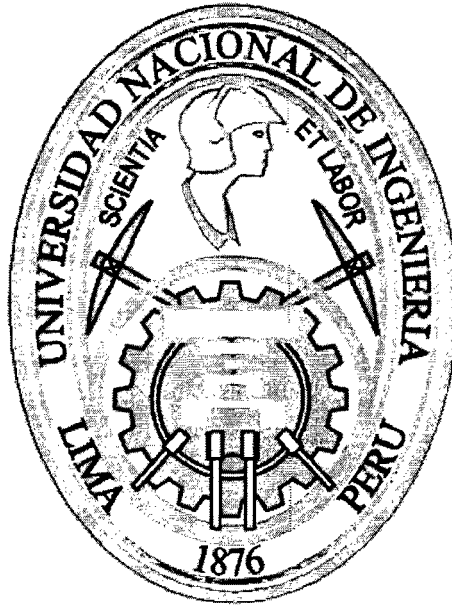


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL**



**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REMOCIÓN
DE FENOLES DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE LA REFINERIA DE
IQUITOS CON CARBÓN ACTIVADO GRANULAR”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

**ALBERTO JAVIER FERRADAS BAHAMONDE
HUGO TRUJILLO VILLAVICENCIO**

LIMA-PERÚ
2013

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

RESUMEN

La eliminación aceptable de contaminante del agua residual, se ha convertido en una preocupación creciente en los últimos años. La legislación de los países desarrollados, y cada vez más en los países en vías de desarrollo, ha evolucionado para recoger esta preocupación llevando a regulaciones ambientales y estándares cada vez más restrictivos.

Los efluentes industriales contienen frecuentemente contaminantes tóxicos y resistentes a los tratamientos convencionales de aguas residuales, por lo que existe la necesidad de desarrollar tecnologías eficaces para la eliminación de contaminantes y el esfuerzo en investigación y desarrollo se ha redoblado. Entre estos contaminantes se encuentran los compuestos fenólicos que constituyen materias primas o productos intermedios en numerosas industrias petroquímicas, químicas y farmacéuticas, y son asimismo productos de degradación oxidativa de hidrocarburos aromáticos de mayor peso molecular.

En el Perú se presentan casos como el de la descarga de aguas residuales que se vierten a la Quebrada Ramírez (y por consiguiente al Río Amazonas), provenientes de la Unidad de Destilación Primaria de la Refinería Iquitos (Petroperu), los que presentan regularmente concentraciones de fenoles que superan los límites máximos permisibles establecidos en la legislación ambiental sectorial vigente, situación que podría afectar en un futuro cercano la salud de las poblaciones emplazadas en esta cuenca y al mismo tiempo deteriorar la calidad del ambiente acuático

El presente estudio propone una alternativa para la remoción de fenoles, que sea efectiva, práctica y a la vez de bajo costo para las empresas. Para ello se plantea utilizar las propiedades de adsorción de compuestos orgánicos del carbón activado granular.

II

Las propiedades adsorbentes del carbón activado, no solo están definidas por su estructura porosa (microporos, mesoporos, y macroporos) sino también por su naturaleza química. El carbón activado presenta en su estructura átomos de carbono con valencia insaturada, y otros grupos funcionales y componentes inorgánicos con un efecto importante en los procesos de adsorción.

El trabajo a realizar consiste en hacer pruebas a escala laboratorio, para poder luego llevar los resultados a una escala real, y a una aplicación práctica. El objetivo es llevar la concentración de los fenoles en el efluente de la refinería Iquitos, hasta un valor que se encuentre por debajo de la concentración máxima permisible (0.5 mg/l según el Decreto Supremo N° 037-2008-PCM)

Las pruebas básicamente consisten en alimentar muestras del efluente a una columna rellena de carbón activado de 25 cm de altura y 1.8 cm de diámetro, al comienzo de la prueba, la concentración de fenoles en la salida de la columna será menor que la concentración permisible; al cabo de un tiempo (t) la concentración del efluente alcanza el valor permisible (registramos el tiempo en el cual se alcanza este valor, t1). Seguidamente, el agua que sale de la primera columna pasará a una segunda columna, de iguales características que la primera, (se registra el tiempo transcurrido al cual la salida del efluente de la segunda columna alcanza la concentración permisible, t2). De igual forma se procederá con una tercera columna (registrando t3). Se pretende establecer un sistema de 3 columnas consecutivas para el paso del efluente.

Durante las pruebas el caudal del afluente ($Q = 0.8$ ml/s) se mantendrá constante

En objeto de esta prueba es determinar los parámetros N_0 , K , y H_0 (parámetros que definen las características del carbón frente a los fenoles) y determinar la relación entre la altura de la zona de transferencia (H_0), la constante de velocidad (K), y la capacidad máxima de adsorción del carbón activado (N_0).

III

Los valores de estos parámetros se emplearán en la ecuación desarrollada por Bohart y Adams, para determinar el tiempo de servicio del sistema de tratamiento, antes que alcance la concentración máxima permisible (CMP).

Con los datos obtenidos en las pruebas de adsorción se realiza la representación gráfica entre la profundidad del lecho (H) versus el tiempo de operación (t), con el fin de obtener una relación lineal, según la ecuación de Bohart y Adams, para la determinación de los parámetros N_0 , K, y H_0 .

Se espera que los resultados de este estudio permitan a la Refinería Iquitos de Petroperu-Operaciones Selva, implementar la unidad que mejore la calidad de los efluentes vertidos al cuerpo natural, dejando de emitir concentraciones de fenoles que superen los LMP. Asimismo se confía en que los resultados puedan ser utilizados en otros procesos productivos.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	4
1.3. Marco legal.....	5
1.4. Planteamiento del problema.....	9
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo General:.....	21
1.5.2. Objetivos específicos:.....	21
2. MARCO TEORICO.....	22
2.1. Fenoles.....	22
2.2. Propiedades de los fenoles.....	23
2.3. Los fenoles y el medio ambiente.....	24
2.4. Efectos toxicos de los fenoles.....	25
2.5. Carbono.....	30
2.6. Tipos de carbones.....	31
2.7. Carbón activado.....	35
2.8. Propiedades del carbón activado.....	39
2.9. Características fisico-químicas del carbón activado.....	40
2.10. Tamaño de poros.....	45
2.11. Textura porosa del carbón activado.....	46
2.12. Adsorción en carbón activado.....	47
2.13. Medición de la capacidad adsorptiva del carbón activado.....	51
2.14. Flujo por área y tiempo de contacto.....	55
2.15. Parámetros que influyen sobre las propiedades de la adsorción.....	56
2.16. Regeneración del carbón activado.....	57
2.17. Factor Económico.....	61
2.18. Columnas de adsorción de carbón activado.....	62
2.19. Desarrollo de la ecuación de Bohart y Adams.....	65

2.20.	Isotermas de adsorción	70
2.21.	Determinación de las isotermas de adsorción en carbón activado granular (a partir de cáscara de coco).....	74
3.	DESARROLLO DEL DISEÑO	76
3.1.	Parte Experimental	76
3.1.1.	Diseño de Experimentos (hipótesis, variables, etc.).....	76
3.1.2.	Variables de la investigación.....	77
3.1.3.	Características de las pruebas	77
3.1.4.	Consideraciones importantes en el empleo de la ecuación de Bohart y Adams.....	80
3.2.	Materiales y métodos.....	81
3.2.1.	Recursos.....	81
3.2.2.	Materiales	82
3.3.	Desarrollo y Resultados de Pruebas Piloto.....	84
3.3.1.	Determinación de la isoterma de Freundlich.....	84
3.3.2.	Datos para aplicación de isoterma	87
3.3.3.	Columnas en serie.....	88
3.3.4.	Determinación del tiempo de servicio para la descarga (efluente) de la Refinería Iquitos	93
3.3.5.	Costos asociados.....	96
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
5.	BIBLIOGRAFIA Y OTRAS FUENTES DE INFORMACION.....	101
6.	APENDICES	106

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01: Estándares de Calidad de Agua: Categoría 4.....	6
Cuadro N°02: Límites máximos permisibles: D.S N°037-2008 PCM.....	8
Cuadro N°03: Concentración de fenoles.....	10
Cuadro N°04: Concentración de aceites y grasas.....	12
Cuadro N°05: Concentración de sólidos totales suspendidos.....	13
Cuadro N°06: Concentración de cloruros.....	15
Cuadro N°07: Concentración de sulfuros.....	16
Cuadro N°08: Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	18
Cuadro N°09: Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	19
Cuadro N°10: Propiedades físicas y químicas de los fenoles.....	23
Cuadro N°11: Cantidad diaria tolerable (CDT) y promedio diario en adultos (PDA) provenientes de la ingestión e inhalación.....	29
Cuadro N°12: Rango de valores para algunas propiedades de los carbones activos comerciales.....	43
Cuadro N°13: Características del CAG (cáscara de coco) empleado en las pruebas piloto.....	44
Cuadro N° 14. Datos para elaboración de isoterma de adsorción.....	85
Cuadro N° 15. Procesamiento de datos para obtención de isoterma de Freundlich.....	86
Cuadro N° 16. Determinación del tiempo de saturación de CAG.....	88
Cuadro N° 17. Resultados experimentales de la primera columna.....	88
Cuadro N° 18. Resultados experimentales de la segunda columna.....	89
Cuadro N° 19. Resultados experimentales de las columnas en serie.....	89
Cuadro N° 20. Resultados de pruebas piloto.....	90
Cuadro N° 21. Parámetros de diseño de la columna de adsorción.....	93
Cuadro N° 22. Determinación de parámetros operacionales de la columna.....	94
Cuadro N° 23. Determinación de la eficacia en la adsorción.....	96
Cuadro N° 24. Costos de pruebas piloto.....	98

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N°01: Comportamiento de la concentración de fenoles en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	11
Grafico N°02: Comportamiento de la concentración de aceites y grasas en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L).....	13
Grafico N°03: Comportamiento de la concentración de sólidos totales suspendidos en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	14
Grafico N°04: Comportamiento de la concentración de cloruros en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	16
Grafico N°05: Comportamiento de la concentración de sulfuros en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	17
Grafico N°06: Comportamiento de la concentración de DQO en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	19
Grafico N°07: Comportamiento de la concentración de DBO en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)	21
Grafico N°08: Estructura cristalina del diamante.....	32
Grafico N°09: Estructura cristalina del grafito	33
Grafico N°10: Propiedades de los diferentes tipos de carbón.....	34
Grafico N°11: Diferentes geometrías del poro.....	47
Grafico N°12: Representación de fuerzas de un sólido	48
Grafico N°13: Resultados experimentales de la evaluación de los carbones activados A, B, C, y D.	52
Grafico N°14: Tiempo requerido para alcanzar el equilibrio en la reacción de adsorción.	54
Grafico N°15. Diagrama de flujo para la regeneración de carbón activado	60
Grafico N°16. Representación de un sistema de columnas	63
Grafico N°17. Clasificación BDDT de isotermas de adsorción.....	71
Grafico N°18. Sistema de columnas en serie para realización de pruebas piloto ..83	83
Grafico N°19. Obtención de los parámetros de la isoterma de Freundlich	86

Grafico N°20. Representación gráfica para la obtención de parámetros operacionales.....91

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Es muy común en nuestros días escuchar sobre la contaminación causada por las aguas residuales, las cuales no pueden ser arrojadas a un cuerpo receptor deliberadamente sin tener un proceso de tratabilidad, mediante el cual, se permita generar un efluente sin mayores consecuencias para el ambiente.

En este sentido, las refinerías son fuentes potenciales de generación de desechos con altas concentraciones de compuestos orgánicos como el fenol, compuesto que a pesar de su estructura química sencilla, en bajas concentraciones puede causar graves daños al ser humano.

La manera en que ingresa el fenol al cuerpo es a través de la piel, y la exposición prolongada al mismo puede dañar el sistema nervioso central y producir lesiones renales y pulmonares, hasta llegar a paralizar los músculos y terminar en la muerte

En la Universidad Autónoma de México, se han desarrollado proyectos de investigación para el desarrollo de alternativas sobre tratabilidad de agua contaminada con fenoles, haciendo uso de la electroquímica y energía solar (Electro-Foto-Catálisis) logrando reducir en gran medida la cantidad de fenoles en efluentes industriales.

En la Universidad de San Buenaventura en Cartagena (Colombia) se han realizado estudios para la identificación de pseudomonas con potencial para degradar el fenol de las aguas residuales.

Se han desarrollado también diversos estudios sobre la reducción, y eliminación de compuestos orgánicos utilizando el carbón activado, entre los que podemos citar los siguientes:

- Tratamiento de lixiviados con carbón activado – Universidad Autónoma de Yucatán – 2002

Trabajo experimental que tuvo como objetivo el tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de Mérida, mediante el uso de columnas empacadas con carbón activado, a través del cual se hizo pasar lixiviado crudo y lixiviado con pH cercano a 2. Los mejores resultados fueron obtenidos en los ensayos en los que se utilizó lixiviados con pH ácido. Para el mismo tiempo de contacto, de 8 horas, se alcanzaron remociones de 65 % de DQO para lixiviados sin tratamiento, mientras que en los ensayos con reducción de pH, se obtuvieron remociones de 90%.

- Adsorción de salicilato de sodio en solución acuosa sobre carbón activado – Sociedad Química de México – 2002

Los datos experimentales de adsorción del salicilato sobre carbón activado se interpretaron satisfactoriamente por la isoterma de Prausnitz-Radke. La capacidad de adsorción aumenta al disminuir el pH, pero disminuye al aumentar la temperatura y cuando el carbón activado se oxida con HNO_3 . A pH de 5 a 11, la capacidad aumenta ligeramente con la adición de NaCl , pero no a pH de 3. Se concluye que el mecanismo de adsorción del salicilato es dependiente del pH y de la interacción entre la molécula del salicilato y la superficie del carbón.

- Purificación de hidrolizado de bagazo de caña de azúcar con carbón activado y resinas de intercambio iónico – Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de alimentos – 2006

El objetivo del trabajo fue estudiar la purificación de hidrolizados hemicelulósicos de bagazo de la caña de azúcar por diferentes métodos: carbón activado y resinas de intercambio iónico. El tratamiento más efectivo fue empleando resinas de intercambio iónico en el que se logró

remover aproximadamente un 80.9 % de ácido acético, 100% de grupos fenólicos y 99,7 % de color, mientras que con el carbón activado se alcanzó la remoción de 74% de furfural, 8.8% de ácido acético, 62,6% de color y 100% de compuestos fenólicos.

- Reducción de pentaclorofenol en el agua cruda del río Cauca mediante adsorción con carbón activado en procesos de potabilización

La reducción del riesgo químico del agua cruda del río Cauca causado por la presencia de pentaclorofenol y materia orgánica se evaluó a escala de laboratorio mediante tres secuencias de tratamiento: adsorción con carbón activado en polvo (CAP), adsorción – coagulación, y adsorción – desinfección – coagulación. Los resultados mostraron que el CAP es un compuesto adecuado para la remoción del pentaclorofenol y que su conjunto con el coagulante (sulfato de aluminio) mejora significativamente la remoción tanto del compuesto fenólicos como de la materia orgánica, promoviendo la coagulación mejorada; sin embargo, la secuencia de tratamiento más eficiente fue la adsorción – desinfección – coagulación, alcanzándose niveles de pentaclorofenol inferiores al límite de detección (1,56 $\mu\text{g/l}$), valor menor que el límite de 9 $\mu\text{g/l}$ establecido por la OMS debido al efecto del cloro sobre el CAP.

La adsorción en disoluciones fue observada por primera vez por Lowitz en 1785 y pronto se aprovechó para la decoloración del azúcar en su etapa de refinado. En la segunda mitad del siglo XIX ya se utilizaban en América filtros de carbón vegetal en las plantas de tratamiento de aguas.

Durante la Primera Guerra Mundial se fabricaron grandes volúmenes de carbón activado granular (GAC) para emplearse en las máscaras de gas. Las primeras unidades con carbón activado granular usadas para el tratamiento de aguas de abastecimiento público fueron construidas en Hamm (Alemania) en 1929.

El carbón activado en polvo (PAC) se utilizó por primera vez para aguas públicas en New Milford (Nueva Jersey, EE.UU.), en 1930.

Durante las siguientes décadas, el interés de la adsorción como proceso para eliminar compuestos orgánicos presentes en las aguas potables aumentó progresivamente junto a la creciente preocupación sobre la contaminación de los recursos hídricos debida a los residuos industriales, productos químicos usados en la agricultura y a las descargas de las alcantarillas. Una preocupación observada desde los años 70 se refiere al hecho comprobado de la formación de trihalometanos (THMs) y otros agentes sospechosos de ser cancerígenos durante la cloración del agua que contenga sus precursores orgánicos.

Actualmente la adsorción es una importante operación de separación, competitiva con otras operaciones más convencionales, como la rectificación, extracción y absorción, que presenta como ventajas ser tecnología limpia, selectiva y de bajo consumo energético. El creciente avance de las investigaciones en el campo de la adsorción, incluida la síntesis y caracterización de nuevos sólidos adsorbentes ha motivado un aumento de las aplicaciones industriales de esta técnica

1.2. Justificación de la investigación

La presencia de compuestos orgánicos en las aguas residuales representa un serio peligro para el medio ambiente y la salud humana. Los compuestos orgánicos en su gran mayoría son tóxicos, cancerígenos y son resistentes a la biodegradación natural. Las aguas residuales generadas por las actividades de explotación, y refinación de hidrocarburos presentan un elevado contenido de compuestos orgánicos entre los que se presentan los compuestos fenólicos.

Generalmente estas aguas residuales reciben tratamiento convencional antes de su vertimiento a un cuerpo receptor (rio, lago, mar, quebrada) o sistema de

alcantarillado, basado en la floculación, coagulación y sedimentación, para la remoción únicamente de las partículas en suspensión y cierta cantidad de material coloidal.

Los compuestos fenólicos se pueden remover de las aguas residuales mediante varios procesos entre el que destaca la adsorción con carbón activado, considerado como un tratamiento terciario. Este trabajo de investigación considera el diseño de un sistema de columnas de adsorción de carbón activado granular, basado en parámetros reales, que remueva los compuestos fenólicos por debajo de los LMP establecidos para este compuesto en la legislación ambiental sectorial del Perú, cuya finalidad será reducir el impacto ambiental en el cuerpo de agua receptor (Quebrada Ramírez, afluente del Rio Amazonas) y proteger la salud de las poblaciones ubicadas en las riberas.

1.3. Marco legal

- La Ley 28611: “Ley General del Ambiente” establece que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos o biológicos, presentes en el agua, aire, suelo, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. No se otorga la certificación ambiental, cuando el instrumento de gestión (EIA, PAMA) concluye que la implementación de la actividad implica el incumplimiento de algún ECA.

Por otra parte define al Límite Máximo Permisible (LMP) como la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias, o parámetros físico, químicos, y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente.

El LMP guarda coherencia con el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada, y los niveles generales que se

establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

- El Decreto Supremo N° 002-2008 – MINAM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” en el anexo N°1, establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos, y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los sistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas, ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Cuadro 01: Estándares de Calidad de Agua
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidades	Ríos
		Selva
Fisicoquímicos		
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0.05
Oxígeno disuelto	mg/L	>=5
Sólidos disueltos totales	mg/L	500
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<=25-400

Parámetros	Unidades	Ríos
		Selva
Inorgánicos		
Arsénico	mg/L	0.05
Bario	mg/L	1.0
Cadmio	mg/L	0.004
Cianuro libre	mg/L	0.022
Cobre	mg/L	0.02
Cromo VI	mg/L	0.05
Fenoles	mg/L	0.001
Fosfatos	mg/L	0.5
Mercurio	mg/L	0.0001
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	10
Níquel	mg/L	0.025
Plomo	mg/L	0.001
Sulfuro de hidrogeno	mg/L	0.002
Zinc	mg/L	0.3
Microbiológicos		
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	3000

- El Decreto Supremo N° 037-2008-PCM “Establece los límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el sector hidrocarburos” Los titulares de actividades de hidrocarburos llevaran un registro de los resultados de los monitoreos de efluentes líquidos, el cual deberá ser presentado al Supervisor Ambiental del Osinergmin y/o a la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) del Ministerio de Energía y Minas cuando lo requiera. El administrado será pasible de sanción en caso de incumplimiento de lo

establecido en la Tipificación de Infracciones y Escala de Multas y Sanciones del Osinergmin.

Cuadro 02: Límites máximos permisibles:

Decreto Supremo N°037-2008 PCM

Parámetro regulado	Límites máximos permisibles (mg/L) (Concentraciones en cualquier momento)
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	20
Cloruro	500 (a ríos)
Cromo hexavalente	0.1
Cromo Total	0.5
Mercurio	0.02
Cadmio	0.1
Arsénico	0.2
Fenoles	0.5
Sulfuros	1.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	50
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250
Cloro residual	0.2
Nitrógeno amoniacal	40
Coliformes totales (NMP/100ml)	< 1000
Coliformes fecales (NMP/100ml)	< 400
Fósforo	2.0
Bario	5.0
PH	6.0-9.0

Parámetro regulado	Límites máximos permisibles (mg/L) (Concentraciones en cualquier momento)
Aceites y grasas	20
Plomo	0.1

1.4. Planteamiento del problema

El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, que permita reducir la concentración de fenoles por debajo de los LMP, debe ser realizado considerando las variables y características propias del agua residual a tratar, a fin obtener mejores resultados y una eficiencia óptima.

La caracterización periódica de las aguas residuales que se vierten a la Quebrada Ramírez (y por consiguiente al Río Amazonas) presentan regularmente concentraciones de compuestos fenólicos que superan los límites máximos permisibles establecidos en la legislación ambiental sectorial vigente, situación que provoca que se emitan aguas con concentraciones de fenoles que pueden ocasionar daños a la salud de las poblaciones emplazadas en esta cuenca y al mismo tiempo contaminar el ambiente acuático.

En la Unidad de Destilación Primaria de la Refinería Iquitos los cortes laterales de hidrocarburos arrastran condensados de agua los mismos que son acumulados en tanques definidos del área de procesos, posteriormente el agua es drenada al desagüe industrial con arrastre de trazas de hidrocarburos para luego ser colectado en la poza API (poza de diseño establecido por el American Petroleum Institute). En la poza API los hidrocarburos se separan del agua por densidad, los hidrocarburos se recuperan en un tanque de desechos de hidrocarburos (tanque slop) y el agua es descargada a la Quebrada Ramírez.

Los cuadros siguientes presentan las características del efluente de la Refinería Iquitos (aguas residual industrial) que se descarga a la quebrada Ramírez, donde se observa que la concentración de fenoles superan los niveles máximos permisibles (0.5 mg/l) en la mayor parte del año.

Los resultados se encuentran respaldados con los certificados de análisis de un laboratorio ambiental debidamente acreditado.

Cuadro 03: Concentración de fenoles hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

Mes	Concentración de fenoles (mg/L)		
	Año		
	2009	2010	2011
Enero	--	1.635	2.670
Febrero	--	1.801	1.915
Marzo	--	0.003	0.980
Abril	3.900	3.800	7.510
Mayo	6.930	1.110	1.075
Junio	1.037	0.826	1.490
Julio	1.703	3.760	0.127
Agosto	1.740	4.070	6.157
Setiembre	4.098	3.670	7.170
Octubre	1.620	2.700	3.410
Noviembre	1.510	1.150	1.021
Diciembre	3.432	2.600	1.080
LMP (1)	0.5		

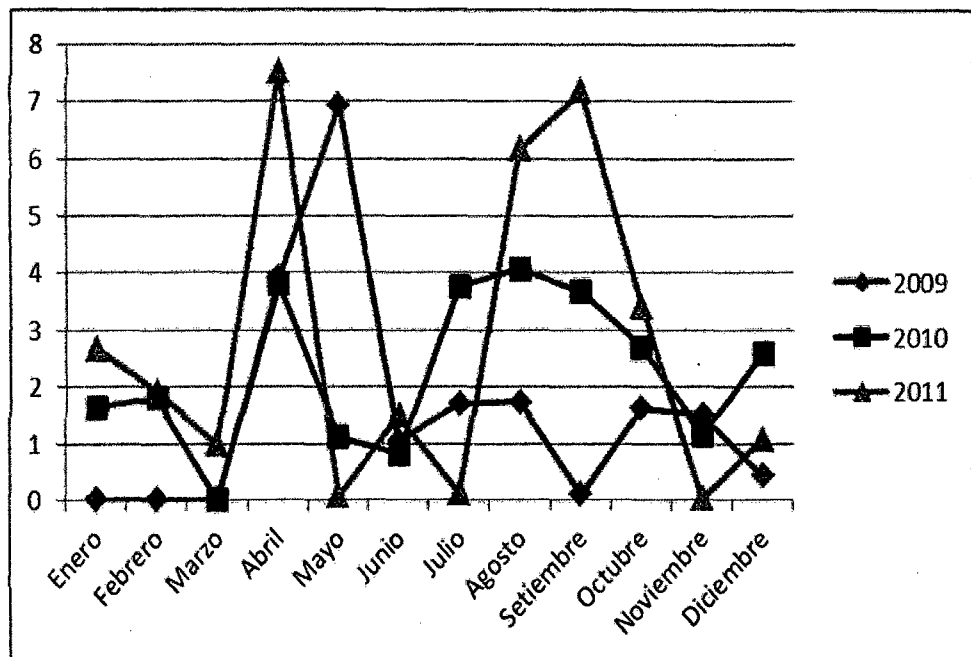
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

(1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

Los resultados obtenidos en el monitoreo mensual de la calidad del efluente industrial de Refinería Iquitos indica que casi todas las concentraciones halladas de fenoles superan significativamente el límite máximo permisible descrito en el D.S N°037-2008-PCM. Los valores mínimos se registraron durante el mes de marzo, debido a que en esta época se realizan limpiezas frecuentes de la poza. Por otra parte los valores más altos se registraron entre los meses de abril y mayo debido a que en esta época se intensifica la producción de combustible.

Gráfico N°01: Comportamiento de la concentración de fenoles en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Adicionalmente a la concentración de fenoles se tienen registros de las concentraciones de otros parámetros en el efluente industrial, a través del tiempo. A continuación se presentan estos valores:

Cuadro 04: Concentración de aceites y grasas hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

	Concentración de Aceites y grasas (mg/L)		
	Año		
Mes	2009	2010	2011
Enero	47.0	8.7	8.8
Febrero	46.2	2.1	2.3
Marzo	42.0	4.6	2.8
Abril	55.0	<1.4	20.1
Mayo	30.5	4.6	2.8
Junio	<1.4	1.8	<1.4
Julio	6.2	22.2	<1.4
Agosto	14.6	1.9	2.0
Setiembre	<1.4	<1.4	2.5
Octubre	2.8	<1.4	3.5
Noviembre	1.8	<1.4	1.9
Diciembre	2.2	2.0	5.7
LMP (1)	20		

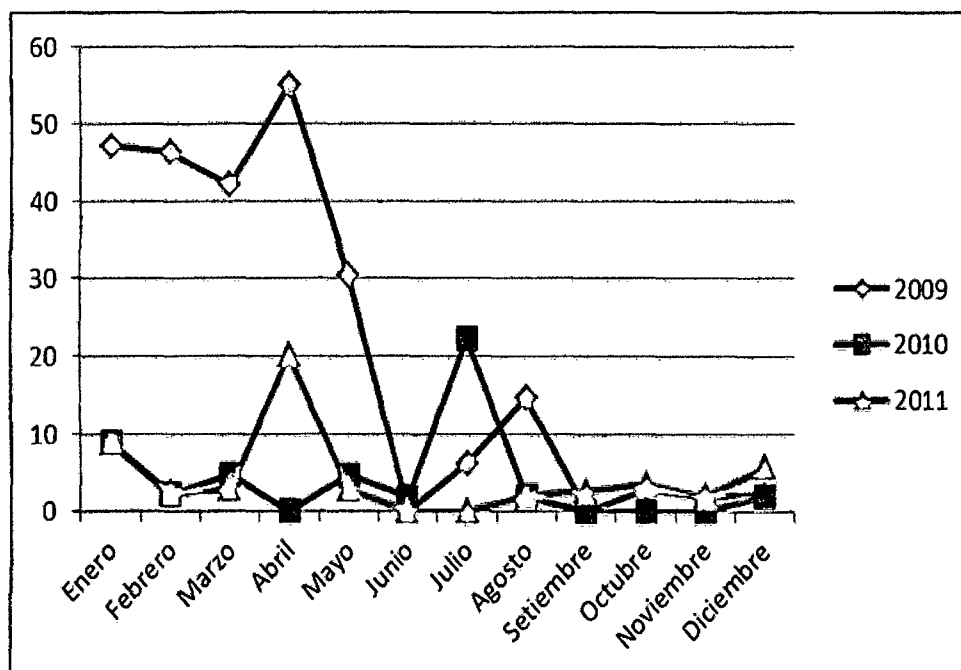
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

(1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

Antes del mes de junio del 2009, el proceso de eliminación de grasas en el efluente de la poza API, era muy deficiente, a partir de esa fecha se implementó un sistema para el control de este parámetro, sin embargo ocasionalmente se registran valores superiores al límite permisible.

Gráfico N°02: Comportamiento de la concentración de aceites y grasas en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Cuadro 05: Concentración de sólidos totales suspendidos hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

Mes	Concentración de Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)		
	Año		
	2009	2010	2011
Enero	--	11.0	25.0
Febrero	--	38.0	25.0
Marzo	--	50.0	19.0
Abril	--	20.0	13.0
Mayo	--	10.0	20.0
Junio	--	12.0	11.0
Julio	--	32.0	15.0
Agosto	--	7.0	12.0
Setiembre	7.0	9.0	10.0
Octubre	12.0	9.0	8.0

	Concentración de Sólidos Totales Suspendedos (mg/L)		
	Año		
Mes	2009	2010	2011
Noviembre	105.0	17.0	134.0
Diciembre	7.0	20.0	15.0
ECA (1)	<=25-400		

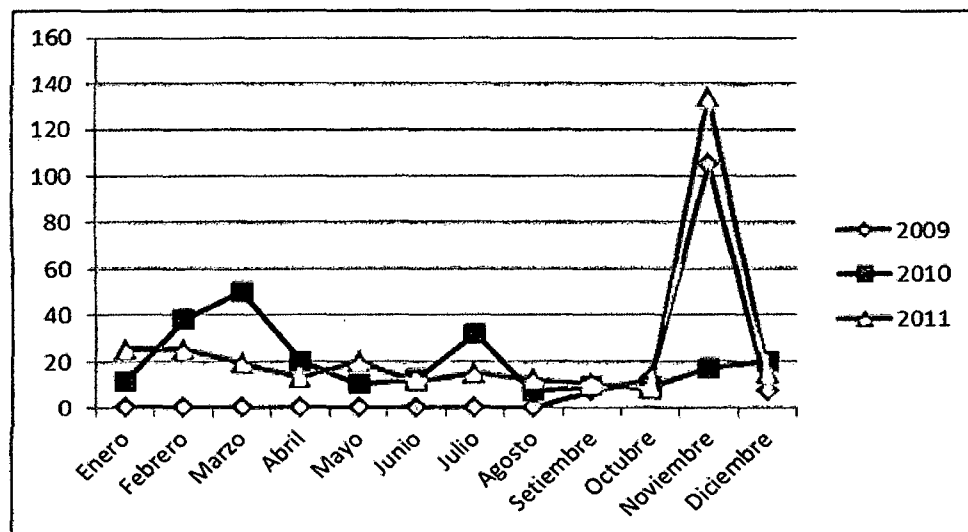
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

- (1) Estándares Nacionales de Calidad de Agua. Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático (Ríos de la Selva). D.S N°002-2008-MINAM

Comentarios:

Históricamente todos los resultados obtenidos de sólidos totales suspendidos, se encuentran muy por debajo de los valores establecidos en los estándares nacionales de calidad de agua, esto nos indica que el efluente no contiene valores significativos de interferentes, y puede tratarse más fácilmente.

Gráfico N°03: Comportamiento de la concentración de sólidos totales suspendidos en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Cuadro 06: Concentración de cloruros hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

	Concentración de Cloruros (mg/L)		
	Año		
Mes	2009	2010	2011
Enero	0.8	38.0	71.0
Febrero	92.8	32.0	43.0
Marzo	104.6	32.0	51.0
Abril	127.0	44.0	66.0
Mayo	132.0	67.0	189.0
Junio	40.0	46.0	77.8
Julio	92.0	117.0	73.8
Agosto	102.0	112.0	76.9
Setiembre	99.0	51.0	137.7
Octubre	131.0	56.0	168.9
Noviembre	17.0	52.0	60.0
Diciembre	26.0	52.0	48.0
LMP (1)	500		

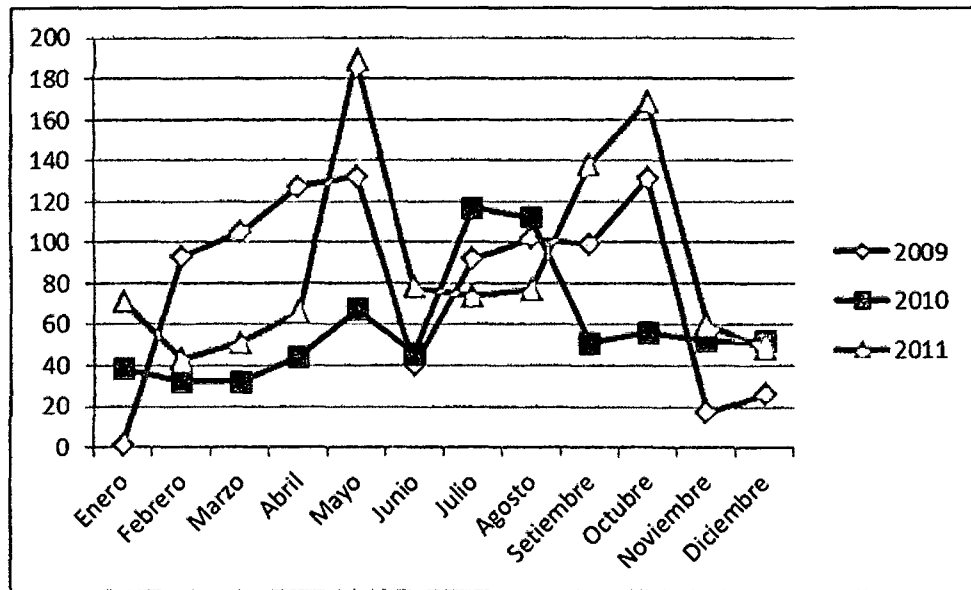
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

(1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

Históricamente todos los resultados obtenidos de cloruros en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles descritos en el D.S N°037-2008-PCM. La presencia de cloruros en el efluente puede significar que algunos fenoles se complejen.

Gráfico N°04: Comportamiento de la concentración de cloruros en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Cuadro 07: Concentración de sulfuros hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

Mes	Concentración de Sulfuros (mg/L)		
	Año		
	2009	2010	2011
Enero	--	<0.002	0.310
Febrero	--	<0.002	0.136
Marzo	0.377	0.006	0.281
Abril	1.873	0.179	0.236
Mayo	0.431	0.004	0.036
Junio	0.008	0.015	0.525
Julio	0.041	1.156	0.004
Agosto	0.570	0.261	0.408
Setiembre	0.610	0.597	0.130
Octubre	0.583	0.301	0.424
Noviembre	0.007	<0.002	<0.002

Mes	Concentración de Sulfuros (mg/L)		
	Año		
	2009	2010	2011
Diciembre	0.008	<0.002	0.231
LMP (1)	1.0		

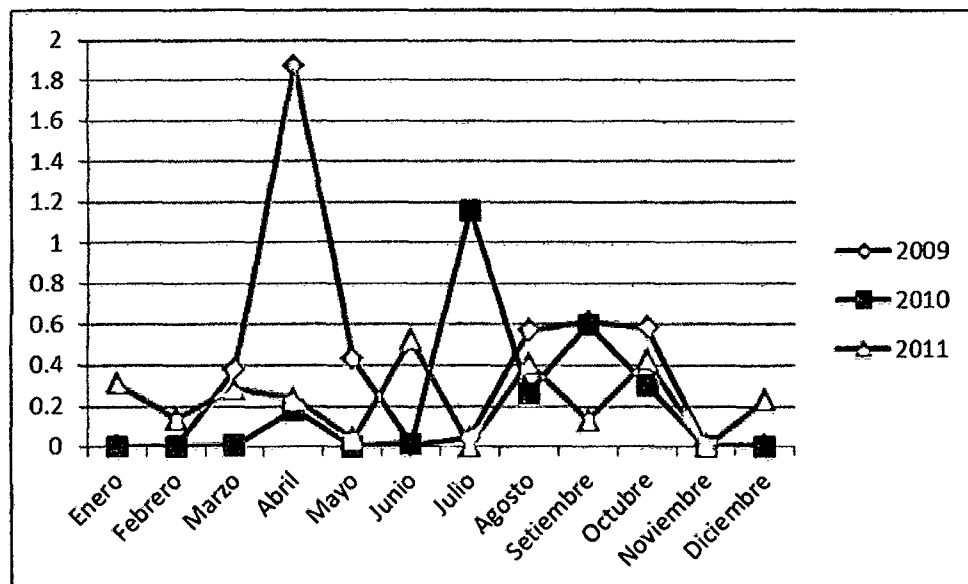
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

(1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

Solo en algunas ocasiones se han encontrado concentraciones de sulfuros por encima de los límites permisibles, la presencia de sulfuros, puede representar un aumento de la acidez en el agua, esta propiedad facilita la adsorción con carbón activado.

Gráfico N°05: Comportamiento de la concentración de sulfuros en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Cuadro 08: Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

Mes	Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)		
	Año		
	2009	2010	2011
Enero	22.0	82.0	286.0
Febrero	180.0	76.0	84.0
Marzo	39.0	115	246.0
Abril	327.0	71.0	100.0
Mayo	212.0	52.0	204.0
Junio	36.0	60.0	82.0
Julio	195.0	497.0	131.0
Agosto	240.0	92.0	66.0
Setiembre	31.0	145.0	224.0
Octubre	51.0	84.0	32.0
Noviembre	24.0	36.0	108.0
Diciembre	64.0	66.0	115.0
LMP (1)	250		

Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

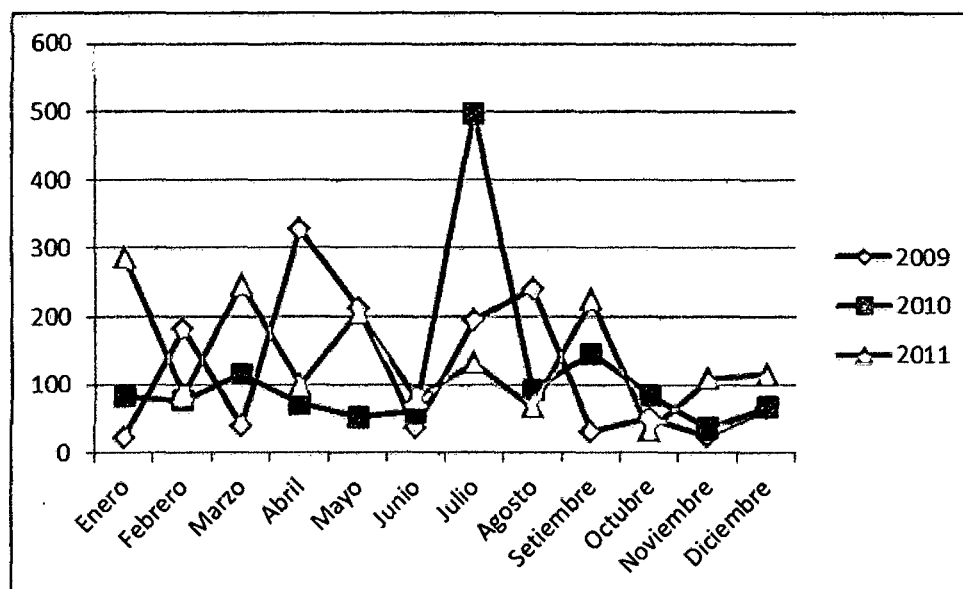
(1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

La DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido. En

los resultados del monitoreo se detectaron algunos valores de concentración por encima de los límites permisibles.

Gráfico N°06: Comportamiento de la concentración de DQO en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



Cuadro 09: Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) hallada en la descarga del efluente industrial de la Refinería Iquitos

	Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (mg/L)		
	Año		
Mes	2009	2010	2011
Enero	2.0	16.0	22.0
Febrero	80.0	19.0	12.0
Marzo	35.0	19.0	10.0
Abril	60.0	42.0	29.0
Mayo	67.0	23.0	24.0
Junio	14.0	9.0	33.0
Julio	74.0	120.0	70.0

	Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (mg/L)		
	Año		
Mes	2009	2010	2011
Agosto	86.0	23.0	25.0
Setiembre	24.0	47.0	24.0
Octubre	22.0	26.0	12.0
Noviembre	18.0	18.0	23.0
Diciembre	14.0	20.0	27.0
LMP (1)	50		

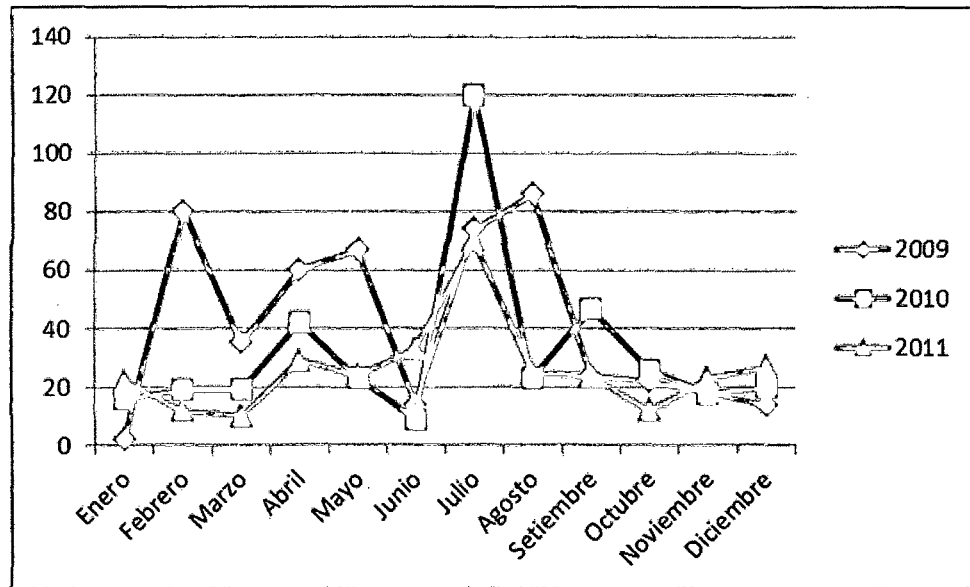
Fuente: Informe de monitoreo ambiental de la Refinería Iquitos (Petroperú) presentado al Osinergmin trimestralmente.

- (1) Límites Máximos permisibles de efluentes líquidos para las actividades del subsector hidrocarburos, D.S N°037-2008-PCM

Comentarios:

La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Durante el año 2009 se registraron varias concentraciones de DBO que superaban el límite máximo permisible, en los años 2010 y 2011, solo se encontraron concentraciones superiores al límite en el mes de julio.

Gráfico N°07: Comportamiento de la concentración de DBO en el efluente industrial de la Refinería Iquitos (mg/L)



1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

Diseñar un sistema de columnas de adsorción de carbón activado granular basado en parámetros operativos reales del efluente industrial de la Refinería Iquitos, para la remoción de los fenoles por debajo de los LMP del sector.

1.5.2. Objetivos específicos:

- Reducir la concentración de fenoles de las aguas residuales provenientes de las actividades de refinación de petróleo por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental sectorial del país, a través de un sistema de adsorción con carbón activado granular.

- Estimar el rendimiento del carbón activado granular (CAG) en la remoción de los fenoles.
- Estimar la eficiencia de la columna de adsorción de carbón activado en la remoción de los fenoles.
- Estimar el diseño de una columna a escala real, que pueda ser utilizada en el tratamiento de los efluentes vertidos por la Refinería Iquitos.
- Determinar el tiempo de servicio de la columna de adsorción antes de exceder los Límites Máximos Permisibles del sector competente.

2. MARCO TEORICO

2.1. Fenoles

Los fenoles son compuestos aromáticos que se caracterizan por tener uno o varios grupos hidroxilo unidos directamente al anillo aromático. Por lo general, se nombran como derivados del miembro más sencillo de la familia, el fenol. Sin embargo, en ocasiones esta nomenclatura se reduce a los hidroxicompuestos y los metilfenoles reciben el nombre especial de cresoles.

Esta definición incluye los fenoles di y trihidricos, los ácidos hidrobenczoicos, nitrofenoles, clorofenoles, aminofenoles, metoxifenoles, fenoxifenoles, alquifenoles, derivados de núcleos aromáticos condensados (naftoles) y algunos productos resultantes de la degradación de los plaguicidas. Las propiedades de cada uno de estos compuestos químicos depende de la naturaleza de los grupos sustituidos en el anillo bencénico (Train, 1979). Del total de los compuestos fenólicos aproximadamente el 4% son producidos naturalmente y el 96% restante son de origen sintético.

2.2. Propiedades de los fenoles

Los fenoles más sencillos son líquidos o sólidos de bajo punto de fusión, pero con puntos de ebullición elevados debido a su facilidad para formar enlaces por puentes de hidrógeno.

Generalmente son incoloros y se exceptúan aquellos que tienen en su estructura algún grupo capaz de dotarles de coloración, por ejemplo el grupo nitro (-NO₂). A menudo se encuentran coloreados debido a su facilidad de oxidarse. Su oxidación depende del grado de exposición a la luz, al aire, y a la presencia de impurezas metálicas.

Cuadro 10: Propiedades físicas y químicas de los fenoles

Compuesto	Peso molecular	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Densidad relativa	Solubilidad en Agua % (p/p)
Pentaclorofenol	266.34	191.0	310.0	1.978 (22°C)	20-25 mg/L
2, 4, 6 Tricolorofenol	197.45	69.5	246.0	1.490 (35°C)	Poco soluble
2, 4 Diclorofenol	163.00	45.0	210.0	--	Poco soluble
2 Clorofenol	128.56	9.0	174.9	1.2634 (20 °C)	0.1
Fenol	94.11	43.0	181.7	1.0722 (20 °C)	6.6
4, 6 Dinitrofenol 2 Metilfenol	198.13	83.0- 85.0	--	--	128 mg/L
2, 4 Dinitrofenol	184.11	115- 116	8.0	1.6830 (24°C)	0.033
2 Nitrofenol	139.11	45.3-	216.0	1.2942	0.108

Compuesto	Peso molecular	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Densidad relativa	Solubilidad en Agua % (p/p)
		45.7		(40°C)	
4 Cloro 3 Metilfenol	142.59	66.0-68.0	235.0	--	Poco soluble
2, 4 Dimetilfenol	122.17	27.0-28.0	210.0	1.5420 (14°C)	Poco soluble

La mayor parte de los fenoles, principalmente los mas sustituidos, son poco solubles en agua y su solubilidad disminuye cuando aumenta la fuerza iónica del medio.

La reacción de oxidación es compleja y está determinada por su propia estructura. La mayoría de ellos dan lugar a derivados de difenilo o a quinonas que son las responsables del color (Brewster, 1966).

La propiedad química más notable de los fenoles es la elevada reactividad del anillo en reacciones que implican sustituciones electrofílicas, lo que posibilita la formación de gran cantidad de compuestos moleculares con bases orgánicas y con ácidos e iones orgánicos e inorgánicos.

Los fenoles se copulan con las sales de diazonia y forman colorantes azoicos, también se obtienen soluciones con coloraciones rojas o púrpuras al reaccionar con el cloruro de hierro (III).

2.3. Los fenoles y el medio ambiente

La presencia de fenoles en el medio ambiente es consecuencia tanto de acciones naturales como del aporte antropogénico, fundamentalmente, de carácter agrícola e industrial.

Los procesos de producción de industrias como son: farmacéutica, perfumería, explosivos, resinas, fenólicas, plásticos, textiles, petróleo, colorantes, cuero, papel, coquerías, destilerías de alquitrán, pesticidas y plaguicidas expulsan alrededor del 26.3% de los fenoles al aire, aproximadamente el 73.3% a las aguas y cerca del 0.4 % en el suelo y los sedimentos acuáticos (Mohan et al , 2004).

2.4. Efectos tóxicos de los fenoles

Los clorofenoles son tóxicos a concentraciones menores de 1 ug/L pues inactivan las proteínas celulares vitales, incluidas las enzimas. La inhibición del crecimiento de los microorganismos se explica a través de un mecanismo que consta de dos pasos. Primeramente se adsorben a la pared celular de los microorganismos por interacción con enlaces de hidrógeno y luego se difunden dentro de la célula donde quedan en suspensión y provocan la precipitación de las proteínas.

El pentaclorofenol, ejerce una inhibición sobre las enzimas o sistemas de enzimas, probablemente por unión a proteínas mitocondriales.

Los compuestos fenólicos, excepto el fenol, también actúan sobre los lípidos. Es por ello que su efecto más notable sobre las células microbianas es la disrupción de la membrana plasmática puesto que está formada principalmente por lípidos y proteínas.

Sin embargo, la mayoría de los efectos se centran en la reducción de la síntesis de ATP (adenosintrifosfato) y el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa, aunque no afectan la fosforilación de otros sustratos.

Los compuestos fenólicos en el agua pueden provocar daños a comunidades y poblaciones acuáticas como anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos y peces. Estos organismos concentran en sus tejidos los productos absorbidos a través de las branquias o de la piel; pero también pueden liberarlos por difusión a través de las

agallas o por medio de una desintoxicación al formarse glucorónidos conjugados (fenil- glucorónido).

Los organismos acuáticos acumulan los compuestos fenólicos cuando hay una administración continua al medio. En general la concentración, estructura, pH de la sustancia y del medio, la velocidad de incorporación, metabolismo y tipo de derivado sustituido del compuesto fenólico determinan el grado en que afecta a los organismos, ya sea de manera crónica o por una toxicidad aguda (Merck, 1983, Buikema et al, 1979).

En los seres microscópicos como las bacterias, los fenoles presentes en los taninos inhiben la actividad de las bacterias nitrificantes de los géneros *Nitrosolobus* y *Nitrospira* a una concentración de 5 mg/ml (Bohloul et al, 1977).

En otras bacterias como *Escherichia Coli* descende la actividad de la catalasa y de la deshidrogenasa con 50 mg/L de fenol, asimismo 31,4, 6 – trinitrofenol induce mutagénesis en la misma bacteria.

En los protozoarios se ha observado una alteración de la movilidad celular y de la actividad de la vacuola contráctil con una concentración de 75 mg/l de fenol, mientras que una concentración de 100 a 200 mg/l produce una quimioatracción (Berk et al, 1990); en los mismos organismos, una cantidad de 10 mg/l del mismo compuesto reduce la incorporación de oxígeno (Schultz y Dumont, 1977).

En el caso de las microalgas, de manera general, se ha determinado que las clorofitas son más resistentes y las crisófitas las más sensibles, mientras que las cianofitas tienen una resistencia intermedia a los compuestos fenólicos.

En los animales, dentro del zooplancton, los de menor resistencia al fenol son los cladóceros, al contrario de los copépodos y ostrácodos que tienen una resistencia mayor. Entre los moluscos (bivalvos) se ha documentado un desarrollo anormal embrionario en el ostión *Crassostrea gigas* y en el mejillón *Mytilusedulis* cuando entran en

contacto con 0.1-1.0 mg/l de pentaclorofenol (PCP) (Alekseev y Anitpin, 1976).

En el esturión se ha observado la inhibición de la formación de la melamina con 40 mg/l de fenol, básicamente en las prelarvas, dañándose la pigmentación del ojo; a esa misma concentración se inhibe la acumulación de grasa en el hígado de los esturiones adultos. Del mismo modo, se ha determinado una inhibición del crecimiento en el salmón azul (*Oncorhynchus nerka*) con 1.74 mg/L de pentaclorofenol.

Los peces pueden metabolizar pentaclorofeno, 2,4,6-triclorofenol, y 2,3,4,6-tetracloro-fenol en el hígado, excretándolos como glucorónidos (Oikari and Anas, 1985).

Estudios realizados en Atlantic cod. (*Gadus mohua*) con alquilfenoles demostraron que fueron absorbidos y bioconcentrados en mayor medida cuando los recibieron a través de las branquias que cuando lo hicieron mediante los alimentos. La mayoría de estos compuestos se localizó en el sistema gastro-intestinal y la bilis fue su principal ruta de excreción. El tiempo de permanencia oscila entre 10 y 18 horas (Sundt and Baussant, 2003).

Algunos factores pueden aumentar o disminuir el efecto crónico de los fenoles sobre los organismos (Buikema et al, 1979). Entre los factores ambientales destacan:

- ✓ Fotólisis.- Aumenta o disminuye los efectos de los compuestos fenólicos en función del tipo de productos finales formados.
- ✓ Sinergismo.- La toxicidad de los fenoles en ocasiones no sólo se debe en sí al compuesto puro, sino a su asociación con otros compuestos u otros contaminantes que existen en el ambiente.
- ✓ pH.- La toxicidad puede variar dependiendo de las condiciones de acidez o alcalinidad existente en el medio, generalmente la toxicidad de los compuestos fenólicos aumenta con pH ácidos.

- ✓ Temperatura.- Al aumentar la temperatura es mayor la sensibilidad de los organismos acuáticos hacia los compuestos fenólicos debido a que se incrementa su metabolismo.
- ✓ Concentración de oxígeno disuelto.- al disminuir la cantidad de oxígeno en el agua, los organismos aumentan su respiración y con ello son más sensibles a los compuestos fenólicos debido a que los absorben más rápido.
- ✓ Degradación microbiana: la descomposición por parte de los microorganismos disminuye la toxicidad de muchos compuestos fenólicos.
- ✓ Edad y talla de los organismos.- En general los organismos pequeños son más sensibles que los organismos grandes.
- ✓ Estaciones.- Generalmente las poblaciones de peces en el verano son más sensibles a los fenoles que en el invierno.
- ✓ Sustrato.- Este es un factor importante para los organismos bentónicos que viven asociados al fondo, ya que si no tienen un sustrato adecuado donde fijarse son altamente sensibles a los compuestos fenólicos.
- ✓ Madurez sexual.- Se ha observado que los organismos sexualmente maduros son menos tolerantes que los juveniles.

Para el caso de la toxicidad en el hombre, los fenoles son corrosivos cutáneos y se absorben con facilidad por la piel y las mucosas. Su toxicidad está directamente relacionada con una gran variedad de órganos y tejidos (pulmones, hígado, riñones, sistema genito-urinario). Sus efectos provocan un cuadro general caracterizado por fallo hepático y renal, así como edema pulmonar y cerebral.

La Agencia de Protección al Medio Ambiente de E.U (USEPA), en el 2003, señaló en su informe anual que los compuestos fenólicos afectan al hombre por vía de la ingestión y por el contacto con la piel. La dosis mínima que puede provocar la muerte es de 140 mg/kg peso

corporal. Reporta además efectos como irritación, necrosis, afecciones cardiovasculares, acidosis metabólica, efectos neurológicos y cianosis. La posibilidad de recibir exposiciones de compuestos fenólicos provenientes de fuentes ajenas al suelo es relativamente baja. La mayor contribución está dada por el consumo de carne ahumada y productos marinos. La USEPA estimó en este informe que la exposición combinada al fenol por ingestión e inhalación es menor al 4% de la cantidad diaria tolerable en los niños con edades entre 0-6 años y alrededor de 1.3% en adultos.

Cuadro 11: Cantidad Diaria Tolerable (CDT) y Promedio Diario en Adultos (PDA) provenientes de la ingestión e inhalación (Environment Agency EUA, 2005)

CDT ($\mu\text{g kg}^{-1}$ peso día ⁻¹)	Oral PDA ($\mu\text{g día}^{-1}$)	Inhalación PDA ($\mu\text{g día}^{-1}$)
700	600	40

Entre los efectos sobre el hombre hay que destacar la modificación de los cromosomas, acción relacionada con la oncogenia.

Los clorofenoles muestran una baja toxicidad por vía oral en los animales, con excepción del pentaclorofenol, cuya toxicidad y oncogenicidad se debe a la frecuente contaminación con impurezas con dioxina y fenoxifenoles. Cuando se purifica cuidadosamente su efecto mutagénico en las células de los mamíferos se reduce.

Con relación a los nitrofenoles su toxicidad decrece al aumentar el grado de la nitrosustitución. El herbicida 2,4 dinitro 6 secbutilfenol (DINOSEB) produce alteraciones en el esqueleto y afecta el riñón.

El p-nitrofenol causa problemas cutáneos (corto tiempo), su ingestión o inhalación causa dolor de cabeza, somnolencia, náusea y cianosis (coloración azul en labios, orejas, y uñas). (Santiago, 2003).

La toxicidad de los fenoles está condicionada por el grupo sustituyente en el núcleo aromático, aunque también influyen la posición, el

número y el volumen de los sustituyentes (Bukema et al, 1979). Los compuestos halogenados son considerados los más dañinos, siendo los yodofenoles y bromofenoles en mayor grado que los clorofenoles. En cuanto a la posición relativa del grupo sustituyente, la toxicidad sigue el orden para- > meta- > orto-. Respecto al grupo hidroxilo del fenol. Por otro lado, Schultz y Riggan (1985) atribuyen un mayor carácter tóxico a los grupos sustituyentes aceptores de electrones frente a los donadores de electrones.

Se ha comprobado que el incremento de la toxicidad de los clorofenoles y su difícil biodegradación está relacionado con el número de sustituyentes de átomos de cloro en el compuesto y a su vez, con el aumento de la lipofilia (Benerjee et al, 1984).

La bioconcentración de los fenoles es un factor importante que contribuye a su peligrosidad y está relacionado con el carácter lipofílico. Es por ello que se considera al pentaclorofenol, como el compuesto más lipófilo entre los clorofenoles y el que más se bioconcentra.

2.5. Carbono

El carbono es un elemento de número atómico 6 y peso atómico 12 una. En su núcleo tiene 6 protones y 6 neutrones y está rodeado por 6 electrones, distribuidos de la siguiente manera: $1s^2 2s^2 2p^2$. Además el carbono se presenta en tres isótopos: carbono12, carbono13, y carbono 14.

La existencia de cuatro electrones en la última capa sugiere la posibilidad bien de ganar otros cuatro convirtiéndose en el ión C⁴⁻ cuya configuración electrónica coincide con la del gas noble Neón (Ne). El átomo de carbono opta por compartir sus cuatro electrones externos con otros átomos mediante enlaces covalentes. Esa cuádruple

posibilidad de enlace que presenta el átomo de carbono se denomina tetravalencia. La fórmula de Lewis del carbono es:



El carbono es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, el carbono puro existe bajo formas alotrópicas como sólidos cristalinos naturales y artificiales, y en forma impura como sólidos amorfos naturales y artificiales.

Carbones cristalinos:

- Naturales: diamante, grafito
- Artificiales: fullerenos

Carbones amorfos:

- Naturales: antracita (90 a 96 % de C), hulla, lignito, turba
- Artificiales: carbón vegetal, negro de humo, coque

2.6. Tipos de carbones

I. Carbones cristalinos

Las dos formas del carbono más conocidas: el diamante y el grafito, se distinguen en sus propiedades físicas y químicas debido a las diferencias existentes en la ordenación y enlace de los átomos. El diamante es más denso que el grafito (3.51 g cm⁻³; 2.22 g cm⁻³) pero el grafito es el más estable, por 2.9 KJ mol⁻¹ a 300 K y 1 atm de presión. A partir de las densidades se deduce que para transformar grafito en diamante debe aplicarse presión. Partiendo de las propiedades termodinámicas de los alótropos se calcula que éstos deben estar en equilibrio a 300 K bajo una presión de 15 000 atm. Puesto que el equilibrio se alcanza con extremada lentitud a esta

temperatura, la estructura del diamante persiste bajo condiciones ordinarias.

Los diamantes pueden producirse a partir del grafito únicamente aplicando grandes presiones, y se necesitan temperaturas altas para lograr una gran velocidad de conversión. Los diamantes que se presentan en la naturaleza deben haberse formado cuando aquellas condiciones se dieron en los procesos geológicos.

La diferencia de propiedades entre el diamante y el grafito se comprende si se examina la estructura cristalina de ambas formas de carbono. Un cristal de diamante tiene una red cúbica, con cada átomo de carbono rodeado de otros cuatro situados en los vértices de un tetraedro regular (gráfico N°08) o en los vértices alternos de un cubo. Cada par de átomos de carbono está unido por un par de electrones en enlace covalente. No hay en el sistema electrones libres o móviles y, por eso, el diamante no es conductor de la electricidad. Además, cada átomo de carbono está asociado a sus cuatro vecinos más próximos de tal modo que no se distinguen y diferencian moléculas, sino que todo el cristal puede considerarse como una sola “molécula gigantesca”. Esta estructura hace muy difícil toda división del diamante y explica su extrema dureza.

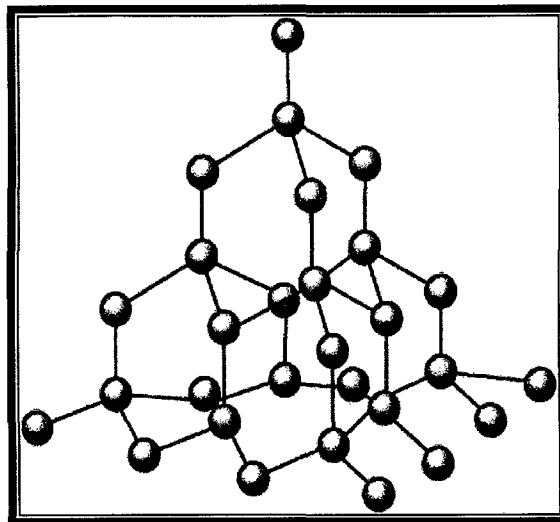


Gráfico N°08. Estructura cristalina del diamante

El examen del grafito con rayos X, muestra que cada átomo de carbono se halla rodeado por otros tres, todos en el mismo plano, formando grupos hexagonales de seis átomos. Estos planos están a bastante distancia unos de otros (ver gráfico N°09). Tres de los cuatro electrones de cada átomo de carbono están compartidos: el cuarto sirve para mantener los planos unidos. En otras palabras, hay un plano de electrones móviles entre los planos de átomos. En virtud de esta estructura el grafito se exfolia fácilmente y es un buen conductor del calor y la electricidad.

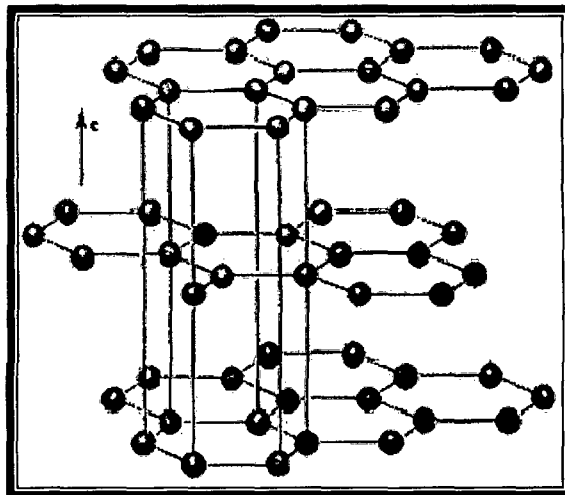


Gráfico N°09. Estructura cristalina del grafito

II. Carbones amorfos

Los carbones naturales proceden de la fermentación anaeróbica de grandes masas vegetales debido a la acción de microorganismos y las condiciones de presión y temperatura.

En función de su contenido de carbono (C), se pueden distinguir en los siguientes:

Turba.- Es el de mas reciente formación. Es el de menor contenido de C y por tanto el de menor poder calorífico. Tiene un alto contenido de agua (hasta 90%) y es necesario secarlo al aire para usarlo como combustible. Se emplea como combustible en calefacciones.

Lignito.- Se encuentra en yacimientos poco profundos, lo que ocasiona que los costos de explotación sean relativamente bajos. Tiene un contenido alto de agua (50%), es necesario secarlo al aire para usarlo como combustible. El contenido de C, es mayor que en la turba. Bajo poder calorífico aunque mayor que la turba. Se emplea como combustible en calefacciones domesticas e industriales y producción de energía.

Hulla.- El contenido de C es mayor que la turba y el lignito. Buen combustible de alto poder calorífico. Se emplea para la fundición de metales, para obtener energía eléctrica, para obtener coque, alquitrán, gas ciudad, amoniaco, y grafito por destilación seca (calentamiento en ausencia de aire).

Antracita.- Es el carbón más antiguo, es el de mayor contenido de C, tiene un alto poder calorífico, es el tipo de carbón menos abundante. Se emplea para calefacciones, para obtener energía eléctrica, en la industria del cristal, como reductor de los óxidos de metal (elimina el óxido obteniéndose el metal puro).

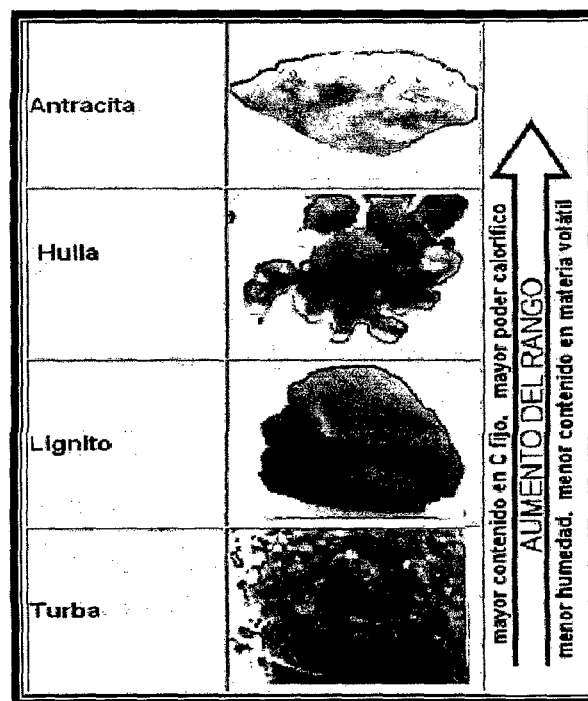


Gráfico N°10. Propiedades de los diferentes tipos de carbón

Los carbones artificiales, pueden ser:

Coque.- Se obtiene por destilación seca (calentamiento en ausencia de aire), principalmente de la hulla. Arde sin llama y es un buen combustible de alto poder calorífico. Se emplea para la producción de hierro en altos hornos, y en los hornos de fuego continuo.

Carbón vegetal.- Se obtiene por destilación seca de la madera, es muy poroso (flota en el agua), Se emplea principalmente como absorbente de gases en mascarillas antigás y bombas de vacío.

2.7. Carbón activado

El carbón activado es un material poroso preparado por la carbonización y activación con la finalidad de obtener un alto grado de porosidad y una elevada superficie interparticular.

El carbón activado se fabrica a partir de diversas sustancias carbonosas de origen animal, vegetal o mineral. Frecuentemente, se emplea antracita, carbones grasos o bituminosos, coque de petróleo, turba, madera, cáscara de nuez, coco o almendra, huesos, así como otros productos residuales de naturaleza lignocelulósica. La materia de partida es amorfa y la estructura porosa se produce durante la activación. Las propiedades del carbón activado final dependen tanto de la materia prima como del método de activación empleado. Por ejemplo, los carbones obtenidos a partir de cáscara de coco tienen mayor densidad y presentan distribución de tamaño de poro más estrecha, lo que hace que estos carbones sean muy adecuados para la adsorción de moléculas pequeñas, como en las aplicaciones de purificación de gases. La actividad del carbón activado en los procesos de adsorción está dado principalmente, por la naturaleza de

la materia prima y por el proceso de activación empleado en su producción.

En la preparación se aplican procesos térmicos que implican la deshidratación del material y la calefacción en ausencia de aire (carbonización), seguidos por el tratamiento oxidante (activación) a alta temperatura (200-1000 °C), que desarrolla una estructura porosa en el carbón y crea una gran superficie interna. La activación consiste, esencialmente, en una oxidación selectiva de los hidrocarburos residuales en el sólido, que se realiza con anhídrido carbónico, vapor de agua, aire u otro agente oxidante. También se puede emplear un tratamiento químico húmedo a más bajas temperaturas mediante agentes tales como el ácido fosfórico, el hidróxido potásico o el cloruro de zinc.

El carbón activado se puede considerar constituido por un aglomerado rígido de microcristales, cada uno de los cuales está formado por una pila de planos grafiticos. Cada átomo dentro de un determinado plano está unido a cuatro átomos de carbono adyacentes. Así, los átomos de carbono en los bordes de los planos presentan una alta actividad disponible. En estos “sitios”, que consisten en una serie compleja de planos de base y bordes de micro cristalitas, tiene lugar la adsorción. A medida que los sitios se van llenando, se va alcanzando el equilibrio de adsorción y la calidad del efluente va disminuyendo. La química de la superficie de un carbón influye sobre la velocidad y la capacidad de la adsorción debido a la interacción entre superficie y adsorbatos. Los grupos funcionales sobre esta superficie tienen gran influencia sobre las propiedades adsorbentes respecto de los posibles adsorbatos. Estos grupos pueden ser carboxílicos, fenólicos, hidroxilo, carbonilo o peróxidos, entre otros.

Los carbones activados pueden presentar elevadas superficies específicas, del orden de $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ e incluso llegar a los $3000 \text{ m}^2/\text{g}$. Los elevados valores de superficie específica se deben en gran medida a la porosidad que presentan los materiales carbonosos, siendo los microporos los que mayor contribución tienen en la superficie específica.

De acuerdo al tamaño del poro, el carbón puede ser catalogado de acuerdo al tamaño de los poros en su estructura. Estos poros se clasifican de acuerdo a su tamaño en:

Microporos: son aquellos que tienen un tamaño promedio menor a 2 nanómetros.

1 nanómetro: $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ mts} = 10^{-7} \text{ cm}$

Mesoporos: Los que tienen un diámetro de 2-50 nm

Macroporos: Los que tienen un diámetro mayor a 50 nm

Los macroporos se encuentran inicialmente en el material antes de su activación. Los microporos y mesoporos son formados en el proceso de activación y son los que le dan propiedades adsorptivas al carbón.

Existen en el mercado una amplia variedad de tipos de carbón activado, para usos específicos. Las aplicaciones de los diferentes tipos de carbón, pueden ser para aspectos tales como:

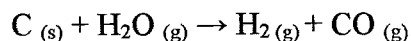
- Remoción de colores, olores y sabores indeseables en líquidos y bebidas como: como, refrescos, cerveza, vinos, jugos, vinagre, etc.
- En la clarificación de jarabes, y azúcar refinada.
- En mejorar las propiedades de diferentes líquidos en la industria de alimentos.
- En la remoción de contaminantes en aguas potables, y residuales tratadas, y no tratadas.
- En la remoción de contaminantes en emisiones gaseosas.
- En la filtración y acondicionamiento de aire en lugares públicos y cerrados.

Las aplicaciones en medio líquido abarcan desde la decoloración de licores de azúcar, potabilización de aguas (eliminación de color, olor, sustancias químicas, bacterias), tratamientos de aguas residuales, decoloración de aguas para su uso en la fabricación de bebidas refrescantes, decoloración y mejora de bebidas alcohólicas, entre otras.

En medio gaseoso encuentra sus aplicaciones en el almacenamiento y separación de gases, en mascarar antigás, protección anti radiactiva en plantas nucleares y desodorizante de productos alimenticios.

La versatilidad de este tipo de adsorbente, que hace más adaptable un tipo de carbón que otro para un proceso determinado, se debe a sus propiedades internas y la más importante de ellas es el tamaño o diámetro de los capilares del carbón activado.

El proceso de activación, consiste en una reacción térmica en donde la estructura se altera y se forman huecos microscópicos. Por ejemplo: cuando se trata el carbón a 800°C con vapor de agua se efectúa la siguiente reacción:



El carbón que reacciona con el vapor de agua, escapa en forma de hidrógeno y monóxido de carbono dejando una gran porosidad en la estructura del material. La forma, tamaño y naturaleza de la porosidad formada depende de factores como: el pre tratamiento químico que se haya dado al material, el origen del material a partir del cual se elabora el carbón activado, temperatura de activación, etc.

También el carbón puede ser producido a partir de un proceso de activación química. En este tipo de activación, el material a carbonizar (por ejemplo: cascara de nuez o de coco o aserrín de madera) es

saturado en una solución de ácido fosfórico y después es carbonizado a 500°C.

El tipo de carbón resultante, dependiendo si es una activación con vapor o con ácido fosfórico, tiene propiedades absorbentes específicas ya que los poros formados y la estructura del carbón producido es diferente y tiene diferentes aplicaciones.

2.8. Propiedades del carbón activado

Desde tiempos remotos los egipcios descubrieron que el carbón de madera podría utilizarse para purificar otros productos e incluso usarse con fines medicinales. En la actualidad el carbón activado es utilizado para remover color, olor, y sabor de una infinidad de productos, por lo cual lo podemos encontrar en aplicaciones tan sencillas como peceras o filtros de refrigerador, hasta complejos sistemas industriales como modernas plantas de tratamiento de aguas residuales o delicados sistemas de elaboración de antibióticos.

Son dos las características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbón activado; elevada capacidad de eliminación de sustancias y baja selectividad de retención.

La elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee, si bien porosidad y distribución de tamaño de poros juegan un papel importante. En general los microporos le confieren la elevada superficie y capacidad de retención, mientras que los mesoporos y macroporos son necesarios para retener moléculas de gran tamaño, como pueden ser colorantes o coloides, y favorecer el acceso y la rápida difusión de las moléculas a la superficie interna del sólido.

Por otra parte, el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente universal. No obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto

volumen molecular (hidrocarburos, fenoles, colorantes...), mientras que sustancias como nitrógeno, oxígeno y agua prácticamente no son retenidas por el carbón a temperatura ambiente. De ahí que la mayor parte de carbón activado producido anualmente se destine a la eliminación de contaminantes procedentes de sectores muy variados, tanto en fase gas (sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, vapores de gasolinas...) como líquida (aguas potables, industriales y residuales, tintorerías...).

Las propiedades adsorbentes de un carbón activado no dependen únicamente de la superficie y la porosidad. En particular, las sustancias polares se retienen débilmente sobre la superficie (apolar) del carbón. En estos casos la fijación al carbono de “heteroátomos”, principalmente oxígeno e hidrógeno, formando estructuras o grupos funcionales tipo ácido carboxílico, lactosas, carbonilo, etc., elevan la afinidad de las sustancias polares por la superficie del adsorbente y pueden imprimir un carácter ácido-base al carbón.

Finalmente, cuando la sustancia a eliminar tiene una polaridad apreciable, bajo volumen molecular y está muy diluida en aire, la retención a temperatura ambiente por el carbón solo es efectiva si se impregna con reactivos específicos o se aprovechan las propiedades catalíticas del carbón. De esta manera, tras la adsorción se producen unas reacciones químicas que transforman los productos tóxicos en inertes que se desorben o quedan retenidos en la porosidad del carbón.

2.9. Características físico-químicas del carbón activado

Composición química

El término carbón activado designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distinción de poros y superficie específica) y en su granulometría.

Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos, y que están contenidas en un líquido o gas.

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno, y 0.5% en hidrógeno.

Estructura física

El carbón activado posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activado da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25\text{nm}$), mesoporos ($25 > r > 1\text{ nm}$), y microporos ($r < 1\text{nm}$).

El carbón activado se evalúa por su área o superficie activa de adsorción. Para esto se determina la cantidad de nitrógeno o de butano que es adsorbido por un carbón que se evalúa. Cuanto mayor sea la cantidad de gas adsorbido mayor es su superficie y por lo tanto mayor es su capacidad de retención de moléculas de gas.

Para la adsorción en fase líquida se emplea el índice de yodo, donde se evalúa la cantidad de yodo que adsorbe un carbón determinado y se compara su valor con los parámetros o valores estándar.

Si el carbón va a ser empleado en la adsorción de gases se caracteriza el material por su adsorción de gas butano o nitrógeno. Si va a ser empleado para la adsorción de compuestos en fase líquida, como es el

caso del tratamiento de aguas, el parámetro más importante a determinar es el índice de yodo.

Si se conoce que existe uno o más componentes indeseables en suspensión acuosa, es más representativo determinar la capacidad adsorptiva de ese o esos compuestos en particular, para así seleccionar el mejor tipo de carbón para el tratamiento de remoción de contaminantes. Esto es conveniente de realizar ya que un solo proveedor puede recomendar cinco o más tipos de carbón activado, para un agua en particular, por lo que se requieren pruebas de laboratorio o mejor aún, pruebas piloto para evaluar y hacer la mejor elección.

En términos generales, los carbones microporosos son más adecuados para la remoción de moléculas pequeñas, por ejemplo los trihalometanos, los cuales consisten de estructuras simples como: CHCl_3 , y CHClBr_2 . También en la emisión de compuestos de gases de escape de combustión se emplean estos carbones microporosos, Si se desea remover el humus que da coloración a las aguas naturales, deberá emplearse un carbón que tenga en mayor proporción mesoporos y macroporos, ya que los compuestos químicos que forman parte del humus, son moléculas muy grandes, de estructura compleja, y de alto peso molecular.

Para remover compuesto metálicos, los cuales se encuentran en forma de complejos de coordinación disueltos en una suspensión acuosa se emplean carbones cuya característica más importante ya no es el diámetro de los poros sino las propiedades químicas de la superficie activa, ya que el mecanismo de retención es a través de formación de enlaces químicos entre el carbón, y el complejo metálico que de esta manera es adsorbido. Un ejemplo de esto es la retención y adsorción del complejo de cianuro de oro. El carbón activado químicamente con ácido fosfórico no adsorbe efectivamente este complejo, pero el

carbón activado térmicamente con vapor tiene una alta capacidad de retención del mencionado complejo de oro.

En términos generales se aplica la siguiente regla para la adsorción en fase líquida: los compuestos orgánicos de alto peso molecular de estructura compleja y de baja solubilidad en el solvente en que se encuentran son más fácilmente adsorbidos en el carbón que los compuestos de bajo peso molecular, estructura sencilla y alta solubilidad en el solvente. Por ejemplo: el benzopireno que no es muy soluble en agua es de estructura compleja y de alto peso molecular, se adsorbe más selectivamente que el metanol, el cual es de bajo peso molecular de estructura simple y de solubilidad infinita en el agua.

Estos ejemplos hacen evidente que es indispensable la caracterización de diferentes tipos de carbón para el tratamiento de un agua o un fluido en especial.

Los carbones activados que se utilizan en aplicaciones en fase líquida difieren fundamentalmente de los de fase gaseosa en la distribución de tamaños de poro, puesto que los primeros deben tener un mayor volumen de macroporos para facilitar la distribución de los líquidos a los meso y microporos. La aplicación puede requerir carbón activado en polvo o granular. El tamaño medio del carbón en polvo es de 15-20 μm , mientras que el granular suele ser de 0.3-3 mm, y la selección se basa fundamentalmente en el grado de purificación que se requiera. Para este trabajo se empleará carbón granular, ya que son los que se utilizan cuando se esperan picos de concentración del contaminante (fenoles para nuestro caso).

Cuadro 12: Rango de valores para algunas propiedades de los carbones activos comerciales

Área específica, BET (m^2/Kg)	$6 \cdot 10^5 - 15 \cdot 10^5$
Área específica, macroporo (m^2/Kg)	$10^5 - 8 \cdot 10^5$

Volumen de poro total (m ³ /Kg)	0.0006-0.0018
Volumen de poro total macroporo (m ³ /Kg)	0.0002-0.0013
Densidad aparente (comprimido) (m ³ /Kg)	0.0003-0.0007
Granularidad (mm): a:polvo b:granular	0.00005-0.0001 0.0001-0.002
Coefficiente de uniformidad (grano)	1.4-2.0
Porcentaje de cenizas (%)	1.0-12

Cuadro 13: Características del CAG (cáscara de coco) empleado en las pruebas piloto

Propiedades de textura del carbón activado			
CAG	Área superficial de BET (m ² /g)	Volumen de poro (cm ³ /g)	Tamaño de poro (Å)
Cáscara de coco	1000 a 1100	0.4 a 0.5	Menores a 25 (<2.5 nm)
Análisis granulométrico del carbón activado			
CAG	Tamaño efectivo (mm)	Diámetro medio (mm)	Coefficiente de uniformidad
Cáscara de coco	1.5	2	1.4 a 2

Fuente: Especificaciones técnicas del fabricante

Donde:

Tamaño Efectivo: es la apertura de malla (en milímetros) por la que pasa el 10% del material total.

Coefficiente de Uniformidad: viene dado por el cociente entre el tamaño de apertura que deja pasar el 60% y el que deja pasar el 10%.

Diámetro Medio: es el tamaño de malla que deja pasar el 50% del material total.

2.10. Tamaño de poros

El carbón activado tiene una gran variedad de tamaños de poros, los cuales pueden clasificarse de acuerdo a su función, en poros de adsorción y poros de transporte.

Los primeros consisten en espacios entre placas graníticas con una separación de entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse. En éstos, ambas placas de carbón están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza.

Los poros mayores que los de la adsorción son de transporte, y tienen un rango muy amplio de tamaño, que van hasta el de las grietas que están en el límite detectable por la vista, y que corresponde a 0.1 mm. En esta clase de poros, solo una placa ejerce atracción sobre el adsorbato y entonces lo hace con una fuerza menor, o incluso insuficiente para retenerlo, Actúan como caminos de difusión por los que circula la molécula hacia los poros de adsorción en los que hay una atracción mayor. Por lo tanto aunque tiene poca influencia en la capacidad del carbón activado afectan a la cinética o velocidad con la que se lleva a cabo la adsorción.

Otra clasificación de los poros, es la de la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemists), que se basan en el diámetro de los mismos, de acuerdo a lo siguiente:

- Microporos: menores a 2 nm.
- Mesoporos : entre 2 y 50 nm.
- Macroporos: mayores a 50 nm (típicamente de 200 a 2000 nm).

Los microporos tienen un tamaño adecuado para retener moléculas pequeñas que aproximadamente corresponden a compuestos más volátiles que el agua, tales como: olores, sabores, y muchos solventes. Los macroporos atrapan moléculas grandes, tales como las que son cloradas o las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) que se

generan al descomponerse la materia orgánica. Los mesoporos son los apropiados para moléculas intermedias entre las anteriores.

Por lo tanto la capacidad de un carbón activado para retener una determinada sustancia no solo depende de su área superficial, sino también de la proporción de poros internos que tenga dicho carbón, y del tamaño de los mismos (un tamaño adecuado para un poro debe oscilar entre 1 y 5 veces el diámetro de la molécula a retener).

La distribución del tamaño del poro depende fundamentalmente de tres factores: el origen de la materia prima, el tipo de activación, y la duración del proceso de activación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas piloto y las características específicas del carbón granulado empleado (cáscara de coco) permiten establecer que el tamaño de poro es el necesario (<2.5 Å) para adsorber las moléculas de fenoles.

2.11. Textura porosa del carbón activado

Se puede pensar que a mayor superficie específica, mejores serán las características como adsorbente del carbón activado, puesto que también deberíamos tener mayor número de espacios para adsorber el adsorbato. Sin embargo, esto no siempre es cierto, ya que debemos tener en cuenta el posible “efecto de tamiz molecular”. Así, dependiendo del tamaño de las moléculas del adsorbato, puede suceder que éstas sean mayores que algunos de los poros, y por tanto, no toda la superficie sea accesible a dichas moléculas.

Por otro lado también hay que tener en cuenta, tanto la geometría del poro, como la del adsorbato. Así, por ejemplo, determinadas moléculas pueden penetrar en poros con geometrías del tipo “rendija” y no hacerlo en poros de dimensiones similares y geometrías cilíndricas.

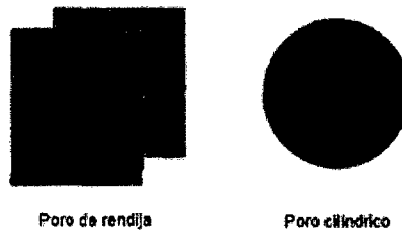


Gráfico N°11. Diferentes geometrías del poro

En numerosas ocasiones también se ha observado que determinados compuestos se adsorben muy bien en un cierto carbón activado, mientras que la adsorción es mucho menor en otros carbones activados, a pesar de poseer éstos una textura porosa, por ejemplo, una distribución de tamaños de poros y superficie específica, muy similar. Esto se debe al importante hecho de que; una elevada superficie específica, con una buena distribución de tamaños de poros que la hagan fácilmente accesible al adsorbato, es una condición necesaria, pero no suficiente, para optimizar la preparación de un carbón activado. Sin embargo es necesario tener en cuenta otros factores.

2.12. Adsorción en carbón activado

La adsorción constituye uno de los procesos más utilizados dentro de los sistemas de tratamiento terciario de las aguas residuales. Se emplea, fundamentalmente, para retener contaminantes de naturaleza orgánica.

La adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido. Este proceso ocurre cuando se pone en contacto la superficie del carbón y con la solución que contiene el soluto. La capa de moléculas del soluto se acumula en la superficie del carbón debido al desequilibrio de fuerzas presentes en la superficie del carbón activado.

Fuerzas no equilibradas

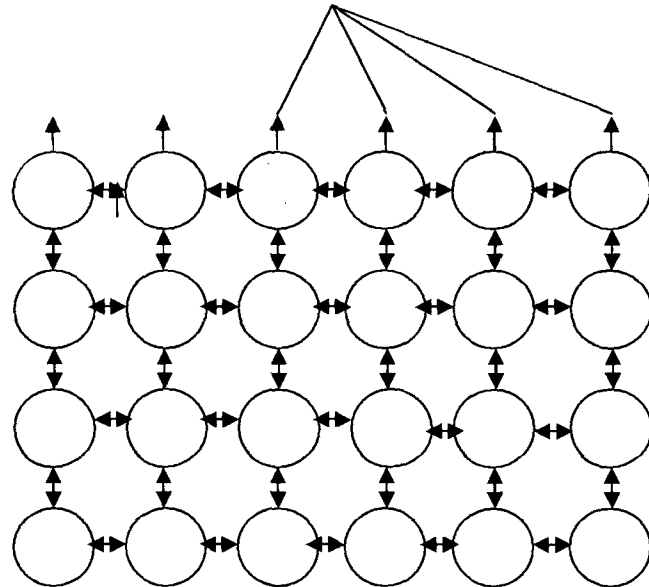


Gráfico N°12. Representación de fuerzas de un sólido

En el interior del sólido, las moléculas están rodeadas totalmente por moléculas similares y por tanto sujetas a fuerzas equilibradas, tal como indican las flechas de la figura anterior, las moléculas en la superficie están sometidas a fuerzas no equilibradas. Debido a que estas fuerzas residuales son lo suficientemente elevadas, pueden atrapar moléculas de un soluto que se halle en contacto con el sólido. Este fenómeno se denomina adsorción física (o de Van der Waals).

La sustancia que se adsorbe es el adsorbato y el material sobre el cual lo hace es el adsorbente. El proceso inverso de la adsorción es la desorción.

Las características principales de la adsorción son:

1°.- La adsorción es altamente selectiva. La cantidad adsorbida depende en gran medida de la naturaleza y del tratamiento previo al que se halla sometido a la superficie del adsorbente, así como de la naturaleza de la sustancia adsorbida. Al aumentar la superficie de

adsorbente y la concentración de adsorbato, aumenta la cantidad adsorbida.

2°.- Es un proceso rápido cuya velocidad aumenta cuando aumenta la temperatura, pero disminuye cuando aumenta la cantidad adsorbida.

3°.- Es un proceso espontáneo, es decir, que ΔG es negativa, y en general está asociada con un aumento en el orden del adsorbato, lo que significa que ΔS es negativa, por lo cual, y de acuerdo con la ecuación $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, es generalmente exotérmica, lo que quiere decir que ΔH es negativo. El cambio en la entalpía cuando un mol de adsorbato es adsorbido por la cantidad apropiada del adsorbente se conoce como la entalpía de adsorción.

4°.- Dado que los procesos de adsorción son generalmente exotérmicos, al aumentar la temperatura disminuye la cantidad adsorbida.

Son muchos los tipos de adsorción existentes (sólido-gas, sólido-líquido, líquido-gas...), para este caso utilizamos la adsorción sólido-líquido. Los sólidos son capaces de adsorber uno o más componentes de una mezcla líquida, o bien el soluto o el disolvente de una solución.

Atendiendo a las fuerzas de interacción entre las moléculas de adsorbente y adsorbato, se acepta la existencia de dos tipos fundamentales de adsorción. Cuando estas fuerzas son del tipo dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido o fuerzas de dispersión, se usa el término de adsorción física o fisisorción. Cuando las fuerzas son enlaces covalentes se aplica el término de adsorción química o quimisorción.

La adsorción física está asociada con una entalpía de adsorción numéricamente inferior a -40 kJ mol^{-1} , mientras que valores numéricamente mayores a -80 kJ mol^{-1} son característicos de la quimisorción. La entalpía de adsorción física es comparable a la

entalpía de condensación, mientras que la entalpía de quimisorción es comparable a la entalpía de las reacciones químicas.

La adsorción física es la más frecuente, mientras que la quimisorción se manifiesta, únicamente, cuando el adsorbente y el adsorbato tienden a formar un compuesto.

En general, el proceso de adsorción física puede invertirse con facilidad; por el contrario, la quimisorción es difícil de revertir y generalmente tiene lugar con mayor lentitud que en el caso anterior.

La capa adsorbida en la adsorción física puede variar en espesor, desde una molécula a muchas moléculas, debido a que las fuerzas de Van der Waals se pueden extender desde una capa de moléculas a otras. En cambio, la quimisorción no puede, por sí misma, dar lugar a una capa de más de una molécula de espesor, debido a la especificidad del enlace entre el adsorbente y el adsorbato. Sin embargo, cabe que capas subsiguientes de varias moléculas puedan estar físicamente adsorbidas sobre la primera capa.

Los adsorbentes más empleados son el gel de sílice, la alúmina y, sobre todo, el carbón activado y determinadas resinas sintéticas. Estas últimas son particularmente interesantes para la eliminación de compuestos polares. Además, son fácilmente regenerables, lo que las hace competitivas frente al carbón activado en muchos casos. El adsorbente más ampliamente utilizado para el tratamiento de aguas residuales es, no obstante, el carbón activado. Los primeros estudios sobre la aplicación de este adsorbente al tratamiento de aguas residuales se remontan a 1935; en la década de los años 50 ya se utilizaba para el tratamiento de efluentes industriales procedentes de la fabricación de pesticidas y, hacia 1960, comienza a considerarse de

interés su posible aplicación al tratamiento de aguas residuales urbanas.

Las moléculas que se encuentran dentro del carbón están rodeadas por moléculas similares y por lo tanto a fuerzas equilibradas. Las moléculas que se encuentran en la superficie del sólido están sometidas a fuerzas no equilibradas. Estas fuerzas no equilibradas son lo suficientemente elevadas como para atrapar moléculas de un soluto, cuando se encuentre en contacto con la superficie del carbón. Este fenómeno se denomina adsorción física o de Van der Waals.

El carbón activado (sólido) se denomina adsorbente y el soluto a adsorber (para este caso: fenol) se denomina adsorbato. La capacidad de adsorción está en función de la superficie total del adsorbente, debido a que cuanto mayor sea la superficie, se dispondrá de mayor número de fuerzas residuales no equilibradas.

El carbón activado es el adsorbente más versátil por su alta superficie específica, distribución multimodal de tamaños de poro, estructura porosa en forma de rendija, y por su capacidad de presentar diferentes tipos de naturaleza química en su superficie.

2.13. Medición de la capacidad adsorptiva del carbón activado

Se sigue una cierta metodología de pruebas de laboratorio para evaluar los diferentes tipos de carbón activado para una aplicación específica. Un solo fabricante de carbón, puede producir hasta 150 diferentes tipos de carbón activado.

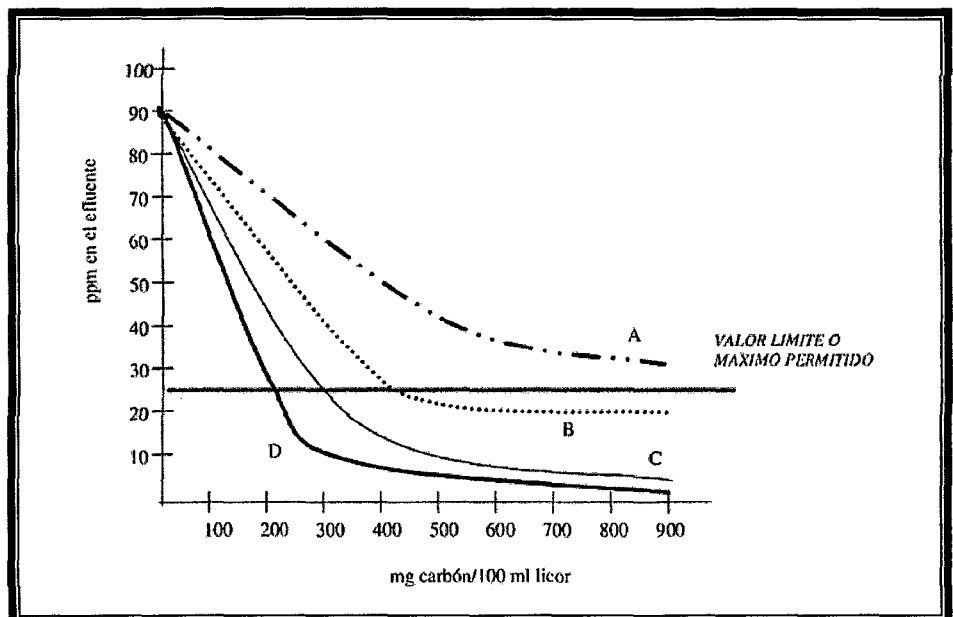
Si al fabricante se le pide información técnica de las características y usos de cada carbón, para la remoción de ciertos compuestos o para un tratamiento determinado, seguramente recomendará cinco o más

diferentes tipos de carbón de todos los que tiene disponibles. Estos deberán ser evaluados en pruebas de laboratorio para seleccionar uno solo de los que hayan sido caracterizados como posibles adsorbente. Si el adsorbente va a ser empleado para la adsorción de contaminantes o sustancias indeseables disueltas en una fase líquida se recomienda la siguiente metodología:

- 1.- Se toman muestras lo más representativo que sea posible, del líquido a tratar
- 2.- Se agregan cantidades variables de carbón activado en una proporción que cubre un rango de 0.10 a un 5.0 de porcentaje en peso de carbón con relación al líquido.
- 3.- Se determina cual es la dosis adecuada de carbón, para alcanzar un valore residual del o los compuestos a remover.

Para efectuar estas pruebas, si el carbón no está en polvo, se pulveriza antes de mezclarse con el licor a tratar.

Gráfico N°13: Resultados experimentales de la evaluación de los carbones activados A, B, C, y D.



Se agrega la cantidad de carbón establecida, por ejemplo: 0.2 gr de carbón en 200 ml, del líquido a tratar (0.1% en peso de carbón). En otro recipiente se colocan 0.5 gr de carbón con 200 ml de líquido (0.25% en peso de carbón) y así sucesivamente.

El líquido y el carbón se ponen en agitación para un mayor contacto entre las dos fases, durante una hora. Al término de la prueba se filtra la solución para separar el líquido del carbón, y en el fluido se cuantifica el o los compuestos a remover para determinar el grado de remoción a las diferentes dosis de carbón. La cuantificación de las sustancias que se desea remover puede ser por: cromatografía de gases, cromatografía de líquidos, o por métodos espectroscópicos.

Esta serie de pruebas con dosis variables de carbón, se realizan para cada uno de los diferentes carbones que sean factibles de usar.

Con estas pruebas se determina cualitativamente cual es el tipo de carbón más adecuado para el proceso de remoción deseado, y también es posible determinar cuantitativamente la dosis de carbón para el mismo propósito.

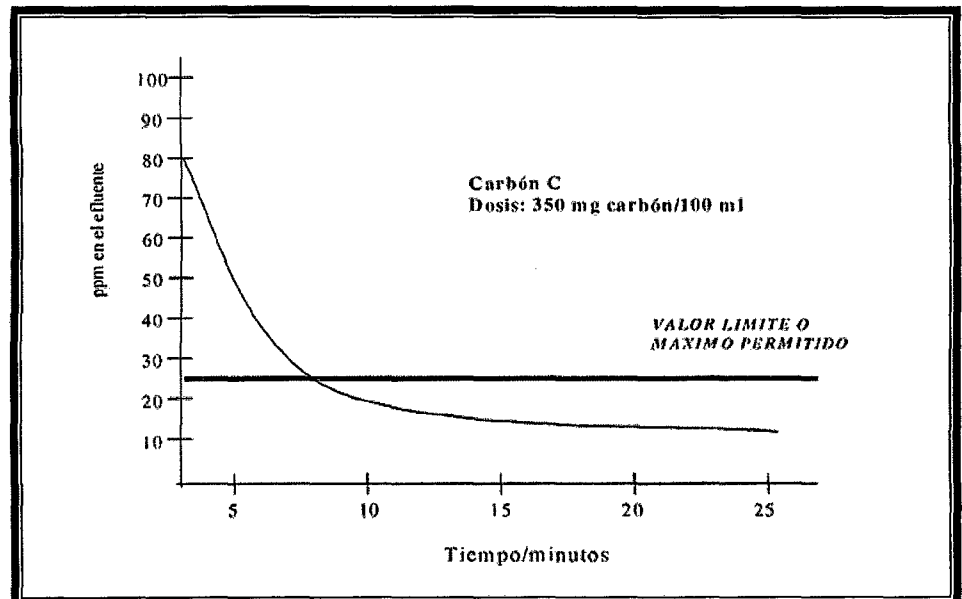
La figura anterior muestra cuatro diferentes carbones evaluados y sus resultados. En estos se puede observar que los carbones B, C, y D remueven el compuesto indeseable a valores menores de lo máximo permitido, pero el carbón D lo hace más eficientemente que el B y C, ya que requiere de menor cantidad de carbón para dejar un residual igual o menor al máximo permitido.

No se puede decir en esta sola prueba que el carbón D sería la mejor elección, ya que otro factor importante es el precio. Si por ejemplo: un kilogramo de carbón D costara el doble del carbón C, pudiera ser mejor elección el carbón C, ya que D requiere de 200 mg/100 ml para alcanzar el valor máximo permitido, y el C requiere de aproximadamente 300 mg/100ml para alcanzar el mismo valor, por lo que concluimos que el carbón D tiene 1.5 veces la capacidad adsorbtiva del carbón C pero su precio es 2 veces el del carbón C, y pudiera ser

mejor elección el carbón C que el carbón D al evaluar conjuntamente capacidad y precio.

4.- Una vez que se ha seleccionado el carbón más adecuado y se ha determinado la dosis óptima de este, se debe determinar el tiempo de contacto requerido para alcanzar el equilibrio. En algunos casos las moléculas a adsorber se fijan rápidamente en la superficie del carbón, en otras ocasiones el mecanismo de adsorción implica procesos de difusión y de transferencia de masa que requieren de un cierto tiempo. Para saber cuánto tiempo de contacto es requerido, se agrega el carbón activado seleccionado en la dosis más conveniente y se pone en agitación la mezcla a diferentes tiempos. El tiempo necesario de contacto se establece a partir de la grafica obtenida, como se ejemplifica en la siguiente figura:

Gráfico N°14: Tiempo requerido para alcanzar el equilibrio en la reacción de adsorción.



2.14. Flujo por área y tiempo de contacto

En las pruebas de laboratorio o pruebas piloto es posible determinar el tiempo de contacto necesario para remover un contaminante específico, o la cantidad de carbón que se requiere por cada metro cubico de agua tratada. Se hace una estimación y se obtiene información muy valiosa con este tipo de pruebas, pero la práctica y la experiencia es lo que finalmente marca los parámetros de operación.

En un tratamiento estándar o convencional, y en ausencia de datos experimentales en la remoción de un contaminante específico, los parámetros de diseño son:

Tiempo de contacto: 5-15 minutos (cinco minutos mínimos)

Relación G/A (Gasto/Área) = 100 lts/min-mt²

En la vida real, el control que se tiene en el proceso de adsorción consiste en monitorear el efluente con la frecuencia que se estime conveniente y determinar la concentración de los contaminantes a remover. Si el valor de estos está por debajo de los límites máximos permitidos, la operación es correcta. En el momento en que los valores del contaminante en el efluente aumentan y se acercan al valor máximo tolerable, es necesario cambiar el carbón activado, ya que este se ha saturado.

El carbón agotado es considerado residuo peligroso, por lo que su disposición deberá hacerse conforme al reglamento en materia ambiental o también este carbón puede reactivarse térmicamente y emplearse nuevamente.

Para evitar fugas del compuesto o compuestos a remover, así como para aprovechar al máximo la capacidad de adsorción del carbón, es muy conveniente tener un sistema doble en el cual el efluente pasa a la primera unidad y después a la segunda. La primera unidad es la que adsorbe la mayor cantidad de sustancia y la unidad dos solo remueve el residual, por lo que la primera unidad se agota más rápidamente.

Cuando esto ha ocurrido la segunda unidad es la que recibe ahora el efluente directamente y el nuevo carbón o carbón virgen se agrega a la unidad que estaba agotada y que ahora es la que va a ser pulidora del efluente.

2.15. Parámetros que influyen sobre las propiedades de la adsorción

- Capacidad vs cinética (velocidad de reacción):
 - (a) Los parámetros de capacidad determinan las características de carga del carbón (Concentración de adsorbato en el carbón, en el punto de saturación). La capacidad máxima de adsorción del carbón solo se alcanza en el equilibrio.
 - (b) Los parámetros cinéticos solo determinan la rata de adsorción, teniendo un efecto despreciable sobre la capacidad de adsorción.
- Área Superficial: La capacidad de adsorción es proporcional al área superficial (es función del grado de activación del carbón)
- Tamaño de poro: La correcta distribución del tamaño de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción (suministrando los sitios de adsorción, los poros finos, y los canales de transporte adecuados para el manejo del adsorbato).
- Tamaño de partículas: Las partículas pequeñas proveen una más rápida velocidad de adsorción (distancia más corta hasta los sitios de adsorción). Nota: el tamaño de partículas no influye sobre el área superficial total. El área superficial total es definida por el grado de activación y por la estructura de los poros del carbón.

- **Concentración del adsorbato:** La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato (altas concentración proveen grandes fuerzas de empuje durante el proceso de adsorción).
- **pH:** La capacidad de adsorción aumenta, con aquellas condiciones de pH que aumentan la solubilidad del adsorbato. El pH afecta al grado de ionización de los compuestos ácidos o básicos. Es frecuente que un pH ácido facilite la adsorción sobre carbón activado.
- **Tiempo de contacto:** Para alcanzar el equilibrio en la adsorción y maximizar su eficiencia, se requiere de suficiente tiempo de contacto.
- **Cenizas:** Las cenizas constituyen el componente inerte del carbón. En la mayoría de los casos las cenizas solubles en agua son las de mayor consideración.
- **La temperatura,** influye sobre la velocidad del proceso y el estado final de equilibrio.

2.16. Regeneración del carbón activado

Los métodos para regenerar el carbón granular se basan en:

- Paso de vapor a baja presión a través del lecho, para evaporar y eliminar el disolvente ocluido. Si el carbón usado sólo ha adsorbido algunos productos muy volátiles, puede practicarse

la regeneración del mismo mediante vapor, que además es útil para quitar la obstrucción de la superficie de los gránulos y esterilizar el carbón.

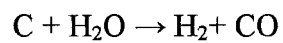
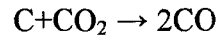
- Extracción del adsorbato mediante un disolvente, un ácido o un álcali. Se citan desarrollos que emplean un disolvente a 100°C y a pH elevado, con pérdidas de carbón del orden del 1 %.
- Regeneración por vía térmica.
- Tratamiento del carbón con gases oxidantes.

Es frecuente el uso de una de las dos primeras técnicas en combinación con las siguientes; así, el carbón granular se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y su posterior eliminación de la superficie del carbón en un horno.

La regeneración del carbón se lleva a cabo, sobre todo, por vía térmica, utilizando hornos de pisos múltiples, de tipo rotatorio o de lecho fluidizado. En los de tipo rotatorio, el carbón avanza a contracorriente con una mezcla de gases de combustión y vapor sobrecalentado. Las pérdidas de carbón pueden llegar hasta el 10% por regeneración, por lo que al cabo de unas 10 a 12 regeneraciones se habrá sustituido, estadísticamente, toda la masa de carbón inicial. En el horno de cámara múltiple el carbón es calentado hasta una temperatura suficientemente elevada (900-930°C) en una atmósfera aire-vapor (reactivación térmica con baja concentración de oxígeno para evitar que se inflame el carbón) para quemar el monóxido de carbono y el hidrógeno producido por la reacción de reactivación. Se

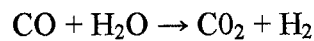
recupera del 90 al 95% del material, con una capacidad de adsorción algo inferior a la del nuevo carbón.

Las reacciones necesarias para la regeneración son:



Estas reacciones son endotérmicas pero por encima de unos 760°C. tienen lugar en el sentido señalado de forma prácticamente total.

Entonces, la composición de la fase gaseosa cambia hasta alcanzar el equilibrio de acuerdo con la siguiente reacción:



Cuya constante de equilibrio es:

$$K = 1,0 \text{ (870°C)}; K = 0,7 \text{ (980°C)}$$

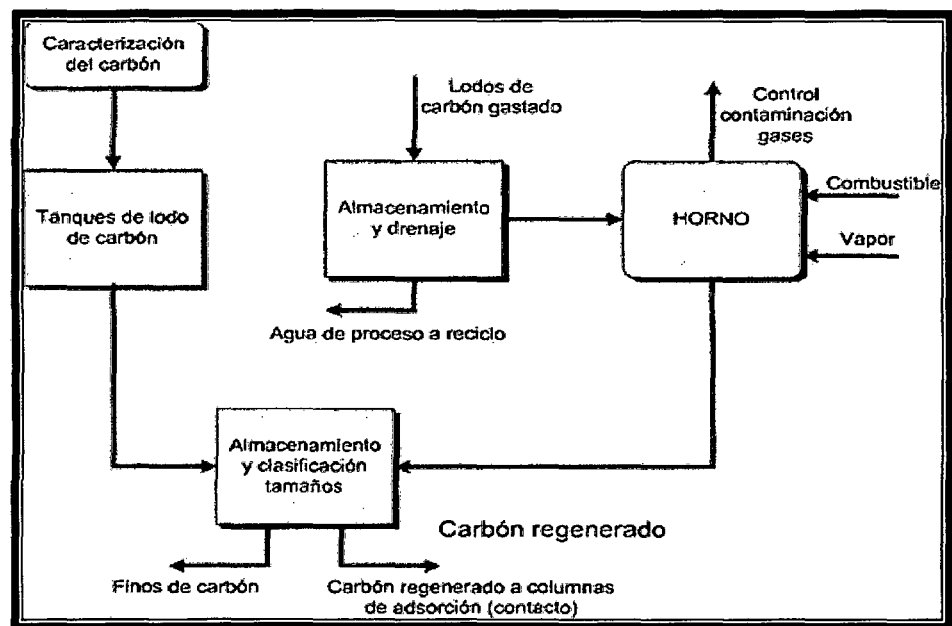
Por otro lado, hay que minimizar la oxidación directa del carbón a CO_2 , controlando la concentración de oxígeno en el reactor. Esta reacción es exotérmica y se produciría en condiciones de oxidación intensa sobre toda la superficie del carbón.

El horno debe ir provisto de dispositivos de control de atmósfera y de temperatura, de un sistema de deshidratación a la entrada y de un temple del carbón a la salida del horno.

El grafico N°15 presentan en forma simplificada los principales elementos de una instalación para la regeneración de carbón activado

gastado. El sistema de transporte y regeneración se ocupa del movimiento del carbón hacia y desde el horno de regeneración, de la regeneración del carbón y de la introducción y transporte del carbón fresco nuevamente al sistema.

Gráfico N° 15. Diagrama de flujo para la regeneración de carbón activado



Para la regeneración del carbón activado se pueden también usar hornos de infrarrojos. Este tipo de hornos, que funcionan desde 1973, a escala piloto en principio y posteriormente con capacidades de hasta unas 15 t/día, permiten la regeneración del carbón activado en polvo. El proceso es similar al carbón granular, variando el valor de algunas magnitudes en el sistema de alimentación y de otros parámetros específicos relacionados con las condiciones para la regeneración óptima. Debido a la mayor densidad de la torta de carbón activo en polvo se requieren tiempos de residencia superiores a los correspondientes al carbón activado granular; por ejemplo, 30 minutos en lugar de 20.

En muchos casos, el carbón activado en polvo agotado contiene cantidades importantes de materiales combustibles, debidos sobre todo al "lodo" formado durante el tratamiento de las aguas residuales. En este caso puede ser de interés la combustión de una parte de estas materias volátiles dentro del horno, reduciéndose así el consumo de energía de éste. Como se ha dicho, hay que controlar muy bien la cantidad de aire alimentado a la combustión, así como las pérdidas de carbón por oxidación.

Hay diversos sistemas de hornos de infrarrojos en diferentes estados de diseño y desarrollo, con distintos tamaños y para variadas aplicaciones.

Parece ser que en la regeneración del carbón activado (granular o en polvo), los hornos de infrarrojo tienen algunas ventajas derivadas del propio control del proceso, así como económicas, en cuanto el capital inmovilizado necesario y los costes de operación y mantenimiento, que son comparativamente reducidos.

2.17. Factor Económico.

Aunque habitualmente es el carbón activado el adsorbente más adecuado para el tratamiento de las aguas, con frecuencia presenta grandes limitaciones, entre las que se pueden señalar las siguientes:

- Baja eficacia para la eliminación de determinados tipos de compuestos orgánicos; en general, de cierta polaridad.
- Elevado coste de regeneración. Esta operación ha de llevarse a cabo en la mayor parte de los casos por vía térmica, con una importante inmovilización de capital, alto consumo energético y pérdidas de adsorbente que alcanzan hasta el 10% o más de

la masa del mismo en cada ciclo, como consecuencia de la reducción de tamaño de las partículas.

Para que la aplicación de carbón sea económica es necesario un medio eficaz para regenerarlo una vez que se haya alcanzado su capacidad de adsorción.

Desde el punto de vista industrial, las consideraciones económicas del proceso han de tener en cuenta tanto la inversión necesaria, incluida la planta de regeneración del adsorbente si la hubiese, como los costes de operación. Cabe destacar el precio del adsorbente, la capacidad del mismo que determina la dosis necesaria y las posibilidades técnico-económicas de su regeneración.

2.18. Columnas de adsorción de carbón activado

En columnas de adsorción de lecho fijo la adsorción se produce a una velocidad superficial constante, donde el proceso de adsorción ocurre en un tramo de la columna denominada Zona de Transferencia de Masa (ZTM).

La Zona de Transferencia de masa (ZTM), representa la profundidad teórica de carbón activado suficiente para evitar que la concentración de soluto en el efluente exceda el valor del Límite Máximo Permisible (LMP). Conforme se vayan saturando los estratos superiores de carbón granulado, la ZTM se irá desplazando hacia abajo hasta que se produzca el agotamiento. La altura de la ZTM varía en función del caudal que circula por la columna debido a que los fenómenos de dispersión, difusión y formación de canales preferenciales en medio granular depende directamente del caudal. El procedimiento que permite aprovechar la capacidad de adsorción en la zona inferior de la columna consiste en la conexión en serie de dos columnas, habilitando la segunda al agotarse la capacidad adsorbente de la primera.

Para determinar las dimensiones y número de columnas necesarias para conseguir el tratamiento continuo es necesario conocer los valores óptimos del caudal, profundidad de la columna y la capacidad operativa del carbón activado. Debido a que estos parámetros solo se pueden establecer basándose en ensayos dinámicos en columnas experimentales, se recomienda realizar estudios en plantas piloto. (METCALF & EDDY, INGENIERIA EN AGUAS RESIDUALES)

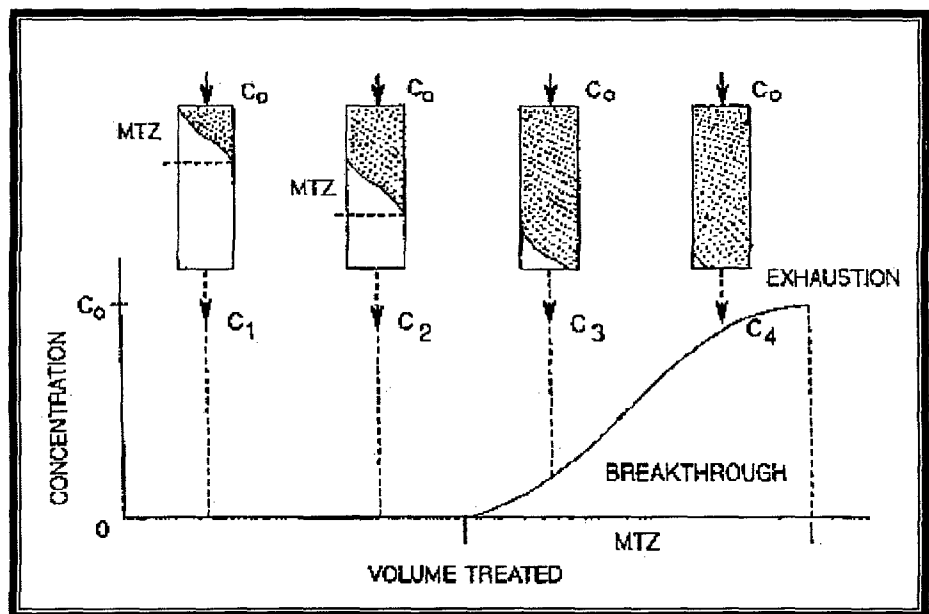


Gráfico N°16. Representación de un sistema de columnas

El agua es bombeada dentro de la columna que contiene el carbón activado, esta agua deja la columna a través de un sistema de drenaje. La actividad del carbón activo de la columna depende de la temperatura y de la naturaleza de las sustancias. El agua pasa a través de la columna constantemente, con lo que produce una acumulación de sustancias en el filtro. Por esa razón el filtro necesita ser sustituido periódicamente. Un filtro usado se puede regenerar de diversas maneras, el carbón granular puede ser regenerado fácilmente oxidando la materia orgánica. La eficacia del carbón activado disminuye en un

5-10% tras cada regeneración. Una parte pequeña del carbón activado se destruye durante el proceso de la regeneración y debe ser sustituida

Los sistemas pueden operar, según los casos, por presión o por gravedad. En uno y otro caso, la complejidad de la operación y el coste debidos a la mayor o menor necesidad de tubos y válvulas, dependerá del modelo de disposición para el flujo y del número de columnas instaladas.

Existe una estrecha relación entre el fenómeno de la adsorción y algunos aspectos de naturaleza biológica observados en las columnas de carbón activado. Debido a la acumulación de biomasa, se puede llegar a detectar en la columna (a escala de planta) una eliminación de productos orgánicos entre el 50 y el 100% superior a la calculada a partir de las pruebas de laboratorio.

Como quizá el carbón puede catalizar procesos bioquímicos, puede haber un crecimiento biológico importante. Después de quedar agotado el carbón, la actividad biológica aún continúa.

La aplicación de las propiedades de adsorción del carbón activado en el tratamiento de aguas residuales se realiza mediante columnas de adsorción. El principio de la adsorción del carbón activado en columnas fue estudiado por Bohart y Adams, de donde se desprende la ecuación:

$$\ln[(C_0/C_e) - 1] = \ln(e^{KN_0 D/V} - 1) - KC_0 t$$

Empleando esta ecuación, considerando la adsorción del fenol del agua residual, tendremos el significado de cada uno los parámetros:

C_0 : concentración de fenol en el afluente en mg/l

Ce: concentración permisible de fenol en el efluente en mg/l

K: constante de velocidad (l/(g de carbón)(h))

N₀: capacidad de adsorción en: kg de fenol/m³ de carbón

H: altura del lecho de carbón en metros (m)

V: velocidad lineal en m/h

t: tiempo de servicio

2.19. Desarrollo de la ecuación de Bohart y Adams

Considérese una masa adsorbente. Su capacidad residual (N) disminuye a una velocidad dada por la ecuación (1)

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -KNC \quad (1)$$

En la que N es la capacidad de adsorción residual [a t=0, N=N₀=capacidad de adsorción (kg/m³); C la concentración de soluto (kg/m³); t el tiempo (h); K la constante de velocidad (m³/Kg.h)].

Considérese ahora la solución de la cual se separara el soluto por adsorción. La concentración de soluto disminuye a una velocidad dada por:

$$\frac{\partial C}{\partial D} = -KNC/V \quad (2)$$

En la que D es la profundidad del adsorbente (profundidad total, D=D₀ en m); V la velocidad de flujo de solución después del adsorbente (m/h).

Se aplica la siguiente serie de condiciones: En la condición uno a t = 0, N=N₀ (Capacidad inicial de adsorber soluto). Para la condición dos a D=0, C=C₀ (concentración de entrada). Se lleva a cabo los siguientes cambios de variable. Sean:

$$N' = N/N_0$$

$$N = N_0 N' \quad (3)$$

$$C' = C/C_0$$

$$C = C_0 C' \quad (4)$$

$$D' = KN_0 D/V$$

$$D = D'V/KN_0 \quad (5)$$

$$t' = KC_0 t$$

$$t = t'/KC_0 \quad (6)$$

Con este cambio de variables se tiene dos condiciones modificadas: Para la condición modificada uno a $t'=0$ (esto es $t=0$), ya que $N=N_0$ se tiene $N'=N/N_0=1$. Para la condición modificada dos a $D'=0$ (esto es $D=0$) ya que $C=C_0$ se tiene $C'=C/C_0=1$.

Las ecuaciones (1) y (2) podemos escribirlas en función de las nuevas variables N' , C' , D' y t' , sustituyendo a N , C , D y t por los valores dados en las ecuaciones (3), (4), (5) y (6). El resultado final después de simplificar es:

De la ecuación (1):

$$\frac{\partial N'}{\partial t'} = -N' C' \quad (7)$$

o

$$\partial \ln N' / \partial t' = -C' \quad (8)$$

De la ecuación (2)

$$\frac{\partial C'}{\partial D'} = -N' C' \quad (9)$$

o

$$\partial \ln C' / \partial D' = -N' \quad (10)$$

Diferenciando la ecuación (8) con respecto a D' y la ecuación (10) con respecto a t' se llega a:

$$\partial^2 \ln N' / \partial D' \partial t' = -\partial C' / \partial D' = N' C' \quad (11)$$

$$\partial^2 \ln C' / \partial t' \partial D' = -\partial N' / \partial t' = N' C' \quad (12)$$

Restando la ecuación (11) de la (12):

$$\partial^2 \ln C' / \partial t' \partial D' - \partial^2 \ln N' / \partial D' \partial t' = 0$$

o

$$\partial^2 \ln(C' / N') / \partial t' \partial D' = 0 \quad (13)$$

La integración de la ecuación (13) conduce a:

$$\ln(C' / N') = f(D') + f(t') \quad (14)$$

En la que $f(D')$ y $f(t')$ son, respectivamente, funciones de D' y t' únicamente(*).

Al imponer las condiciones modificadas uno y dos se deduce que:

$$\ln(C' / N') = t' - D' \quad (15)$$

o

$$\frac{C'}{N'} = e^{t' - D'} \quad (16)$$

La aplicación de las condiciones modificadas uno y dos a la ecuación (15) lleva a una identidad:

$$\ln\left(\frac{1}{1}\right) = 0 - 0 = 0$$

Por lo tanto $f(D')$ y $f(t')$ se satisfacen por:

$$f(D') = -D$$

y

$$f(t') = t'$$

La ecuación (9) vuelve a escribirse de la forma:

$$\frac{\partial C'}{-C' \partial D'} = N'$$

Dividiendo ambos miembros por C' y empleando la ecuación (16), se tendrá:

$$-(\partial C' / C'^2) / \partial D' = N' / C' = e^{D' - t'} \quad (17)$$

La ecuación (17) se integra para dar:

$$1/C' = e^{D' - t'} - \varphi(t') \quad (18)$$

en la que $\varphi(t')$ es una función de t' exclusivamente.

La demostración de la ecuación (18) es una solución para la ecuación (17) se logra diferenciando la ecuación (18) con respecto a D' . Nótese que $\partial \varphi(t') / \partial D' = 0$, y por lo tanto:

$$\partial(1/C') / \partial D' = \partial(e^{D' - t'}) / \partial D'$$

o

$$-(\partial C' / \partial D') / C'^2 = e^{D' - t'}$$

y finalmente:

$$-(\partial C' / C'^2) / \partial D' = e^{D' - t'}$$

que es la ecuación (17).

La función $\varphi(t')$ se evalúa aplicando la condición modificada dos.

$$\varphi(t') = e^{-t'} - 1 \quad (19)$$

Por ello la ecuación (18) se convierte en:

$$1/C' = e^{D'-t'} - e^{-t'} + 1 \quad (20)$$

$$C' = 1/(e^{D'-t'} - e^{-t'} + 1) \quad (21)$$

Multiplicando el numerador y el denominador de la ecuación (21) por $e^{t'}$:

$$C' = e^{t'}/(e^{D'} - 1 + e^{t'}) \quad (22)$$

Sustituyendo en la ecuación (22) C' , D' y t' por los valores dados en las ecuaciones (4), (5) y (6), el resultado es:

$$C/C_0 = e^{KC_0 t} / (e^{KN_0 D/V} - 1 + e^{KC_0 t}) \quad (23)$$

Despejando t en la ecuación (23) es resultado final es:

$$t = (1/KC_0) \ln \left(\frac{e^{KN_0 D/V} - 1}{(C_0/C) - 1} \right) \quad (24)$$

La ecuación se reordena para dar la ecuación (25). Se toma t como tiempo de servicio y por lo tanto la concentración C se iguala a C_e

$$\ln[(C_0/C_e) - 1] = \ln(e^{KN_0 D/V} - 1) - KC_0 t \quad (25)$$

(*) Demostración de la ecuación (14) es una solución de la ecuación diferencial (13): diferenciando la ecuación (14) con respecto a D' y después con respecto a t' se obtiene la ecuación (13), ya que:

$$\partial f(t')/\partial D' = 0$$

y

$$\frac{\partial}{\partial t'} \frac{\partial f(D')}{\partial D'} = 0$$

(ya que $f(D')$ y $f(t')$ son respectivamente funciones de D' y t' respectivamente).

2.20. Isotermas de adsorción

A temperatura constante, la cantidad adsorbida aumenta con la concentración de adsorbato; la relación entre la cantidad adsorbida (x) y la concentración (C) de la disolución en el equilibrio, se conoce como isoterma de adsorción. Sólo a muy bajas concentraciones x es proporcional a C . Por regla general, la cantidad adsorbida se incrementa menos de lo que indicaría la proporcionalidad a la concentración, lo que se debe a la gradual saturación de la superficie y, en muchos casos, la isoterma se puede representar por una ecuación de la forma:

$$x/m = KC^n$$

Siendo m la cantidad de sustancia adsorbente, K y n constantes para el sistema y temperatura dados, donde la constante n es, generalmente, menor que la unidad.

Las isotermas de adsorción no presentan siempre la misma forma, ya que existen apreciables diferencias en los calores de adsorción de distintos adsorbentes para un adsorbato dado, lo que significa que la forma de la isoterma es altamente dependiente de la naturaleza del adsorbente. Si un determinado sólido es mesoporoso, la condensación capilar se producirá a bajas presiones, Esta es la razón fundamental por la que la forma de isoterma de adsorción puede proporcionar

información acerca de los procesos que tienen lugar en la interfase sólido-adsorbato.

Se han propuesto muchas clasificaciones de las isothermas de adsorción, pero la que es aceptada en la actualidad como más adecuada es la propuesta por Brunauer, Deming, Deming, y Teller (BDDT), que distingue 5 tipos de isothermas, si bien se incluye, además, un sexto tipo que ha sido identificado en los últimos años. Los seis tipos de isothermas de adsorción se presentan en la siguiente figura:

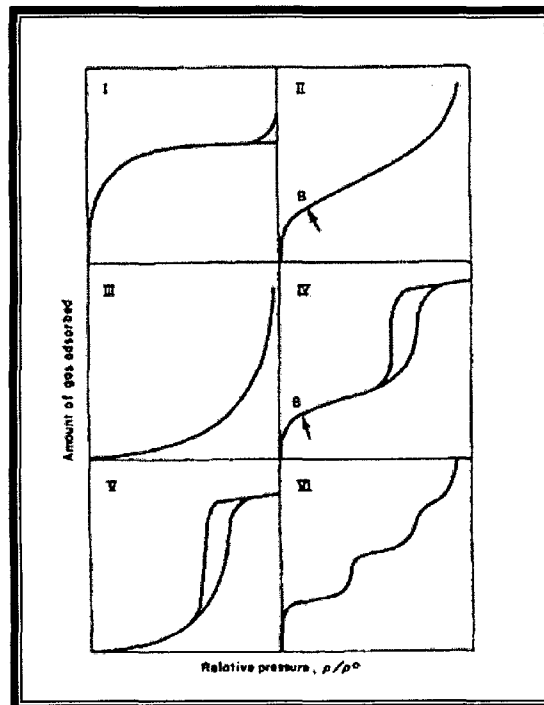


Gráfico N°17. Clasificación BDDT de isothermas de adsorción

A continuación se analizarán cada uno de ellos por separado, indicando los procesos fundamentales diferenciadores que se presentan en cada caso:

Tipo I o tipo Langmuir.- Es característico de procesos en los que se produce el llenado de los microporos. Su interpretación se contempla fundamentalmente desde el punto de vista de la teoría potencial de Polanyi- Dubunin.

Tipo II.- Es característico de procesos de adsorción en sólidos no porosos o macroporosos. Representa el caso de adsorción en monocapa, cuyo estudio queda perfectamente definido mediante el modelo B.E.T. Es característico el llamado punto B, que indica el momento en el que se contempla la monocapa. Un ejemplo típico de este grupo lo constituyen los grafitos no porosos, y muchos carbón blacks.

Tipo III.- Es característico de procesos de adsorción en sólidos no porosos en los que la interacción adsorbente-adsorbato es débil, por lo que no se forma el codo de las isothermas tipo II ni se puede definir el punto B. Ejemplos típicos son muchos óxidos metálicos.

Tipo IV.- Se caracteriza por la presencia de ciclos de histéresis. Su parte inicial es semejante a la de la isoterma tipo II, pero a presiones medias comienza la condensación capilar en mesoporos. A partir de la rama de desorción de estas isothermas se puede determinar la distribución de tamaños de los poros. Las sílices y alúminas son ejemplos representativos.

Tipo V.- Son poco comunes y las de más difícil interpretación. La afinidad del adsorbente (poroso en este caso, en contraste con el tipo III) por el adsorbato es baja y la histéresis enlaza con el llenado de los poros; además, nunca se obtienen superficies específicas, ni de distribuciones de tamaños de poros que sean fiables. Es típica de la adsorción de vapor de agua por carbones a temperaturas cercanas a la ambiente.

Tipo VI.- Es característico de la adsorción en multicapa de gases nobles sobre superficies altamente uniformes. Cada una de las primeras capas se adsorbe dentro de un cierto rango de presiones correspondiendo cada escalón al llenado de una capa, hasta un total de 2 ó 3 capas. Se trata de procesos de adsorción cooperativos que contribuyen a que cada capa actúe positivamente a la formación de la siguiente mediante interacciones laterales de las propias moléculas.

Son poco comunes, entre otras razones, porque la gran mayoría de los adsorbentes utilizados suelen ser heterogéneos; no obstante, la adsorción de Kr sobre “papyex” o “graphoil” (dos grafitos exfoliados) constituyen ejemplos típicos.

Las isothermas más documentadas son la isoterma de Langmuir, la isoterma de Freundlich y la isoterma BET (Brunauer-Emmett-Teller):

Isoterma de Langmuir

En 1916, Langmuir desarrolló un modelo simple para tratar de predecir el grado de adsorción de un gas sobre una superficie como función de la presión del fluido. En este modelo se supone que:

- a. el adsorbato forma una capa monomolecular sobre la superficie.
- b. todos los sitios de la superficie son equivalentes.
- c. no hay interacción entre las partículas adsorbidas.
- d. las moléculas adsorbidas no tienen movimiento sobre la superficie.

$$X/M = K \cdot b \cdot C_e / (1 + K \cdot C_e)$$

En la que X es el peso del soluto adsorbido, M es el peso del adsorbente, K la constante de equilibrio, C_e la concentración de equilibrio y b una constante que representa el cubrimiento en monocapa.

Isoterma de Freundlich

El modelo de Freundlich admite la posibilidad de interacción entre las moléculas adsorbidas en los distintos centros activos y fue una de las primeras ecuaciones propuestas para relacionar la cantidad adsorbida con la concentración del material en la solución. Esta isoterma se rige según la siguiente ecuación:

$$X/M = K * C_e^{(1/n)}$$

X/M y C_e tienen el mismo significado en la isoterma de Langmuir, K y n son constantes.

Isoterma BET

Este modelo supone que sobre la primera capa adsorbida se pueden adsorber otras moléculas de gas formando 'pilas' o complejos multimoléculas o multicapa, pudiéndose generar dos casos:

- a) la primera se adsorbe por quimisorción y las demás por fisisorción
- b) todas las capas son adsorbidas físicamente

2.21. Determinación de las isotermas de adsorción en carbón activado granular (a partir de cáscara de coco)

Las relaciones de equilibrio entre adsorbente y adsorbato se describe mediante las isotermas de adsorción. En nuestro caso, el equilibrio de adsorción se establece cuando la concentración residual de fenoles en la solución se encuentra en equilibrio dinámico con la presente en superficie del sólido. La isoterma para el carbón activo granular

(CAG) en presencia de fenoles fueron obtenidos en ensayos discontinuos de laboratorio.

Existen diversos trabajos y estudios que comprueban que las isotermas de adsorción del carbón activado formado a partir de la cáscara de coco se ajustan aceptablemente al modelo de Freundlich. Esto se debe a que el carbón activado granular (CAG) generado a partir de cáscara de coco se caracteriza por tener una estructura interna formada en gran parte por microporos, donde las fuertes interacciones, debidas al cambio de potencial, hace que incluso a bajas presiones relativas (bajas concentraciones), tenga lugar el llenado de dichos microporos con el adsorbato. Estas interacciones hacen que estos adsorbentes (carbón activado) presenten isotermas tipo I según la clasificación BDDT (fuentes:)

- Artículo: “Monolitos de carbón activado a partir de cáscara de coco e impregnación con níquel y cobre” Liliana Giraldo, Juan C. Moreno-Piraján (Recibido: 29/01/08 – Aceptado: 17/12/08).
- Artículo: “Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia” Marlon Bastidas*, Lina M. Buelvas, María I. Márquez y Kellys Rodríguez (Recibido May. 25, 2009; Aceptado Jul. 13, 2009).
- Artículo: “Influencia del pH sobre la adsorción en carbón activado de Cd (II) y Ni (II) desde soluciones acuosas” Paola Rodríguez, Liliana Giraldo, Juan Carlos Moreno (Recibido: 02/08/10 – Aceptado: 22/11/10).

De las pruebas realizadas para la obtención de la isoterma de adsorción, se concluye que la isoterma obtenida no se ajusta al modelo de Langmuir pero sí lo hace de manera aceptable al modelo de Freundlich.

Isoterma de Freundlich:

La Isoterma de Freundlich se expresa mediante la ecuación

$$X/M = K_f C_e^{(1/n)}$$

X: es el peso de fenol adsorbido (adsorbato) en mg

M: es el peso del carbón utilizado (adsorbente) en mg

C_e: la concentración de equilibrio del fenol en mg/l.

K_f y n: constantes

La ecuación se toma logaritmos en ambos miembros y queda expresada como:

$$\log(X/M) = \log(K_f) + (1/n)\log C_e$$

3. DESARROLLO DEL DISEÑO

3.1. Parte Experimental

3.1.1. Diseño de Experimentos (hipótesis, variables, etc.)

La aplicación de las propiedades de adsorción del carbón activado granular en la remoción de los fenoles de las aguas residuales

industriales generadas por la actividad de la refinería de Iquitos se realiza a través del diseño de columnas de adsorción, para ello debemos considerar los parámetros operacionales reales y sus características. El objeto será de reducir la concentración de los fenoles por debajo de los Límites Máximos Permisibles y reducir el impacto negativo a la calidad del agua del río Amazonas.

3.1.2. Variables de la investigación

Variable Independiente : Concentración de fenoles en el efluente (a la salida de cada columna)

Variable Dependiente : Tiempo de operación de cada columna (tiempo en que alcanza el LMP)

3.1.3. Características de las pruebas

En una columna de carbón activado de 25 cm de altura y 1.8 cm de diámetro, a un flujo constante de 0.8 ml/s se alimenta el afluente con elevado contenido de fenoles de forma continua por tres columnas en serie. Al inicio de la prueba, la concentración de fenoles a la salida de la primera columna será menor a la concentración permisible (0.5 mg/l). Al cabo de un tiempo (t) la concentración del efluente alcanza el valor permisible (teniendo que registrar el tiempo en la cual alcanza este valor, t1). En forma continua, el agua que sale de la primera columna pasa a una segunda columna, de iguales características a la primera, donde se registra el tiempo transcurrido al cual la salida del efluente de la segunda columna alcanza la concentración permisible, (t2). De igual forma se procede con una tercera columna de forma continua (registrando t3).

Se pretende establecer un sistema de 3 columnas consecutivas para el paso del efluente con flujo constante. El objetivo será determinar para este flujo los parámetros siguientes:

- **Velocidad de la zona de transferencia (V_{aztm}).** La transferencia de masa del fenol en solución hacia el adsorbente (carbón activado) tiene lugar en un tramo de la columna de altura (H_0), generalmente denominada altura de la zona de transferencia de masa ($aztm$). La velocidad con la que se desplaza la zona de transferencia hacia abajo de la columna se determinará mediante la ecuación:

$$V_{aztm} = (H_c - H_0)/t$$

Donde: “t” representa el tiempo transcurrido, y “Hc” la altura de la columna de carbón activado.

- **Capacidad máxima de adsorción (N_0).** Se determinará también la capacidad máxima de adsorción (N_0) del fenol en el carbón activado (a través del estudio de las curvas de ruptura), cuando se presenta la saturación, mediante la siguiente ecuación:

$$N_0 = 86.4(Q/v) \int_0^{t_e} (C_0 - C_e) dt$$

Donde:

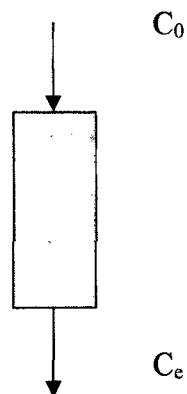
v: volumen total del carbón activado en m^3

Q: caudal en m^3/s

Concentración del afluente y efluente (C_0, C_e) en mg/l

t : tiempo

La ecuación anterior es producto del estudio del flujo del agua residual a través de una columna de carbón activado, cuando ello ocurre los contaminantes presentes se separan gradualmente y el agua residual se va purificando progresivamente conforme descende a través de la columna. Esto ocurre en un tramo de la columna denominado Zona de Transferencia de Masa (ZTM). El movimiento progresivo de esta zona de adsorción puede verse mediante la representación de las llamadas curvas de ruptura. Las ordenadas de una curva de ruptura corresponden a la concentración del efluente y las abscisas corresponden a la duración del flujo a través de la columna.



- **Constante de velocidad (K).** Otro de los parámetros a determinar en el diseño de la columna de adsorción es la constante de velocidad (K). Supone una velocidad de adsorción de primer orden, $r = KC$.

$$(mg \text{ soluto} / (g \text{ de carbón}) (h)) = K (mg \text{ de soluto} / l \text{ de solución})$$

Entonces las unidades serán:

$$K = ((l \text{ solución}) / (g \text{ de carbón})(h))$$

Los resultados de cada uno de los parámetros de las ecuaciones anteriores, serán obtenidos a través de una correlación lineal, utilizando la ecuación desarrollada por Bohart y Adams.

$$\ln[(C_0/C_e) - 1] = \ln(e^{KN_0H/V} - 1) - KC_0t \quad (26)$$

Donde:

C_0 : concentración de fenol en el afluente en mg/l

C_e : concentración permisible de fenol en el efluente en mg/l

K : constante de velocidad (l/ (g de carbón) (h))

N_0 : capacidad de adsorción en: kg de fenol/m³ de carbón

H : altura del lecho de carbón en metros (m)

V : velocidad lineal en m/h

t : tiempo de operación

3.1.4. Consideraciones importantes en el empleo de la ecuación de Bohart y Adams.

Cuando $t=0$, $H = H_0$ (altura teórica de la columna de carbón donde no se excede el valor permisible) despejando H_0 de la ecuación de Bohart y Adams (ecuación 26) y despreciando la unidad por ser considerablemente menor al término Expo (KN_0H/V) se obtiene:

$$H_0 = (V/KN_0) \ln(C_0/C_e - 1) \quad (27)$$

También de la ecuación 26, despejando el tiempo "t" y despreciando la unidad entre paréntesis del primer miembro al compararlo con la exponencial tendremos:

$$t = (N_0/C_0V)H - \ln(C_0/C_e - 1)/KC_0 \quad \dots (28)$$

La ecuación 28, representa una función lineal, donde el tiempo “t” está en función de la altura del carbón “H”:

La pendiente de la recta será:

$$m = N_0/C_0V \quad \dots (29)$$

La ordenada en el origen será:

$$b = -\ln(C_0/C_e - 1)/KC_0 \quad \dots (30)$$

De las ecuaciones (29) y (30) se determina los valores de N_0 y K respectivamente.

La profundidad de la zona de transferencia (H_0) se determina de la ecuación 27.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Recursos

Para poder realizar el proyecto necesitaremos la colaboración de:

- Materiales de laboratorio para el recojo de muestras de agua (frascos de pvc, preservantes, coolers, etiquetas, etc.).
- Un técnico especialista en monitoreo ambiental para la toma y transporte de las muestras de agua.

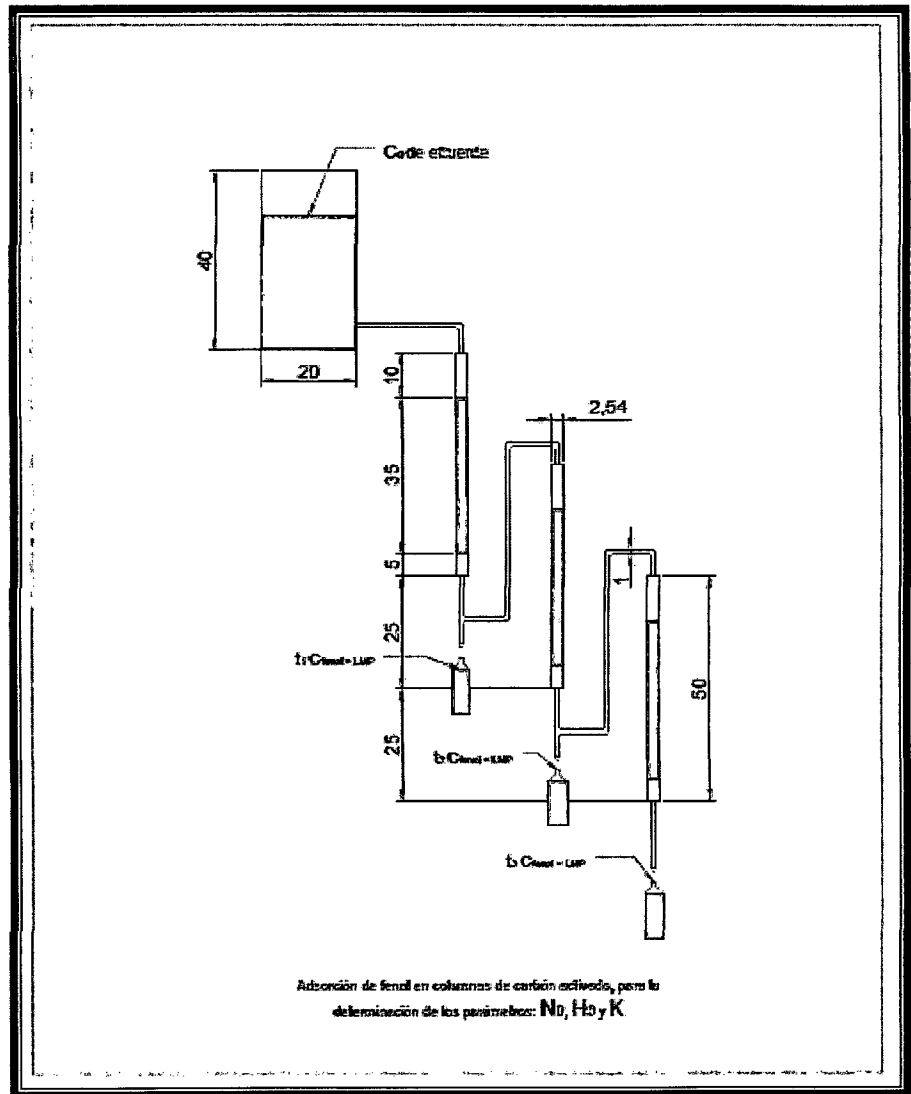
- La asistencia de un laboratorio ambiental que cuente con métodos de análisis de fenoles acreditado.
- Técnicos analistas.

3.2.2. Materiales

Entre los materiales que utilizaremos para el desarrollo de las pruebas, tenemos los siguientes:

- 2 Kg de carbón activado granular (CAG)
- 03 Columna de vidrio (d=1.8 cm y 75 cm de altura)
- 01 Cámara fotográfica
- 01 Laptop
- 01 Movilidad
- 01 Cronometro
- 04 Matraces Erlenmeyer
- 50 frascos de PVC de 1 l
- 04 Soporte universal
- 04 Pinzas
- 01 Balanza analítica
- 10 papeles de filtro
- 04 baquetas
- 50 etiquetas
- 02 plumones indelebles
- 02 mandiles

Gráfico N°18. Sistema de columnas en serie para realización de pruebas piloto



Las pruebas experimentales proporcionan los tiempos en las que cada columna alcanza el valor permisible para el fenol (t_1 , t_2 , t_3), considerando las alturas de las columnas de carbón (h_1 , h_2 y h_3).

De la representación gráfica entre la profundidad del lecho (H) versus el tiempo de operación (t), se obtiene los parámetros comprendidos en la ecuación de Bohart y Adams, que serán

empleados en la determinación del tiempo de operación necesario para obtener una efluente cuya concentración no supere los LMP.

La isoterma de adsorción de Freundlich, proporciona la máxima cantidad de fenol adsorbido por cierta cantidad de carbón empleado cuando alcanza la saturación.

3.3. Desarrollo y Resultados de Pruebas Piloto

3.3.1. Determinación de la isoterma de Freundlich

Para los siguientes datos se determina la isoterma de Freundlich, considerando el volumen de líquido empleado en los ensayos de un litro.

Los datos para la determinación de la isoterma de adsorción fueron obtenidos mediante pruebas desarrolladas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNI.

Se dispuso de cuatro (04) masas de carbón (CAG) de: 250, 500, 1000 y 2000 mg respectivamente. Las masas de carbón fueron colocados en vasos de vidrio de 1 litro de capacidad, añadiendo a cada frasco 1 litro de agua residual. Posteriormente cada frasco se sometió a una agitación continua a 50 rpm durante el lapso de una hora.

Finalizada la agitación se filtraron las muestras resultantes para separar el carbón húmedo. Las muestras fueron colocadas en frascos de PVC de 1 litro de capacidad para ser identificadas.

Posteriormente las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio para determinar la concentración de fenol residual en las muestras de agua.

Las concentraciones de equilibrio se determinan con la diferencia entre la concentración inicial de fenoles (agua residual sin tratamiento) y la concentración resultante de las pruebas de agitación con carbón activado.

El cuadro 14 resume los resultados de esta prueba.

Cuadro 14. Datos para elaboración de isoterma de adsorción

Masa de CAG en la solución (g)	Concentración de equilibrio del adsorbato en solución (mg/l)
0,0	4,261
0,25	3,613
0,50	2,990
1,0	2,706
2,0	1,780

Estos datos fueron procesados convenientemente como se presenta en el cuadro 15, para obtener la isoterma de adsorción de Freundlich.

Isoterma de Freundlich:

$$X/M = K_f C_e^{(1/n)}$$

X: es el peso de fenol adsorbido (adsorbato) en mg

M: es el peso del carbón utilizado (adsorbente) en mg

Ce: la concentración de equilibrio del fenol en mg/l.

Kf y n: constantes

Tomando logaritmos en ambos miembros, la ecuación queda expresada como:

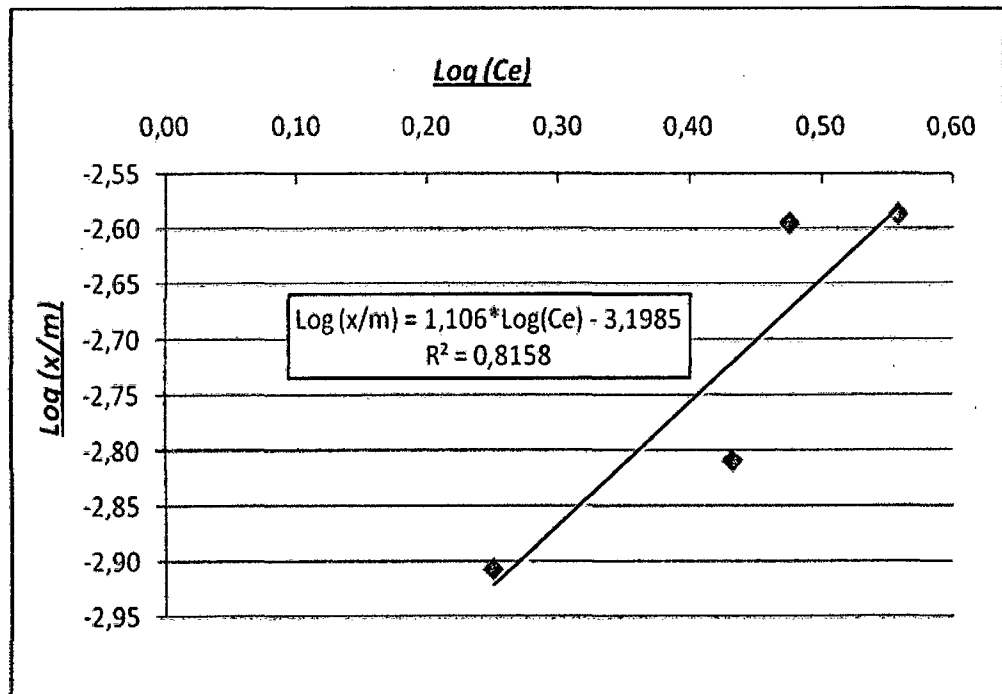
$$\log(X/M) = \log(K_f) + (1/n)\log C_e$$

Cuadro 15. Procesamiento de datos para obtención de isoterma de Freundlich

C_0	C_e	x	m (mg)	x/m (mg/mg)	$\text{Log}(x/m)$	$\text{Log}(C_e)$
4,261	4,261	0,0	0,0	—	—	—
4,261	3,613	0,648	250,0	0,002592	-2,5864	0,5579
4,261	2,990	1,271	500,0	0,002542	-2,5948	0,4757
4,261	2,706	1,555	1000,0	0,001555	-2,8083	0,4323
4,261	1,780	2,481	2000,0	0,001241	-2,9064	0,2504

C_0 : Concentración inicial del fenol en la solución

Gráfico N°19. Obtención de los parámetros de la isoterma de Freundlich



Se obtiene la isoterma de Freundlich:

$$(X/M) = 0.0006331C_e^{1.105}$$

3.3.2. Datos para aplicación de isoterma

Los datos presentados serán empleados para la determinación del tiempo (en horas) necesario para saturar columnas de 0.25 m, 0.5 m y 0.75 m de carbón activado granular, que presentan un diámetro de 0.018 m. Esta información servirá para estimar el tiempo aproximado al cual las columnas empleadas en la prueba piloto alcanzan la saturación.

Consideramos:

Flujo (Q): 0.8 ml/s (dato experimental)

Ce: 4.261 mg/l

Flujo másico (Q*Ce): 12.27 mg/h

(x/m): 0.0031457 mg fenol/mg carbón

Densidad de CAG (D): 600 Kg/m³ (especificaciones técnicas del fabricante)

Área de columna (A): 0.000254 m²

Los resultados que se presentan en el cuadro N°16 fueron determinados a partir de los datos mencionados líneas arriba y usando la Isoterma de adsorción. El tiempo de saturación de la columnas de CAG de 0.25, 0.5 y 0.75 m, se determina a través del empleo del flujo másico (12.27 mg/h), determinando el tiempo necesario para saturar completamente la masa de carbón contenida en cada columna.

Cuadro 16. Determinación del tiempo de saturación de CAG

Altura de columna (m)	Masa de CAG (D*A*H) en mg	Masa de fenol ((x/m)*(masa de CAG)) en mg	Tiempo de saturación (masa de fenol/Flujo másico) en h
0,25	38175	120,087	9,79
0,5	76350	240,174	19,57
0,75	114525	360,261	29,36

3.3.3. Columnas en serie

En una primera experiencia, se hizo pasar el efluente a través de una columna de vidrio de 1.8 cm de diámetro, y 0.25 m de altura, a una razón de 0.8 ml/s. (este flujo fue calculado experimentalmente durante las pruebas realizadas y se mantuvo constante durante todas las pruebas), con esto se obtuvieron los siguientes datos:

Cuadro 17. Resultados experimentales de la primera columna

Nº de muestra	Fecha de análisis	Tiempo (h)	Concentración de fenoles (mg/L)
2	02/08/11	0.69	0.007
5	02/08/11	1.74	0.026
13	02/08/11	4.51	0.057
14	02/08/11	4.86	0.698
LMP (1)		0.5	

- En un tiempo de 4.51 h se obtuvo una concentración de fenol de 0.057 mg/l que no supera el LMP (0.5 mg/l) del fenol. La muestra 14 excede el valor del LMP, es por ello que se selecciona los valores de 0.25 m y 1.74 h.

En una segunda experiencia, se hizo pasar el efluente a través de una columna de vidrio de 1.8 cm de diámetro, y 0.5 m de altura, a una razón de 0.8 ml/s, con esto se obtuvieron los siguientes datos:

Cuadro 18. Resultados experimentales de la segunda columna

Nº de muestra	Fecha de análisis	Tiempo (h)	Concentración de fenoles (mg/L)
1	02/05/12	0.35	<0.001
20	02/05/12	6.94	0.001
27	02/05/12	9.38	1.067
LMP (1)	0.5		

- En un tiempo de 6.94 h se obtuvo una concentración de fenol de 0.001 mg/l que no supera el LMP (0.5 mg/l) del fenol. La muestra 27 excede el valor del LMP, es por ello que se selecciona los valores de 0.5 m y 6.94 h.

En una tercera experiencia, se hizo pasar el efluente a través de tres columnas de vidrio de 1.8 cm de diámetro, y 0,25 m de altura cada una, a una razón de 0.8 ml/s, las columnas estaban instaladas en serie; con esto se obtuvieron los siguientes datos:

Cuadro 19. Resultados experimentales de las columnas en serie

Nº de muestra	Nº de columna	Fecha de análisis	Tiempo (h)	Concentración de fenoles (mg/L)
2	Primera columna	02/08/11	0.69	0.007
8	Segunda columna	02/08/11	2.78	0.003
10	Tercera columna	02/08/11	3.47	0.004
LMP (1)	0.5			

- Se observa que para un tiempo de 3.47 h se tiene una concentración de fenol de 0.004 mg/l que no supera el LMP (0.5 mg/l) del fenol. Para la selección del tiempo de la tercera columna se asumirá el 50% del tiempo de saturación (cuadro 16) de 14.68 h y 0.75 m.

Nota: Todas las concentraciones de fenoles, fueron determinadas en el laboratorio acreditado con ISO 17025, SGS del Perú, el cual cuenta con el método de ensayo: **APHA-AWWA-WEF 5530 B, C, D 2005 21st Ed Phenols: Cleanup Procedure, Chloroform Extraction Method, Direct Photometric Method** acreditado ante el Indecopi.

Con los datos experimentales de concentración, y los tiempos transcurridos para el paso del efluente por cada columna, se obtienen los siguientes datos:

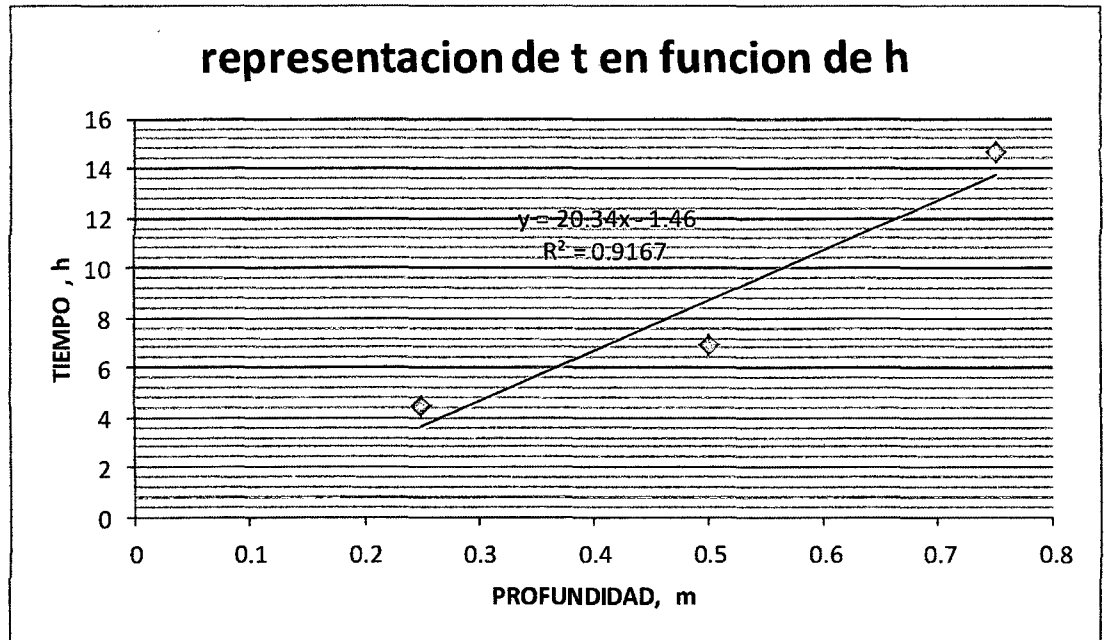
Cuadro 20. Resultados de pruebas piloto

Tiempo (h)	Profundidad del lecho (m)
4.51	0.25
6.94	0.50
14.68	0.75

Con estos datos se realizó una regresión lineal (Figura 20).

La aplicación de la ecuación de Bohart y Adams considera que ambos parámetros (ver ecuación 28) representa una función lineal, donde el tiempo "t" está en función de la altura del carbón "H" de carbón activado granular:

Gráfico N°20. Representación grafica para la obtención de parámetros operacionales



Cálculos previos:

- **Velocidad Lineal en las columnas (en m/h)**

Área de columna: $0.018 \text{ m} * 0.018 \text{ m} * 3.1416/4 = 0.000254 \text{ m}^2$

Caudal: $0.8 \text{ ml/s} = 0.048 \text{ l/min}$

Empleando el área superficial para la determinación de la velocidad lineal

$0.048 \text{ l/min} / 0.000254 \text{ m}^2 (60/1000) = 11.34 \text{ m/h}$

- **Capacidad de Adsorción N_0 (en Kg/m³) de la ecuación 29.**

$$N_0 = C_0 * \text{velocidad lineal} * \text{pendiente (gráfico 20)}$$

$$N_0 = 0.00751 \text{ Kg/m}^3 * 11.34 \text{ m/h} * 20.34 \text{ h/m} = 1.73 \text{ Kg/m}^3$$

- **Constante de velocidad K (en m³/Kg*h) de la ecuación 30.**

$$K = - \text{Ln} (C_0/C_e - 1) / (\text{Intercepto de ordenada} * C_0)$$

$$K = - \text{Ln} (7.51/0.5 - 1) / (1.46 \text{ h} * 0.00751 \text{ Kg/m}^3) = 240.8 \text{ m}^3/\text{Kg} * \text{h}$$

- **Profundidad critica de lecho H_0 (en m) de la ecuación 27.**

La profundidad critica de lecho representa la altura teórica de carbón activado suficiente para evitar que la concentración de soluto (fenoles) en el efluente (a la salida de la columna de lecho fijo) exceda los Limites Máximos Permisibles al inicio de la prueba ($t=0$).

$$H_0 = (\text{Velocidad lineal} / K * N_0) * \text{Ln}(C_0/C_e - 1)$$

$$H_0 = (11.34 \text{ m/h} / (240.8 \text{ m}^3/\text{Kg} * \text{h} * 1.73 \text{ Kg/m}^3) * \text{Ln} (7.51/0.5 - 1)$$

$$H_0 = 0.072 \text{ m}$$

El cuadro 21 presenta el resumen de los parámetros determinados por las pruebas piloto.

Cuadro 21. Parámetros de diseño de la columna de adsorción:

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
C_0	Concentración máxima de fenol en afluente	0.00751	Kg/m^3
V	Velocidad Lineal	11.3176	m/h
V_s	Velocidad superficial (d=1.8 cm)	188.628	l/min.m^2
m	Pendiente de la recta	20.34	h/m
N_0	Capacidad de adsorción ($C_0 * V * m$)	1.73	Kg/m^3
b	Valor absoluto de la ordenada	1.46	h
K	Constante de velocidad $K = -\text{LN}(C_0/C_e - 1)/(b * C_0)$	240.8	$\text{m}^3/\text{Kg.h}$
H_0	Profundidad crítica del lecho $H_0 = (V/KN_0) * (\text{Ln}(C_0/C_e - 1))$	0.071	m

3.3.4. Determinación del tiempo de servicio para la descarga (efluente) de la Refinería Iquitos

Para poder emplear los resultados obtenidos en las pruebas piloto en el tratamiento del efluente de La Refinería Iquitos se debe considerar que el parámetro que permite el escalamiento es la velocidad superficial que fue de 188.63 l/min.m^2 (este valor se determina a partir de las dimensiones de la columna utilizada en las pruebas piloto ($D= 1.8 \text{ cm}$) y el flujo experimental de 0.8 ml/s).

Es por ello que considerando que el caudal real del efluente de la refinería es de aproximadamente $5 \text{ m}^3/\text{h}$, seleccionamos un diámetro de columna de 0.75 m , que permite obtener una velocidad superficial de 188.54 l/min.m^2 , con lo cual podemos emplear los parámetros de K y N_0 determinados en las pruebas piloto para encontrar el tiempo necesario antes que la columna de carbón exceda los LMP. Si la velocidad superficial fuera diferente al trabajado en las

pruebas piloto no podríamos emplear los valores de K y N_0 y será necesario realizar otras pruebas para encontrar los valores correspondientes.

El empleo de la ecuación 28, permite determinar el tiempo requerido por la columna de carbón antes que la concentración de fenoles supere los LMP. Esta ecuación requiere que se establezca la altura de la columna, por ello se estable una altura total de columna de 6 m, que podría ser dividido en 04 columnas de 1.5 m de altura. (ver ecuación 28).

$$t = (N_0/C_0V)H - \ln(C_0/C_e - 1)/KC_0$$

Datos del efluente:

- Caudal (Q) = 5 m³/h
- Concentración máxima de fenol (C_0): 7.51 mg/l
- Concentración en el efluente (C_e): 0.5 mg/l

Datos de la columna:

- Diámetro (D): 0.75 m
- Altura de columna (H): 6 m
- Área de columna (A): 0.442 m²
- Velocidad superficial (V_s): 188.54 l/min.m²

Para la determinación del tiempo de servicio de la columna se emplearan los parámetros presentados en el cuadro 21, que fueron determinados para la velocidad superficial 188.54 l/min.m².

Cuadro 22. Determinación de parámetros operacionales de la columna

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
t	Tiempo de servicio $t = (N_0/C_0V)*H - \ln(C_0/C_e -$	120.58	h/ciclo

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
	1)/KC ₀ .		
n°	Numero de cambios de carbón por año (365*24/120.58)	72.6	Ciclo/año
v	Volumen anual de carbón (6*0.442*72.6)	192.53	m ³
v'	Volumen de agua residual por ciclo (5*120.58)	602.9	m ³ /ciclo
m'	Masa de fenol en el afluente por ciclo (0.00751*602.9)	4.53	Kg/ciclo
m''	Masa de fenol en el efluente por ciclo (0.0005*602.9)	0.301	Kg/ciclo
m'''	Fenol eliminado por ciclo (4.53-0.301)	4.229	Kg/ciclo

La caída de presión en la columna se mantiene constante, puesto que el flujo a través de la columna deberá permanecer constante (5 m³/h).

El carbón activado granular debe ser dispuesto en las columnas según las características del CAG utilizado en las pruebas piloto (material, método de activación, tamaño y distribución de poros). El carbón debe ser soportado por medio de un sistema de drenaje situado en la parte inferior, mediante placas de soporte de falso fondo (METCALF & EDDY).

La mayor capacidad de adsorción de fenol en solución acuosa se debe a la cantidad de fenol que se adsorbe en los microporos, **en las partículas de menor diámetro se tiene una mayor disponibilidad del área de los**

microporos y por esta razón, la adsorción del fenol en solución acuosa aumenta (Marsh y Rodríguez, 2006).

Rendimiento de adsorción:

Cuadro 23. Determinación de la eficacia en la adsorción

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
N_0	Capacidad de adsorción	1.73	Kg/m ³
C	Capacidad total de adsorción (N_0 *volumen anual de carbón)	332.16	Kg (fenol)/año
$m^{''''}$	Fenol total adsorbido ($m^{''''}$ * n^o)	307.02	Kg (fenol)/año
R	Rendimiento de adsorción ($m^{''''}/C$)	92.4	%
E	Eficiencia de adsorción ($(7.51-0.5)*100/7.51$)	93.34	%

Para el empleo de la columna de 6 m de altura se propone dividir esta altura en 04 columnas de 1.5 m.

3.3.5. Costos asociados

Los costos de carbón activado se encuentran asociados a su tipo. Sus valores oscilan entre 0.99 US\$ Y 5.55 US\$ por kilogramo. Los carbones usados en la industria farmacéutica son los de mayor precio.

Los costos de tratamiento por metro cubico dependen directamente del caudal de tratamiento, del tipo de carbón utilizado (doméstico, industrial, farmacéutico), del tipo de contaminante, y de su concentración inicial. Sin embargo para una evaluación inicial, la mayor sensibilidad de costos se

logra mediante la variación del caudal de tratamiento, a través de las siguientes ecuaciones de aproximación:

Inversión (US\$) con caudal de tratamiento Q (m³/d):

A) Para tratamiento de uso domestico

$$\text{Inv} = 3,363 * Q - 7,14$$

$$R^2 = 0,9956$$

B) Para tratamiento de uso industrial

$$\text{Inv} = 3\,255,4 * Q^{0,6}$$

$$R^2 = 1$$

C) Para tratamiento de uso farmacéutico

$$\text{Inv} = 5\,547,14 * Q^{0,6}$$

$$R^2 = 1$$

Para nuestro caso, hemos tomado la ecuación B, la cual nos da una inversión en carbón activado de: 57558.98 US\$

Costo de tratamiento (US\$) con caudal de tratamiento Q (m³/d):

A) Para tratamiento de uso domestico

No se evalúa este costo, ya que se considera solo la inversión inicial del equipo y el recambio de cartuchos. Dependiendo de la calidad de agua a depurar, el recambio puede ser superior a los 2 años. El costo promedio de los cartuchos de carbón activado bordea los 42 US\$, y no se requiere personal capacitado para el cambio y mantención del equipo.

B) Para tratamiento de uso industrial

$$\text{Inv} = 22\,747 * Q^{-0,707}$$

$$R^2 = 0,9946$$

C) Para tratamiento de uso farmacéutico

$$Inv = 7,3428 * Q^{-0,476}$$

$$R^2 = 0,9827$$

Para nuestro caso $Q = 120$ (m³/d) la Inversión es de US\$ 57558.98 (tratamiento industrial) con un costo de tratamiento de 0,77 (US\$/m³).

Cuadro 24. Costos de pruebas piloto

Costos unitarios	Total (US\$)
Costo por personal de muestreo	50 US\$ / día
Análisis de fenoles por laboratorio acreditado	30 US\$ / muestra
Transporte de personal (Lima - Iquitos - Lima)	240 US\$ / vez
Transporte de material de muestreo (Lima- Iquitos)	30 US\$ / vez
Transporte de muestras (Iquitos - Lima)	30 US\$ / vez
Carbón activado	2 US\$ / Kg
Costos totales	
Costo por personal de muestreo (12 días)	600
Análisis de fenoles por laboratorio acreditado (32 muestras)	960
Transporte de personal (Lima - Iquitos - Lima) - 12 veces	2880
Transporte de material de muestreo (Lima- Iquitos) - 12 veces	360
Transporte de muestras (Iquitos - Lima) - 12 veces	360
Transporte fluvial (Iquitos- Refinería- Iquitos)	720
Carbón activado (5 Kg)	10
Compra de materiales diversos (buretas, baldes, cronómetros, etc.)	250
Otros gastos (viáticos, movilidades locales, papeles, etc.)	250
TOTAL	6390

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El empleo de CAG en el tratamiento de agua residual con elevado contenido de fenoles presenta un rendimiento de adsorción del 92.4 %, para una concentración inicial de 7.51 mg/l en el efluente.
- Cuando el sistema de columnas cumple el tiempo de servicio (120.58 horas) se alcanza una eficiencia de remoción del fenol del 93.34 %. Cuando el sistema de columnas supera el tiempo de servicio, se incrementará la concentración de fenoles en la salida, reduciéndose la eficiencia.
- Siendo 7.51 mg/l la máxima concentración de fenol encontrada en el efluente durante los periodos 2009, 2010 y 2011, es de esperar que el tiempo de servicio del sistema de columnas sea mayor a 120.58 horas, dado que a menor concentración de fenol en el efluente quedara mayor superficie libre del CAG para la adsorción.
- El sistema de 04 columnas dispuestas en serie facilitará el recambio de CAG. Cuando la cuarta columna alcance el valor del LMP (0.5 mg/l), la primera columna deberá ser retirada para la regeneración de carbón ya que estará saturada de fenol. La nueva disposición del sistema de columnas será como sigue: la segunda columna remplazará a la primera, la tercera a la segunda y la cuarta a la tercera, de manera que una nueva columna con CAG fresco ocupe la posición de la cuarta columna.
- La prueba piloto se puede mejorar, si se realizan análisis de cada litro de agua, que sale de cada columna para determinar los tiempos más próximos en los que se alcanza la concentración

permisible, esto serviría para mejorar los resultados de los parámetros de diseño.

- En base a los resultados, en los que se ha obtenido un volumen anual de carbón activado granular de 192.53 m³, que equivale a 115518 Kg, y considerando el precio del CAG (\$2.00*Kg), se calcula que la inversión máxima (en CAG) mensual corresponde a \$19.253, sin embargo es necesario mencionar que el CAG puede regenerarse (con un 10% de pérdida de masa), reduciendo así significativamente los costos, ya que solo se haría falta completar mensualmente la masa perdida.
- Las entidades que podrían estar interesadas en el Proyecto de Tesis son las empresas dedicadas a la explotación y refinación de hidrocarburos, municipalidades, gobiernos regionales, y organismos supervisores (Ministerios, OEFA, DIGESA, etc.)

5. BIBLIOGRAFIA Y OTRAS FUENTES DE INFORMACION

- a) R. S. Ramalho, (LIBRO) “Tratamiento de aguas residuales” Editorial Reverte, Pag. 586 – 605.
- b) Metcalf & Eddy, (LIBRO) “Ingeniería de Aguas Residuales, Volumen 1 – Tratamiento, vertido y reutilización” Mc Graw – Hill, Pag. 358 – 369.
- c) J.A Babor, José Ibarz, (LIBRO) “Química General Moderna” Editorial Marin S.A; Pag. 658-659.
- d) Altamira Díaz, Nancy Rincón*, Julio César Marín, Elisabeth Behling, Elsa Chacín y Nola Fernández (ARTICULO) “Degradación de fenoles totales durante el tratamiento biológico de aguas de producción petroleras”. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- e) José Miguel Martín Martínez, (LIBRO) “Adsorción física de gases y vapores por carbones” Editorial de la Universidad de Alicante, España; Pag: 05-20.
- f) José C. Lazo, Abel E. Navarro, María R. Sun-Kou, Bertha P. Llanos “Síntesis y caracterización de arcillas organofílicas y su aplicación como adsorbentes del fenol”, Revista de la Sociedad Química del Peru, vol. 74 (ene-mar 08).
- g) Arturo Rivera Ortiz, Rosa María Ramírez Zamora, Alfonso Durán Moreno (ARTICULO) “Pruebas RSSCT con mini-columnas de carbón activado para remover materia orgánica natural (mon)

presente en aguas naturales” Facultad de Química, UNAM, Coyoacán, México D.F.

- h) José G. Carriazo, Martha J. Saavedra, Manuel F. Molina “Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo” (ARTICULO), Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela

- i) Iveth Serna, Jesús Torres, Bibian Hoyos “Recuperación de fenol de aguas residuales industriales por tratamiento con NaCl”. REVISTA de la Facultad de Minas de la Universidad de Colombia, vol. 70, N°149, Julio 2003, Pág. 25-34.

- j) Gloria Delgadillo Gamboa, María del Rosario Sun Kou “Adsorción de fenol con carbones activados preparados a partir de pepas de nispero de palo por activación química” REVISTA de la Sociedad Química del Peru, vol. 75 N°1 (ene-mar 09).

- k) Maria Jiménez Moleon, Maria Arias Guerrero, Mercedes Lucero Chávez “Extensión de la adsorción de compuestos fenólicos sobre el carbón activado vegetal”. (ARTICULO), Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

- l) Juan Moreno Pirajan, Luisa Navarrete, Liliana Giraldo, Vanessa García “Adsorción de fenol, y 3-cloro fenol sobre carbones activados mediante calorimetría de inmersión. (ARTICULO), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Colombia, información tecnológica, vol. 18, N°3, 2007.

- m) Clementina Ramírez Cortina, Isaías Hernández Pérez, Carlos Eduardo Ortiz Lozoya “Oxidación de fenoles con peróxido de hidrogeno y ozono“. (ARTICULO), Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, México, Octubre del 2002.
- n) Francisco Rodríguez Reinoso, Carbón Activado: estructura, preparación y aplicaciones“. (ARTICULO) Departamento del Cesar, Colombia, información tecnológica, vol. 21, N°3, 2010.
- o) Artículo: “Monolitos de carbón activado a partir de cáscara de coco e impregnación con níquel y cobre” Liliana Giraldo, Juan C. oreno-Piraján (Recibido: 29/01/08 – Aceptado: 17/12/08).
- p) Artículo: “Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia” Marlon Bastidas*, Lina M. Buelvas, María I. Márquez y Kellys Rodríguez (Recibido May. 25, 2009; Aceptado Jul. 13, 2009).
- q) Artículo: “Influencia del pH sobre la adsorción en carbón activado de Cd (II) y Ni (II) desde soluciones acuosas” Paola Rodríguez, Liliana Giraldo, Juan Carlos Moreno (Recibido: 02/08/10 – Aceptado: 22/11/10).
- r) Artículo “Aplicación del Modelo de Bohart y Adams en la Remoción de Mercurio de Drenajes de Minería por Adsorción con Carbón Activado” Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Catálisis, Escuela de Química - Hugo A. Rojas, Diana C. Guerrero, Olga Y. Vásquez y Jesús S. Valencia.

- s) Relación entre parámetros texturales y energéticos de monolitos de carbón activado a partir de cáscara de coco” Diana Paola Vargas, Liliana Giraldo, Juan C. Moreno (Recibido: 23/04/09 – Aceptado: 31/08/09 “REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA, VOLUMEN 38, No. 2 DE 2009).
- t) “Influencia del pH sobre la adsorción en carbón activado de Cd (II) y Ni (II) desde soluciones acuosas” REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA, VOLUMEN 39, nro. 3 DE 2010, Paola Rodríguez, Liliana Giraldo, Juan Carlos Moreno (Recibido: 02/08/10 – Aceptado: 22/11/10).
- u) “Compuestos fenólicos y el medio ambiente”, Facultad de Agronomía, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Cuba

INTERNET

- v) <http://www.cideteq.mx/es/transparencia/productos-y-servicios/41-tratabilidad-de-efluentes.html>
- w) <http://es.wikipedia.org/wiki/Fenol>
- x) http://www.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Ponencias/Biotecnologia/biotec_en_Fenoles.pdf
- y) <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo>
- z) <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/regeneración-carbon-activo>
- aa) <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/columnas-adsorción>
- bb) <http://www.ucm.es/info/gcos2004/lineas/121.htm>
- cc) <http://www.lenntech.es/adsorción.htm>
- dd) http://html.rincondelvago.com/quimica_116.html
- ee) <http://es.scribd.com/doc/39752180/1/TIPOS-DE-CARBON>

APÉNDICES

APÉNDICE N°1.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS POR UN LABORATORIO ACREDITADO

APÉNDICE N°2.- RESEÑA FOTOGRÁFICA

APÉNDICE N°3.- MÉTODO DE ENSAYO ANALÍTICO DE FENOLES

APÉNDICE N°4.- DIAGRAMA DEL SISTEMA DE COLUMNAS PARA LA REMOCIÓN DE FENOLES

**INFORMES DE ENSAYO DEL
LABORATORIO AMBIENTAL**

APENDICE N° 1



Registro N° LE-002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1101630

Página 1 de 2

A solicitud de:	ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC JR. BOLOGNESI NRO. 126 DPTO. A-2 UBR. MAGDALENA DEL MAR LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	ENV / LB-310112-001	Fecha de Recepción a SGS:	12/02/2011 08:30 a.m.
Muestreo realizado por:	Cliente		
Procedencia:	PETROPERU - OPERACIONES SELVA		

Analisis	Método
Fenol	APHA-AWWA-WEF 5530-B, C, D. 2005 21st Ed. Phenols: Cleanup Procedure, Chloroform Extraction Method, Direct Photometric Method.

Matriz	AQUA RESIDUAL
Producto descrito como	EFLUENTE INDUSTRIAL
Identificación de Muestra	Descarga de la Pista Apl 09/02/2011
	L.D.
Fenol (mg/L)	0.001 2.890

Emitido en Callao-Perú el, 18/02/2011

Reynaldo Lopez
Supervisor de Laboratorio

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquiera compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevados a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos ente el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltos al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, bien sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueran estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un período más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (f) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.

- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:

- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
- (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarota o insolvencia, el nombramiento de un secuestro o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Reponsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa, errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20,000 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales, emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos) en que el Cliente podría haber incurrido.
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:

- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
- (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendida omisión en la ejecución.

- (b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o de imposible cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por este hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí en adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente concluidos bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o mas árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.

INFORME DE ENSAYO MA1101630

Página 2 de 2

Control de Calidad

		Fenol (mg/L) 0.001
BLK	BLANCO	<0.001
REP	MA1101630.001	2.890
STD	PT_FENOL_01B	110.10 %

Nota:

- BLK = Blanco
- REP = Replicado
- STD = Patrón de trabajo
- SPK = Spike
- * Porcentaje dentro del Rango de Aceptación de los Métodos.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquier compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales), que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevados a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos entre el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltas al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, buen sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un período más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (F) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:
- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
 - (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarrota o insolvencia, el nombramiento de un secuestro o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa, errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20,000 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales, emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos) en que el Cliente podría haber incurrido.
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:

- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
- (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendida omisión en la ejecución.

(b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclafaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o de imposible cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por éste hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí en adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No esta permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o mas árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1108983

A solicitud de:	ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC JR. BOLOGNESI NRO. 126 OPTO. A-2 UBR. MAGDALENA DEL MAR LIMA		
Solicitud de Ensayo:	ENV / LB-310657-001		
Muestreo realizado por:	Cliente	Cantidad Muestras:	3
Procedencia:	Muestras de Investigación	Fecha de Recepción a SGS:	12/07/2011 02:00 p.m.

Análisis	Método
Fenol	APHA-AWWA-WEF 5530 B, C, D. 2005 21st Ed. Phenols: Cleanup Procedure, Chloroform Extraction Method, Direct Photometric Method.

Matriz
Producto descrito como
Identificación de Muestra

L.D.

AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL
Muestra N° 1	Muestra N° 6	Muestra N° 12
10/07/2011	10/07/2011	10/07/2011
0.001	1.168	1.350

Fenol (mg/L)	0.001	0.004	1.168	1.350
--------------	-------	-------	-------	-------

Emitido en Callao-Perú el 20/07/2011

Reynaldo Lopez Norralaya
Jefe de Departamento

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquiera compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiera al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevadas a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternativos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos ente el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni le exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un periodo menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltas al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho periodo la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodegaje, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, buen sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenosos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un periodo más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (f) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que preceda, La Compañía tendrá derecho al pago de:

- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
- (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarrota o insolvencia, el nombramiento de un secuestro o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deber establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía; incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20.00 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales emergentes y/o consecuentes incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos en que el Cliente podría haber incurrido.
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:
- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
 - (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendida omisión en la ejecución.
- (b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o imposibles cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por este hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un periodo de un año de all adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalm conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por un mas árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.

INFORME DE ENSAYO

MA1108983

Página 2 de 2

Control de Calidad

		Fenol (mg/L) 0.001
BLK	BLANCO	<0.001
REP	MA1108983.001	0.004
STD	PT_FENOL_01B	94.00 %

Nota:

BLK = Blanco REP = Replicado STD = Patrón de trabajo SPK = Spike
* Porcentaje dentro del Rango de Aceptación de los Métodos.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquier compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevadas a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos entre el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltas al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodegaje, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, buen sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un período más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (f) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:

- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
- (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarota o insolvencia, el nombramiento de un secuestró o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecerlos seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20.00 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos en que el Cliente podría haber incurrido.
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demand dentro del año siguiente a:
- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
 - (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretensión de omisión en la ejecución.

- (b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o imposibles cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por este hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Norma de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o más árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1107453

Página 1 de 2

A solicitud de:	ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC JR. BOLOGNESI NRO. 126 DPTO. A-2 UBR. MAGDALENA DEL MAR LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	ENV / LB-310515-005	Fecha de Recepción a SGS:	14/06/2011 11:00 a.m.
Muestreo realizado por:	Cliente		
Procedencia:	Muestra de investigación		

Análisis	Método
Fenol	APHA-AWWA-WEF 5530 B, C, D. 2005 21st Ed. Phenols: Cleanup Procedure, Chloroform Extraction Method, Direct Photometric Method.

Matriz Producto descrito como Identificación de Muestra	AGUA RESIDUAL
	EFLUENTE INDUSTRIAL
	Muestra de verificación
	12/06/2011
	L.D.
Fenol (mg/L)	0.001 0.999

Emitido en Callao-Perú el , 20/06/2011

Reynaldo López Nonalaya
Jefe de Departamento

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquiera compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevadas a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos entre el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltos al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, buen sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un período más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (F) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:
- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
 - (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarota o insolvencia, el nombramiento de un secuestro o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa, errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20.000 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales, emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos, en que el Cliente podría haber incurrido).
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:

- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
- (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendido omisión en la ejecución.

(b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o d imposible cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por éste hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí en adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No esta permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo la Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o más árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.

INFORME DE ENSAYO

MA1107453

Control de Calidad

	Fenol (mg/L) 0.001	
BLK	BLANCO	<0.001
REP	MA1107453.001	0.991
STD	PT_FENOL_01B	93.60 %

Nota:

BLK = Blanco REP = Replicado STD = Patrón de trabajo SPK = Spike
* Porcentaje dentro del Rango de Aceptación de los Métodos.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes substantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

General

A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquiera compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").

La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").

A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que la sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

Prestación de Servicios

La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:

- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
- (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
- (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.

La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevados a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o practicas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.

Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.

Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.

Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternativos aplicados.

La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.

Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos ente el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.

El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.

Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltos al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- 1) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- 2) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- 3) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- 4) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, bien sea que se le pida dicha opinión o no;
- 5) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- 6) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

Pagos y Honorarios

- a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- b) A menos que se establezca un período más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (F) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:
 - (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
 - (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o

- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarota o insolvencia, el nombramiento de un secuestro o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa, errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20,000 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.

- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales, emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos) en que el Cliente podría haber incurrido.

- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:

- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
- (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendida omisión en la ejecución.

- b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o de imposible cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por este hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí en adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o mas árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL

MA1109827

Página 1 de 2

A solicitud de: ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC
JR. BOLOGNESI NRO. 126 DPTO. A-2 UBR. MAGDALENA DEL MAR LIMA
Solicitud de Ensayo: ENV / LB-310719-001
Muestreo realizado por: Cliente
Cantidad Muestras: 6
Procedencia: Muestras de Investigación
Fecha de Recepción a SGS: 02/08/2011 11:45 a.m.

Análisis Fenol **Método** APHA-AWWA-WEF 5530 B, C, D. 2005 21st Ed. Phenols: Cleanup Procedure; Chloroform Extraction Method, Direct Photometric Method.

Matriz
Producto descrito como
Identificación de Muestra

AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL		
EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL		
Muestra N°13 30/06/2011	Muestra N°14 30/06/2011	Primera columna muestra N°2 30/06/2011	Segunda columna muestra N°5 30/06/2011		
L.D.					
Fenol (mg/L)	0.001	0.057	0.698	0.026	0.007

Matriz
Producto descrito como
Identificación de Muestra

AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL		
EFLUENTE INDUSTRIAL	EFLUENTE INDUSTRIAL		
Segunda columna muestra N°8 30/06/2011	Tercera columna muestra N°10 30/06/2011		
L.D.			
Fenol (mg/L)	0.001	0.003	0.004

Emitido en Callao-Perú el, 05/08/2011

Reynaldo López Nonalaya

Jefe de Departamento

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.
Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se registrarán y serán interpretados de acuerdo con la leyes sustantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquier compañía afiliada de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevados a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos entre el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un período menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltos al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho período la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, bien sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un periodo más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (f) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede, La Compañía tendrá derecho al pago de:
- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
 - (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarrota o insolvencia, el nombramiento de un sequestrador o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Responsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos Informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía; incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados con relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20.00 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos en que el Cliente podría haber incurrido).
- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaure una demanda dentro del año siguiente a:
- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
 - (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretensión de omisión en la ejecución.

(b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o imposibles cumplimiento en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por éste hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un período de un año de allí adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o más árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.



INFORME DE ENSAYO

MA1109827

Página 2 de 2

Control de Calidad

		Find (mg/L) 0.001
BLK	BLANCO	<0.001
STD	PT_FENOL_01B	104.50 %

Nota:

BLK = Blanco REP = Replicado STD = Patrón de trabajo SPK = Spike
* Porcentaje dentro del Rango de Aceptación de los Métodos.

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguna. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no exime a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

No obstante lo estipulado en la Cláusula 5 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Relaciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la leyes substantivas de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

CONDICIONES GENERALES DE SERVICIOS

1. General

- (a) A menos que se acuerde en forma distinta por escrito o salvo que haya alguna variación con (i) las regulaciones que rigen los servicios ejecutados a nombre de Gobiernos, entidades gubernamentales u otras entidades públicas; o (ii) las disposiciones obligatorias de la ley local, todas las ofertas, todos los servicios y todos los contratos o acuerdos resultantes entre cualquiera de las compañías afiliadas de SGS SA o cualquiera de sus agentes (cada uno de ellos una "Compañía") y el Cliente (las "Relaciones Contractuales") se regirán por las presentes Condiciones Generales de Servicio (de aquí en adelante, las "Condiciones Generales").
- (b) La Compañía podrá prestar sus servicios a personas o entidades (privadas, públicas o gubernamentales) que expidan instrucciones (de aquí en adelante el "Cliente").
- (c) A menos de que la Compañía reciba previas instrucciones escritas del Cliente que le sean contrarias, ninguna otra parte tiene derecho a impartir instrucciones especialmente en cuanto se refiere al alcance de los servicios o a la entrega de los informes o certificados que resulten de los anteriores (los "Informes de Hallazgos"). Por medio del presente, el Cliente irrevocablemente autoriza a la Compañía a entregar los Informes de Hallazgos a un tercero si así lo desea el Cliente o de conformidad con su propio criterio cuando ello se desprenda implícitamente de las circunstancias, de las costumbres comerciales, del uso o de la práctica.

2. Prestación de Servicios

- (a) La Compañía prestará sus servicios con debido cuidado y capacidad de conformidad con las instrucciones específicas del Cliente y confirmados por la Compañía o, en ausencia de dichas instrucciones, de conformidad con:
- (1) los términos de cualquier formato de orden estándar u hoja de especificaciones estándar de la Compañía; y/o
 - (2) cualquier costumbre comercial, uso o práctica; y/o
 - (3) los métodos que la Compañía considere adecuados desde el punto de vista técnico, operativo y/o financiero.
- (b) La información contenida en los Informes de Hallazgos esta derivada de los resultados de inspecciones o pruebas llevados a cabo de acuerdo con las instrucciones del Cliente y/o de la evaluación de los resultados hecha por la Compañía en base de estándares técnicos, costumbres comerciales o prácticas o cualquier otra circunstancia que la Compañía, en su opinión profesional, estima necesaria.
- (c) Los informes de Hallazgos emitidos con posterioridad a la prueba de las muestras presentan la opinión de la Compañía en relación exclusivamente a dichas muestras y no expresan opinión alguna relacionada con el lote del cual se tomaron las muestras.
- (d) Si un Cliente solicita que la Compañía atestigüe acerca de cualquier intervención de un tercero, el Cliente se compromete a aceptar que la única responsabilidad de la Compañía es encontrarse presente en el momento de la intervención del tercero y enviar los resultados o confirmar la ocurrencia de la intervención. El Cliente acepta que la Compañía no es responsable por la condición o calibración de los aparatos, instrumentos y dispositivos de medidas utilizados, los métodos de análisis aplicados, las calificaciones, acciones u omisiones del personal de dicho tercero o los resultados del análisis.
- (e) Los Informes de Hallazgos expedidos por la Compañía reflejarán los hechos tal como hayan sido registrados por la Compañía en el momento de la intervención únicamente, pero dentro de los límites de las instrucciones recibidas o, a falta de dichas instrucciones, dentro de los límites de los parámetros alternos aplicados tal como se especifica en la cláusula 2 (a). La Compañía no tiene obligación alguna de referirse o informar los hechos o circunstancias que se salen de las instrucciones específicas recibidas o los parámetros alternos aplicados.
- (f) La Compañía puede delegar la ejecución de todo o parte de sus servicios a un agente o subcontratista y el Cliente autoriza a la Compañía a difundir toda la información necesaria al agente o al subcontratista para que puedan llevar a cabo dicha ejecución.
- (g) Si la Compañía recibe documentos que reflejen los compromisos contraídos entre el Cliente y otras personas o documentos de otras personas tales como copias o contratos de venta, cartas de crédito, conocimientos de embarque, estos se consideran únicamente como información y de ninguna manera extienden o restringen el alcance de los servicios o las obligaciones aceptadas por la Compañía.
- (h) El Cliente acepta que la Compañía, al suministrar dichos servicios, no sustituye al Cliente o a un tercero ni les exonera de sus obligaciones, ni asume, abrevia, se abroga o pretende exonerar de un deber del cliente frente a un tercero o de un tercero frente al Cliente.
- (i) Todas las muestras serán conservadas por un máximo de 3 meses o por un periodo menor si la naturaleza de la muestra lo permite y luego serán devueltos al Cliente o serán dispuestas de cualquier otra forma a discreción de la Compañía pero después de dicho periodo la Compañía dejará de asumir responsabilidad por dichas muestras. El almacenamiento de muestras por más de 3 meses generará gastos de bodega, los cuales serán pagados por el Cliente. En caso de que las muestras sean devueltas, el Cliente será facturado por los costos de manejo y fletes. Si se causan gastos para disponer de las muestras, los mismos serán facturados al Cliente.

3. Obligaciones del Cliente

El Cliente deberá:

- (a) garantizar que se entreguen suficiente información, instrucciones y documentos en el momento oportuno (pero en ningún caso después de 48 horas antes de la intervención deseada) con el fin de facilitar la ejecución de los servicios solicitados;
- (b) facilitar todo el acceso necesario de los representantes de la Compañía a las instalaciones en donde deben prestarse los servicios y tomar todos los pasos necesarios para eliminar o remediar los obstáculos o interrupciones en la prestación de los servicios;
- (c) suministrar, si fuere del caso, todo el equipo y personal necesarios para la prestación de los servicios;
- (d) verificar que se tomen todas las medidas necesarias para la seguridad de las condiciones de trabajo, los sitios y las instalaciones durante la ejecución de los servicios y no confiar a este respecto en la opinión de la Compañía, buen sea que se le pida dicha opinión o no;
- (e) informar oportunamente a la Compañía acerca de los peligros y riesgos conocidos, fueren estos reales o potenciales, asociados con cualquier orden o muestra o prueba incluyendo, por ejemplo, la presencia de riesgos de radiación, los elementos o materiales tóxicos o nocivos, o explosivos, contaminación ambiental o venenos;
- (f) ejercer plenamente todos los derechos y descargar todos las obligaciones bajo los contratos de venta relevantes u otros contratos con un tercero, y por ley.

4. Pagos y Honorarios

- (a) A menos que los honorarios hayan sido establecidos entre la Compañía y el Cliente en el momento en que se coloque la orden o en el momento en que la Compañía y el Cliente negocian un contrato, la Compañía aplicará las tarifas estándar de la Compañía (las cuales están sujetas a cambio) y todos los impuestos aplicables serán por cuenta del Cliente.
- (b) A menos que se establezca un periodo más corto en la factura, el Cliente deberá efectuar el pago de la misma a más tardar 30 días después de la fecha de la factura o dentro de cualquier otro plazo que establezca la Compañía en la factura (la "Fecha de Vencimiento"). De no efectuar el pago en la fecha estipulada, el Cliente se compromete a pagar intereses de mora a la tasa de 1.5% por mes (o cualquier otra tasa que sea establecida en la factura) a partir de la Fecha de Vencimiento y hasta (y incluyendo) la fecha en la cual el pago sea realmente recibido por la Compañía.

- (c) El Cliente no podrá retener o diferir los pagos de una suma adeudada a la Compañía aduciendo un litigio, contra reclamo o compensación que pueda alegar contra la Compañía.
- (d) La Compañía puede decidir si emprende una acción para el cobro de los honorarios no pagados ante un tribunal de jurisdicción competente.
- (e) El Cliente se compromete a pagar a la Compañía todos los gastos inherentes al cobro de una factura, incluyendo los honorarios legales y otros costos relacionados.
- (f) En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, la Compañía deberá informar al respecto al Cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.
- (g) Si la Compañía no está en capacidad de prestar todos o parte de los servicios por una causa fuera del control razonable de la Compañía, incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones estipuladas en la cláusula 3 que precede. La Compañía tendrá derecho al pago de:
- (1) la suma correspondiente a todos los gastos no reembolsables en que haya incurrido la Compañía; y
 - (2) la porción de los honorarios acordados igual a la porción de los servicios actualmente prestados.

5. Suspensión o Terminación de Servicios

La Compañía tendrá derecho, inmediatamente y sin responsabilidad alguna, bien sea a suspender o a dar por terminada la prestación de los servicios en caso de que ocurra alguno de los siguiente eventos:

- (a) la omisión por parte del Cliente en cumplir con sus obligaciones bajo el presente y si dicha omisión no es remediada dentro de los 10 días siguientes a que la notificación de dicha omisión sea notificada al Cliente; o
- (b) la suspensión de pago, la conciliación con sus acreedores, la declaración de bancarota o insolvencia, el nombramiento de un secuestré o la interrupción de actividades por parte del Cliente.

6. Reponsabilidades e Indemnizaciones

(a) Limitación de Responsabilidad:

- (1) La Compañía no es una aseguradora ni un garante y renuncia a toda responsabilidad en dicha capacidad. Los Clientes que deseen una garantía contra pérdidas o daños deben establecer los seguros correspondiente.
- (2) Los Informes de Hallazgos se expiden sobre la base de información, documentos y/o muestras suministrados por o a nombre del Cliente y únicamente para beneficio del Cliente, quien es el responsable de actuar como lo considere conveniente sobre la base de dichos Informes de Hallazgos. Ni la Compañía ni sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas asumen responsabilidad alguna frente al Cliente o frente a un tercero por actos realizados o no realizados con base en dichos informes de Hallazgos, ni por resultados incorrectos que resulten por información confusa, errónea, incompleta, desorientadora o falsa suministrada a la Compañía.
- (3) La Compañía no se hará responsable por la falta de ejecución en los servicios que surja directamente de un evento que esté fuera del control razonable de la Compañía incluyendo la omisión por parte del Cliente en cumplir con cualquiera de sus obligaciones bajo el presente.
- (4) La responsabilidad de la Compañía con relación a una reclamación que surja debido a pérdida, daños o gastos de cualquier naturaleza, bajo ninguna circunstancia podrá exceder un total agregado igual a 10 veces la cantidad de los honorarios pagados por relación al servicio específico que haya dado lugar a dicha reclamación o US\$ 20.000 (o su equivalente en moneda local), la cantidad que sea menor.
- (5) La Compañía no asume responsabilidad alguna por las pérdidas indirectas, especiales emergentes y/o consecuenciales incluyendo sin limitación lucro cesante, pérdida de negocio, ingresos o, beneficios, pérdida de oportunidad y daño a la reputación de la Compañía ni de los gastos que pudieran derivarse de la retirada de productos. La Compañía tampoco asume responsabilidad alguna por las pérdidas, daños o gastos que pudieran derivarse directa o indirectamente de reclamaciones o demandas de terceros (incluyendo sin limitación reclamaciones por responsabilidad de los productos defectuosos o peligrosos en que el Cliente podría haber incurrido).

- (6) En caso de reclamación el Cliente debe enviar notificación escrita a la Compañía dentro de los 30 días siguientes a tener conocimiento de los hechos que pretenden justificar dicha reclamación y, en todo caso, la Compañía será exonerada de cualquier responsabilidad por las reclamaciones por pérdidas, daños o gastos, a menos que se instaura una demanda dentro del año siguiente a:

- (i) la fecha de prestación, por parte de la Compañía, del servicio que ha dado origen a la reclamación; o
- (ii) la fecha en cual el servicio ha sido ejecutado, en caso de cualquier pretendida omisión en la ejecución.

- (b) **Indemnización:** El Cliente se compromete a garantizar, mantener indemne e indemnizar a la Compañía y a sus funcionarios, empleados, agentes o subcontratistas contra todas las reclamaciones (reales o pretendidas) por un tercero debido a pérdidas, daños o gastos de cualquier naturaleza, incluyendo todos los gastos legales y los costos relacionados y que surjan debido a la ejecución, pretendida ejecución o falta de ejecución de los servicios.

7. Varios

- (a) Si una o más disposiciones de estas Condiciones Generales son declaradas ilegales o imposibles de cumplir en cualquier aspecto, la validez, la legalidad y el cumplimiento forzoso de las demás disposiciones no se verán afectados o disminuidos por este hecho.
- (b) Durante el curso de la prestación de los servicios y por un periodo de un año de allí en adelante, el Cliente no podrá, directa o indirectamente, estimular o hacer ofertas a los empleados de la Compañía para que abandonen su cargo con la Compañía.
- (c) No está permitido el uso del nombre corporativo o de las marcas registradas de la Compañía para fines publicitarios, sin previa autorización escrita de la Compañía.

8. Ley que Rige, Jurisdicción y Resolución de Litigio

A menos que se acuerden en forma distinta por escrito, todos los litigios que surjan bajo las Relaciones Contractuales se regirán por las leyes sustantivas de Suiza con exclusión de todas las normas relacionadas con conflictos de ley; todos los litigios serán finalmente conciliados bajo la Normas de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional por uno o más árbitros nombrados de conformidad con dichas normas. A menos que se acuerde en forma contraria, el arbitraje se llevará a cabo en París, Francia en idioma inglés.

RESEÑA FOTOGRAFICA

APENDICE N° 2



Foto N°1: Pruebas iniciales

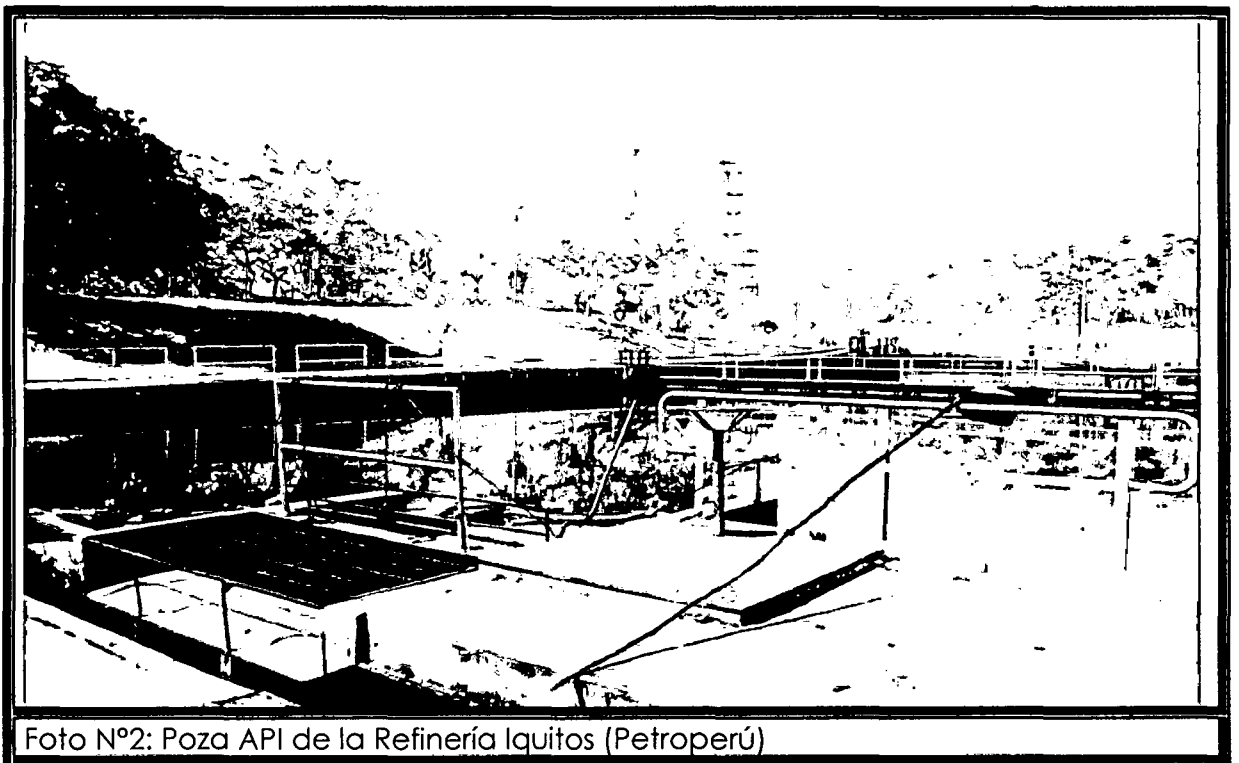


Foto N°2: Poza API de la Refinería Iquitos (Petroperú)



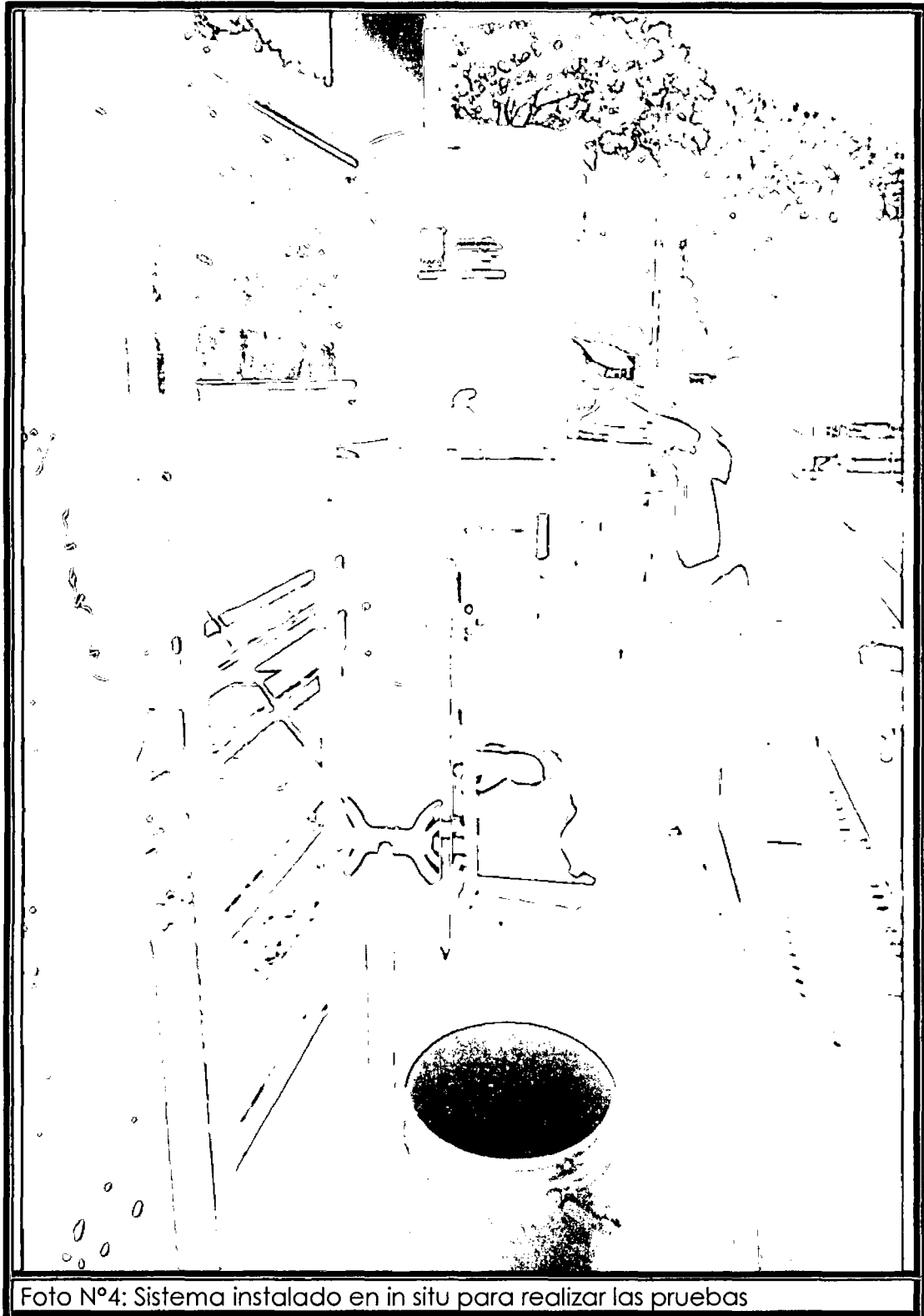


Foto N°4: Sistema instalado en in situ para realizar las pruebas



Foto N°5: Inicio de la prueba (nótese el color del agua dentro del balde)



Foto N°6: Agua recolectada luego de pasar por la columna de CAF (nótese el color)



Foto N°7: Muestras preparadas para ser enviadas al laboratorio para su análisis.

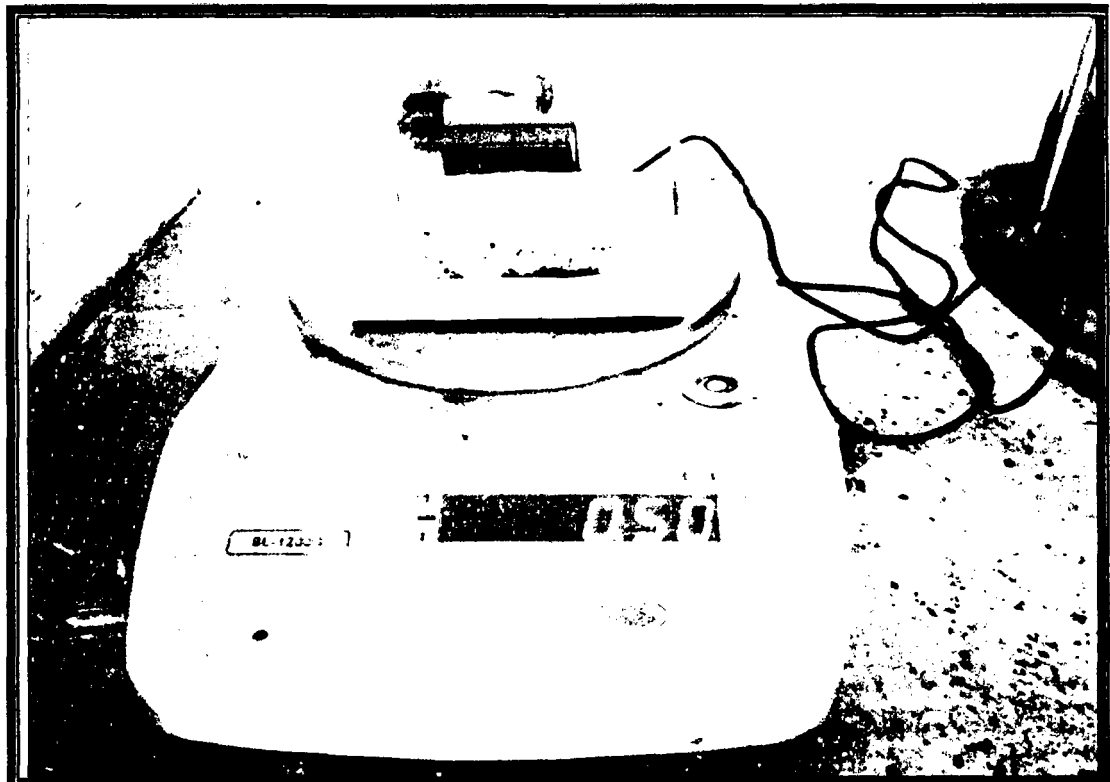


Foto N°8: Pesaje del CAG en balanza analítica (Laboratorio FIA-UNI)

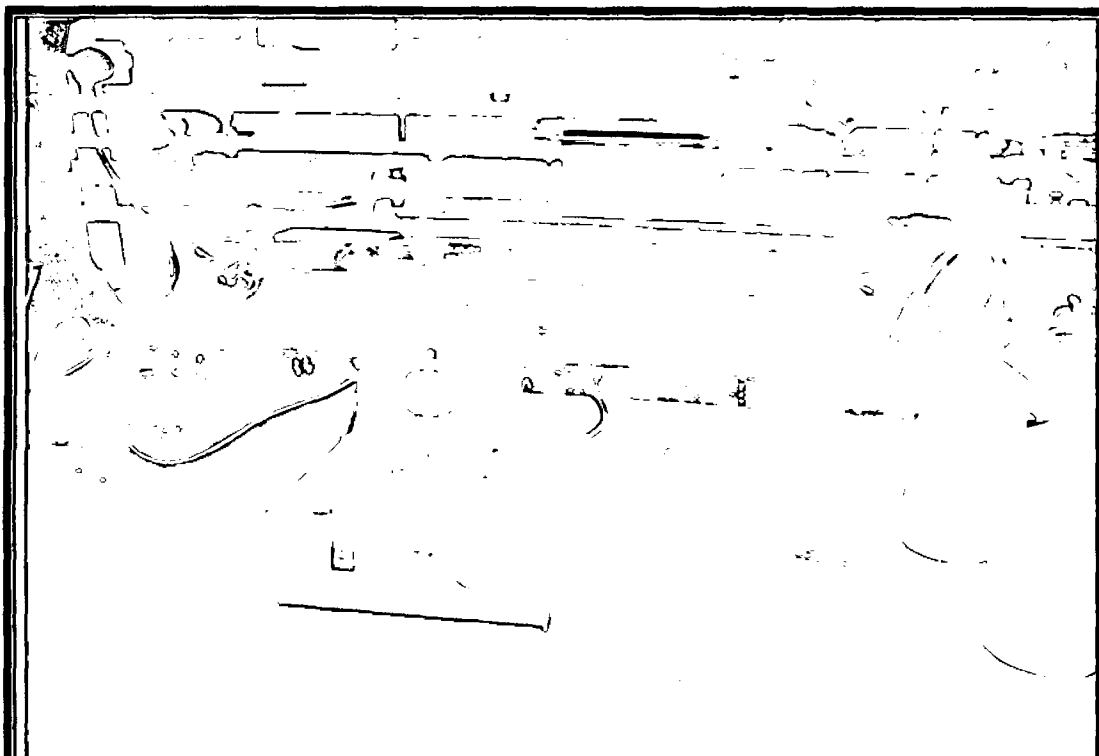


Foto N°9 : Agitación de la muestra con CAG (parte del experimento para determinar la isoterma)

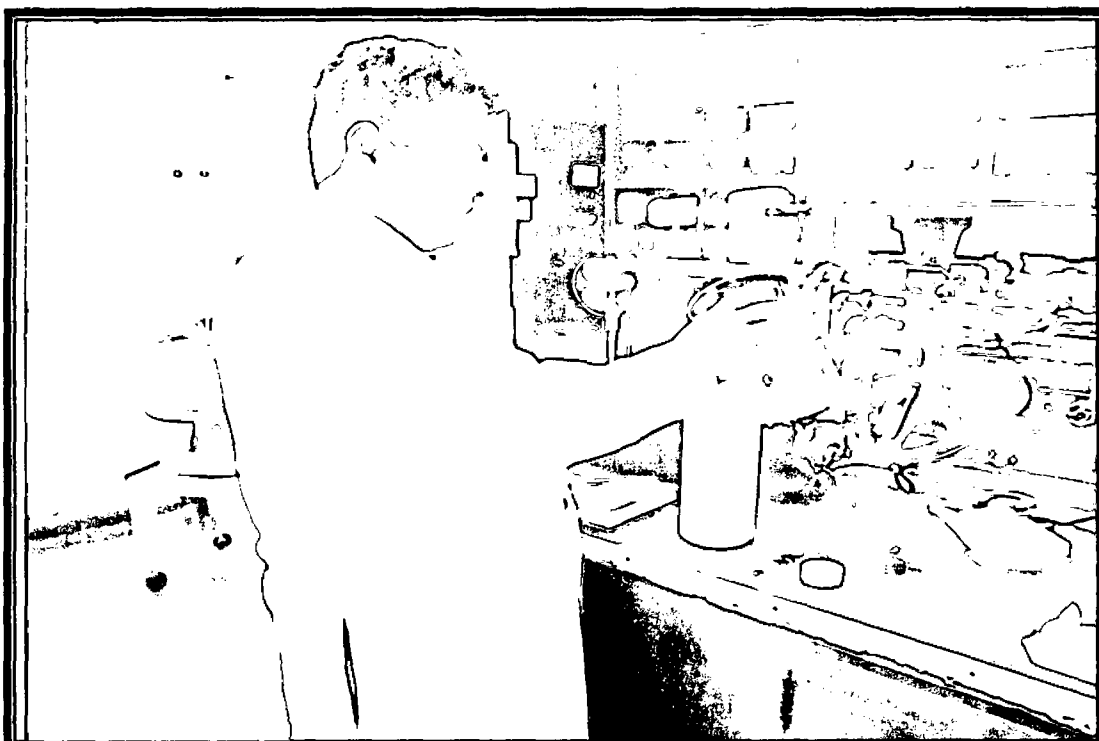


Foto N°10: Filtración de la muestra (Laboratorio FIA-UNI)

**METODO DE ENSAYO
ANALITICO DE FENOLES**

APENDICE N° 3

ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS

1. INTRODUCCIÓN

Los fenoles, definidos como hidroxiderivados del benceno y sus núcleos condensados, pueden estar presentes en las aguas residuales domésticas e industriales (desinfectantes, fungicidas, germicidas y conservadores), en las aguas naturales y en los suministros de agua potable. La cloración de tales aguas pueden producir clorofenoles olorosos, que producen mal sabor y que son carcinogénicos. Los procesos de eliminación de los fenoles en el tratamiento del agua incluyen la supercloración, tratamiento con dióxido de cloro o cloramina, la ozonización y adsorción con carbón activado. Para poder realizar de manera adecuada esta eliminación, el prevenir problemas y daños a los ecosistemas, así como de evitar los riesgos a la salud humana es muy importante el conocer cuantitativamente la presencia de éstos

2. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente procedimiento establece el método para la determinación de fenoles totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

3. PRINCIPIO DEL MÉTODO

El método está basado en la destilación de los fenoles y la subsecuente reacción de estos con 4-aminoantipirina a un pH de 10 ± 0.1 en presencia de ferricianuro de potasio, formando compuestos de un color amarillo intenso a rojo, los cuales son extraídos de la disolución acuosa con cloroformo midiendo su absorbancia a una longitud de onda de 460 nm o bien leer directamente el complejo formado a 510 nm.

Este método cubre intervalos de concentración de 0,001mg/L a 0,250 mg/L y 0,5 mg/L.

4. EQUIPO Y MATERIALES

4.1 Equipo

4.1.1 Balanza analítica con precisión de 0,1 mg

4.1.2 Equipo de destilación. Debe ser completamente de vidrio de borosilicato, y constar de un matraz para destilación de 1 L con un condensador tipo Graham o equivalente.

4.1.3 Potenciómetro de laboratorio con sus respectivos electrodos para medición de pH.

4.1.4 Espectrofotómetro disponible para utilizarse de 190 a 900 nm equipado con celdas de 1 cm de paso óptico de luz.

4.2 Materiales

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

4.2.1 Papel filtro. Usar un papel filtro cualitativo y Sulfato de Sodio anhidro para los extractos de Cloroformo filtrables.

4.2.2 Embudos de separación. Deben ser de 1 L, tipo Squibb, con llaves de cierre de TPF.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Destilación

5.1.1 Tomar una alícuota de 500 mL de la muestra, ajustar el pH a un valor aproximado de 4 con la disolución de ácido fosfórico utilizando para ello el indicador de naranja de metilo o el potenciómetro y colocar en el aparato de destilación.

5.1.2 Destilar 450 mL, detener la destilación y cuando la muestra deje de hervir, adicionar 50 mL de agua caliente al matraz de destilación. Continuar destilando hasta recoger un total de 500 mL de destilado.

5.1.3 Una destilación debe ser suficiente para purificar la muestra de una forma adecuada. Sin embargo, en ocasiones el destilado es turbio. Si esto sucede, acidificar con disolución de ácido fosfórico y destilar nuevamente. Si el segundo destilado sigue siendo turbio, utilizar el proceso de extracción que se describe a continuación:

5.1.4 Extraer una fracción de 500 mL de la muestra original como sigue: Añadir 4 gotas de indicador naranja de metilo y llevar éste a su forma ácida por medio de una disolución de ácido sulfúrico aproximadamente 1N. Pasar a un embudo de separación de 1 L y añadir 150 g de cloruro de sodio. Agitar con cinco fracciones sucesivas de cloroformo, empleando 40 mL en la primera y 25 mL en las sucesivas. Pasar la fase de Cloroformo a un segundo embudo de separación y agitar con tres fracciones sucesivas de hidróxido de sodio 2,5 N (ver inciso 5.33), utilizando 4,0 mL en la primera y 3,0 mL en cada una de las siguientes. Combinar los extractos alcalinos, calentar en baño maría hasta que el cloroformo haya sido evaporado, enfriar y diluir hasta 500 mL con agua. Proceder con la destilación como se ha descrito anteriormente

5.1.5 Colocar 500 mL de destilado o una porción adecuada que no contenga más de 50 µg de fenol, y diluir hasta 500 mL.

5.2 Método extracción con cloroformo

5.2.1 Tratar la muestra, el blanco de reactivos y los estándares como sigue:

Añadir 10,0 mL de disolución de cloruro de amonio y ajustar inmediatamente el pH a $10 \pm 0,2$ con disolución de hidróxido de sodio. Transferir a un embudo de separación de 1 L, añadir 3,0 mL de disolución de 4-aminoantipirina, mezclar bien, posteriormente agregar 3,0 mL de disolución de ferricianuro de potasio, mezclar perfectamente y dejar que se desarrolle el color durante 15 min. La disolución debe tener un color amarillo claro.

5.2.2 Extraer inmediatamente con cloroformo utilizando 20 mL de éste, para las celdas con paso óptico de luz de 1 a 5 cm, y 40 mL para una celda de paso óptico de luz de 10 cm. Agitar el embudo de separación al menos 10 veces y dejar que el

cloroformo se ubique nuevamente en el fondo del embudo, filtrar el extracto de cloroformo a través de un papel filtro y embudo de filtración de vidrio que contenga una capa de 5 g de sulfato de sodio anhidro a un matraz aforado de 25 mL.

Aforar el matraz con cloroformo (no hay que lavar los papeles filtro ni los embudos con cloroformo). Es posible usar diclorometano en lugar de cloroformo especialmente si se forma una emulsión cuando la disolución de cloroformo es extraída con hidróxido de sodio.

5.2.3 Medir la absorbancia a 460 nm de las disoluciones, muestras y blancos, realizar la gráfica de absorbancia vs μg de fenol en 500 ml.

5.3 Método directo espectrofotométrico

5.3.1 Dividir la muestra en dos porciones iguales y realizar el análisis por triplicado para cada porción. Para muestras con concentraciones de Fenoles mayores a 0,5 mg/L, seguir las siguientes instrucciones:

5.3.2 Tomar 100 mL de destilado o una alícuota adecuada que no contenga más de 0,5 mg de fenol, y diluir a 100 mL. Preparar un blanco de agua de 100 mL también y una serie de estándares de fenol de 100 mL que contengan 0, 100, 200, 300, 400 y 500 μg de fenol.

5.3.3 Tratar las muestras, blanco y estándares como sigue: Añadir 2,5 mL de la disolución de amoniaco 0,5N. Adicionar 1,0 mL de la disolución de 4-aminoantipirina, mezclar bien y añadir 1,0 mL de la disolución de ferricianuro de potasio y mezclar.

5.3.4 Después de 15 min transferir a la celda y leer la absorbancia de las muestras, estándares y blanco a 510 nm, y realizar la curva de calibración.

5.3.5 Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración.

5.3.6 Calcular la concentración de la muestra por medio de la ecuación obtenida de la curva de calibración y que es representada por la siguiente ecuación:

$$Y = mX + b$$

Donde:

m es la pendiente;

b es la ordenada al origen;

Y es la absorbancia, y

X son los μg fenol.

6. CÁLCULOS

Para calcular la concentración de fenoles utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1: } \mu\text{g fenol/mL} = (A / B)$$

Donde:

A son los μg de fenol en la muestra determinado de la curva de calibración, y

B son los mL de la muestra original.

Reportar los resultados en mg/L de fenol, con la precisión correspondiente.

**DIAGRAMA DEL SISTEMA
DE COLUMNAS PARA LA
REMOCION DE FENOLES**

APENDICE N° 4