En general las industrias deben solucionar sus problemas de residuos industriales líquidos contaminantes en instalar una planta de tratamiento donde se analicen los residuos líquidos en forma aislada e independiente.
4. Para un mejor control del método y veracidad de los resultados obtenidos, se debe contar con un control de calidad establecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Bravo S, Juan J, Soria A, "Catalizadores para Purificación de Aguas Industriales que contengan compuestos resistentes a la biodegradación ", Universidad Industria de Santander Bucaramango Colombia, 1995; Págs. (1-10).
2. Clair N Sawyer, Perry Carty, F Parkin, "Química para Ingeniería Ambiental", 4ta edición Editorial MC Graw Hill Colombia, 2000; Págs. (4 - 7).
3. Eurachem , " Guide Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement " Second Edition , 2000; Págs (9-15).
4. Garfield Frederick M, "Principios de Garantía de Calidad para Laboratorios Analíticos ", Edición Association of Oficial Analytical Chemists , España, 1993; Págs (70-79).
5. Grannt T Wernimont "Use of Statistics to Develop and Evaluare Analitical Methods ", Edited by Willian Splendley AOAC ,1985; Págs (162-173).
6. Kirk, Other. "Enciclopedia de Tecnología Química ". 1era Edición Tomo VII , Editorial Hispano Americano ,1963 ; Págs (813-822).
7. Romero Rojas Jarro Alberto. "Acuaquimica",1era edición, Editorial Presencia, Colombia, 1996 Págs(53-70).
8. Ríos Castro R. "Seminario de trazabilidad, Incertidumbre y Validación ", 2001, Págs. (13-15, 25-30).

9. Solomons T. W. G, "Fundamentos de Química Orgánica", 3era Edición, Editorial Limusa S.A., 1995, Págs (717-721).
10. Sarno Miguel ,Defino Maria. "Fenoles y Derivados ", Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura 1996; Págs (85-10).
11. Stephen stocker y Spancer L Seagar . "Química Ambiental Contaminación del Agua y del Aire ", Editorial Blume España;1era Edición, 1981; Págs. (165-169).
12. Pérez Carmona Rafael. "El Agua ". 2da edición , Colombia, 1988; Págs. (19-22).
13. Tebutf .T. H. Y " Fundamentos de control de la calidad de agua Fundamentos de Control de Calidad de Agua "Editorial Limusa Noriega, México, 1195; Págs (55-60).
14. Tejader de León Alexis. "Remoción de Fenoles por Absorción en Subproducto del beneficio del Carbón Mineral", 1995 ,Págs (20-25)
15. Programa Nacional de Saneamiento Ambiental Ministerio de Salud División de Saneamiento Ambiental San José , Costa Rica;1982; Págs. (120-122) .
16. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitario y Ciencias del Ambiente Cepis, "Las Aguas Subterráneas Un Valioso Recurso que requiere Protección ", 1987; Págs. (4-6).
17. Quím. Maria Luisa C. de Esparza "Parámetros Físicos Químicos que Influyen en el tratamiento del Agua ", 1987; Págs. (1-10).

18. World Health Organization "Phenol Health and Safety " Guide Genova, 1994; Pags.(7-32).
19. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitario y Ciencias del Ambiente Cepis , "Seminario de Control Ambiental en Minería ", 1995; Págs. (2-5).
20. Quím. Maria Luisa C. de Esparza "Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales ", 1997; Págs. (16-27,82-88).
21. Proyecto Ecoriesgo " Evaluación Comparativa de riesgos Ambientales para la Salud de Lima Metropolitana ", 1997; Págs. (41-56).
22. Aquino Chang Rosa. "Importancia de la caracterización de las Aguas Residuales" 1998; Págs. (3-5, 6-9).
23. Quevedo Maria. "Normatividad Nacional Relacionada con las Aguas Residuales Industriales ", 1998; Págs. (2-20).
24. Vitares Cabrera Juan Tomas, "Estudio de Fenoles ", Centro Canario del Agua, 1999; Págs. (10-18).
25. Bujan Daniela A, "Análisis del Agua" Ins. Juan Montavani 1999; Págs. (1-8).
26. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitario y Ciencias del Ambiente Cepis, "IV Curso Internacional Características de aguas Residuales" 1999; Págs. (10-15).
27. Pascual Villa José "Desarrollo de un Biosensor para Detectar Fenoles" Investigaciones químicas Ambientales ; 1999; Págs. (1-4)
28. Consejo Alemán de Investigaciones "Contaminantes en el Agua Metales, Fenoles" Tomo II 1982; Págs. (250-254).

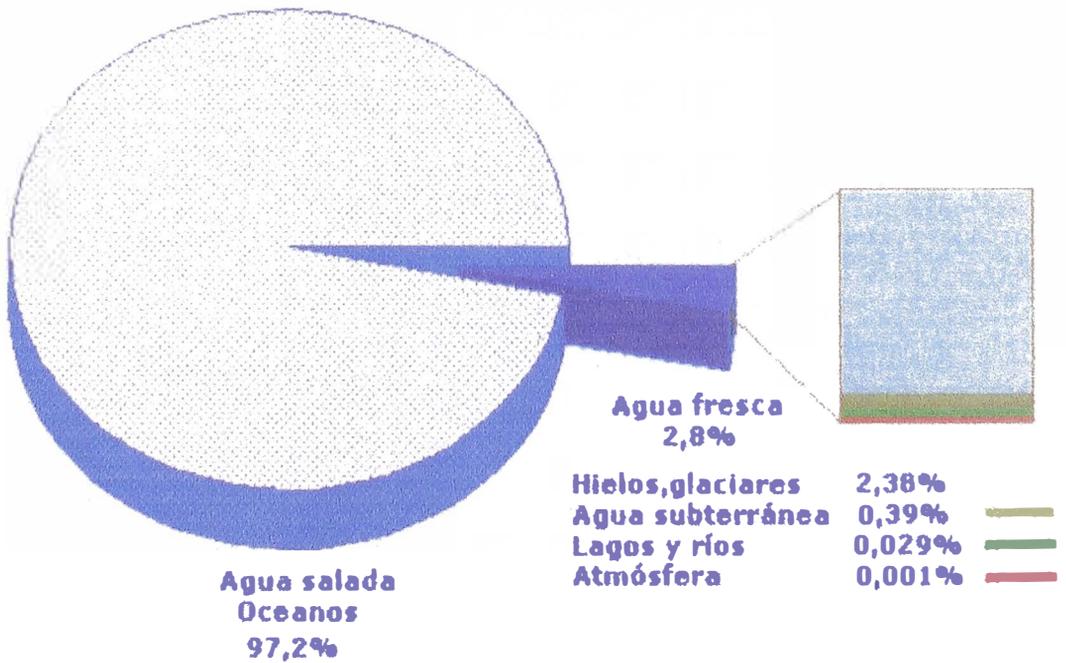
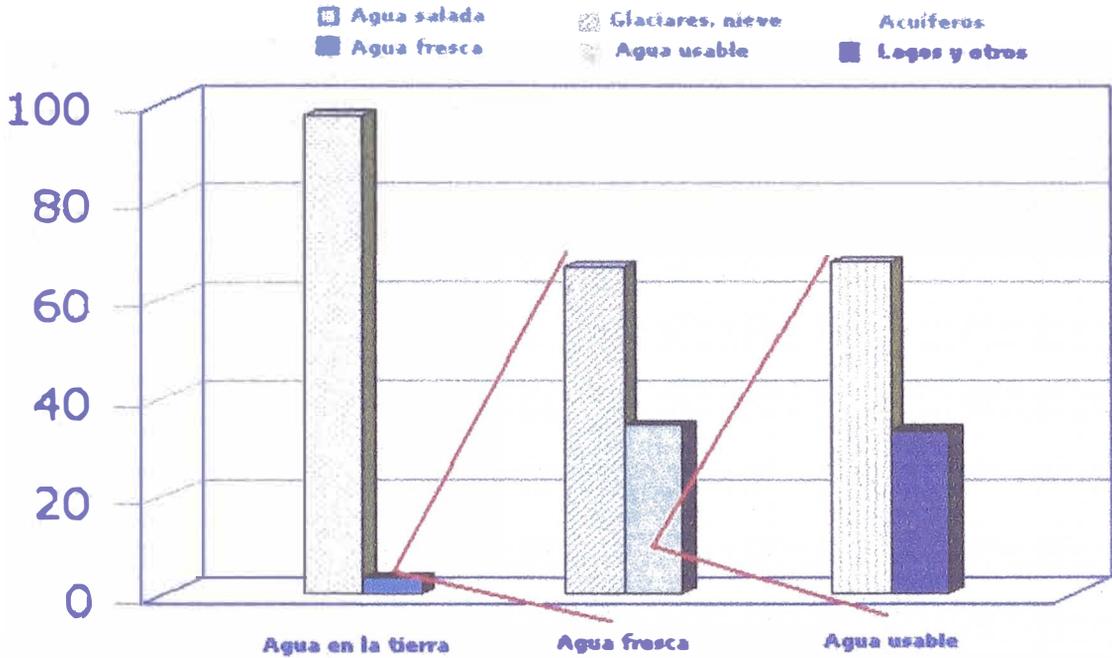
29. S.G .S del Perú. "Manual de Calidad Endividiv", 2000 , Pgs 1-6,
30. Proyecto de Norma Mexicana Prog-NMX-AA- 050- SCFL-1999 "Análisis de Aguas Residuales "
31. ITINTEC , Norma Técnica Nacional "Agua Potable", 1987; Págs. (1-2).
32. "Standard Methods for the Examination of water and wastewater", American Public Health Association, USA, APHA, Washington, 20th Edition 1998; Págs. (5-36-38).
33. "Standard Test Methods for Phenolic Compounds in water " , American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standars, Philadelphia PA, Diciembre de 1991; Págs. (129-135).
34. "Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes", Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, 1986; Págs. (1-7)
35. Chemical Methods "International Organization form Standardization, Francia, ISO, 1994; Págs. (85-89).

ANEXO I
CICLO DEL AGUA

EL CICLO DEL AGUA



DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA TIERRA



ANEXO II

REACTIVOS MATERIALES Y PREPARACION DE REACTIVOS

1. EQUIPOS Y MATERIALES

1.1 EQUIPO

1.1.1 Balanza analítica con precisión de 0.1mg.

1.1.2 Equipo de destilación :Debe ser completamente de vidrio de borosilicato y un balón de destilación de 1L con un condensador tipo Graham o equivalente.

1.1.3 Potenciómetro de laboratorio con sus respectivos electrodos para medición de PH.

1.1.4 Espectrofotómetro disponible para medir 460nm equipado con celdas de 1cm de paso óptico de luz . LAMBDA 20 UV/VIS

1.2 MATERIALES

Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser de clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

1.2.1 papel filtro: Usar un papel de filtro 11cm y sulfato de sodio anhidro para los extractos de cloroformo filtrables.

1.2.2 Embudos de separación :Deben de 1L con llaves de cierre de TPF

2. REACTIVOS Y PATRONES.

Todos los productos químicos usados en este método deben de ser grado reactivo analítico , a menos que se indiquen otro grado.

El agua debe estar libre de fenol y cloruro .

En el caso de la preparación de estándares en que se use el fenol el agua debe estar previamente hervida y enfriada a temperatura ambiente

3. PREPARACIÓN DE REACTIVOS

3.1 Disolución de patrón de fenol .

Pesar aproximadamente y con precisión 100mg y diluir a 100mL valorar como se indica en las instrucciones (7.2). Esta solución es toxica manipular con extremo cuidado. Pesar el fenol en un pesafiltro como sigue: pesar el pesafiltro con tapa en la balanza analítica sacar con cuidado el pesafiltro abrir y depositar la cantidad de fenol necesaria para lograr el peso deseado, tapar de nuevo el pesafiltro y pesar de nuevo

3.1.1 Standarizacion del fenol

Añadir 50mL de la disolución acuosa patrón fenol y 10mL de la disolución de Bromato-Bromuro a 100mL de agua en un matraz, inmediatamente añadir 5.0 de Ácido Clorhídrico cc y agitar suavemente. Si el color marrón del Bromo libre no persiste, agregar porciones de 10mL de soluciones de Bromato-Bromuro hasta que lo haga. Tapar el matraz y dejar reposar en oscuridad durante 10min, posteriormente añadir aproximadamente y con precisión 1g de Yoduro de potasio, valorar con Tiosulfato de sodio agregando como indicador la disolución de almidón, suelen requerirse cuatro porciones de 10mL de disolución Bromato-Bromuro si la disolución de Fenol contiene 1000ppm.

Preparar un blanco exactamente de la misma manera, utilizar agua y 10.0mL de disolución de Bromato-Bromuro, valorar el blanco con disolución de Tiosulfato de sodio 0.025M, como indicador el almidón .

Utilizar la siguiente ecuación para el cálculo de la valoración de la disolución de fenol

$$\text{mg/Lde fenol} = 7.842((A*B)-C)$$

A = mL de disolución de Tiosulfato de Sodio usado para el blanco .

B = mL de disolución de Bromato-Bromuro utilizada para la muestra dividida entre 10.

C = mL de la disolución de Tiosulfato de Sodio usado para la muestra.

3.2 Disolución intermedia de Fenol

Diluir 1mL de la disolución patrón fenol en agua hasta 100mL, 1mL contiene aproximadamente 10ug de fenol; preparar diariamente.

3.3 Disolución de trabajo de Fenol.

Diluir 50mL de disolución intermedia de Fenol hasta 500mL con agua 1mL contiene aproximadamente 1.0ug. Preparar 2horas antes de uso.

3.4 Disolución de Bromato –Bromuro:

disolver 2.784g de Bromato de Potasio en agua y agregar 10g de Bromuro de potasio.

3.5 Disolución valorante de tiosulfato de sodio (0.025M).

Pesar 6.205g de Tiosulfato de Sodio penta hidratado en agua añadir 0.4g de Hidróxido de Sodio y diluir a 1L. Valorar con disolución de Biyodato de Potasio .

3.6 Valoración:

Pesar 2g de Yoduro de Potasio y disolver en un matraz erlenmeyer con 150mL de agua, agregar 1mL d Ácido Sulfúrico 6N o unas gotas de Ácido Sulfúrico cc y 20mL de la disolución estándar de Biyodato, diluir a 200mL y valorar el yodo liberado con la disolución de Tiosulfato, agregando como indicador el almidón, hacia el final de la titulación, hasta alcanzar un color paja pálido, continuar con la valoración hasta desaparecer el color azul. Cuando las disoluciones son de igual concentración, se requieren de 20.mL de la disolución de Tiosulfato de Sodio (0.025M)

3.7 Disolución estándar de Biyodato de Potasio.

Pesar 812.4mg Biyodato de Potasio y aforar a un litro .

3.8 Disolución indicadora de Almidón (2%).

Pesar 2g de almidón soluble y 0.2 de ácido Salicílico como conservador y disolver en 100mL de agua caliente.

3.9 Buffer de Fosfato

Pesar 104.5g de K_2HPO_4 y 72.3gr de KH_2PO_4 y diluir a un litro el PH debe ser 6.8.

3.10 Disolución de 4-amino antipirina

Disolver 2g de 4-amino antipirina y disolver en 100mL de agua

3.11 Disolución de ferrocianuro potasio.

Disolver 8.0 g de ferrocianuro potasio y disolver en 100mL y filtrar si es necesario. Almacenar en un frasco de vidrio ámbar, preparar cada semana.

3.12 Disolución de Ácido fosforico

Diluir 10mL de Ácido Fosforico en 100mL.

3.13 Disolución de Hidróxido de Sodio (2.5N)

Pesar 10g de Hidróxido de Sodio en 100mL de agua .

3.14 Disolución de Amoniaco (0.5N).

Diluir 35mL de Amoniaco cc en un litro de agua

ANEXO III
TABLAS

TABLA N° 02
CONCENTRACION DEL FENOL EN EFLUENTES DE MINAS
 PERIODO DE MUESTREO : 12 MESES

Muestra	2001							2002						
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
M-1	-	-	0,019	0,012	0,018	0,016	0,010	-	0,019	0,009			0,011	0,011
M-2	-	-	0,019	0,010	0,017	0,014	-	0,016	0,014	0,006	0,006		0,010	0,010
M-3	-	-	0,016	0,012	0,019	0,008	-	-	-	-	0,006		0,012	0,008
M-4	-	-	0,018	0,015	0,026	0,012	0,026	0,025	0,025	<0,002	0,012		0,010	0,009
M-5	-	-	0,008	0,013	0,013	0,016	0,012	0,027	0,021	0,012	<0,002	0,021	0,019	-
M-6	-	-	0,004	0,014	0,011	0,009	0,019	0,028	0,020	0,019	0,014	<0,002	0,002	-
M-7	-	-	0,006	0,014	0,019	0,015	0,008	0,013	0,014	0,012	0,017	0,004	0,002	-
M-8	-	-	0,007	0,013	0,018	0,011		0,020	0,020	0,011	-		0,003	-
M-9	-	-	0,005	0,014	0,011	0,013	0,012	0,016	0,016	0,016	0,031	<0,002	0,002	-
M-10	-	-	0,010	0,011	0,023	-	-	0,017	0,012	-	0,017	<0,002	0,007	-
M-11	-	-	0,011	0,010	0,010	-	0,014	0,020	0,011	0,010	0,025	0,010	0,003	-
M-12	-	-	0,022	0,018	0,013	-	0,010			0,022	0,007	<0,002	0,014	-
M-13	-	-	-	0,010	0,011	0,020	0,018	0,019	0,028	0,008	0,020	<0,002	0,002	-
M-14	-	-	-	0,012	0,026		0,015	0,015	0,015	0,018	0,020	<0,002	0,015	-
M-15	-	-	-	0,013	0,020	0,014	0,025	0,036	0,010	0,018	-	0,003	0,028	-
M-16	-	-	-	0,014	0,026	0,027	0,020	0,017	0,019	0,010	-	0,012	0,020	-
M-17	-	-	-	0,013	0,021	0,013	0,009	0,040	0,010	0,014	-	<0,002	0,020	-
M-18	-	-	-	0,014	0,021	0,015	-	0,020	0,015	0,010	-	<0,002	0,002	-
M-19	-	-	-	-	-	0,010	0,014	-	-	-	0,007		0,009	-
M-20	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-
M-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
N-1	0,008	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
O-1	-	-	0,007	0,006	0,008	0,009	0,010	0,008	0,006	0,010	0,006		-	-
P-1	0,012	0,011	0,018	0,014	0,01	0,009	0,012	0,010	0,008	0,009	0,012		-	-

TABLA N° 03
CONCENTRACION DEL FENOL EN EFLUENTES DE MAR
PERIODO DE MUESTREO : 12 MESES

Muestra	2001								2002			
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
M-1	0,004	0,017	0,007	0,016	0,007	0,037	<0,002	0,020	0,002	0,019	0,008	<0,002
M-2	<0,002	0,030	<0,002	0,018	0,011	0,033	<0,002	0,023	0,003	0,016	0,043	0,005
M-3	<0,002	0,013	0,017	0,020	0,027	0,038	<0,002	0,030	0,003	0,023	0,027	0,041
M-4	<0,002	0,005	0,026	0,024	0,063	0,028	0,008	0,035	0,006	0,025	0,037	<0,002

TABLA N° 11
LECTURAS DE ABSORBANCIA PARA CADA NIVEL DE CONCENTRACION
METODO EXTRACCION CON CLOROFORMO

Concentración (ppm)	Absorbancia							
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,010	0,074	0,076	0,110	0,082	0,121	0,094	0,095	0,084
0,020	0,142	0,140	0,149	0,114	0,242	0,161	0,198	0,115
0,040	0,279	0,267	0,293	0,230	0,350	0,299	0,402	0,254
0,060	0,416	0,394	0,382	0,340	0,561	0,431	0,511	0,366
0,080	0,553	0,522	0,584	0,404	0,631	0,585	0,796	0,558
0,100	0,690	0,650	0,707	0,497	0,722	0,673	0,813	0,575

TABLA N° 12
LECTURAS DE ABSORBANCIA PARA CADA NIVEL DE CONCENTRACION
METODO DIRECTO

Concentración (ppm)	Absorbancia			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
1,00	0,125	0,128	0,141	0,129
2,00	0,200	0,277	0,276	0,270
3,00	0,400	0,423	0,421	0,467
4,00	0,550	0,551	0,565	0,547
5,00	0,670	0,700	0,697	0,680