

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS

Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:

JUAN ESTEBAN GONZALES GARCÍA

Asesor

DR. NILTON DEZA ARROYO

CAJAMARCA, PERÚ

2018

COPYRIGHT © 2018 by
JUAN ESTEBAN GONZALES GARCÍA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS APROBADA:

Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:

JUAN ESTEBAN GONZALES GARCÍA

Comité Científico

Dr. Nilton Deza Arroyo
Asesor

Dr. Marcial Mendo Velásquez
Miembro de Comité Científico

Dr. Alejandro Lagos Manrique
Miembro de Comité Científico

Dr. Miguel Mosqueira Moreno
Miembro de Comité Científico

Cajamarca - Perú

2018



Universidad Nacional de Cajamarca

Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERU

PROGRAMA DE DOCTORADO

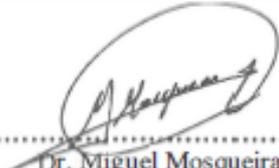
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DOCTORADO EN CIENCIAS

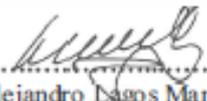
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las diez de la mañana del día dieciséis de octubre del año dos mil dieciocho, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. Marcial Mendo Velásquez, Dr. Miguel Mosqueira Moreno, Dr. Alejandro Lagos Manrique, como integrantes del jurado titular; y en calidad de Asesor, el Dr. Nilton Deza Arroyo. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE GENERA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA DEBIDO AL MANEJO DE LOS LIXIVIADOS**; presentada por el M.Cs. **JUAN ESTEBAN GONZÁLES GARCÍA**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *11/10/18* con la calificación de *11/10 (U.B.)* la mencionada Tesis; en tal virtud, el M.Cs. **JUAN ESTEBAN GONZÁLES GARCÍA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las *11:10* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Mosqueira Moreno
Jurado Evaluador


.....
Dr. Alejandro Lagos Manrique
Jurado Evaluador


.....
Dr. Marcial Mendo Velásquez
Presidente-Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A la memoria de mi entrañable hermano Martín Abel,
al apoyo incondicional y perseverante de mis padres Julia y Abel,
a la motivación diaria de mis queridos hijos Carlos Rodrigo e Ileana Gabriela,
junto a mi paciente esposa Isabel Rosemary

AGRADECIMIENTO

El autor de la presente Tesis, agradece el apoyo desinteresado de los profesionales que laboran en la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca, que han aportado significativamente en el desarrollo y formulación del presente trabajo de investigación, así como al Señor Asesor, el Doctor Nilton Deza Arroyo, y al Responsable del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, el Biólogo Juan Valentín Díaz Sáenz, por su disposición y disponibilidad para el tratamiento de las muestras recolectadas en campo.

La contaminación ambiental es una enfermedad incurable.
Solo puede ser prevenida.

- Barry Commoner

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
EPIGRAFE	vii
INDICE	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	04
Antecedentes teóricos y conceptuales	04
Antecedentes científicos	13
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS	18
Materiales	18
Metodología	19
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Presentación de resultados	34
Discusión de resultados	48
Propuesta	66
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	73
CAPÍTULO 6: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO 7: ANEXOS	88

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	Página
1. Unidad de análisis del peligro de lixiviados en la PTRS Cajamarca	03
2. Conformación del riesgo	07
3. Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales	08
4. Ubicación de la zona en estudio	20
5. Localización de la zona en estudio	20
6. Determinación de los puntos de muestreo	28
7. Determinación del riesgo	33
8. Consolidado del potencial de hidrógeno (pH)	40
9. Consolidado de temperatura (T°)	41
10. Consolidado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	41
11. Consolidado de la demanda química de oxígeno (DQO)	42
12. Consolidado de los sólidos suspendidos totales (SST)	42
13. Consolidado de aceites y grasas	43
14. Consolidado de coliformes termotolerantes (CTT)	43
15. Valores máximos de metales (I)	44
16. Valores máximos de metales (II)	44
17. Valores máximos de metales (III)	45
18. Diagrama de la propuesta	72
19. Equipo multiparámetro para medir el pH en campo	84
20. Termómetro con sensor de platino para medir la temperatura	84
21. Frascos de plástico de alta densidad para muestras de pH	85
22. Frasco para coliformes termotolerantes	85
23. Frascos para metales, DQO, DBO, grasas y aceites	86

24. Equipo de posicionamiento global GPS	86
25. Espectrofotómetro UV visible y biodigestor	87
26. Procesador de mercurio	87
27. Digestor de metales	88
28. Espectrofotómetro óptico	88
29. Nebulizador de alto sonido	89
30. Juego de peras y filtros de vidrio	89
31. Horno mufla de 30 °C a 3000 °C	90
32. Baño ultrasónico	90
33. Mechero Bunsen (a) y micropipetas (b)	91
34. Tubos de ensayo de vidrio	91
35. Incubadora	92
36. Baño de agua	92

Tablas

1. Etapas de la investigación	25
2. Ubicación de los puntos de muestreo	28
3. Fecha de recolección de muestras	29
4. Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad	30
5. Nivel de contaminación ambiental por cada tipo de parámetro	32
6. Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Abril	34
7. Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Abril	34
8. Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Abril	35
9. Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Abril .	35

10. Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Abril	35
11. Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Mayo	36
12. Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Mayo	36
13. Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Mayo	36
14. Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Mayo .	37
15. Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Mayo	37
16. Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Junio	37
17. Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Junio	37
18. Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Junio	38
19. Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Junio .	38
20. Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Junio	38
21. Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Julio	39
22. Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Julio	39
23. Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Julio	39
24. Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Julio ..	40
25. Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Julio	40
26. Evaluación del riesgo ambiental por carga tóxica	47
27. Componentes de los lixiviados que sobrepasan los LMP	47
28. Valores paramétricos establecidos para algunos parámetros químicos en base a	63
su carcinogenicidad	
29. Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial	65

LISTA DE ABREVIACIONES

AENOR:	Asociación española de normalización y certificación
ALAC:	Asociación los Andes Cajamarca
ASTDR:	Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades
CAM:	Comisión ambiental municipal
CENEPRED:	Centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres
DIGESA:	Dirección general de salud de Cajamarca
DQO:	Demanda química de oxígeno
DBO ₅ :	Demanda bioquímica de oxígeno
ECA:	Estándar de calidad ambiental
EPA:	Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos de América
ERA:	Evaluación de riesgo ambiental
GIRS:	Gestión integral de los residuos sólidos
GRD:	Gestión del riesgo de desastres
GPS:	Sistema de posicionamiento global
INACAL:	Instituto nacional de la calidad
INEI:	Instituto nacional de estadística e informática
LMP:	Límite máximo permisible
MEF:	Ministerio de economía y finanzas
MINAM:	Ministerio del ambiente
MPC:	Municipalidad provincial de Cajamarca
OEFA:	Organismo de evaluación y fiscalización ambiental
OMS:	Organización mundial de la salud
ONU:	Organización de las naciones unidas

PCM:	Presidencia del consejo de ministros
PTRS:	Planta de tratamiento de residuos sólidos.
PNUD:	Programa de las naciones unidas para el desarrollo
PNUMA:	Programa de las naciones unidas para el medio ambiente
RPP:	Radio programas del Perú
RSU:	Residuos sólidos urbanos
SEDAPAL:	Servicio municipal de agua potable y alcantarillado
SEV:	Sondeo eléctrico vertical
SINAGERD:	Sistema nacional de gestión del riesgo de desastres
SPSS:	Paquete estadístico para ciencias sociales
UE:	Unión europea
UNE:	Una norma española
USA:	Estados unidos
UTM:	Universal transversa de mercator
UV:	Ultra violeta
WGS84:	Sistema de coordenadas geográficas mundial 1984

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general evaluar el riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados. En la recolección de datos en campo, se utilizó insumos y suministros propios del manejo de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos; así mismo, para su análisis químico, físico y biológico se utilizó equipos del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, el cual se encuentra acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), y a través de los métodos aprobados, se obtuvo los resultados que se presentan en los informes correspondientes del análisis de las muestras. Estos resultados fueron tratados estadísticamente para darles la fiabilidad y consistencia, aplicándose el estadístico descriptivo de frecuencias, la correlación estadística bivariada y la fiabilidad a nivel de escala, esto para cada uno de los cinco puntos de muestreo y de los cuatro meses de toma de muestras (abril, mayo, junio y julio de 2017). De los datos obtenidos y del análisis respectivo, se determinó que la carga tóxica del lixiviado de la poza 2 de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca y su respectiva caracterización, es SIGNIFICATIVA; por ende y de la evaluación del nivel del riesgo ambiental, según su nivel de peligrosidad, así como el grado de afectación de la salud humana y animal, y de los ecosistemas, el riesgo ambiental también es SIGNIFICATIVO.

Palabras clave: Riesgo ambiental, residuos sólidos, manejo de lixiviados, carga tóxica.

ABSTRACT

The general aim of this study was to evaluate the environmental risk generated by the solid waste treatment plant of the city of Cajamarca in the handling of leachates. In the collection of data in the field, inputs and supplies from the management of leachate from solid waste treatment plants were used, and for its chemical, physical and biological analysis, equipment from the Regional Water Laboratory of Cajamarca was used, which is accredited by the National Institute of Quality (INACAL), which through the approved methods, obtained the results that are presented in the corresponding reports of the analysis of the samples. These results were treated statistically to give them reliability and consistency, applying the descriptive statistics of frequencies, the bivariate statistical correlation and reliability at the scale level, this for each of the five sampling points and the four months of sampling. (April, May, June and July 2017). From the data obtained and from the respective analysis, it was determined that the toxic load of the leachate from pond 2 of the solid waste treatment plant of Cajamarca and its respective characterization, is SIGNIFICANT; therefore, and the evaluation of the level of environmental risk, according to its level of danger, as well as the degree of human and animal health, and of ecosystems, the environmental risk is also SIGNIFICANT.

Keywords: Descriptors: environmental risk, solid waste, leachate management, toxic load.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se orientó al estudio del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, mediante la evaluación del manejo de los productos lixiviados y su respectiva carga tóxica, los cuales presentan fugas, y en algunos casos discurren superficialmente a favor de la pendiente y en otros percolan hacia el subsuelo, afectando al medio ambiente, especialmente las zonas de vida que se encuentran en la cuenca inferior inmediata o gravimétricamente favorable a la pendiente, como son San José de Canay, El Palturo y Cochambul.

Situación que se mantiene casi en la misma dimensión que se hizo de conocimiento público, el 22 de octubre de 2013 a través de la página web de noticias de Radio Programas del Perú RPP (2013), y que a su vez no existe ningún pronunciamiento oficial por parte de la Gerencia de Desarrollo Ambiental, en representación de la Municipalidad Provincial de Cajamarca; ya que en la actualidad, la contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan, y sin reparo alguno, al equilibrio y sostenibilidad de los recursos existentes en el planeta, sin que a la fecha, la mayor parte de las naciones hayan considerado la implementación de medidas y/o mecanismos que puedan reducir dichos impactos negativos, entendiéndose como contaminación al cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, del agua y del suelo, que pueden afectar negativamente al hombre y a las especies animales y vegetales (Adame & Salín, 1993).

Es por ello que durante los últimos 200 años, el hombre ha agregado al ambiente una gran cantidad de productos químicos y agentes físicos, como consecuencia de su dominio sobre los recursos naturales, especialmente sobre los energéticos (Enkerlin et al, 1997).

Esta contaminación, conlleva obviamente a la presencia de un riesgo ambiental, dado por la probabilidad de ocurrencia de que la carga tóxica de los lixiviados afecte directa e indirectamente al ambiente, su entorno y la biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado (...), según lo indicado por la Dirección General de Calidad Ambiental (MINAM, 2010a).

La planta de tratamiento de residuos sólidos (PTRS) de Cajamarca, desde su inauguración y puesta en funcionamiento en su primera etapa el 25 de junio de 2009, a la fecha, su infraestructura presenta un sub dimensionamiento visible, siendo el manejo de los lixiviados el más crítico, por la disminución de la capacidad de tratamiento y albergue de la disposición final, que en muchas ocasiones estos excedentes van a dar al suelo, algunos se infiltran al sub suelo y otros discurren superficialmente.

Sobre esta situación problemática de contaminación ambiental, se formuló el problema de investigación, que planteaba ¿Cuál es el riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados?, por lo que la situación positiva se plasmó a través del objetivo de la investigación, que era el de evaluar el riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados, mediante la caracterización de dichos lixiviados y su carga tóxica, la determinación y análisis de los escenarios de peligrosidad, y finalmente el nivel de riesgo ambiental. Y para la correcta contrastación de la investigación, se formuló la hipótesis ¿El riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados es significativo?, con la que se ha trabajado también para llegar a su contrastación final.

La delimitación de la investigación fue evaluar preliminarmente el nivel de riesgo ambiental que se presenta en el manejo de los lixiviados de la PTRS de la ciudad de

Cajamarca, específicamente en la poza 2, que acopia los lixiviados de las celdas 1 y 2 de dicho emplazamiento (figura 1), cuyo diseño original acopiaba solo a los lixiviados de la celda 2.



Figura 1: Unidad de análisis del peligro de lixiviados en la PTRS Cajamarca

Así mismo, para el desarrollo metodológico se ha basado tanto en la guía para la evaluación de riesgos ambientales (MINAM, 2010a), el manual para la evaluación de riesgos inducidos por la acción humana (CENEPRED, 2015), y la norma española UNE 150008 sobre análisis y evaluación del riesgo ambiental (AENOR, 2008), asegurando de esta manera la confiabilidad de los instrumentos técnicos y el marco teórico de la evaluación del presente riesgo ambiental.

La investigación se centró en recolectar información para ser sistematizada, tratada, analizada y presentada, cuyo periodo de recolección de la información de campo, comprendió cuatro meses, dos para periodo lluvioso entre abril y mayo, y dos para periodo de estiaje entre junio y julio; posteriormente con esta información se desarrolló el análisis y discusión de los mismos, para enfocar el riesgo ambiental que presenta el manejo de los lixiviados a través de la carga tóxica, y finalmente presentar las conclusiones propias de la presente investigación.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Antecedentes teóricos y conceptuales

Los daños causados por los residuos sólidos al ambiente, se entienden como un impacto negativo o contaminante, que causan deterioro, contagio, desequilibrio, o alteración; dicho fenómeno tiene su ocurrencia a nivel mundial, habiendo sido abordado este tema, en el Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Ambiente y Desarrollo, Agenda 21 de Naciones Unidas, en la sección II Conservación y Manejo de Recursos para el Desarrollo, Capítulo 21 Gestión Ecológicamente Racional de los Residuos Sólidos y Cuestiones Relacionadas con las Aguas Cloacales (ONU, 2000); dictando entre otras recomendaciones, jerarquizar como objetivos y concentrarse las acciones a cuatro áreas de programas correlacionados y que se apoyan mutuamente, las cuales, recomienda deben estar integradas, para formar un marco amplio y ecológicamente racional para la gestión integral de los residuos sólidos municipales, siendo estas:

- a) Reducción al mínimo de los desechos (residuos sólidos);
- b) Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racional de los residuos;
- c) Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racionales de los desechos;
- d) Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos.

Los conceptos anteriores se traducen en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, actividades de reducción o minimización en la fuente, que preceden al manejo propiamente dicho; sin embargo, se incluye por su importancia en cuanto esto contribuye

a que los volúmenes a manejar en el proceso, reduzcan los costos de operación; siendo la minimización o reducción un objetivo de la estrategia, que está ligado a los hábitos de consumo. De esa cuenta, “La reducción en la fuente considera aspectos cuantitativos y cualitativos, esto se deberá tomar en cuenta reducir tanto la cantidad como la toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. Es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales” (Jaramillo & Zapata, 2008).

El diagnóstico integral de cómo implementar la gestión de los residuos sólidos en Cajamarca, conmina a que todos los actores, tanto institucionales como de la sociedad civil y demás autoridades sectoriales, realicen un proceso de concertación, bajo la tutela de la responsabilidad funcional, que recae en la Municipalidad Provincial de Cajamarca, y es quien debe abanderar el proceso, para darle mayor eficiencia a los procesos en sí de la recolección, segregación en la fuente, transporte, disposición final y tratamiento de los subproductos que ésta genera, específicamente de los lixiviados.

La evaluación del riesgo ambiental (ERA), es la determinación de la naturaleza y probabilidad de que las actividades humanas provoquen efectos indeseables en la flora, fauna y el ambiente. En los últimos años la ERA, se ha convertido en una herramienta muy útil para desarrollar programas de protección ambiental, pues sirve para apoyar la toma de decisiones en el manejo del ambiente. La ERA ayuda a identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes, y además identifica los huecos de información, con lo que ayuda a decidir qué clase de investigación se debe desarrollar a futuro y en que deben ser invertidos los recursos limitados con los que se cuenta, tal como lo detalla el ministerio del ambiente.

Para conceptualizar y enmarcarnos, en el tema del riesgo ambiental, primero vamos a definir lo que es el riesgo de desastres en el contexto de la planificación para el desarrollo,

definiéndose como los probables daños y pérdidas que sufra una unidad productora y sus usuarios como consecuencia del impacto de un peligro, debido a su grado de exposición y sus condiciones de vulnerabilidad, siendo estos factores dependientes entre sí, no existe peligro sin vulnerabilidad y viceversa (MEF, 2013).

A su vez definiremos conceptualmente lo que es peligro y vulnerabilidad, entendiéndose por el primero también llamado amenaza, al evento de origen natural, socio natural o antrópico con probabilidad de ocurrir y que por su magnitud y/o características puede causar daños y pérdidas, en una unidad productora de bienes y servicios públicos, y para nuestro caso la contaminación ambiental es un peligro generado por el hombre y por ende un peligro antropogénico; de igual manera la vulnerabilidad es definida como la susceptibilidad de una unidad productora (sociedad, equipamiento, medios de vida), de bienes y servicios públicos, así como de los usuarios de sufrir daños por la ocurrencia de un peligro; siendo esta vulnerabilidad el resultado de los propios procesos de desarrollo no sostenible. Esta vulnerabilidad se divide básicamente en tres factores:

- a) El grado de exposición, como la localización de elementos (unidades sociales, unidades productoras, etc.) en el área de impacto de un determinado peligro.
- b) La fragilidad, referida al nivel de resistencia que existe frente al impacto de un peligro, explicado por las condiciones de desventaja o debilidad de una unidad productora de bienes o servicios públicos frente a dicho peligro. Y
- c) La resiliencia, término se refiere al nivel de asimilación y adaptabilidad; o la capacidad de absorción, preparación y recuperación que pueda tener la unidad productora y los usuarios frente al impacto de un peligro.

De igual manera, en base al manual para la evaluación de riesgos inducidos por acción humana, elaborado por el CENEPRED (2015), peligro viene a ser la probabilidad de ocurrencia de un suceso inducido por la acción humana, potencialmente dañino que

afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio (...); bajo ese marco normativo, la vulnerabilidad, viene a ser la medida de la susceptibilidad de la población, de la estructura física de las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza, finalmente el riesgo, el cual es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales, asociadas a uno o varios eventos peligrosos.

Para los dos primeros casos, la interpretación del riesgo se da en la figura 2.

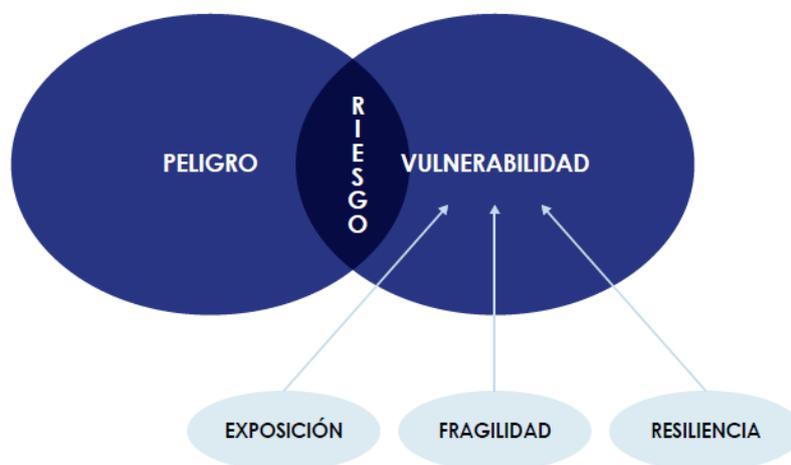


Figura 2: Conformación del riesgo
Fuente: CENEPRED, 2015.

Ahora, el riesgo ambiental según lo previsto institucionalmente por el ente rector nacional ambiental, a través de los lineamientos sugeridos en la guía de evaluación de riesgos ambientales, refiere que éste es estimado a partir de la relación entre la exposición y los efectos (tomando en cuenta un cierto grado de incertidumbre) de una manera muy parecida a la que se hace en la evaluación de los riesgos para la salud humana. Los efectos se estiman a partir de la información generada en laboratorio de las muestras obtenidas. El conocimiento que se tiene de las respuestas de los ecosistemas ante un estrés ambiental, su capacidad de recuperación o adaptación según sea el caso, y los procesos involucrados en ello, es en general poco profundo y por ende está plagado de incertidumbre.

Entonces, una ERA metodológicamente, se divide en tres etapas principales:

- Análisis
- Evaluación
- Caracterización

La figura 3 muestra cómo se relacionan estas etapas y sus diferentes componentes. Dentro de la primera etapa de análisis, vamos a encontrar dos procesos, orientados a la identificación de los peligros ambientales, la determinación de los escenarios y su respectivo análisis; en la segunda etapa de evaluación, tenemos los procesos de estimación de la gravedad, así como la estimación del riesgo propiamente dicho, que contempla tres niveles en la escala de evaluación del riesgo ambiental: riesgo significativo, riesgo moderado y riesgo leve, cada uno de ellos con sus valores matriciales, su equivalencia porcentual y su promedio; y la tercera etapa, el proceso de caracterización del riesgo, que en el presente estudio no lo vamos a considerar, ya que el objetivo general solamente es determinar hasta la etapa de evaluación del riesgo ambiental.

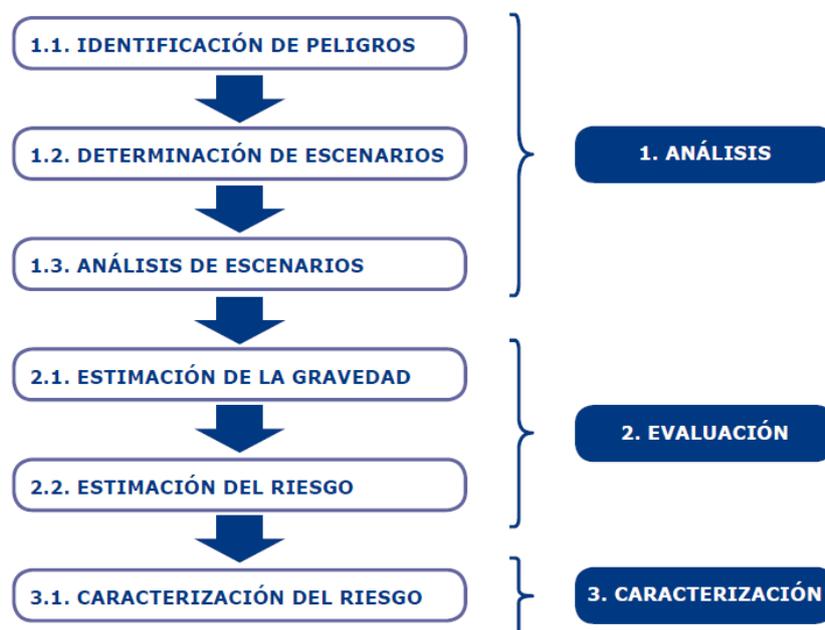


Figura 3: Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambientales
Fuente: MINAM, 2010.

Sobre la conceptualización del riesgo ambiental, también vamos a definir que procesos se dan actualmente en la etapa de operación de la Planta de Tratamiento de Residuos

Sólidos de la ciudad de Cajamarca, como parte del manejo integral de los residuos sólidos incluido los lixiviados y su disposición final.

Según los parámetros técnicos indicados en el manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos, Vaquero (2004), podemos resumir que este proceso inicia con la segregación en la fuente (basura) para continuar con los procesos de separar los residuos sólidos en el punto donde se genera, ubicándolos en una clase y recipiente a la que corresponde, con la finalidad de reducir, reutilizar y reciclar; ya que la actual planta presenta una disposición desordenada de los residuos sólidos. Cuando esta segregación es nula o deficiente, dificulta la clasificación de los mismos y por lo general se disponen sin la debida clasificación en los lugares de disposición final, generándose la degradación de los residuos sólidos biodegradables que generan subproductos, los cuales se descomponen a través de una serie de procesos biológicos-físico-químicos.

Durante este proceso de descomposición se forman gases como el metano (CH_4), el anhídrido carbónico (CO_2), entre otros y un efluente líquido denominado lixiviados, los cuales son líquidos de intenso color negro marrón con desagradable olor y elevada carga orgánica y toxicidad, por lo que son altamente contaminantes; y se generan por la degradación de la materia orgánica biodegradable presentes en los residuos sólidos, debido a la humedad propia del material orgánico y a la percolación de agua de lluvias a través del lecho de los residuos sólidos, arrastrando y disolviendo los diferentes componentes que constituyen los residuos sólidos depositados, tales como metales pesados, nitrógeno amoniacal, sales inorgánicas, entre otros. En algunos casos se han encontrados hasta 200 compuestos diferentes, algunos de ellos tóxicos y cancerígenos.

Los lixiviados por su elevada carga orgánica y su alta toxicidad es uno de los subproductos más contaminantes y deben ser manejados adecuadamente de lo contrario contaminan el ambiente, los suelos y pueden alcanzar las aguas superficiales y

subterráneas, causando como resultado problemas ambientales y de salud, porque muchas veces estas aguas contaminadas, son utilizadas para riego y consumo humano sin el tratamiento adecuado, por lo que la mayoría de los casos, los lixiviados son recirculados en los lugares de disposición final y tratados en lagunas de oxidación, no siendo el caso de la presente investigación.

Por lo que estos lixiviados en algunas situaciones, rebosan de las pozas de disposición final, y discurren hacia la zona baja de los cursos de agua, como las quebradas aledañas a la instalación, contaminando el medio ambiente de esta zona, tanto en suelo como el agua a nivel superficial por escorrentía como subterránea por percolación o infiltración, convirtiéndose en una actividad altamente riesgosa.

Términos básicos

Actividades altamente riesgosas. Acción o serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, distribución y ventas en que se encuentran presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su cantidad de reporte, que, al ser liberadas a condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes y posibles afectaciones al ambiente (MINAM, 2010a).

Contaminación. Cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, del agua y del suelo, que puede afectar negativamente al hombre y a las especies animales y vegetales (Adame & Salín, 1993).

Desarrollo sostenible. Desarrollo que satisface las necesidades de la población actual, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Comprende, por lo menos, tres pilares esenciales: económico, social y ambiental, los cuales se integran y refuerzan mutuamente (MEF, 2013).

Desastre. Interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad

afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico) (MEF, 2013).

Efluente. Material de desecho descargado al ambiente, tratado o sin tratar, que se refiere generalmente a la contaminación del agua pero puede utilizarse para referirse a las emisiones de chimeneas u otros desechos que entran en el ambiente (MINAM, 2010a).

Escorrentía. Porción de lluvia, nieve derretida, o agua de riego que fluye a través de la superficie de la tierra y arroyos, lagos, lagunas, cuencas de descarga, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas residuales, etc. (MINAM, 2010a).

Escenario de exposición. Corresponde al área física donde se vierten contaminantes, el área en la cual se transportan y el lugar donde las poblaciones entran en contacto con los contaminantes (MINAM, 2010a).

Evaluación del riesgo. Evaluación del riesgo ambiental o para la salud resultante de la exposición a un producto químico o agente físico (contaminante); combinan los resultados de la evaluación de la exposición con los resultados de la evaluación de la toxicidad o los efectos para estimar el riesgo (MINAM, 2010a).

Impacto Ambiental. Se refiere a cualquier cambio, modificación o alteración de los elementos del medio ambiente o de las relaciones entre ellos, causada por una o varias acciones (proyecto, actividad o decisión). El sentido del término no involucra ninguna valoración del cambio, la que depende de juicios de valor (MINAM, 2010a).

Lixiviado. Es el líquido resultante de la descomposición y deshidratación natural de la basura (desechos sólidos) que se forma por reacción, arrastre o percolación, y que contiene componentes disueltos o en suspensión, característicos de los desechos de los cuales proviene (MINAM, 2010a).

Peligro inducido por la acción humana. Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso inducido por la acción humana, potencialmente dañino que afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio en la dimensión social, económica y ambiental en un ámbito geográfico específico, dentro de un periodo determinado de tiempo y frecuencia. Están directamente relacionados con la actividad y el comportamiento del hombre (CENEPRED, 2015).

Relleno sanitario. Sitios donde se aplican técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los rellenos sólidos municipales; comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población (MINAM, 2010a).

Residuos peligrosos. Todos aquellos residuos que figuren como peligrosos en la ley, así como los recipientes y envases que los hayan contenido (Vaquero, 2004).

Sustancia tóxica. Aquella que puede producir en organismos vivos lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte (MINAM, 2010a).

Vertedero. Instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra (Vaquero, 2004).

Vulnerabilidad. Es la medida de la susceptibilidad de la población, de la estructura física de las actividades socioeconómicas de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza (CENEPRED, 2015).

Zona de riesgo. Área de restricción total en la que no se debe permitir ningún tipo de actividad, incluyendo asentamientos humanos, agricultura con excepción de actividades de forestación, cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia (MINAM, 2010a).

Antecedentes científicos

La gestión de riesgos ambientales es una labor que comprende a diversas entidades del estado, en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local), así como el sector privado, considerando que la ocurrencia de un evento peligroso puede ocasionar un daño ambiental que afecte a la comunidad en general, siendo para el presente estudio, el manejo de los lixiviados.

Según el ente rector medioambiental nacional, MINAM (2010a), afirma que en el caso de episodios ambientales crónicos, se tiene la contaminación de cuencas o microcuencas por metales pesados generados por diversas actividades económicas, contaminación de ríos por tratamiento ineficiente de aguas residuales y contaminación de áreas urbanas y periurbanas por ineficiente gestión de residuos sólidos, siendo éste el caso que conlleva la presente investigación.

En el estudio de evaluación de riesgo ambiental en un tiradero con quema de basura, Atencio et al (2013), realizado en el municipio de Mexicali, en el estado de Baja California, afirman que los impactos ambientales de los sitios de residuos sólidos urbanos están, en su mayoría, relacionados con la migración de contaminantes ya sea en forma de gas y/o lixiviados. De estos sitios, resultan por demás peligrosos aquellos en donde se realiza la quema a cielo abierto de basura, en los cuales los contaminantes liberados (en la ceniza, en el suelo y en el aire) pueden incluir: metales pesados, hidrocarburos del petróleo, compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC), bifenilos policlorados (PCB) y dioxinas y furanos. El suelo es el medio que recibe directamente los contaminantes contenidos en la ceniza de la basura. Así, los receptores humanos en o cerca de estos sitios pueden estar expuestos a estos contaminantes a través del contacto directo o por la propagación en el aire, concluyendo este estudio, que los resultados indican un riesgo alto (inaceptable) para los seres humanos en un escenario de uso residencial, con la mayoría

de riesgos cancerígenos atribuidos al tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), el cual es un elemento muy tóxico. Bajo esa misma lógica, la contaminación por el manejo inadecuado de los lixiviados de la planta de tratamiento de Cajamarca, también puede conllevar a la presencia de problemas de salud en las poblaciones de la zona periurbana o de la zona de influencia de dicha planta.

En la tesis “Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez”, López (2010), indica que en Santiago Sacatepéquez, una localidad de Guatemala, con riqueza cultural y producción de hortalizas de exportación, está siendo impactada negativamente por los residuos sólidos, esto debido a su mal manejo y la falta de planes y normas para su gestión; ya que estas deficiencias facilitan la proliferación de botaderos clandestinos que similar a los botaderos autorizados, emiten polvo, malos olores, humo, gases y sobre todo líquidos tóxicos, los cuales afectan la salud de los vecinos, al recurso hídrico, al patrimonio cultural, destruyendo los recursos naturales y cambiando el uso del suelo, por lo que luego de la investigación, concluyó entre otras, que los problemas de contaminación ambiental originados por los residuos sólidos en la cabecera Municipal de Santiago Sacatepéquez, son una consecuencia directa de la inadecuada gestión, mal manejo y disposición final de éstos.

En el estudio “Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México”, Bernache (2012), estudió el riesgo de contaminación por disposición final de residuos en nueve estados de la República de México, con 68 municipios urbanos para analizar una diversidad de condiciones, recursos e infraestructura que tienen estos ayuntamientos para la disposición final de los residuos sólidos y concluyó que la disposición final de residuos, es un proceso complejo y que tiene costo significativo para las finanzas del municipio; así mismo en agregación a lo indicado, la gestión sustentable de residuos demanda un compromiso ambiental de las

autoridades locales, el desarrollo de políticas públicas apropiadas y campañas de educación ambiental para involucrar a la población.

En la tesis “Evaluación del impacto ambiental del Relleno Sanitario de la Ciudad de Logroño”, Bonilla & Núñez (2012), cuya finalidad era evaluar la infraestructura y operación del relleno existente, para realizar una propuesta para la óptima operación del relleno sanitario, entre otras conclusiones se desprendió que en la etapa de mantenimiento, la planta de tratamiento de los líquidos lixiviados no cuenta con una alternativa o un sistema paralelo provisional de operación y tratamiento de lixiviados mientras dure el periodo de mantenimiento del sistema; recomendando a esta situación la construcción de un sistema de tratamiento de líquidos lixiviados paralelo, no permitiendo de esta manera que los lixiviados sean vertidos hacia el exterior del relleno sanitario sin un tratamiento previo.

Así mismo, en la tesis “Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en rellenos sanitarios”, Corena (2010), elaboró un estudio teniendo como unidad de análisis el relleno sanitario El Oasis del Municipio de Sincelejo, en el país de Colombia, concluyendo que en un relleno sanitario los lixiviados producen efectos que contaminan al medio ambiente, además de esto perjudican a la salud de los habitantes que se encuentran ubicados cerca de éste, por lo tanto es necesario tratar de una forma adecuada y segura estos líquidos; así mismo concluyó, que todo el líquido contaminante generado en el relleno sanitario debe tratarse antes de ser vertido a un cuerpo de agua, superficial o subterráneo, utilizando procesos de reconocida viabilidad técnica, como los descritos en dicho estudio.

Otro estudio de “Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos”, Pellón et al (2015), elaboraron una propuesta para el tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos, incluyendo una metodología para la evaluación de la generación de lixiviados en el vertedero, todo ello en el vertedero de

Guanabacoa, la Habana, en el país de Cuba, siendo una de sus conclusiones principales, que los lixiviados estudiados se caracterizan por su relativamente alta concentración de compuestos, principalmente orgánicos (contenido de materia orgánica expresada en términos de DQO y DBO₅), sólidos disueltos y microorganismos patógenos (coliformes).

De igual manera Londoño-Franco et al (2016), presentan una investigación sobre “Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal”, el cual consistió en un estudio sobre los metales pesados y el riesgo potencial, sobre todo el riesgo ambiental, que pueden representar en la salud del hombre y de los animales, incluyendo la cadena trófica; cuyo objetivo de la investigación fue el de examinar los metales pesados, tales como mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), entre otros, en cuanto a su origen, distribución, usos generales y principales alteraciones sobre el ambiente, afectando como ya se indicó la salud humana y animal; concluyendo en que la presencia de metales pesados en el ambiente y los alimentos de acuerdo con lo descrito pueden desencadenar diversas intoxicaciones causando daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte, por lo que será importante considerar, que elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos ocasionando diversas patologías.

El investigador, De La Cruz et al (2012), en su estudio “Análisis de la Directiva Europea 98/83/CE: Paradigma de la Justificación y Establecimiento de los Valores Paramétricos. El Caso Concreto de los Plaguicidas”, hablan específicamente de valores paramétricos máximos admisibles para garantizar la calidad del agua para consumo humano, cuyo objetivo de la investigación fue dar una visión global de los valores establecidos en la Directiva Europea en comparación con otros países y organizaciones, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), en base a su justificación toxicológica,

tanto para parámetros microbiológicos, parámetros indicadores y parámetros químicos, siendo de estos últimos que se ha tenido en consideración, sobre sus valores paramétricos establecidos para algunos parámetros químicos y clasificación en base a su carcinogenicidad, para de esta manera poder realizar el análisis de los resultados obtenidos en las muestras de campo.

En la investigación “Municipal landfill leachates induced chromosome aberrations in rat bone marrow cells”, presentada por Alimba, Bakare, & Latunji (2006), se examinó los posibles efectos mutagénicos de los lixiviados en bruto y simulados del vertedero de residuos sólidos municipales de Olushosun, en el sur oeste de Nigeria, utilizando un ensayo de aberración cromosómica de médula ósea de rata, donde se obtuvieron resultados que indicaban que los lixiviados de la zona en estudio pueden inducir genotoxicidad en ratas y sugerir un posible riesgo para la salud de las poblaciones humanas.

Finalmente, Lozano (2017), en su estudio “Identificación y evaluación de riesgos ambientales en la disposición final de residuos sólidos en el distrito de Lari, provincia de Caylloma, Arequipa”, donde uno de sus objetivos fue el de evaluar el riesgo ambiental generado por la disposición final de residuos sólidos en el distrito de Lari, donde luego de realizar dicha evaluación determinó, que para el entorno natural, entorno humano y socioeconómico, el riesgo ambiental es grave, por existir contaminación de nivel alto, sobre todo en el manejo y disposición final de los lixiviados, situación que se caracteriza de la misma manera para el presente estudio y que contempla las mismas causas y efectos.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

En la presente investigación, se utilizó equipos de localización con sistema de posicionamiento global, equipos e instrumentos para la recolección de los lixiviados en campo y la medición y análisis del contenido de toxicidad en laboratorio, siendo éstos los siguientes y cuyo detalle se describe en el anexo 1:

De campo

- Para pH: Equipo multiparámetro marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A329, con su respectivo electrodo marca Orion 8107 UWMMD.
- Para temperatura: Termómetro con un sensor de platino, marca Traceable, con un rango de trabajo de -50 °C a 400 °C, con resolución de lectura de 0.1 y de 0.01.
- Para pH: Frascos de plástico de alta densidad transparentes de 150 ml, para campo; y para análisis en laboratorio frascos de plástico de alta densidad de 1 litro.
- Para coliformes termotolerantes: Frascos estériles de vidrio con eta de 200 ml.
- Para metales y DQO (a): Frascos de alta densidad de plástico de 0.5 litros.
- Para DBO (b): Frascos de plástico de alta densidad de 1 litro.
- Para aceites y grasas (c): Frascos de vidrio color ámbar o topacio de boca ancha de 1 litro.
- Para localización: Equipo de posicionamiento global GPS marca Garmin, modelo GPSmap 62s.

De laboratorio

- Para análisis del DQO: Espectrofotómetro UV visible (a), de marca Thermo Scientific, modelo OrionMate 8000 y un Bloquedigestor (b) de la marca HANNA Instruments, modelo HI 839800.
- Para el análisis del mercurio: Procesador de mercurio marca Hydra II, con accesorios que son dos tubos de absorción, una lámpara, un autosampler y una aguja.
- Para el análisis de metales: Digestor marca DigiPREP MS, un espectrofotómetro óptico marca Thermo Scientific Laika 6000 Series, y un nebulizador de ultrasonido marca CETAC, modelo U5000AT con un AutoSampler marca CETAC, modelo ASX-520 que incorpora una aguja de muestreo.
- Para el análisis de aceites y grasas: Un juego de peras y filtros de vidrio, un horno mufla de marca Nabertherm de capacidad de 30 °C a 3000 °C y un baño ultrasónico de marca Jeotech.
- Para el análisis de coliformes: Lámparas UV, mechero Bunsen, micropipetas, tubos de ensayo de vidrio, una incubadora marca Incucell y un baño de agua marca Julabo GMBH.

Metodología

Ubicación geográfica

La planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, se encuentra ubicada en la periferia de las Comunidades de San José de Canay, El Palturo y Cochambul, cuyo acceso se da a través de la carretera Cajamarca – Namora, a la altura del Km 19, donde a través de un desvío se ingresa a dicha instalación. Sus coordenadas globales UTM en el sistema WGS 84 del cuadrante 17M, son las siguientes:

- Coordenada Este: 788156 m.
- Coordenada Sur: 9201543 m.
- Elevación: 2,812 m.s.n.m.

Los mapas de ubicación y localización, se observan a continuación en las figuras 4 y 5.



Figura 4: Ubicación de la zona en estudio

Fuente: INEI.



Figura 5: Localización de la zona en estudio

Fuente: Google Earth 2017

Características del lugar

La geomorfología de la zona, presenta valle y pendientes modeladas por los agentes meteorizantes y erosivos, como el agua y el viento, tal como se detalla en el expediente técnico del proyecto (MPC, 2008).

Clima y meteorología. El área presenta un clima correspondiente al Bosque Húmedo – Montano Tropical (bh – MT), encontrándose a una altitud de 2810 a 2910 m.s.n.m. El ambiente es templado seco y soleado en el día, y frío en las noches, con una precipitación pluvial promedio de 650 mm anuales (siendo los meses de mayor precipitación los comprendidos entre octubre a abril y los meses de menor precipitación los comprendidos entre julio a agosto); la temperatura máximo promedio es de 21,75 °C y la mínima promedio es de 5,67 °C, mientras que la humedad relativa promedio es de 67 %.

Geología. La formación geológica sedimentaria denominada Chulec (Ki.Chu) del cretácico inferior, se presenta como basamento rocoso y se encuentra conformada por rocas margosas, areniscas calcáreas, lutitas calcáreas y calizas ligeramente alteradas. Entre las principales estructuras geológicas se encuentran las quebradas Chilca y Buitrón.

Geomorfología. En términos regionales, la zona se emplaza en una unidad geomorfológica que corresponde a superficie de erosión. Las superficies de erosión en esta zona corresponderían al levantamiento de los Andes, cuyas superficies de las zonas bajas se encuentran disectadas por quebradas jóvenes definidas. En la geomorfología local (área de la PTRS) se pueden distinguir las unidades geomorfológicas siguientes: superficies planas, quebradas y sistemas de drenaje.

Geodinámica. Los fenómenos de geodinámica externa de probable ocurrencia son los flujos de lodo en temporadas debido a las de fuertes precipitaciones pluviales, en los meses de lluvia. En relación a los fenómenos de geodinámica interna, el área se encuentra en una zona de alta sismicidad, encontrándose en la zona 3.

Geofísica. Con relación a su geofísica, el área está constituida por tres diferentes capas (superior, intermedia e inferior). La capa superior presenta dos subcapas; la capa intermedia presenta tres subcapas, y la capa inferior está conformada por material rocoso compacto.

Topografía. La topografía de la zona se caracteriza por variar de plana a ondulada en la parte central y de moderada a media en la parte inferior (10 a 15%), las márgenes en algunos tramos de las quebradas tienen pendientes del orden de 30 a 70 %.

Aguas superficiales. Las aguas superficiales de la zona en estudio, están representadas por la quebrada Chilca con un caudal constante del orden de 0.35 l/seg, el cual está alimentado por manantiales provenientes de las partes altas y del manantial Chilca, ubicado antes del límite norte, a su vez las quebradas temporales como Buitrón, y del medio sin nombre, y la tercera más al sur también sin nombre, todas estas quebradas drenan hacia el río Cajamarca, de régimen permanente, ubicado a una distancia de 2.930 metros lineales.

Aguas subterráneas. En relación a las aguas subterráneas, la presencia de fuentes de abastecimiento de agua, son una evidencia de su presencia, como se puede corroborar de acuerdo al estudio geofísico. De los 13,60 metros respecto a la cota del terreno, hay una probabilidad de suelo húmedo y con indicios de agua, desde los 13,60 metros hasta una profundidad de 41,60 metros, a manera de una “bolsonada” de agua de 28 metros del SEV2, su origen es la acumulación y filtración de las aguas de lluvia, aprovecha las zonas planas principalmente que permite la infiltración de las aguas estancadas.

Usos de suelo. En relación a la capacidad de uso mayor, el área se encuentra ubicada dentro de la zona denominada producción forestal – protección. Estas tierras presentan limitaciones que no permiten la actividad agropecuaria, pero que sí son aptas para la producción de especies forestales, adaptadas a las condiciones ecológicas del medio. Por

otro lado, el área de influencia no se encuentra en una zona de conflictos territoriales. Con respecto al uso potencial del suelo, el área de la PTRS se encuentra ubicada dentro de la zona VII – VIII, donde el suelo es apto para pastizales o bosques con severas limitaciones al normal desarrollo, y donde también los suelos no son aptos para cultivos, pasturas ni forestales. Por último, en referencia al uso actual, el área de influencia se encuentra ubicado dentro de la zona de tierras sin uso actual, es decir dicha zona no es agrícola, y es factible de instalar edificaciones y viviendas o servicios

Flora y fauna. La flora predominante de la zona son los denominados cultivos de pan llevar, tales como papa, olluco, alverja, habas, lentejas, entre otros. Estos llegan a ocupar un área aproximada de 4 has. Según manifestaciones de algunos pobladores, se llega a cosechar entre 1 a 2 veces por año. También existen diversas especies de la zona, tales como “pie de perro”, “chamisa”, “yoctara”, “retama”, “calvandro”, “penca”, entre otros. La fauna predominante la conforman aves como la “cargacha”, “santa rosa”, “lig lig”, “rabo blanco”, “huanchaco”, “perdiz”; eventualmente se han avistado vizcachas, zorrillos y tigrillos.

Diseño de la investigación

Primero se recogió toda la información que corresponde a los antecedentes del proyecto de la planta de tratamiento de residuos sólidos, cuya fuente fue la Municipalidad Provincial de Cajamarca, y en parte la Asociación Los Andes de Cajamarca (ALAC), mediante la solicitud formal para los mismos.

En segundo lugar, se analizó todas las consideraciones y/o especificaciones técnicas que se deben tener en la actualidad para la operación y mantenimiento de la misma, es decir, tener el registro de todos los procedimientos y protocolos para el procesamiento de los lixiviados, analizándose también cual es el soporte estructural de la misma, y los

niveles máximos de acopio y procesamiento de los residuos sólidos, así como el tratamiento y disposición final de los lixiviados.

Tercero, se realizó un inventario in situ, de toda la capacidad operativa de la planta, teniendo para ello en cuenta la infraestructura, equipamiento, mobiliario, protocolos y procesos normados, registro de la operación, planes de seguridad y salud ocupacional.

Cuarto, se analizó y trató toda la información acopiada, para posteriormente ser consolidada, sistematizada y presentada.

Quinto, se realizó un análisis probabilístico y la respectiva discusión sobre los aspectos negativos encontrados, y así proponer posteriormente las acciones que correspondan para minimizar dichos aspectos.

Sexto, se redactaron las conclusiones respectivas.

El tipo de diseño de la presente investigación, fue una investigación aplicada, de campo, descriptiva, de fuente primaria, transversal, no experimental, donde se realizó la observación y muestreo directo en campo, luego se desarrolló un sistema teórico, trazando definiciones operacionales de las proposiciones y conceptos de la teoría y luego se aplicó empíricamente a un conjunto de datos. Basándonos en las condiciones que fueron expuestas por Hernández et al (2010), y exponen que “el propósito de las investigaciones no experimentales, son las que se realizan sin manipular deliberadamente las variables, se trata de investigaciones, donde no se hacen variar intencionalmente las variables, solo se observa el fenómeno tal como se da en su contexto natural, para después ser analizados”.

Técnicas e instrumentos de recopilación y recolección de información

Para la presente investigación, se han considerado tres etapas, la etapa de revisión inicial, la etapa de acopio y sistematización de información de campo y la tercera, la etapa de análisis, siendo el detalle el que se indica en la tabla 1:

Tabla 1: Etapas de la investigación

Primera etapa: REVISIÓN INICIAL

- ✓ Obtención y revisión de los antecedentes del proyecto.
 - ✓ Obtención de información sobre la operación y situación actual del proyecto, especialmente en el manejo de los lixiviados.
-

Segunda etapa: ACOPIO Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ Determinación de los puntos de muestreo, fechas y recolección de muestras.
 - ✓ Análisis de laboratorio de las muestras.
-

Tercera etapa: ANÁLISIS

- ✓ Sistematización de la información obtenida en el estudio.
 - ✓ Análisis de los parámetros toxicológicos de los lixiviados.
 - ✓ Elaborar los parámetros de peligrosidad.
 - ✓ Evaluar el nivel de riesgo ambiental por manejo de los lixiviados.
-

Obtención y revisión de los antecedentes el proyecto. Se solicitó a la Municipalidad mediante Oficio N° 02-2016-EPG.UNC/JEGG, de fecha 12.09.2016, facilidades para la realización de tesis doctoral en la PTRS, por lo que con proveído, el Gerente de Desarrollo Ambiental da trámite a la solicitud, dispuso que se me brinde todo el apoyo tanto en oficina como en campo, donde se nos entregó en primer lugar el expediente técnico de la Construcción de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca en versión digital, el cual revisamos exhaustivamente; luego se designó al Ing. Wílmer Núñez Becerra, responsable de campo de la PTRS Cajamarca, con quién luego de informarle sobre el motivo del estudio, brindó todas las facilidades para visitar la planta y recabar información de campo.

Obtención de información sobre la operación y situación actual del proyecto, especialmente en el manejo de los lixiviados. De la entrevista realizada con el responsable de campo, pudimos acopiar solamente la información verbal que nos brindó, ya que no existían registros físicos sobre la operación en sí de la PTRS, inclusive todo lo relacionado con el manejo de lixiviados, solo informes de campo que habían sido remitidos a la Gerencia de Desarrollo Ambiental, pero que en el transcurso del estudio no se nos hicieron llegar.

De la información registrada por parte del responsable fue la siguiente: La PTRS acoge residuos sólidos comunes y residuos sólidos peligrosos aparte de Cajamarca, los distritos de Baños del Inca, Llacanora y Namora, trabajando en dos turnos con un promedio de 27 trabajadores, entre ellos un supervisor, un jefe de planta que hace las funciones de un técnico de campo y el resto en operadores, que por lo general son pobladores de las comunidades aledañas, que hacen cambio cada seis meses; diariamente se acopia 150 Tn, siendo más del 28% de lo proyectado según el expediente técnico.

Se cuenta con maquinaria como cargadores de oruga, volquetes y otros que por lo general se encuentran con limitaciones técnicas; se cuenta con una balanza de ingreso para determinar el peso de la basura y como se van derivando a las respectivas celdas; por lo general cada celda instalada e implementada contempla un área de 2 Hectáreas con una altura de 25 m, acotando que la basura no se segrega, a pesar que en el expediente técnico indica que se construirá un emplazamiento para tal fin; esta planta está diseñada para 10 años, pero con los volúmenes de basura que ingresan, este periodo de vida útil se reducirá a tres cuartos, pero para ello, se ha realizado el replanteo del proyecto, donde se están habilitando más áreas para la instalación de celdas, obviamente no previstas en el expediente técnico.

La PTRS es fiscalizada tanto por la Dirección General de Salud de Cajamarca (DIGESA), como por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA); en cuanto a los lixiviados, se generan en promedio 1.200 m³ por año; se realiza también parcialmente la recirculación de los lixiviados de las pozas hacia las celdas, estando pendiente en este proceso la electrocoagulación, que disminuiría la carga tóxica en los lixiviados recirculados; se cuenta con un tanque de PVC de 25.000 litros para contingencia de sobresaturación de las pozas en casos de lluvia, la cual se activaría con motobombas; en cuanto al pago de la basura común que ingresa a la PTRS es de S/ 45.00 soles por tonelada, y de S/ 37.50 soles por kilogramo en biomédicos.

Determinación de los puntos de muestreo, fechas y recolección de muestras.

Puntos de muestreo. El estudio de campo se basa específicamente en los puntos de recolección de la carga tóxica de los lixiviados, en este caso las pozas de lixiviación que existen a la actualidad en la PTRS, y de ellas por conveniencia se ha seleccionado la poza de lixiviación que no contiene parcialmente geomembrana para la contención de la carga tóxica del lixiviado, siendo esta la poza número dos, acotando además que esta poza debería solo acopiar los lixiviados de la celda número dos, pero que en la actualidad viene acopiando los lixiviados de la celda número uno, incrementando de esta manera tanto el volumen como la carga tóxica de los lixiviados; es por ello que se eligió dicha poza.

Para determinar la distribución de los puntos de muestreo, en base a la pendiente y al área de recolección de los lixiviados, se determinó cinco puntos por conveniencia, que están en función a la zona de depresión permanente, siendo la distribución de éstos, los que se indican en la figura 6, cuya ubicación de dichos puntos, se detallan en la tabla 2:

Tabla 2: Ubicación de los puntos de muestreo

COORDENADAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL UTM (CUADRANTE 17M DEL SISTEMA WGS84)			
Punto	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
P1	788.352	9.201.532,6	2.817
P2	788.361,9	9.201.531,4	2.817
P3	788.353,3	9.201.498,6	2.817,6
P4	788.345,6	9.201.465,9	2.816,2
P5	788.352,4	9.201.464,8	,2.816.2



Figura 6: Determinación de los puntos de muestreo

Fechas de recolección de muestras. El periodo de recolección de muestras, fue de cuatro (04) meses, dos en periodo de invierno y dos en periodo de verano, donde se tomaron muestras mensuales, cinco por cada periodo de muestreo, salvo el último que solamente se tomaron tres debido a la disminución significativa del lixiviado, tabla 3.

Tabla 3: Fecha de recolección de muestras

N° Muestreos	Fecha	N° Muestras	Clima
1	25 abril 2017	5	Invierno
2	30 mayo 2017	5	Invierno
3	27 junio 2017	5	Verano
4	24 julio 2017	3	Verano

Procedimiento para la recolección de muestras en campo. Las muestras se recolectaron, según los protocolos y estándares de calidad del Laboratorio Regional del Agua Cajamarca.

Análisis de laboratorio de las muestras. Las muestras de los lixiviados que se recolectaron en los puntos de muestreo de la poza 2, generaron cuatro informes, cada uno por el periodo de recolección (anexo 2 al 5), y fueron analizados a nivel físico, químico y biológico en el laboratorio regional del agua Cajamarca, según los protocolos y estándares de calidad establecidos por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), cuyo análisis de la carga tóxica se basó en los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad, cuyas consideraciones se indican en la tabla 4.

Tabla 4: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
I	FÍSICOS			
1	Sólidos suspendidos totales	mg/L	150	APHA 2540-D Pág. 2-58 a 2-59 21ava edición
II	QUÍMICOS			
2	Potencial de hidrógeno	pH	6,5 – 8,5	APHA 4500-H+ - B Pág. 4-90 a 4-94 21ava edición
3	DQO	mg O ₂ /L	200	EPA method 410.1 600/4-79-020 REVISED MARCH
4	Arsénico total	mg/L	0.1	APHA 3114-C Pág. 3-37 a 3-38 21ava edición
5	Cadmio total	mg/L	0.002	APHA 3111-B, Pág 3-17 a 3-19, 21st Edition.
6	Cobre total	mg/L	0.5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
7	Cromo VI (*)	mg/L	0.1	Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF. 3500 Cr-B 21 st Edition
8	Hierro total	mg/L	2.0	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
9	Mercurio total	mg/L	0.01	APHA 3112-B Pág. 3-23 a 3-24 21ava edición
10	Plomo total	mg/L	0.5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
11	Zinc total	mg/L	0.5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava Edición
12	Amonio (como N)	mg/L	10	
13	Aceites y grasas	mg/L	20	DIN EN ISO 9377-2. Julio 2001
III	BIOLÓGICOS			
14	DBO ₅	mg O ₂ /L	100	APHA -AWWA-WEF 5210 B. 21st edition
15	Coliformes totales	NMP/100 mL	10000	APHA 9221 B Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition

Fuente: (MINAM, 2010b)

Diseño estadístico. De los cuatro informes entregados por el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca sobre los resultados del muestro de los lixiviados, y con la finalidad de realizar la sistematización de la información para la presentación de los resultados y su respectiva discusión, fue necesario primero realizar el tratamiento estadístico correspondiente, mediante el paquete estadístico para ciencias sociales – SPSS, en su versión 24, con la finalidad de darle la fiabilidad y consistencia a los datos obtenidos de campo, aplicándose el estadístico descriptivo de frecuencias, la correlación estadística bivariada y la fiabilidad a nivel de escala, de los datos obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo y como ya se indicó, para cada uno de los cuatro meses de recolección de muestras; donde se determinaron también los estadísticos como la media, la mediana, moda, desviación estándar, máximos y mínimos; siendo los resultados resumen, incluyendo sus estadísticos, los que se detallan en la parte de presentación de resultados, en las tablas de la 6 a la 25.

Elaboración de los parámetros de peligrosidad. En base a la guía de evaluación de riesgo ambientales, en su anexo 24 “Instructivo para la recopilación de información para evaluación de riesgos ambientales”, en el punto 8, sobre identificación de peligros, indica que se debe precisar el tipo de peligro, la fecha de ocurrencia o en su defecto la fecha de inicio del peligro si se mantiene en el tiempo, el tiempo de duración, principales daños ocasionados, causas que originaron los peligros y los efectos secundarios, con lo que en base a esto vamos a elaborar los parámetros de peligrosidad y posteriormente caracterizar el peligro, cuyas consideraciones se indican en la parte resultados y discusión.

Evaluación del nivel de riesgo ambiental por manejo de los lixiviados. En base a la guía de evaluación de riesgo ambientales, en su anexo 25 “Instructivo estudio preliminar y estudio al detalle: identificación, análisis, evaluación y caracterización de riesgos ambientales”, en el punto 1, sobre la evaluación preliminar de riesgo ambiental, indica el

procedimiento práctico, que permite establecer el nivel de riesgo preliminar del contaminante, en este caso la carga tóxica del lixiviado, y del parámetro que ésta contenga, es decir, en base al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP), con lo cual nos arrojará el nivel de riesgo, que deberá estar entre la escala de 1 a 3 (Nivel 1 = Leve, Nivel 2 = Moderado y Nivel 3 = Significativo), es decir, para el nivel 1 el rango, se encuentra entre el LMP y valores menores a él, para el nivel 2, se multiplica el LMP por el valor del nivel, en este caso por 2 y ese sería el límite superior del nivel, y para el nivel 3, el rango es a partir del valor inmediato del valor superior del nivel 2 hacia adelante, y que se detalla en la siguiente tabla 5.

Tabla 5: Nivel de contaminación ambiental por cada tipo de parámetro

Parámetros	Unidad	Niveles de contaminación ambiental		
		Nivel 1 Leve	Nivel 2 Moderado	Nivel 3 Significativo
I FÍSICOS				
1 Sólidos suspendidos totales	mg/L	< 150	151 - 300	> 301
II QUÍMICOS				
2 Potencial de hidrógeno	pH	6,5 – 8,5	3,0 - 11,5	0,0 - 14,0
3 DQO	mg O ₂ /L	200	201 - 400	> 401
4 Arsénico total	mg/L	0,10	0,11 – 0,20	> 0,21
5 Cadmio total	mg/L	<0,0020	0,0021 – 0,0040	> 0,0041
6 Cobre total	mg/L	0,50	0,51 – 1,00	> 1,01
7 Cromo VI (*)	mg/L	0,10	0,11 – 0,20	> 0,21
8 Hierro total	mg/L	2,0	2,1 – 4,0	> 4,1
9 Mercurio total	mg/L	< 0,01	0,011 – 0,020	> 0,021
10 Plomo total	mg/L	< 0,50	0,51 – 1,00	> 1,01
11 Zinc total	mg/L	0,50	0,51 – 1,00	> 1,01
12 Aceites y grasas	mg/L	20	21 - 40	> 41
IV BIOLÓGICOS				
13 DBO ₅	mg O ₂ /L	100	101 - 200	> 201
14 Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10.000	10.001 – 20.000	> 20.001

Fuente: MINAM, 2010

Entonces a nivel de parámetros físicos, químicos y biológicos, los niveles de contaminación ambiental a clasificar, se catalogaron según lo detallado en la tabla 5, acotando que, de todos estos parámetros evaluados, para determinar el riesgo ambiental final, como parte metodológica, se consideró al o a los más desfavorable, es decir, el parámetro de peligrosidad que presente el máximo nivel de riesgo, desde significativo, moderado hasta llegar a leve, si fuese el caso, ya que de todas maneras si solamente existiese un parámetro nocivo, este impactará en el medio ambiente, esto a nivel preliminar, ya que con un estudio complementario se puede determinar puntualmente cual es el nivel de contaminación de la carga tóxica en el suelo y agua subterránea.

Para tal efecto, la determinación del riesgo, estará supeditado a la probabilidad de la ocurrencia del peligro versus la gravedad de las consecuencias, tal como lo describe la Guía de evaluación de riesgos ambientales (MINAM, 2010a), basándose en la norma Europea UNE 150008-2008 sobre evaluación de riesgos ambientales (AENOR, 2008).

Sobre estas consideraciones también el manual para la evaluación de riesgos inducidos por la acción humana, el CENEPRED (2015), indica que el riesgo tecnológico o antrópico, estará en función del peligro (físicos, químicos y biológicos), sobre la vulnerabilidad del elemento expuesto y sus factores: exposición, fragilidad y resiliencia, el cual trabaja sobre un basamento de descriptores y ponderaciones, que conllevan a pasar más allá de un método cualitativo a un método cuantitativo.



Figura 7: Determinación del riesgo

Fuente: CENEPRED, 2015

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentación de resultados

Tabla 6: Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Abril

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Biológico	2	5,3	5,3	5,3
	Físico	2	5,3	5,3	10,5
	Químico	34	89,5	89,5	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje valido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%, y esto se mantiene para los demás meses.

Tabla 7: Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Abril

	Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5
N	Válido	38	37	37	37	37
	Perdidos	0	1	1	1	1
Media		72,33603	71,96322	61,39997	52,23943	46,69997
Mediana		,35800	,42400	,18600	,38100	,21000
Moda		,002 ^a	,002 ^a	,002 ^a	,002 ^a	,004
Desviación estándar		183,4899	178,9504	173,4924	147,7275	131,3348
Mínimo		,002	,002	,002	,002	,002
Máximo		941,800	885,500	895,400	779,400	696,500

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 8: Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Abril

		P1	P2	P3	P4	P5
P1	Correlación de Pearson	1	,980**	,973**	,960**	,956**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000
	N	37	37	37	37	37
P2	Correlación de Pearson	,980**	1	,983**	,976**	,973**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000
	N	37	37	37	37	37
P3	Correlación de Pearson	,973**	,983**	1	,992**	,989**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
	N	37	37	37	37	37
P4	Correlación de Pearson	,960**	,976**	,992**	1	,999**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000
	N	37	37	37	37	37
P5	Correlación de Pearson	,956**	,973**	,989**	,999**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	
	N	37	37	37	37	37

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 9: Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de

Abril

	Media	Desviación estándar	N
P1	72,33603	183,489943	37
P2	71,96322	178,950457	37
P3	61,39997	173,492416	37
P4	52,23943	147,727578	37
P5	46,69997	131,334861	37

Tabla 10: Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Abril

	Alfa de Cronbach	
Alfa de Cronbach	basada en elementos estandarizados	N de elementos
,992	,996	5

Tabla 11: Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Mayo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Biológico	2	5,3	5,3	5,3
	Físico	2	5,3	5,3	10,5
	Químico	34	89,5	89,5	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje valido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

Tabla 12: Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Mayo

	Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5
N	Válido	38	38	38	38	38
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		180,57837	163,52408	202,85629	201,23511	196,70471
Mediana		,63300	,63450	,79450	,77900	,66600
Moda		,003	,002 ^a	,004	,004	,003
Desviación estándar		669,959129	637,7534	831,0048	842,7348	842,2692
Mínimo		,002	,002	,002	,002	,002
Máximo		3896,000	3765,000	4896,000	4962,000	4962,000

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 13: Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Mayo

		P1	P2	P3	P4	P5
P1	Correlación de Pearson	1	,994**	,989**	,984**	,978**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000
	N	38	38	38	38	38
P2	Correlación de Pearson	,994**	1	,999**	,997**	,995**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000
	N	38	38	38	38	38
P3	Correlación de Pearson	,989**	,999**	1	,999**	,998**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
	N	38	38	38	38	38
P4	Correlación de Pearson	,984**	,997**	,999**	1	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000
	N	38	38	38	38	38
P5	Correlación de Pearson	,978**	,995**	,998**	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	
	N	38	38	38	38	38

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 14: Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Mayo

	Media	Desviación estándar	N
P1	180,57837	669,959129	38
P2	163,52408	637,753418	38
P3	202,85629	831,004851	38
P4	201,23511	842,734867	38
P5	196,70471	842,269273	38

Tabla 15: Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Mayo

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,995	,999	5

Tabla 16: Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Junio

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Biológico	2	5,3	5,3	5,3
Físico	2	5,3	5,3	10,5
Químico	34	89,5	89,5	100,0
Total	38	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje valido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

Tabla 17: Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Junio

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5
N Válido	38	38	38	38	38
Perdidos	0	0	0	0	0
Media	432,77537	301,57474	265,56632	199,05447	186,48697
Mediana	,70600	,59400	,71650	,67800	,69200
Moda	,002 ^a	,024	,021 ^a	,002 ^a	,021
Desviación estándar	1599,2731	1019,4404	822,5952	624,9846	616,7004
Mínimo	,002	,002	,002	,002	,002
Máximo	9200,000	5400,000	3500,000	3399,000	3432,000

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 18: Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Junio

		P1	P2	P3	P4	P5
P1	Correlación de Pearson	1	,978**	,896**	,602**	,461**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,004
	N	38	38	38	38	38
P2	Correlación de Pearson	,978**	1	,963**	,737**	,613**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000
	N	38	38	38	38	38
P3	Correlación de Pearson	,896**	,963**	1	,891**	,802**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
	N	38	38	38	38	38
P4	Correlación de Pearson	,602**	,737**	,891**	1	,986**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000
	N	38	38	38	38	38
P5	Correlación de Pearson	,461**	,613**	,802**	,986**	1
	Sig. (bilateral)	,004	,000	,000	,000	
	N	38	38	38	38	38

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 19: Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de Junio

	Media	Desviación estándar	N
P1	432,77537	1599,273114	38
P2	301,57474	1019,440465	38
P3	265,56632	822,595224	38
P4	199,05447	624,984637	38
P5	186,48697	616,700465	38

Tabla 20: Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Junio

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,909	,950	5

Tabla 21: Tabla de frecuencia por el tipo de parámetro válido mes de Julio

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Biológico	2	5,3	5,3	5,3
	Físico	2	5,3	5,3	10,5
	Químico	34	89,5	89,5	100,0
	Total	38	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje valido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

Tabla 22: Estadísticos de frecuencia para cada punto de muestreo mes de Julio

	Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5
N	Válido	38	0	0	37	37
	Perdidos	0	38	38	1	1
Media				239,08803	244,64568	239,70097
Mediana				,60600	,61600	,59800
Moda				,002 ^a	,003 ^a	,002 ^a
Desviación estándar				996,1193	996,2325	996,1790
Mínimo				,002	,002	,002
Máximo				5622,100	5557,100	5622,800

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 23: Correlación estadística bivariada para cada punto de muestreo mes de Julio

		P1	P2	P3	P4	P5
P1	Correlación de Pearson	. ^a	.^{a}	.^{a}	.^{a}	.^{a}
	Sig. (bilateral)	.	.	.	.	.
	N	0	0	0	0	0
P2	Correlación de Pearson	. ^a	.^{a}	.^{a}	.^{a}	.^{a}
	Sig. (bilateral)	.	.	.	.	.
	N	0	0	0	0	0
P3	Correlación de Pearson	. ^a	. ^a	1	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	.	.	.	,000	,000
	N	0	0	37	37	37
P4	Correlación de Pearson	. ^a	. ^a	1,000**	1	1,000**
	Sig. (bilateral)	.	.	,000	.	,000
	N	0	0	37	37	37
P5	Correlación de Pearson	. ^a	. ^a	1,000**	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	.	.	,000	,000	.
	N	0	0	37	37	37

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 24: Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada por punto muestreo mes de

Julio

	Media	Desviación estándar	N
P1	.	.	0
P2	.	.	0
P3	239,08803	996,119328	37
P4	244,64568	996,232518	37
P5	239,70097	996,179072	37

Tabla 25: Fiabilidad a nivel de escala de los puntos de muestreo mes Julio

Alfa de Cronbach		
Alfa de Cronbach	Alfa de basada en elementos estandarizados	N de elementos
1,000	1,000	3

De la sistematización y procesamiento de los datos obtenidos y validados estadísticamente, se graficaron los resultados mediante la presentación de los siguientes consolidados (figura 8 a la 17):

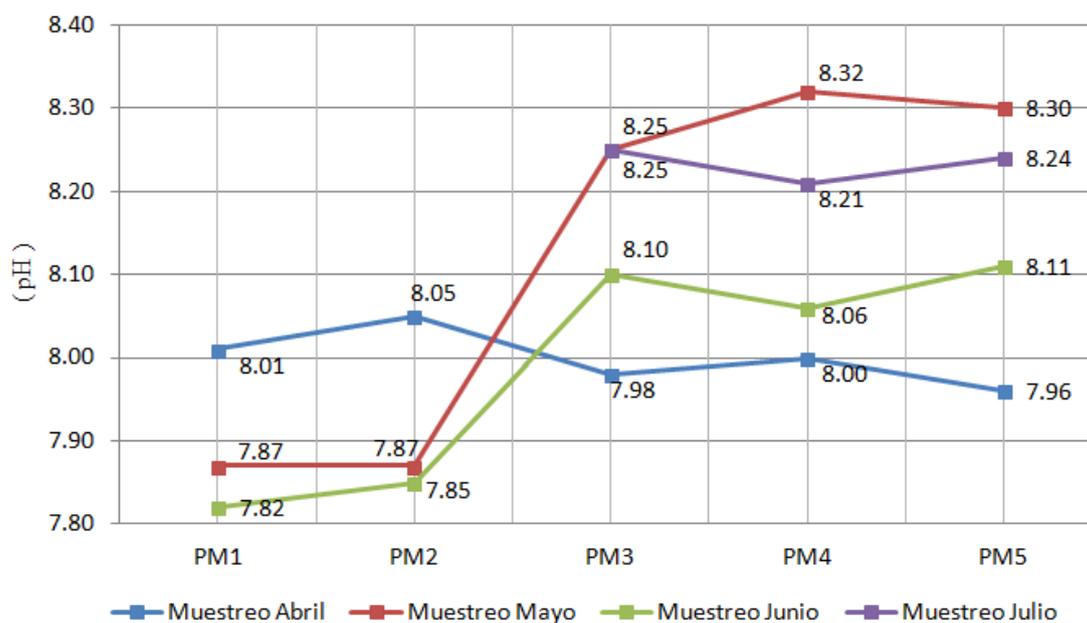


Figura 8: Consolidado del potencial de hidrógeno (pH)

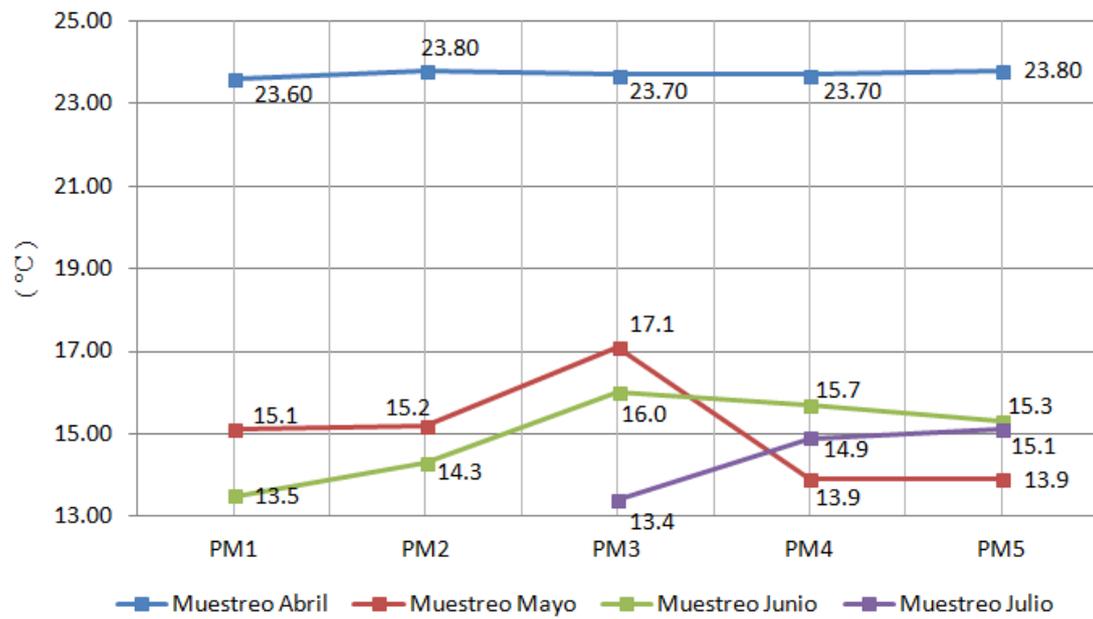


Figura 9: Consolidado de temperatura (T°)

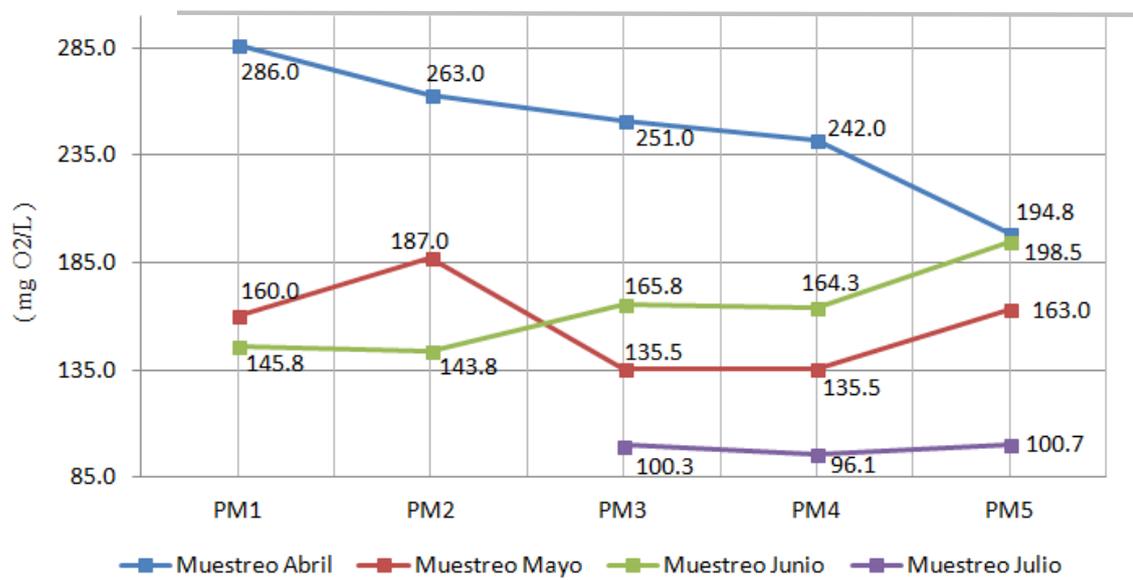


Figura 10: Consolidado de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

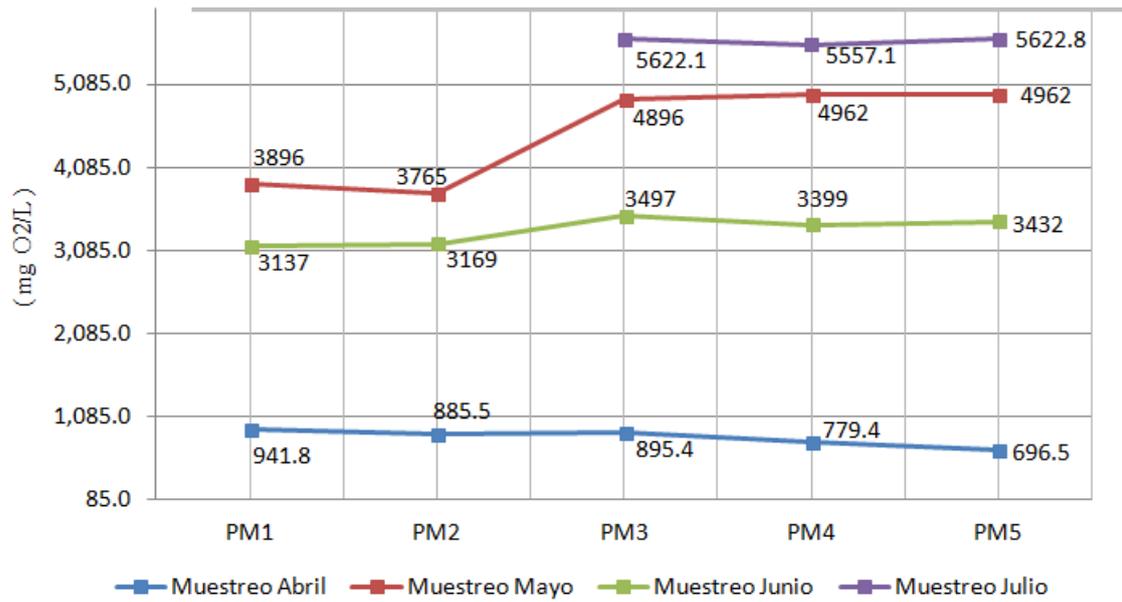


Figura 11: Consolidado de la demanda química de oxígeno (DQO)

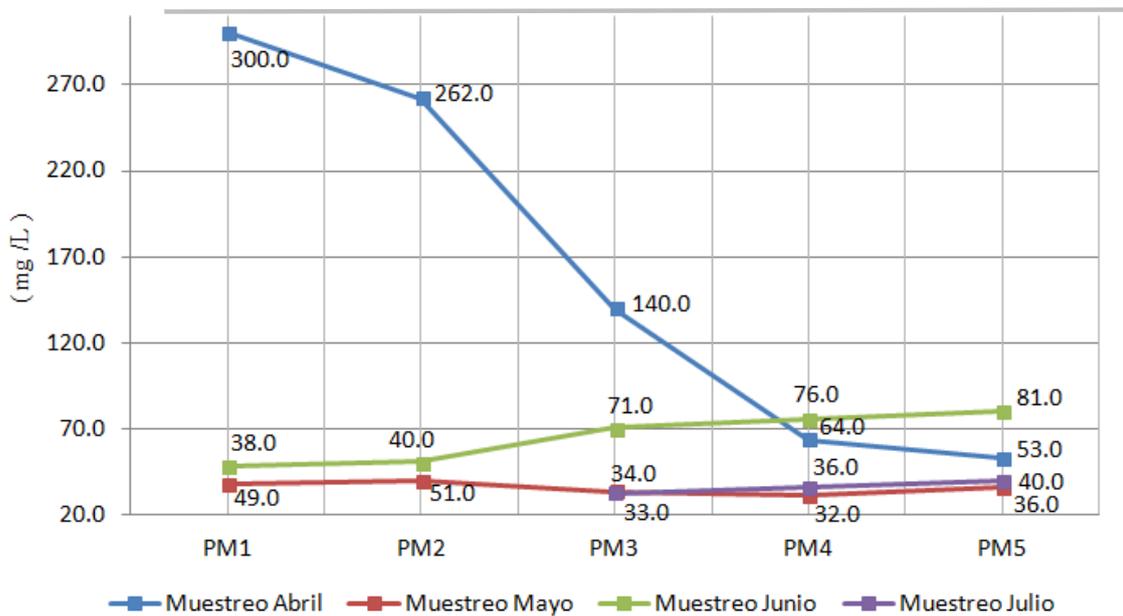


Figura 12: Consolidado de los sólidos suspendidos totales (SST)

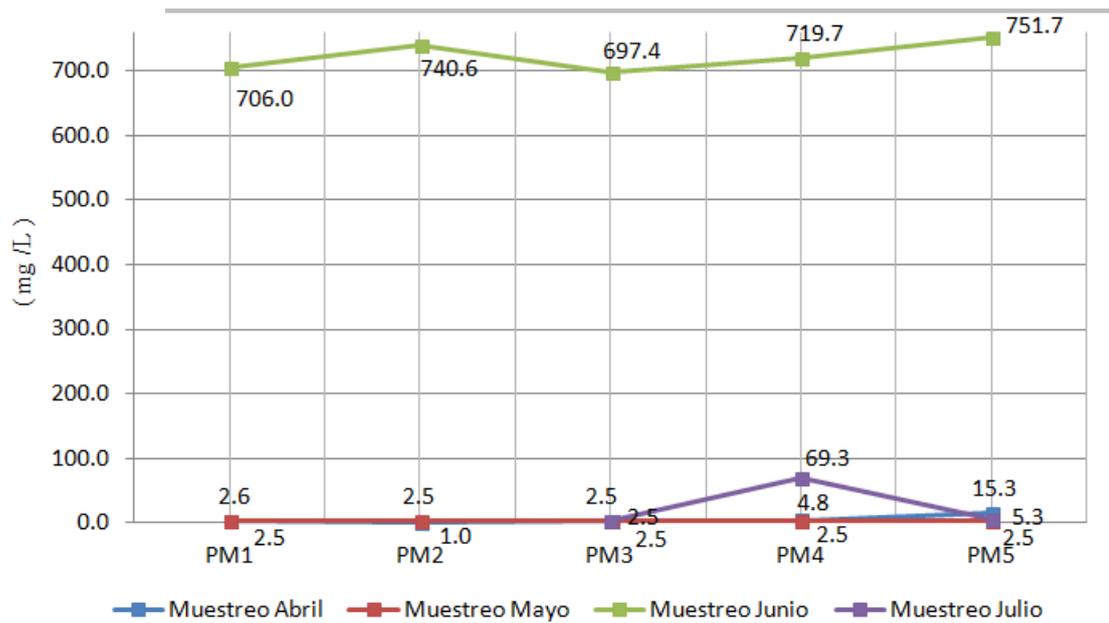


Figura 13: Consolidado de aceites y grasas

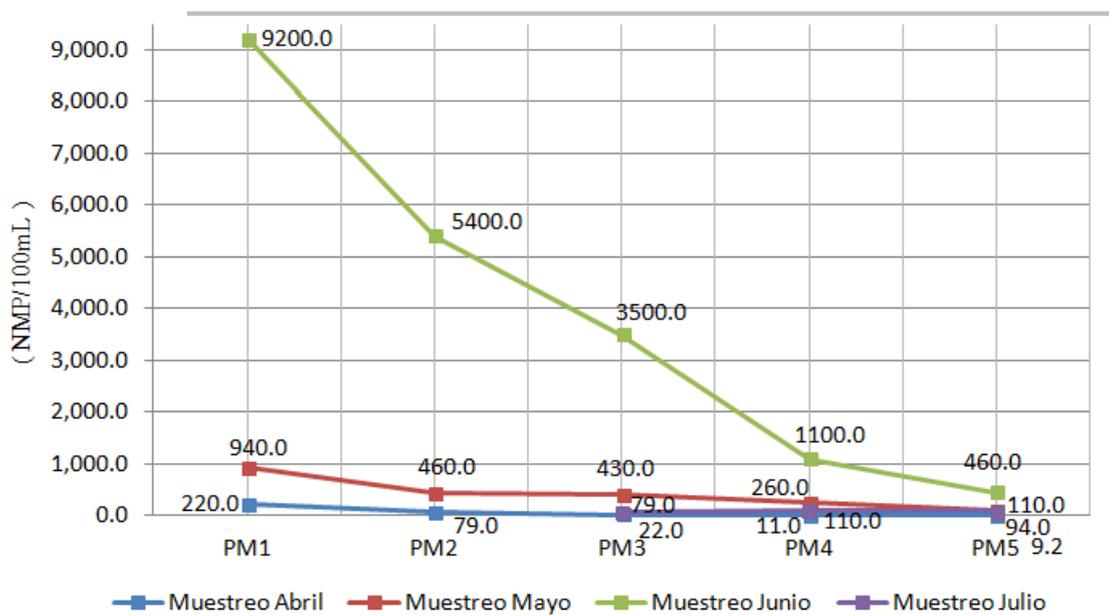


Figura 14: Consolidado de coliformes termotolerantes (CTT)

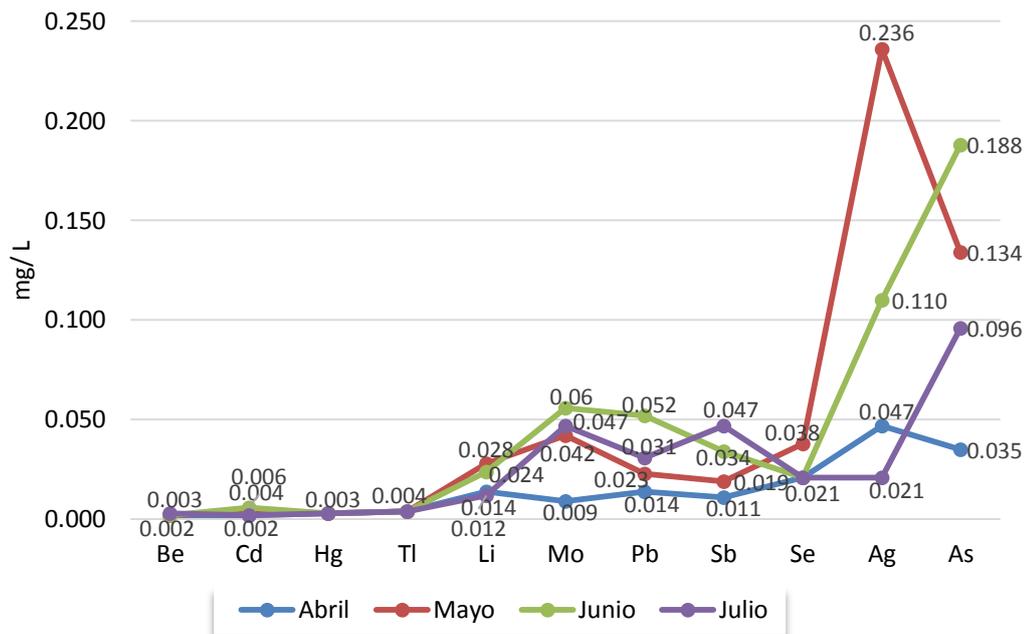


Figura 15: Valores máximos de metales (I)

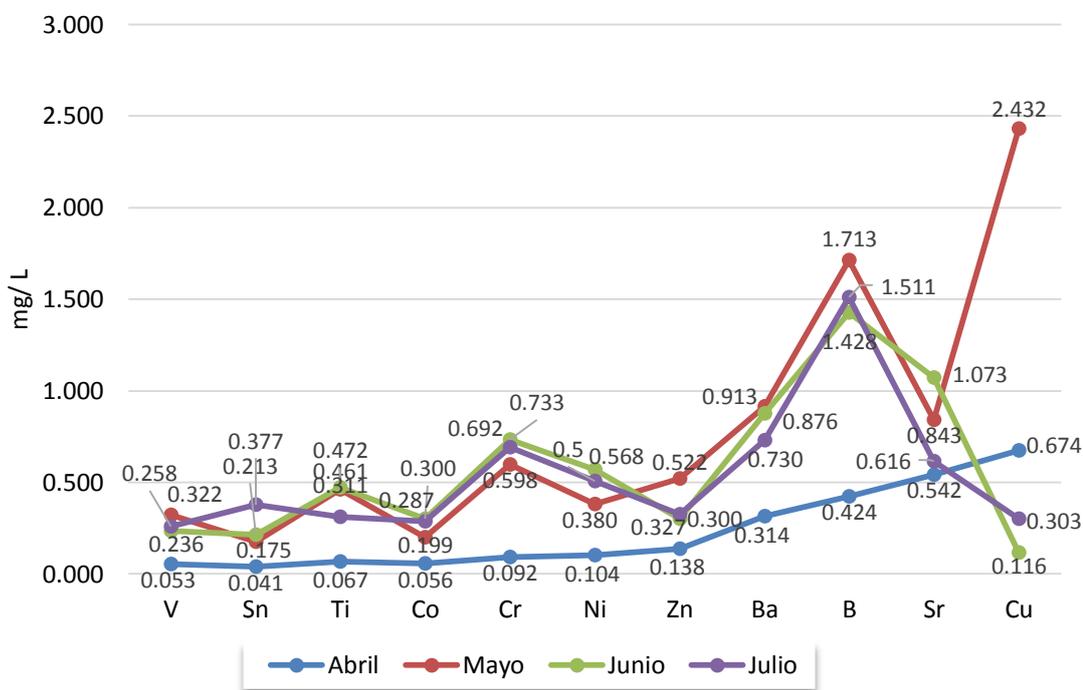


Figura 16: Valores máximos de metales (II)

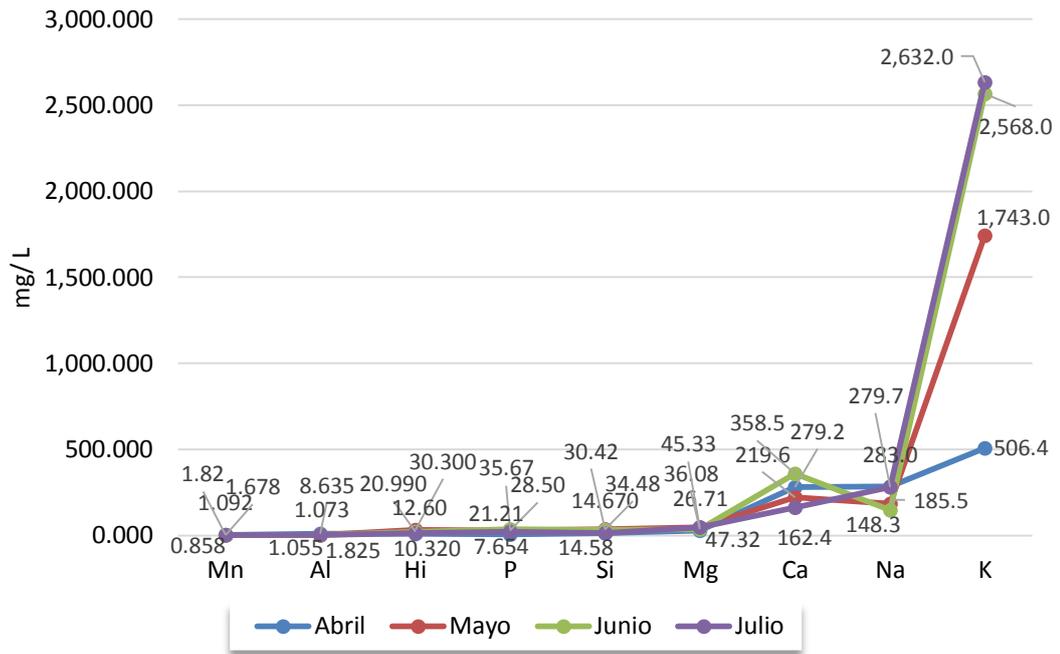


Figura 17: Valores máximos de metales (III)

De igual manera de la información recopilada y sistematizada, se pudo determinar los parámetros de peligrosidad, las características del peligro y posteriormente la evaluación preliminar del riesgo ambiental, cuyas consideraciones se indican a continuación:

Parámetros de peligrosidad

- Tipo de peligro: generación de residuos sólidos con alta carga contaminante (lixiviados).
- Fecha que ocurrió el peligro/ fecha inicio del peligro: 2015
- Tiempo de duración: 03 años a la fecha.
- Principales daños ocasionados: Ambiente, salud.
- Causas que originaron el peligro: Antropogénicos, manejo de los lixiviados en la PTRS Cajamarca.
- Efectos secundarios: Contaminación del medio ambiente en la cuenca media y baja del emplazamiento de la PTRS Cajamarca.

Características del peligro

- Causas de ocurrencia: Manejo de lixiviados en la disposición final de residuos sólidos municipales.
- Meses de ocurrencia: Es permanente, pero se acentúa en el periodo de invierno, es decir, en los meses de diciembre a mayo.
- Área afectada: Cuenca media y baja del emplazamiento de la PTRS Cajamarca, en las localidades de San José de Canay, El Palturo y Cochambul, en el distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca.
- Tipo de material que arrastra: Carga tóxica de los componentes físico-químicos e inorgánicos de los lixiviados que percolan en la poza de lixiviación 2.
- Periodicidad: Permanente, debido a la inexistencia en casi un 50% de la poza el confinamiento o estructura de retención para evitar la infiltración del lixiviado.

Evaluación del riesgo ambiental

Según la evaluación de riesgo ambiental en base a la metodología utilizada, los niveles de riesgo de la carga tóxica del lixiviado, se definen dentro de los parámetros y límites detallados en la tabla 26, así como los detalles de los componentes que sobrepasan los LMP, que se observa en la tabla 27:

Tabla 26: Evaluación del riesgo ambiental por carga tóxica

Parámetros	Unidad	Concentración máxima en muestra	Niveles de riesgo			
			Nivel 1 Leve	Nivel 2 Moderado	Nivel 3 Significativo	Nivel de riesgo
I FÍSICOS						
1 Sólidos suspendidos totales	mg/L	300	< 150	151 - 300	> 301	Moderado
II QUÍMICOS						
2 Potencial de hidrógeno	pH	<7,82 - 8,32>	6,5 – 8,5	3,0 - 11,5	0,0 - 14,0	Leve
3 DQO	mg O ₂ /L	5.622,8	200	201 - 400	> 401	Significativo
4 Arsénico total	mg/L	0,188	0,10	0,11 – 0,20	> 0,21	Moderado
5 Cadmio total	mg/L	< LCM	<0,0020	0,0021 – 0,0040	> 0,0041	Leve
6 Cobre total	mg/L	2,432	0,50	0,51 – 1,00	> 1,01	Significativo
7 Cromo VI (*)	mg/L	0,733	0,10	0,11 – 0,20	> 0,21	Significativo
8 Hierro total	mg/L	30,3	2,0	2,1 – 4,0	> 4,1	Significativo
9 Mercurio total	mg/L	0,003	< 0,01	0,011 – 0,020	> 0,021	Leve
10 Plomo total	mg/L	0,031	< 0,50	0,51 – 1,00	> 1,01	Leve
11 Zinc total	mg/L	0,522	0,50	0,51 – 1,00	> 1,01	Moderado
12 Aceites y grasas	mg/L	751,7	20	21 - 40	> 41	Significativo
IV BIOLÓGICOS						
13 DBO ₅	mg O ₂ /L	286	100	101 - 200	> 201	Significativo
14 Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	9.200	10.000	10.001 – 20.000	> 20.001	Leve

Tabla 27: Componentes de los lixiviados que sobrepasan los LMP

Tipo	Parámetro	Unidad	Concentración	Exceso (%)
Físico	Sólidos suspendidos totales	mg/ L	300	100
Químico	Demanda química de oxígeno	mg O ₂ / L	5.622,8	2.711,4
Químico	Arsénico total	mg/ L	0,188	88
Químico	Cobre total	mg/ L	2,432	386,4
Químico	Cromo VI	mg/ L	0,733	633
Químico	Hierro total	mg/ L	30,3	1.415
Químico	Zinc total	mg/ L	0,522	4,4
Químico	Aceites y grasas	mg/ L	751,7	3.658,5
Biológico	Demanda bioquímica de oxígeno	mg O ₂ / L	286	186

Discusión de resultados

De los resultados obtenidos mediante los informes de muestras, tomadas de los lixiviados de la poza 2 de la PTRS de Cajamarca, cuyos resultados se presentaron en el capítulo anterior, según la tabla 26 referida a la evaluación del riesgo ambiental por carga tóxica, los parámetros que mantienen un nivel de riesgo leve son: el pH, el cadmio total, el mercurio total, plomo total y los coliformes termotolerantes; los de nivel moderado son: sólidos suspendidos totales, arsénico total y el zinc total; y los de nivel significativo son: la demanda bioquímica de oxígeno, el cobre total, el cromo VI, el hierro total, aceites y grasas y la demanda bioquímica de oxígeno; por lo que solamente vamos a tomar y analizar los que tienen ciertas características, como su nivel de incidencia, que superen el límite máximo permisible, la carga tóxica nociva para la salud humana o su concentración generadora de carcinogenicidad; esto en base a los siguientes parámetros: físicos (sólidos suspendidos totales), químicos (demanda química de oxígeno, arsénico total, cobre total, cromo VI, hierro total, zinc total y aceites y grasas) y biológicos (demanda bioquímica de oxígeno), de lo que se desprende que

Del análisis de la tabla 27, se aprecia que los valores que exceden los límites máximos permisibles, debido a la concentración de dichos parámetros, como los físicos, químicos y biológicos, especialmente los metales pesados, por procesos propios de lixiviación, aunados a agentes externos como la lluvia, humedad, escorrentía, presión de los bancos, etc., generan el escurrimiento y disposición final de dichos lixiviados en sus respectivas pozas de recepción, siendo para el presente caso, la poza 2. Estos valores podrían venir, si es para el plomo (Pb) de los productos electrónicos como televisores, radios, equipos de cómputo y otros electrodomésticos, así como del vidrio, cerámicas, plásticos, materiales de bronce y aceites usados o quemados; para el cadmio (Cd), de las baterías de níquel-cadmio que se encuentran en la mayoría de teléfonos celulares, de los plásticos,

productos electrónicos, lavavajillas, lavarropas, pigmentos, vidrio, cerámicas, aceites usados o quemados y el caucho; para el mercurio (Hg), las baterías de carbón y similares, las lámparas fluorescentes, restos de pintura, termómetros, pigmentos de tintas y los plásticos (Greenpeace, 2008).

Así mismo, Giraldo (2001), indica que los lixiviados en rellenos sanitarios de los países en vías de desarrollo presentan concentraciones mayores de amoníaco y metales pesados (MP), que aquellos de países desarrollados.

En cuanto al parámetro químico de la Demanda Química de Oxígeno (**DQO**) y el parámetro biológico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (**DBO₅**), determinan el contenido de materia orgánica de los lixiviados, que vienen a ser indicativos de la cantidad total de materia química y orgánica que son fácilmente biodegradables. Estos parámetros (medidos como mg/L), cuantifican la cantidad de oxígeno necesario para la conversión de carbono orgánico a CO₂ y agua, o la cantidad de oxígeno que los microorganismos utilizan en convertir la materia orgánica. Para los lixiviados es común calcular la relación DBO/DQO (Sánchez, 2010); siendo para el presente estudio, ambos parámetros de un nivel de riesgo, Significativo.

Sobre **aceites y grasas**, podemos mencionar que son contaminantes a tener en cuenta en las aguas residuales industriales, debido a sus características que poseen y también a los efectos que pueden producir sobre el medio ambiente (Ramos, García, & Diez, 2015) (Mohammadi, Kazemimoghadam, & Saadabadi, 2003). Gran parte de ellos provienen de hidrocarburos, y otros de aceites esenciales, los cuales son líquidos oleosos volátiles, que se obtiene por algún método físico de extracción, se solubilizan parcialmente en etanol, en cloroformo y en aceites fijos y son insolubles en agua (Díaz & Salazar, 2016). Sobre estas consideraciones podemos determinar más puntualmente la fuente de generación de los aceites y grasas.

Continuando con el análisis de la tabla 27, sobre la carga tóxica del lixiviado, debido al exceso en base a sus LMP, algunos de los metales pesados presentes, también denominados metales tóxicos o metales traza, pueden generar efectos negativos en la salud de las personas (Maheshwari, Gupta, & Das, 2015), sobre todo de las poblaciones aledañas.

Actualmente los metales pesados no cuentan con una definición estricta y completamente aceptada para este grupo, pero entre sus características principales se citan: una densidad mayor a 6 gr/cm^3 , su condición de no degradabilidad a través de procesos biológicos, algunos de ellos no tienen función biológica conocida y la acumulación en diferentes componentes de la red alimenticia, razones por las cuales se han calificado como una grave amenaza para la salud (Sánchez, 2010). Entre ellos podemos analizar los siguientes:

Para lo que es el **cobre** (Cu), según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2000), considera como límite máximo permisible, 1.3 mg L^{-1} , la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), considera como LMP, 2 mg L^{-1} , que en el caso de sobrepasarlos, puede provocar posibles afecciones a la salud, según lo determinado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, ATSDR (2016c), que con exposición a corto plazo, puede presentar molestias gastrointestinales. A largo plazo, lesiones hepáticas o renales. Así mismo, como riesgo ambiental, el cobre se encuentra mediante la forma de fuente de contaminación ambiental, en las rocas, el agua, los sedimentos, y en niveles bajos en el aire; que genera corrosión de cañerías en el hogar, erosión en depósitos naturales, percolado de conservantes de madera, etc. (Valles, 2013), como lo que puede estar sucediendo en los lixiviados de la PTRS Cajamarca. Sobre lo indicado, se puede determinar que el cobre, cuando el sistema depurativo interno de los seres humanos, como son el hígado y los riñones, no son

eficientes debido al alto contenido de intoxicación por cobre, puede producir la enfermedad de Wilson, debido a que el organismo absorbe más cobre del necesario.

De igual manera para el **hierro** (Fe), según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2000), considera como límite máximo permisible, 0.13 mg L^{-1} , la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), considera como LMP, 0.3 mg L^{-1} , que en el caso de sobrepasarlos, puede provocar posibles afecciones a la salud, según lo determinado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, ASTDR (2010), que en cantidades excesivas puede producir hemocromatosis, y por consiguiente una falla multiorgánica. Así mismo, como riesgo ambiental solamente los derivados de su producción mediante modificación e industrialización, a través de fundiciones y siendo el producto más utilizado el acero.

El **arsénico** (As), no es un metal, pero por su elevada densidad (5.7 gr/cm^3) y por algunas propiedades de carácter ambiental, se suele clasificar como metal pesado (Domenech & Peral, 2008). Se encuentra libre y combinado en muchos minerales (más de 150 minerales lo contienen). Se encuentra frecuentemente en aguas naturales a las que llega por la erosión de las rocas superficiales y volcánicas. Por lo general las aguas superficiales tienen bajos contenidos de arsénico. En vertientes calientes, dichas concentraciones pueden ser muy elevadas. También se han encontrado concentraciones muy elevadas en aguas subterráneas destinadas para el consumo humano en Argentina, Chile, Taiwán, Estados Unidos, Inglaterra y México (Castro, 1985) (Albores et al, 1997). La mayor parte del arsénico que existe en el agua y en el medio ambiente proviene de la actividad humana. Los productos generados por el hombre incluyen el arsénico metálico, el pentóxido y el trióxido (As_2O_5 y As_2O_3), los arseniatos de calcio y plomo, $\text{Ca}_3(\text{As}_4)_2$, $\text{Pb}_3(\text{As}_4)_2$; los arsenicales orgánicos, etc. Estas sustancias pasan al medio ambiente durante su empleo como insecticidas o herbicidas. También se emplean en esterilizantes

del suelo, como preservadores de madera o como antiparasitarios en baños para ovejas y cabras (Castro, 1985) (Albores et al., 1997).

Argentina, Chile y Perú se encuentran expuestos a niveles elevados de arsénico en agua, especialmente de origen subterráneo. La toxicidad del arsénico depende de la forma en que se encuentre, así como su estado de oxidación, siendo los arsénicos inorgánicos solubles más tóxicos que los orgánicos. La exposición baja a moderada al arsénico inorgánico ha sido prospectivamente asociada a un aumento en la morbilidad y mortalidad por cáncer, enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus (ATSDR, 2016a).

En Bangladesh se ha asociado a las enfermedades diarreicas con exposición prenatal de arsénico; este elemento puede también aumentar los problemas de diarrea mencionados arriba. En América Latina, con información originada en Argentina, Chile y México, se reportan asociados al arsénico al cáncer de vejiga, de pulmón, de riñón, de hígado y de piel; igualmente, se menciona a las lesiones en la piel, y la enfermedad cardiovascular y respiratoria. La prevalencia de cada enfermedad es distinta en cada país.

En el Perú, la presencia del arsénico en las fuentes de agua para consumo humano se debe tanto a factores naturales de origen geológico como a la explotación minera y refinación de metales por fundición. El mismo proceso geológico de la cordillera de los Andes que se asocia a la presencia natural de arsénico en aguas superficiales y subterráneas, también lo explican los yacimientos de cobre, cuya explotación y posterior fundición contribuye a los niveles de arsénico ambiental.

En el Perú se ha reportado niveles de arsénico en agua de consumo humano por encima del límite máximo permisible recomendado en el agua potable de 10 ug/L, que es igual al límite de la OMS.

Hace poco se publicó un estudio con 111 muestras de agua de consumo en Perú; en doce distritos, de los cuales 86% superaban 10 ug/L, y 56% superaban 50 ug/L. Se ha

reportado la presencia de arsénico (180 ug/L) en pozos de Puno, de 200-400 ug/L en el río Locumba, y 25 ug/L en el agua de consumo en la provincia de Hyatara. Igualmente, se ha detectado arsénico en la cuenca del río Rímac, que lleva el agua a Lima, donde en 1994, el 85% de las muestras sobrepasaron los 50 ug/L.

Más recientemente, estudios de DIGESA y SEDAPAL encontraron niveles en el río Rímac cerca al 50 ug/L en los años 1997-2004, salvo los años de 2000, 2001 y 2002, en que los promedios eran de 260 ug/L, 710 ug/L, y 780 ug/L. En todo el Perú se ha estimado para el año 2000 que, al menos, 250 000 personas bebían agua con concentraciones de arsénico > 50 ug/L.

Son pocos los estudios de seres humanos en cuanto al arsénico en Perú. Dos estudios de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC) en regiones mineras de Perú reportaron niveles bajos en la orina, con un promedio de 6 ug/L en Ancash en la sierra norte, y un promedio de 18 ug/L en la ciudad de Cerro de Pasco en la sierra central. El nivel recomendado en la orina es 50 ug/L. En cambio, se ha observado queratosis arsenical en 5,7% de habitantes de una población residente a los 3.290 metros de altitud expuesta a relaves mineros con arsénico (Gonzales et al., 2014). Estos efectos son los que podrían presentarse en las inmediaciones de la PTRS de Cajamarca, si la carga tóxica del lixiviado llega a contaminar el agua subterránea.

Como caso presentado de gran incidencia, con la intoxicación por arsénico, se dio el primero de enero del año 2000, donde murieron más de 1.000 truchas de la sala de incubación de la Granja Porcón, así como de 300 truchas del río Rejo.

Se indica que otros peces murieron en el recorrido hasta el reservorio Gallito Ciego en Tembladera, ya que el análisis de arsénico en los peces muertos dio como resultado que este metaloide causó contaminación aguda, al encontrarse 15 y 25 ppm de contenido en

estómago y contaminación crónica por contenido de este tóxico en músculo de 5 ppm, siendo el LMP de 2.6 (Deza, 2008).

El **cadmio** (Cd) es relativamente barato ya que se trata de un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, como el cinc y el cobre. Sus variadas aplicaciones en la galvanoplastia, la galvanostelgia y la galvanización, así como su uso en plásticos, pigmentos para crear tintes, pinturas, y cerámica, y baterías de níquel y cadmio, se deben a su gran resistencia a la corrosión y a sus propiedades electroquímicas. Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Los efectos tóxicos del cadmio se manifiestan especialmente en los huesos y riñones y las personas que tienen bajas reservas de hierro son particularmente vulnerables a estos efectos adversos. Es de interés informar y hacer notar los efectos provocados por este metal ubicado entre los más peligrosos, según la Agencia Estadounidense para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, así como continuar impulsando la educación para la salud con el fin de evitar la contaminación ambiental por cadmio (Pérez & Azcona, 2012) (ATSDR, 2016b).

El cadmio afecta negativamente los procesos de respiración y fotosíntesis, el transporte de agua, la absorción de potasio, hierro y manganeso. La presencia de formas iónicas libres de Cd en el citoplasma es tóxica. Las rutas de exposición a este metal son principalmente la dieta y el cigarrillo. El cadmio está presente en la gran mayoría de la comida, especialmente en los vegetales y en la comida de mar. En la población humana, los órganos donde este metal puede acumularse son los riñones y los huesos, ocasionando la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina y un incremento en el riesgo de osteoporosis, así como un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón y de próstata. En estudios de laboratorio, se ha relacionado el contenido de Cd con mutaciones

en líneas celulares, Los sectores más sensibles a la exposición son las personas mayores, personas con diabetes y fumadores (Sánchez, 2010).

El cadmio puede ser absorbido por el tracto digestivo, penetrar la placenta, dañar las membranas celulares y causar mutaciones en el ADN. De igual manera que el plomo, la ingestión directa e indirecta es la causa principal de contaminación con este metal y por tanto se considera como elemento del primer grupo de carcinógenos (ATSDR, 2016b).

El **Cromo VI** (CrVI), es un metal de color blanco plateado, brillante, duro y quebradizo, que se representa en la tabla periódica con el número atómico 24, y exhibe dos estados relativamente estables el trivalente (Cr III) y el hexavalente (Cr VI), de los cuales el último se considera altamente tóxico (Sánchez Pinzón, 2010). Es un oligoelemento presente en el organismo en forma trivalente Cr(+3), indispensable en el metabolismo de la glucosa, colesterol, ácidos grasos y cristalino, involucrado en otros múltiples procesos biológicos. Hombre y animales están expuestos al Cr por vía inhalatoria (aire, humo del tabaco), por la piel o por ingestión (productos agrícolas, agua). El mayor peligro profesional ha sido el procesamiento del metal de cromita para producir cromatos (Cr+6), se encontró en trabajadores de curtiembre de Bogotá, los cuales tenían una frecuencia elevada de cáncer pulmonar. Entre las ocupaciones a riesgo están: minería y trituración, preservación de madera, soldadura, fabricación de cemento, industria de pinturas, industria del cuero, industria fotográfica, industria galvánica, trabajadores de metales y producción de acero inoxidable. La toxicidad del cromo VI, se debe a los derivados Cr(+6) que, contrariamente a los de Cr(+3) penetran en el organismo por cualquier vía con mayor facilidad. El Cr(+6) es considerado carcinógeno del grupo I por la International Agency for Research on Cancer (IARC). El Cr(+3) no ha sido comprobado como carcinogénico (Cuberos, Rodríguez, & Prieto, 2009).

El cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, sobre todo para la gente que trabaja en la industria del acero y textil. La gente que fuma tabaco también puede tener un alto grado de exposición a este elemento. El cromo (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud: cuando se encuentra como compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, por ejemplo, erupciones cutáneas; después de ser respirado el cromo (VI) puede causar irritación de la nariz y sangrado de ésta. Otros problemas de salud que son causado por el cromo (VI) son: erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte (Molina, Aguilar & Cordovez, 2010) (ATSDR, 2016d).

El **plomo** (Pb) con número atómico 82, presenta una densidad de 11.4 g/cm^3 y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. Las emisiones naturales de plomo se ocasionan por las sales del mar, volcanes e incendios forestales, entre otros. El consumo de combustibles fósiles, incineración de basura, la producción de hierro, acero y cemento se consideran las principales causas antropogénicas de emisión de Pb. Otras fuentes importantes en el ambiente son las baterías, las pinturas, tuberías e insecticidas. Una vez que el Pb se deposita en el suelo, es inmovilizado por el componente orgánico de tal forma que la cantidad disponible para las plantas es baja y se encuentra en los primeros 5 cm superficiales (Sánchez, 2010).

La contaminación del agua se da por los vertimientos de aguas residuales que contienen desechos de plomo derivados de la industria, siendo para el presente estudio el generado en el lixiviado de la PTRS Cajamarca. Asimismo, las cañerías también pueden ser fuentes de plomo y, desde luego, las partículas contaminadas del suelo que son arrastradas hacia las fuentes de agua (Molina et al., 2010).

La exposición al plomo puede ocurrir a través de diferentes vías, como el agua y los alimentos, así como la inhalación a través de los pulmones. La ingestión de vegetales con altas concentraciones de Pb es la vía de mayor exposición de organismos en los niveles superiores de la cadena trófica. En los humanos, el efecto nocivo del Pb se ha asociado con daños neurológicos, especialmente por sus efectos negativos en el aprendizaje de los niños. Su acumulación se observa principalmente en los huesos. La absorción de Pb en los humanos sucede principalmente por la ingestión de alimentos, a pesar que la ingestión accidental de suelo contaminado, polvo y pintura son también importantes en el riesgo de contaminación, especialmente de la población infantil (Sánchez, 2010).

El plomo entra al cuerpo a través de la absorción intestinal por medio de la ingestión; a los pulmones ingresa a través de la inhalación y en la piel por adsorción; el plomo que ha ingresado al organismo es transportado por medio del torrente sanguíneo a todos los órganos y tejidos. Una vez que el plomo ha sido absorbido puede acumularse en huesos, dientes, hígado, pulmón, riñón, cerebro y bazo; asimismo, es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y placenta (Nava & Méndez, 2011). Así mismo, Nava indica que los órganos más sensibles al daño por la toxicidad en exposiciones agudas del plomo son el sistema nervioso central en desarrollo y maduro, sistema hematológico y cardiovascular; mientras que en las exposiciones crónicas el plomo afecta los sistemas gastrointestinal, renal, neuromuscular y hematopoyético.

La toxicidad del Pb está asociada con graves condiciones cerebrales (edemas cerebrales y degeneración de neuronas), también se cita su interferencia con la síntesis de hemoproteínas y el efecto negativo en el funcionamiento renal, donde puede incluso generar cáncer (Timbrell, 2008) (ATSDR, 2016g).

Clínicamente los síntomas más importantes que se observan en la intoxicación por plomo son: dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y otros relacionados con el

sistema nervioso central en intoxicaciones agudas. Mientras que en la intoxicación crónica por plomo en humanos con frecuencia desarrolla torpeza, irritabilidad, falta de atención, constipación epigástrica, vómito y convulsiones, en ocasiones muerte; asimismo, una de las manifestaciones clásicas de esta intoxicación es la neuropatía periférica observada principalmente en adultos laboralmente expuestos al plomo. Por otro lado, los niños expuestos a plomo que son afectados por encefalopatía presentan letargo, torpeza, vómito, irritabilidad y anorexia.

En casos graves, la prolongada exposición puede ocasionar disminución en la función cognitiva, memoria y aprendizaje disminuido, con un incremento en los desórdenes de desarrollo, en especial agresividad, psicosis confusión y déficit mental (Nava & Méndez, 2011).

En el estudio “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera”, Lozano (2016), se determina que la mayor concentración de plomo se obtuvo en el punto RGR (Antes de la bocatoma de la captación de aguas para la planta de tratamiento “El Milagro”), con $0,246 \text{ mg L}^{-1}$, seguido del punto RGDS (Río Grande, después de la unión con la quebrada Vizcachayoc), con $0,135 \text{ mg L}^{-1}$, y el punto QVZ2 (Quebrada Vizcachayoc), con $0,100 \text{ mg L}^{-1}$. Las concentraciones del resto de puntos de monitoreo oscilaron entre $0,090$ y $0,010 \text{ mg L}^{-1}$. De todos los metales evaluados, fue el plomo el que, en cinco puntos de monitoreo, sobrepasó los estándares nacionales de calidad ambiental, siendo el punto RGR el que alcanzó el máximo valor, superando al estándar nacional en 392%. El segundo punto con un valor superior al estándar fue el RGDS con 170%. El tercer punto fue el QVZ2 con 100%. El cuarto punto fue el RGPM3 con 80% y el quinto punto, el QQC con 34% superior; y como parte del sistema de drenaje superficial de la cuenca del río Grande, podría incidir en la generación de lixiviados de la PTRS Cajamarca.

El **mercurio** (Hg) con número atómico 80, tiene una densidad de 13.53 g/cm³. Las emisiones naturales de mercurio provienen de la litósfera, la evaporación en la superficie oceánica y la actividad geotérmica. A escala global, las principales actividades antropogénicas que incrementan la concentración de Hg son el consumo de combustibles fósiles y la explotación de oro. El contenido promedio de Hg en la superficie del suelo se presenta en un rango entre 20 μ g/kg a 625 μ g/kg y en los alimentos debe estar por debajo de 0.02 mg/kg (World Health Organization, 2017).

Según Español Cano (2001), indica que a temperatura ambiente conduce mal la corriente eléctrica, pero se convierte en un excelente conductor en las proximidades del cero absoluto (superconductor). A elevada temperatura, en estado de vapor, conduce la electricidad (lámpara de vapor de mercurio, rica en rayos ultravioleta). Su coeficiente de dilatación térmica es prácticamente uniforme entre 0° C. y 300° C. por lo que se utiliza en la construcción de termómetros. Por su elevada densidad y baja presión de vapor se usa también en barómetros y bombas de vacío. Su solubilidad en agua es de 0,035 mg/L a 25° C. A 20° C. se evapora de las gotas a un valor de 5,8 μ g / hora / cm³. El aire saturado contiene 13 mg/m³, esto supone un nivel de mercurio 720 veces superior a la concentración media permisible de 0,025 mg/m³, recomendada para la exposición ocupacional por la ACGIH.

El aporte antropogénico de mercurio no solo proviene de la explotación de yacimientos, procesos metalúrgicos e industrias diversas (Español, 2001). Considerando las múltiples aplicaciones que tiene este metal hay que considerar las aguas residuales urbanas como una fuente importante de mercurio elemental. Las redes de alcantarillado pueden liberar entre 200 y 400 Kg. de mercurio por millón de habitantes. Se calcula por extrapolación una cifra del orden de 1.000 toneladas de mercurio liberadas anualmente en la superficie del planeta Tierra por las redes de alcantarillado. Por tanto, es un hecho

incuestionable que el mercurio ha estado, está y estará presente en nuestro entorno mientras que el planeta Tierra exista. Una de las mayores preocupaciones que se han generado en torno a la presencia del mercurio en la Naturaleza es, la de los posibles riesgos para la salud humana (Español, 2001).

Sobre la toxicología del mercurio, es un metal pesado y su presencia en el cuerpo humano resulta tóxica a partir de ciertos niveles críticos que dependen fundamentalmente, de un conocimiento de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta. Asimismo, depende del conocimiento de las variaciones en la exposición, absorción, metabolización y excreción en cualquier situación dada (ATSDR, 2016e).

La toxicidad y la distribución del mercurio en los organismos vivos dependen de la solubilidad de los compuestos y son funciones de los estados metálicos iónicos. Todas las formas de mercurio son tóxicas: El mercurio elemental se volatiliza rápidamente, y en estado de vapor puede alcanzar largas distancias. En esta forma, el mercurio es liposoluble y puede entrar por inhalación a los pulmones, posteriormente puede ser oxidado en las eritrocitos y de allí continuar al sistema nervioso central. Las sales de mercurio inorgánico se acumulan en los riñones y se han relacionado también con daños gastrointestinales. El metilmercurio, es rápidamente absorbido por el tracto digestivo y pulmones de animales superiores. A pesar que todas las formas de mercurio pueden acumularse, el metilmercurio se acumula en mayor cantidad que cualquiera de las otras formas. Por ejemplo, en el caso de un embarazo en humanos, los tejidos fetales tienen alta afinidad por el metilmercurio. Una vez en el feto, el metilmercurio llega al sistema nervioso central, en donde ejerce gran parte de su toxicidad. El desarrollo del cerebro es particularmente sensible al metilmercurio, de tal forma que la vida prenatal es más susceptible al daño cerebral que la del adulto y su eliminación del sistema biológico puede tomar entre meses y años (Gochfeld, 2003) (Olivero & Johnson, 2002) (Deza, 2008).

Las diferentes formas y compuestos de mercurio tienen peculiaridades toxicocinéticas específicas (Español, 2001). En este aspecto las propiedades químicas e interacciones biológicas de importancia son las siguientes:

- El mercurio elemental (e-Hg) es soluble en los lípidos, altamente difusible a través de las biomembranas y bio-oxidado intracelularmente a mercurio inorgánico (i-Hg).
- El mercurio inorgánico (i-Hg) es soluble en agua y menos difusible a través de las biomembranas que el e-Hg. Induce a la síntesis de proteínas del tipo metalotioneína en el riñón, siendo la unión principal del mercurio a las proteínas, no estructural.
- Los compuestos de alquil-mercurio (al-Hg), principalmente el metilmercurio (me-Hg), son solubles en los lípidos, altamente difusibles a través de las biomembranas y es biotransformado muy lentamente en i-Hg.
- Los compuestos mercuriales orgánicos (or-Hg) y (alox-Hg) son solubles en los lípidos y rápidamente degradables en el organismo a i-Hg.

Un evento negativo con este metal pesado, se dio el día 02 de junio del año 2000 en las localidades de San Juan, Choropampa y Magdalena, donde se derramaron aproximadamente 151 kg de mercurio elemental o mercurio metálico, de propiedad de la empresa Minera Yanacocha S.R.L., donde se reportó 755 casos de intoxicación con mercurio, el grupo por edades más afectado se encontró en el rango entre los 5 y 14 años, que representa un total de 30,1%, seguido por el rango entre los 15 y 24 años, que representa el 19,2% del total, cuyas lesiones a la salud en ese momento fueron desde estado de coma de la obstetra del puesto de salud de Choropampa, pasando por vómitos, dolor de cabeza, malestar corporal, prurito, enrojecimiento de la piel con erupciones, etc., según el Informe Defensorial N° 62 “El Caso del Derrame de Mercurio que Afectó a las Localidades de San Sebastián de Choropampa, Magdalena y San Juan, en la Provincia de Cajamarca” (Defensoría del Pueblo, 2001) (Deza, 2008).

Entonces el mercurio, es un agente Teratogénico, ya que puede provocar un defecto congénito durante la gestación del feto; produce efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar/ respiratorio; así como daños en el riñón y la vista, consideraciones que se han detallado en los estudios citados.

El **níquel** (Ni) es esencial en la nutrición de las plantas superiores, como componente de las ureasas, y los compuestos de éste son esenciales para la fabricación de baterías de cadmio y níquel, así como para la fabricación de equipos electrónicos, maquinaria industrial y también para la fabricación de armamento tecnológico, y muchas aplicaciones más, pero que son restringidas debido a su alto nivel de toxicidad, siendo las principales fuentes de contaminación la ingestión de comida y de agua contaminada (Sánchez, 2010). La contaminación de aguas superficiales y subterráneas puede generarse en rellenos sanitarios que no han sido diseñados según las normas técnicas adecuadas y la correcta clasificación de acuerdo al tipo de desechos generados (Rivera & Aparicio, 2009).

La exposición a altas dosis de níquel se ha relacionado con cambios en los niveles de calcio intracelular, condición que causa un estrés oxidativo y posteriormente modificaciones en la expresión de genes, metabolismo celular y daño en el ADN. Las expresiones externas de dicha toxicidad son alergias dérmicas y cáncer de las vías respiratorias, ya que los órganos del sistema respiratorio constituyen los sitios más importantes de acumulación de níquel (Denkhaus & Salnikow, 2002).

El níquel, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2000), considera como límite máximo permisible $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), considera como LMP $0,07 \text{ mg L}^{-1}$, que en el caso de sobrepasarlos, puede provocar posibles afecciones a la salud, según lo determinado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, ATSDR (2016f), que los compuestos inhalados de Níquel son cancerígenos para los seres humanos y en contacto con la piel

produce dermatitis; así mismo, como riesgo ambiental, mediante la forma de fuente de contaminación ambiental, tiene propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar mezclas llamadas aleaciones, Valles (2013), como lo que puede estar sucediendo en los lixiviados de la PTRS Cajamarca. Sobre lo indicado, se puede determinar que el níquel es un probable cancerígeno; probable teratogénico y presenta efectos sobre el sistema pulmonar/ respiratorio; alergias; irritación en el ojo y la piel; daños en el hígado y el riñón (Sánchez, 2010).

Sobre el análisis de la contaminación por el manejo de los lixiviados de la PTRS Cajamarca, generará daños a la salud a largo plazo, mediante algunos parámetros químicos en base a su carcinogenicidad, tal como indican los estudios realizados por (De la Cruz et al., 2012), y cuyos valores paramétricos se indican en la tabla 28.

Tabla 28: Valores paramétricos establecidos para algunos parámetros químicos en base a su carcinogenicidad

Parámetro (Unidad)	Boro (mg/ l)	Cadmio (mg/ l)	Cobre (mg/ l)	Cromo (mg/ l)	Níquel (mg/ l)	Plomo (mg/ l)
OMS	2,4	0,003	2	0,05	0,07	0,01
UE	1	0,005	2	0,05	0,02	0,01
USA	-	0,005	1,3	0,1	-	0,015
Australia	4	0,002	2	0,05	0,02	0,01
Nueva Zelanda	1,4	0,004	2	0,05	0,02	0,01
Canadá	5	0,005	1	0,05	-	0,01
Argentina	-	0,005	1	0,05	-	0,05
Chile	-	0,01	2	0,05	-	0,05
Colombia	1	0,003	1	0,05	0,02	0,01
México	-	-	-	-	-	0,01
Egipto	-	0,005	-	0,05	-	0,05
Sudán	0,2	0,003	1,5	0,04	0,014	0,007
Sudáfrica	-	0,005	1	-	0,15	0,02
Grupo IARC	-	1	-	1/3	1/2B	2A/2B/3
Grupo EPA	1	D	D	D	--	B2

OMS: Organización mundial de la salud; UE: Unión europea; USA: Estados Unidos;

HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos; THMs: trihalometanos.

Fuente: (De La Cruz Vera et al., 2012)

De la tabla 28, referida a los valores paramétricos establecidos para algunos parámetros químicos en base a su carcinogenicidad, en relación a los valores obtenidos en el estudio, podemos determinar que el valor del cobre (Cu) de 2,432 mg/ L, está por encima de los valores límites máximos internacionales (2 mg/ L) de la OMS, UE, Australia, Nueva Zelanda y Chile; de igual manera el valor del cromo (Cr) de 0,733 mg/ L, está también por encima de los valores límites máximos internacionales (0,1 mg/ L) de USA, conllevando nuevamente a que la carga tóxica del lixiviado como peligro químico en base a su carcinogenicidad, se caracterizó como ALTA o SIGNIFICATIVA.

Los trabajadores involucrados en varias tareas relacionadas con la eliminación de desechos, que contienen químicos y metales peligrosos, Maheshwari et al. (2015), para el presente caso, derivados del manejo de los lixiviados de la PTRS Cajamarca, están expuestos a la toxicidad y, por lo tanto, requieren atención especial, manteniendo prácticas de higiene y limpieza adecuadas, y de lo observado en campo, no se da en dicho emplazamiento, lo que en el tiempo necesariamente también afectará al ambiente de la zona de influencia.

De igual manera, del análisis realizado a los parámetros de peligrosidad y a las características del peligro, detalladas en la parte de resultados, y para cada componente físico, químico y biológico crítico del lixiviado, se determinó que la carga tóxica de éste es ALTA o SIGNIFICATIVA; y de no recogerse adecuadamente y luego tratarse, el lixiviado puede contaminar a su vez aguas subterráneas, aguas superficiales y suelos (Giraldo, 2001); siendo para el presente estudio, que este lixiviado percola al subsuelo a través del confinamiento de la celda 2, la cual no está revestida con geomembrana ni impermeabilizante natural como podría ser arcilla, entonces este lixiviado con su respectiva carga tóxica, podría ir a dar mediante la red de flujo de agua subterránea a zonas donde existen afloramientos de agua o extracción artesiana de agua, la cual podría

estar contaminada, corroborándose lo indicado por (Giraldo, 2001) y generar problemas en la salud, que podría ser de manera mediata, en corto o mediano plazo, a través de intoxicación masiva, tal como lo indicó (Londoño-Franco et al., 2016), en su estudio de “Riesgos de los Metales Pesados en la Salud Humana y Animal”, indicado en el capítulo II, numeral 2.2, y que lo describe según lo detallado en la tabla 29.

Tabla 29: Casos de intoxicación por metales pesados a nivel mundial

Año	Sitio	Caso	Muertos	Heridos
1900	Manchester, Inglaterra	Arsénico en la cerveza	70	6.000
1960	Tailandia, India, Bangladesh, Taiwán	Uso de aguas subterráneas para agricultura contaminadas con altos niveles de As		>70 millones
1968	Irak	Contaminación Organomercurial en el pan		> 5.000
1960	Bahía Minamata, Japón	Peces contaminados con metilmercurio		> 10.000
1975	USA	Niños con diversos grados de intoxicación pinturas con plomo		800 daño cerebral > 400.000
1945	Japón	Intoxicación masiva con cadmio, por consumo de arroz y agua contaminada		> 1.000
1970	Japón	Enfermedad Itai-Itai por cadmio		7.000
1984	Bhopal, India	Fuga de metil isocianato		> 10.000

Fuente: (Londoño-Franco et al., 2016)

En cuanto al nivel de riesgo ambiental, como objetivo principal de la investigación, en base a cada parámetro de la carga tóxica del lixiviado, como parte de la caracterización del peligro, según lo detallado en la tabla 26, se discute lo siguiente:

Qué, solamente el potencial de hidrógeno (pH), presenta un nivel de riesgo leve, los sólidos suspendidos totales, y los parámetros químicos como el Arsénico (As) y el Zinc (Zn), presentan un nivel de riesgo moderado; el DQO, el DBO₅ y aceites y grasas, así como el Cromo (Cr), Cobre (Cu) y Hierro (Fe), presentan un nivel de riesgo SIGNIFICATIVO, es decir, presentan una carga tóxica muy elevada dentro del lixiviado,

el cual obviamente percola hacia el subsuelo, afectando tanto el recurso suelo como recurso hidrogeológico; y finalmente, en los parámetros químicos como el Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb), y los parámetros biológicos como los coliformes termotolerantes, por presentar niveles inferiores a los límites máximos permisibles de cada parámetro, no presentan ningún nivel de riesgo ambiental, pero si se han considerado dentro del nivel de riesgo leve, por ser acumulativos en el tiempo.

Entonces con estas consideraciones, pudimos confirmar también que los lixiviados producen efectos que contaminan al medio ambiente, además de esto perjudican a la salud de los habitantes que se encuentran ubicados cerca de éste, tal como lo planteó, Corena (2010), en su investigación “Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en rellenos sanitarios”;

También se corroboró que mediante la presente evaluación de riesgo ambiental, los lixiviados si contaminan el medio ambiente, tanto el recurso agua a nivel superficial, como subterráneo y también el recurso suelo, como también lo planteó y concluyó, Lozano (2017): que la generación de los lixiviados en rellenos sanitarios, como el del distrito de Lari, se consideraron de nivel GRAVE o SIGNIFICATIVO, igual que para la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca.

Entonces del análisis realizado tanto de la peligrosidad de la carga tóxica del lixiviado, como su caracterización y el nivel de riesgo encontrado, podemos contrastar la hipótesis, que el riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados es **SIGNIFICATIVO**.

Propuesta

Para disminuir las externalidades negativas y mejorar la situación actual, la cual se ha analizado y evidenciado a través de la evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, debido al manejo de

los lixiviados, específicamente de los efectos negativos de la carga tóxica del lixiviado, que percola hacia el sub suelo, es necesario implementar tanto medidas estructurales, como medidas no estructurales o administrativas, las cuales deberán ser efectivizadas por parte de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, a través de la unidad orgánica competente, en este caso la Gerencia de Desarrollo Ambiental, así como de los demás involucrados sociales, a través de la Comisión Ambiental Municipal (CAM) de la Provincial de Cajamarca, la Oficina de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), la Dirección General de Salud de Cajamarca (DIGESA) y la población en general, tal como se detalla a continuación, y cuyo resumen se muestra en la figura 18:

A. MEDIDAS ESTRUCTURALES

Las medidas estructurales están netamente enmarcadas en el desarrollo y modificación tanto del espacio físico, como de la infraestructura y equipamiento de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, según los siguientes parámetros:

a. REINGENIERÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA

i. Redimensionamiento

En base a un nuevo diagnóstico, mediante un estudio definitivo, con un expediente técnico, redimensionar la infraestructura, tanto en la zona de ingreso, segregación y disposición final, especialmente en la disposición final, ya que tanto las celdas como las pozas de lixiviación, no cumplen con el dimensionamiento necesario, para su almacenamiento y tratamiento de los lixiviados, especialmente en la poza 2, donde el 50% de la misma no cuenta con infraestructura de protección, retención o impermeabilización, como es la cubierta de geomembrana.

ii. Innovación

1. Tecnología

En el expediente técnico de replanteo, formular la necesidad de la reposición de todos los equipos y vehículos con los que cuenta la planta de tratamiento, para incrementar su eficiencia en su funcionamiento, inclusive disminuyendo funciones en la etapa de operación y mantenimiento. Acompañar de asistencia técnica y experiencia productiva en el uso de nuevas tecnologías, mediante la realización de pasantías.

2. Procesos

Evaluar todos los procesos con que cuenta la planta de tratamiento, y optimizarlos, mediante la mejora continua, a través de un mapa de procesos. Acompañar con asistencia técnica y buenas prácticas en el rubro, mediante pasantías.

iii. Administración

A través de un plan de reestructuración de la gestión administrativa, generar mejora continua en los siguientes aspectos:

1. Calidad

Implementar un sistema de gestión de calidad en el tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales, en la planta de tratamiento de residuos sólidos; para posteriormente desarrollar el plan de calidad de la planta, según los parámetros de la norma ISO 9001.

2. Seguridad

Implementar un sistema de seguridad y salud en el trabajo, según lo dispuesto en la ley 29783 y su reglamento; así como la norma técnica

internacional ISO 45001; todo ello mediante el plan de seguridad y salud de la PTRS Cajamarca.

3. Medio ambiente

Implementar el sistema de gestión ambiental, según lo dispuesto en la ley general de gestión ambiental, ley general de residuos sólidos, así como lo indicado en la ISO 14001, que, a través del estudio de impacto ambiental, podremos determinar el plan de manejo ambiental de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca.

4. Productividad

La productividad se verá reflejada en el valor agregado que le pongamos a los procesos dentro de la planta de tratamiento, es decir, mediante un plan de negocio de incremento de la productividad de los productos finales reciclables que se obtengan de la misma.

5. Sostenibilidad

La sostenibilidad de la planta de tratamiento se dará si optimizamos y sobre todo aprovechamos los residuos sólidos acopiados, a través de un plan de reutilización y reciclamiento de los RS, mediante los siguientes procesos:

- a. **Segregación fuente y planta.** A través del plan integral de residuos sólidos, determinar la actividad de segregación en la fuente, mediante incentivos municipales, sobre todo en el pago de arbitrios e impuestos, a quienes entreguen los residuos sólidos segregados, para lo cual se contará con un registro de recolección de RS por sector, barrio y calle. Así mismo se implementará la segregación en la planta, mediante un procedimiento establecido para que se desarrolle tal actividad, y podamos separar eficientemente el residuo sólido.

- b. **Modificación.** Actividad que se tendrá en cuenta para aquellos residuos sólidos que se puedan modificar para cumplir con otro fin, o sus componentes cumplan otro fin, los cuales se tendrán que identificar y catalogar, para su evaluación y seguimiento.
- c. **Reciclaje.** El reciclaje será una actividad primordial, ya que de los residuos sólidos segregados, tanto en la fuente como en la planta, vamos a determinar cuales se pueden reciclar o reutilizar, ganando con ello un rédito económico, a través de su comercialización como material de reuso.
- d. **Reinversión.** En función del reciclaje o reuso, se elabora un plan de reinversión en la planta de tratamiento, donde luego de comercializar los materiales pasibles de intercambio económico, optimizamos los beneficios, reinvertiendo en la capacidad instalada y operativa de la planta en estudio. Para ello se tendrá en cuenta la valoración económica, su rentabilidad, eficiencia en el gasto, estudio de mercado y el riesgo financiero que se pudiera presentar, tanto a nivel interno como externo.

B. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Las medidas no estructurales, estarán basadas en habilidades blandas de las personas, grupo humano o unidad social que tenga que ver con el proceso de manejo y disposición final de los residuos sólidos, especialmente en la creación de una cultura ambiental. Para ello se desarrollarán los siguientes instrumentos ambientales:

- a. **Empoderamiento de la gestión de los residuos sólidos en la Municipalidad Provincial de Cajamarca.** Mediante la creación del plan de fortalecimiento institucional provincial en gestión ambiental de Cajamarca, para el eficiente y efectivo manejo, operación y mantenimiento de los procesos que desarrolla la

planta de tratamiento, a nivel de la Alta Dirección, Órganos de Línea, Órganos de Apoyo y áreas operativas; a través del conocimiento y la capacidad resiliente.

- b. **Mejoramiento, actualización e implementación del PIGARS.** Crear un grupo de trabajo ambiental, con las áreas orgánicas de Gerencia Municipal, Gerencia de Desarrollo Ambiental, Gerencia de Desarrollo Territorial, Dirección de Administración y Sub Gerencia de Planeamiento, con la finalidad de actualizar y mejorar el Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos de Cajamarca, tomando como parte del diagnóstico el presente estudio de investigación.
- c. **Buenas prácticas municipales en gestión de los residuos sólidos municipales.** Realizar programas de sensibilización y capacitación al personal de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, con la finalidad de internalizar lo referido a la gestión de los residuos sólidos, a manera de un ente replicador, y que se pueda fomentar a nivel institucional y de proyección a la comunidad, estas buenas prácticas ambientales; a través de la aplicación de casos de éxito y lecciones aprendidas.
- d. **Educación ambiental en EBR y comunitaria.** Elaborar el plan de educación ambiental y comunitario de gestión ambiental, sobre la disposición de los residuos sólidos domiciliarios, en conjunto con las instituciones educativas más representativas de educación básica regular; así mismo, en coordinación con los alcalde vecinales, dentro de este plan, programar actividades no solamente de sensibilización y capacitación, sino de la aplicación en el tiempo de las buenas costumbres sobre la generación y disposición de residuos sólidos domiciliarios; a través de la sensibilización, capacitación y proyección social.

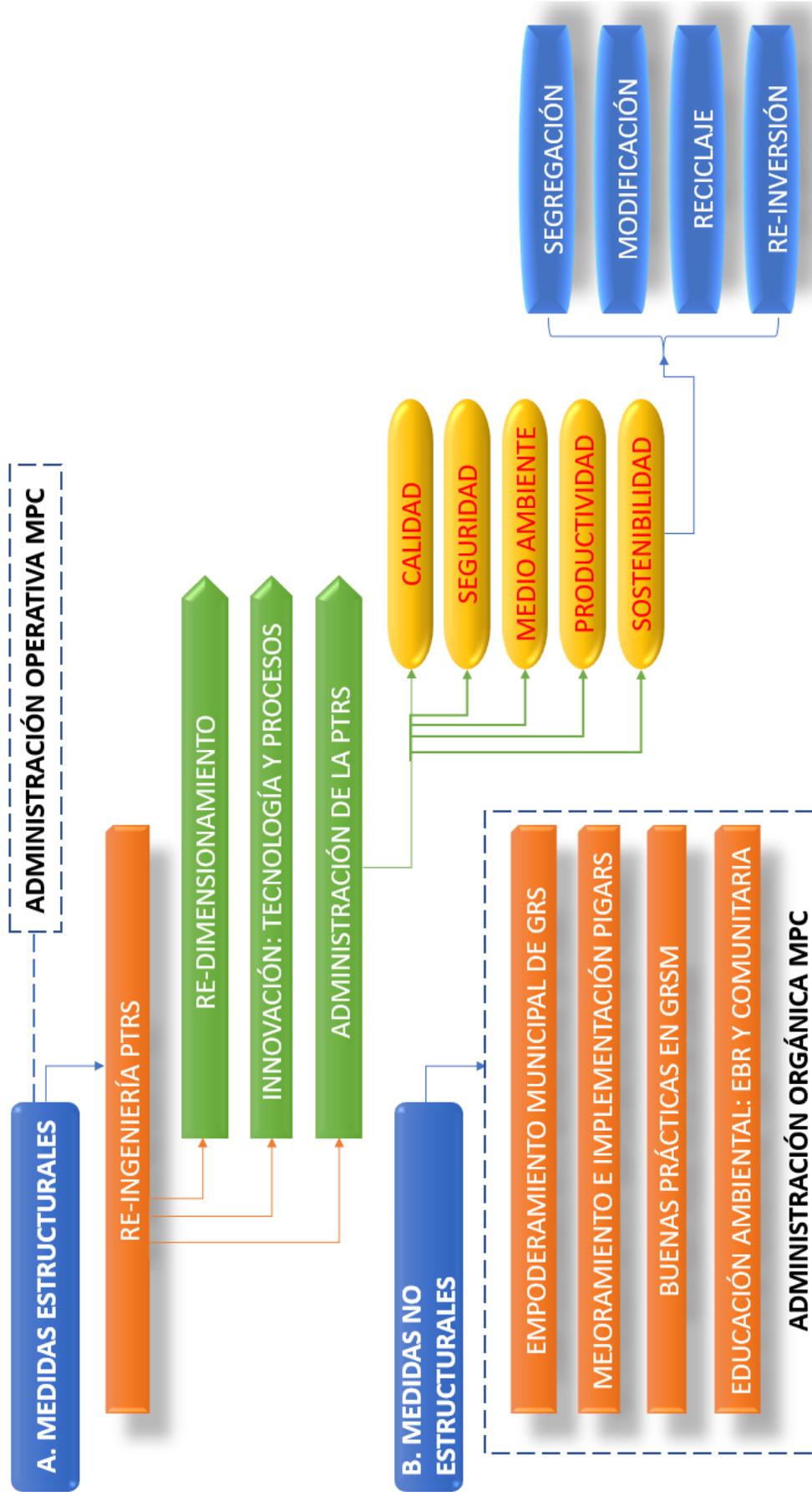


Figura 18: Diagrama de la propuesta

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

- El nivel de riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, debido al mal manejo de los lixiviados, en base a la caracterización del peligro sobre sus parámetros físicos, químicos y biológicos, y su escenario de peligrosidad, es SIGNIFICATIVO.
- Se determinó una carga tóxica muy elevada, especialmente en los parámetros DQO (5.622.8 mg O₂/ L) con un exceso de 2.711,4% del LMP, arsénico total (0,188 mg/ L) con un exceso de 88% del LMP, cobre total (2,432 mg/ L) con un exceso de 386,4% del LMP, cromo VI (0,733 mg/ L) con un exceso de 633% del LMP, hierro total (30,3 mg/ L) con un exceso de 1.415% del LMP, aceites y grasas (751,7 mg/ L) con un exceso de 3.658,5% del LMP y DBO₅ (286 mg O₂/ L) con un exceso de 186% del LMP.
- La determinación y análisis del escenario de peligrosidad se dio en base a la contaminación que se produce en el suelo y en el recurso hidrogeológico, debido a la percolación del lixiviado contenido en la poza 2, la cual fue ampliada en un 50% sin contar con una geomembrana o estructura de retención o contención.
- Los daños a la salud que se presenten del manejo de los lixiviados, específicamente de la poza 2, conlleva a casos de intoxicación por el consumo de agua contaminada, proveniente de la red de flujo de agua subterránea, en un corto o mediano plazo; y problemas de carcinogenicidad en un largo plazo, según los antecedentes analizados.
- Es importante disminuir las externalidades negativas, mediante la propuesta de mejora planteada.

CAPÍTULO 6

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame Romero, A., & Salín Pascual, D. A. (1993). *Contaminación Ambiental* (Primera Edición). México: Trillas.
- AENOR. (2008, marzo 12). Norma UNE 150008:2008. AENOR. Recuperado de <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0040747>
- Albores Medina, A., Quintanilla Vega, B., Razo, L. M., & Cebrián García, M. E. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. México: Metepec ECO. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a15.pdf>
- Alimba, C. G., Bakare, A. A., & Latunji, C. A. (2006). Municipal landfill leachates induced chromosome aberrations in rat bone marrow cells. *African Journal of Biotechnology*, 5(22). Recuperado de <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/55952>
- Atencio Pérez, R. M., Reyes López, J. A., & Guevara García, J. A. (2013). Evaluación de riesgo ambiental en un tiradero con quema de basura. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(0), 107-117.
- ATSDR. (2016a, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Arsénico (Arsenic) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html
- ATSDR. (2016b, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Cadmio (Cadmium) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html

- ATSDR. (2016c, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Cobre (Copper) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs132.html
- ATSDR. (2016d, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Cromo (Chromium) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.html
- ATSDR. (2016e, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Mercurio (Azogue) (Mercury) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs46.html
- ATSDR. (2016f, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Níquel (Nickel) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.html
- ATSDR. (2016g, mayo 6). Resumen de Salud Pública: Plomo (Lead) [Salud Pública]. Recuperado 7 de agosto de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html
- Bernache Pérez, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28, 99-107.
- Bonilla Chango, M. J., & Núñez Vásquez, D. F. (2012). *Evaluación del impacto ambiental del Relleno Sanitario de la Ciudad de Logroño*. Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/6335>
- Castro, J. A. (1985). *Curso básico de toxicología ambiental*. México: Metepec ECO. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/016750/016750-arsen.pdf>

- CENEPRED. (2015). Manual para la evaluación de riesgos inducidos por la acción humana. Recuperado de <http://www.cenepred.gob.pe/web/dgp/manual-para-la-evaluacion-de-riesgos-inducidos-por-la-accion-humana/>
- Corena Luna, M. de J. (2010). *Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en rellenos sanitarios*. Universidad de Sucre, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/304>
- Cuberos, E., Rodriguez, A. I., & Prieto, E. (2009). Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 11, 278-289. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642009000200012>
- De La Cruz Vera, M., Palero Sanz, J. M., Lucena Rodríguez, R., Cárdenas Aranzana, S., & Valcárcel Cases, M. (2012). Análisis de la directiva europea 98/83/CE: paradigma de la justificación y establecimiento de los valores paramétricos: El caso concreto de los plaguicidas. *Revista Española de Salud Pública*, 86(1), 21-35.
- Defensoría del Pueblo. (2001). *El Caso del Derrame de Mercurio que Afectó a las Localidades de San Sebastián de Choropampa, Magdalena y San Juan, en la Provincia de Cajamarca*. (Informe Defensorial No. 62) (p. 149). Cajamarca: Defensoría del Pueblo. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/ApoyComisiones/comision2011.nsf/021documentos/605EDF5995676B48052581540058D32D/\\$FILE/Informe_N_62.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/ApoyComisiones/comision2011.nsf/021documentos/605EDF5995676B48052581540058D32D/$FILE/Informe_N_62.pdf)
- Denkhaus, E., & Salnikow, K. (2002). Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42(1), 35-56. [https://doi.org/10.1016/S1040-8428\(01\)00214-1](https://doi.org/10.1016/S1040-8428(01)00214-1)

- Deza Arroyo, N. (2008). *Impactos socio económicos y ambientales de la minería aurífera por lixiviación de pilas a tajo abierto en Cajamarca, 1992 – 2007* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5404>
- Díaz García, F. L., & Salazar España, M. F. (2016). *Evaluación de tratamientos de remediación de un suelo contaminado con petróleo pesado combinado lavado con extracto de cáscaras de naranja (Citrus Sinensis) y biopila aireada* (Ingeniería de Petróleo). Universidad de Oriente, Venezuela. Recuperado de https://www.academia.edu/35324400/Formato_de_Tesis_en_Digital_Fran_Mari
- Domenech, X., & Peral, J. (2008). *Química ambiental de sistemas terrestres* (Primera). España: Editorial Reverte. Recuperado de <http://www.tirant.com/derecho/libro/quimica-ambiental-de-sistemas-terrestres-xavier-domenech-9788429179064>
- Enkerlin Hoeflich, E. C. (ed), Cano Cano, G. (coed), Garza Cuevas, R. A. (coed), & Vogel Martínez, E. (coed). (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México, D.F.: International Thomson Editores.
- Español Cano, S. (2001). Toxicología del Mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental (p. 66). Presentado en Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado por la minería aurífera artesanal en Iberoamérica, Lima, Perú: GAMA. Recuperado de <http://www.gama-peru.org/jornada-hg/memorias.htm>
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios: Avances Recientes. *Revista de Ingeniería*, 46(14), 44-55. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i14.538>

- Gochfeld, M. (2003). Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(1), 174-179. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00060-5](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00060-5)
- Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., ... Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31, 547-556.
- Greenpeace, A. (2008). *Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios* (Contaminación No. 11) (p. 14). Argentina: Greenpeace. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/argentina/es/informes/resumen-de-los-impactos-ambien-2/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta Edición). México, D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. Recuperado de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* (Monografía). Universidad de Antioquía, Colombia. Recuperado de <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Apressolorgco.pdf>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

- López Recinos, S. A. (2010). *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez* (Descriptiva). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1026/1/SERGIO%20ANTONIO%20LOPEZ%20RECINOS.pdf>
- Lozano Flores, H. H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río grande y su relación con la actividad minera* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1299>
- Lozano Montes, C. R. (2017). *Identificación y evaluación de riesgos ambientales en la disposición final de residuos sólidos en el Distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Arequipa* (Descriptiva, exploratoria, transeccional). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4429>
- Maheshwari, R., Gupta, S., & Das, K. (2015). Impact of Landfill Waste on Health : An Overview. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 1(4), 7.
- MEF. (2013). Conceptos asociados a la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático: aportes en apoyo de la inversión pública para el desarrollo sostenible. En *Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres* (p. 87). Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/ConceptosDesastresCambio.pdf

- MINAM. (2010a). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Perú: Serv. Gen. Q&F Hnos. S.A.C. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/429>
- MINAM. (2010b, marzo 17). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM «Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales». Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. Recuperado de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueba-limites-maximos-permisibles-para-los-efluentes-de-pl-decreto-supremo-n-003-2010-minam-469446-2/>
- Mohammadi, T., Kazemimoghadam, M., & Saadabadi, M. (2003). Modeling of membrane fouling and flux decline in reverse osmosis during separation of oil in water emulsions. *Desalination*, 157(1), 369-375. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(03\)00419-3](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(03)00419-3)
- Molina Montoya, N. P., Aguilar Casas, P., & Cordovez Wandurraga, C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 8(1), 77-88. <https://doi.org/10.19052/sv.831>
- MPC. (2008, diciembre). Ampliación y mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca. Ciudad Saludable.
- Nava Ruiz, C., & Méndez Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*, 16(3), 140-147.
- Olivero Verbel, J., & Johnson Restrepo, B. (2002). El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia - Red de Desarrollo Sostenible de Colombia. *Red de Desarrollo Sostenible*, 123.
- ONU. (2000). Programa 21. Editorial de las Naciones Unidas. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>

- Pellón Arrechea, A., López Torres, M., Espinosa Lloréns, M. del C., & González Díaz, O. (2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 36(2), 3-16.
- Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205.
- Radio Programas del Perú. (2013, octubre 22). Cajamarca: Bloquean carretera hacia planta de basura [Diario Digital]. Recuperado 1 de agosto de 2017, de <http://rpp.pe/peru/actualidad/cajamarca-bloquean-carretera-hacia-planta-de-basura-noticia-641467>
- Ramos, C., García, A., & Diez, V. (2015). Caracterización hidrodinámica de un biorreactor anaerobio de membranas que depura aguas residuales con distintos niveles de aceites y grasas. *Revista mexicana de ingeniería química*, 14(2), 453-465.
- Rivera Acosta, F. P., & Aparicio Monjaras, O. R. J. (2009). *Evaluación geoelectrica del antiguo botadero de residuos sólidos urbanos de Mariona* (Física). Universidad de El Salvador, San Salvador. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/8436/>
- Sánchez Pinzón, M. S. (2010). *Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellín transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas* (Tesis Doctoral). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/837>
- Timbrell, J. A. (2008). *Principles of Biochemical Toxicology* (4th Edition). Boca Ratón: CRC Press. <https://doi.org/10.3109/9781420007084>
- Valles Chávez, A. M. (2013). *Tratamiento Físicoquímico y Biológico de lixiviado del Relleno Sanitario de la ciudad de Chihuahua*. (Tesis de Maestría). Centro de

Investigación en Materiales Avanzados, México. Recuperado de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/127>

Vaquero Díaz, I. (2004). *Manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos* (1.^a ed.). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. Minas, U.D. Proyectos.

World Health Organization. (2017). *Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution (2007)* (Publications). Europe: World Health Organization. Recuperado de <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/health-risks-of-heavy-metals-from-long-range-transboundary-air-pollution-2007>

ANEXOS

Anexo 1. Materiales utilizados para el estudio.

Materiales de campo

- Para pH: Equipo multiparámetro marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A329, con su respectivo electrodo marca Orion 8107 UWMMD. Figura 19.



Figura 19: Equipo multiparámetro para medir el pH en campo

- Para temperatura: Termómetro con un sensor de platino, marca Traceable, con un rango de trabajo de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, con resolución de lectura de 0.1 y de 0.01.

Figura 20.



Figura 20: Termómetro con sensor de platino para medir la temperatura

- Para pH: Frascos de plástico de alta densidad transparentes de 150 ml, para campo; y para análisis en laboratorio frascos de plástico de alta densidad de 1 litro. Figura 21.



Figura 21: Frascos de plástico de alta densidad para muestras de pH

- Para coliformes termotolerantes: Frascos estériles de vidrio con eta de 200 ml. Figura 22.



Figura 22: Frasco para coliformes termotolerantes

- Para metales y DQO (a): Frascos de alta densidad de plástico de 0.5 litros. Figura 23.
- Para DBO (b): Frascos de plástico de alta densidad de 1 litro. Figura 23.
- Para aceites y grasas (c): Frascos de vidrio color ámbar o topacio de boca ancha de 1 litro. Figura 23.



Figura 23: Frascos para metales, DQO, DBO, grasas y aceites

- Para localización: Equipo de posicionamiento global GPS marca Garmin, modelo GPSmap 62s. Figura 24.



Figura 24: Equipo de posicionamiento global GPS

Materiales de laboratorio

- Para análisis del DQO: Espectrofotómetro UV visible (a), de marca Thermo Scientific, modelo OrionMate 8000 y un Bloquedigestor (b) de la marca HANNA Instruments, modelo HI 839800. Figura 25.



Figura 25: Espectrofotómetro UV visible y biodigestor

- Para el análisis del mercurio: Procesador de mercurio marca Hydra II, con accesorios que son dos tubos de absorción, una lámpara, un autosampler y una aguja. Figura 26.

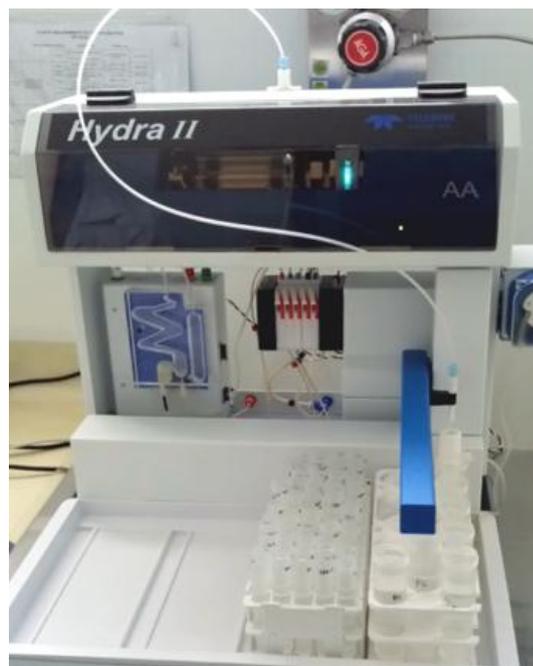


Figura 26: Procesador de mercurio

- Para el análisis de metales: Digestor marca DigiPREP MS (Figura 27), un espectrofotómetro óptico marca Thermo Scientific Laika 6000 Series (Figura 28), y un nebulizador de ultrasonido marca CETAC, modelo U5000AT con un AutoSampler marca CETAC, modelo ASX-520 que incorpora una aguja de muestreo (Figura 29).



Figura 27: Digestor de metales



Figura 28: Espectrofotómetro óptico



Figura 29: Nebulizador de alto sonido

- Para el análisis de aceites y grasas: Un juego de peras y filtros de vidrio (Figura 30), un horno mufla de marca Nabertherm de capacidad de 30 °C a 3000 °C (Figura 31) y un baño ultrasónico de marca Jeotech (Figura 32).



Figura 30: Juego de peras y filtros de vidrio



Figura 31: Horno mufla de 30 °C a 3000 °C

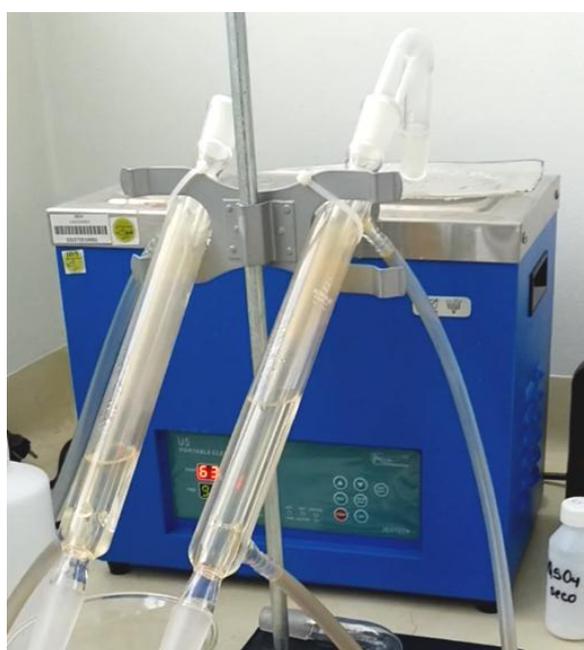


Figura 32: Baño ultrasónico

- Para el análisis de coliformes: Lámparas UV, un mechero Bunsen (Figura 33-a), micropipetas (Figura 33-b), tubos de ensayo de vidrio (Figura 34), una incubadora marca Incucell (Figura 35) y un baño de agua marca Julabo GMBH (Figura 36).



Figura 33: Mechero Bunsen (a) y micropipetas (b)



Figura 34: Tubos de ensayo de vidrio



Figura 35: Incubadora

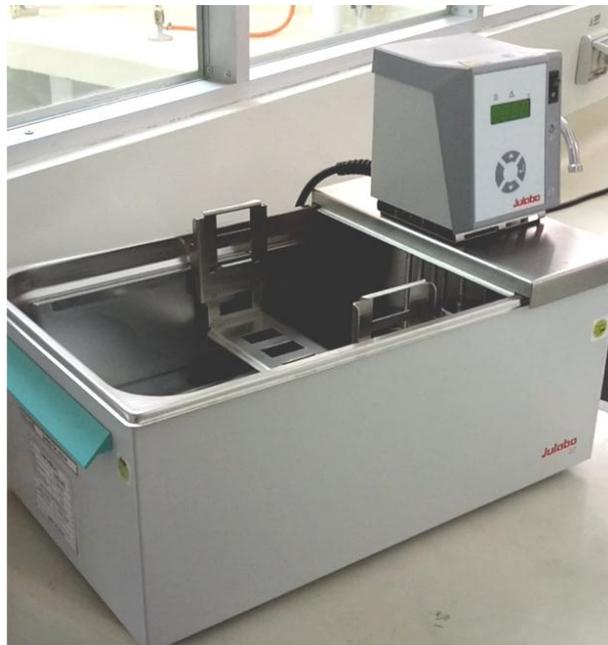


Figura 36: Baño de agua

Anexo 2. Informe de ensayo N° IE 0417211.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0417211

Razón Social /Usuario: GERENCIA DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
Dirección: Jr. Santa Teresa de Journet N° 351
Ciudad: Cajamarca.
Atención: Lic. Sergio Sánchez Ibañez/Juan Esteban Gonzales García

Presente:

Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s).
De acuerdo con la cadena de custodia N° CC. 211 -17, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 25 de Abril de 2017, para la determinación de parámetros Químicos y Microbiológicos.
El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo, resultados de laboratorio y observaciones generales.

Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.

Atentamente

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE

Cajamarca, 03 de Mayo de 2017.

La válidez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev:N°04

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0417211

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **GERENCIA DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA**
N° RUC/DNI **-**
Dirección **Jr. Santa Teresa de Journet N° 351**
Persona de contacto **Lic. Sergio Sánchez Ibañez/Juan Esteban Gonzales García**
Ciudad/Provincia/Distrito **Cajamarca.**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **25.04.17** Hora: **11:55**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestra **05 Muestras** N° Frascos x muestra **06**
Ensayos solicitados **Químicos y Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal de Laboratorio.**

DATOS DE CAMPO

Fecha y Hora

Parámetro de Campo	Unidad	PTRS-CAJ-J-G1	PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	-
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.01	8.05	7.98	8.00	7.96	-
Temperatura (T)	°C	23.6	23.8	23.7	23.7	23.8	-
Oxígeno Disuelto (OD)	mgO ₂ /L	-	-	-	-	-	-

Nota: **Se realizaron parámetro de campo.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 240** Cadena de Custodia **CC - 211 - 17**
N° Orden de Trabajo **0417211**
Fecha y Hora de Recepción **25.04.17** **12:30** Inicio de Ensayo **25.04.17** **12:50**
Fecha Término de Ensayo **02.05.17** **15:00** Reporte Resultado **03.05.17** **15:30**
Condiciones Ambientales de Trabajo
Temperatura ambiental (°C) **22** Humedad Relativa (%) **53**
Presión atmosférica (mmHg) **554**



Cajamarca, 03 de Mayo de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0417211

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			PTRS-CAJ-J-G1	PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	-
Código Laboratorio			0417211-01	0217094-02	0217094-03	0217094-04	0217094-05	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-
Localización de la Muestra			Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.021	0.047	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	0.358	8.635	0.162	0.590	0.210	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.035	0.026	0.025	0.024	0.027	-
Boro (B)	mg/L	0.022	0.403	0.424	0.376	0.381	0.368	-
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.201	0.314	0.186	0.202	0.196	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	137.5	279.2	121.0	154.9	144.3	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.056	0.054	0.049	0.056	0.056	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.090	0.089	0.078	0.091	0.092	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.529	0.674	0.554	0.498	0.469	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.02	1.859	10.320	1.461	2.479	1.808	-
Potasio (K)	mg/L	0.005	458.9	506.4	495.8	351.6	299.2	-
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.006	0.014	0.007	0.005	0.004	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	22.25	26.71	22.17	18.79	17.30	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.505	1.092	0.351	0.429	0.391	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.009	0.004	0.009	0.009	0.009	-
Sodio (Na)	mg/L	0.021	260.4	283.0	276.8	260.2	250.4	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.101	0.096	0.092	0.104	0.104	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	6.031	7.654	5.298	4.282	4.013	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.008	0.014	0.011	<LCM	<LCM	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.009	0.011	0.010	-
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Silice (Si)	mg/L	0.104	4.469	14.67	4.184	4.670	4.067	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.379	0.542	0.350	0.383	0.367	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.039	0.067	0.037	0.046	0.043	-
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.031	0.053	0.027	0.032	0.031	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.138	0.138	0.092	0.082	0.079	-



Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 3 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S.N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FONOS: 099500 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0417211

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			PTRS-CAJ-J-G1	PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	-
Código Laboratorio			0417211-01	0217094-02	0217094-03	0217094-04	0217094-05	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-
Localización de la Muestra			Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	Planta de Residuos Sólidos Cajamarca	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	286.0	263.0	251.0	242.0	198.5	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	941.8	885.5	895.4	779.4	696.5	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	300.0	262.0	140.0	64.0	53.0	-
Aceites y Grasas	mg/L	2.5	2.6	1.0	2.5	4.8	15.3	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	220	79	22	11	9.2	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7. Rev. 5.0.2001. Determination of Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22 nd Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 nd Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.A D, 22 nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Nitrogeno total	mg N/L	Method 10072 Nitrogeno, Total. Persulfate digestion Method.
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010; n-Hexane Extractable Material (HEM); Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2, C, E1, 22 nd Ed. 2012; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Muestreo de Aguas residuales	-	Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Doméstica o Municipales

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está **ACREDITADO** en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2005.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 03 de Mayo de 2017.

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 4 de 4

Anexo 3. Informe de ensayo N° IE 0517274.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0517274

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**
 N° RUC/DNI **20453744168**
 Dirección **Jr. Santa Teresa de Journet N° 531**
 Ciudad/Provincia/Distrito **Cajamarca**
 Persona de contacto **Lic. Sergio Sánchez Ibáñez/ Juan Gonzales García**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **31.05.17** Hora: **10:10 a 11:20**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestra **05 Muestras** N° Frascos x muestra **06**
 Ensayos solicitados **Químicos y Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal de Laboratorio en coordinación con el usuario.**
 Procedencia de la Muestra: **Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 327** Cadena de Custodia **CC - 274 - 17**
 N° Orden de Trabajo **0517274**
 Fecha y Hora de Recepción **05.06.17** **12:15** Inicio de Ensayo **05.06.17** **12:40**
 Fecha Término de Ensayo **13.06.17** **09:45** Reporte Resultado **14.06.17** **16:15**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

[Firma]
Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7396

Cajamarca, 22 de Junio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 1 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0517274

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G1		PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	-	
Código Laboratorio	0517274-01		0517274-02	0517274-03	0517274-04	0517274-05	-	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos		Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.021	0.236	0.133	<LCM	<LCM	<LCM	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	1.448	1.191	1.762	1.825	1.463	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.115	0.114	0.134	0.125	0.120	-
Boro (B)	mg/L	0.022	1.490	1.467	1.713	1.627	1.416	-
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.913	0.888	0.872	0.855	0.726	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	219.6	205.4	188.4	180.2	153.2	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.003	<LCM	0.004	0.004	0.003	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.123	0.121	0.199	0.192	0.175	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.344	0.330	0.598	0.569	0.502	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.423	0.454	2.396	2.432	2.064	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.02	30.30	28.86	24.58	23.72	20.12	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Potasio (K)	mg/L	0.005	1298	1256	1694	1743	1731	-
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.027	0.028	0.011	0.011	0.010	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	46.50	46.70	46.92	47.32	41.36	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	1.678	1.588	1.459	1.399	1.196	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.021	0.018	0.041	0.042	0.038	-
Sodio (Na)	mg/L	0.021	136.1	129.5	173.7	182.4	185.5	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.277	0.266	0.380	0.362	0.325	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	28.50	27.84	20.36	19.44	17.18	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.017	0.018	0.023	0.020	0.017	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.012	0.008	0.019	0.016	0.011	-
Selenio (Se)	mg/L	0.021	0.037	0.038	0.036	0.032	0.030	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	34.48	33.58	25.36	24.98	20.78	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	0.175	0.171	0.170	0.162	0.148	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.843	0.815	0.717	0.703	0.606	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.413	0.399	0.461	0.432	0.368	-
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.172	0.163	0.322	0.311	0.274	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.252	0.244	0.522	0.505	0.417	-

Cód: RT1-5-10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 2 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S.N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@regcajamarca.gob.pe FON: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0517274

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G1		PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	-	
Código Laboratorio	0517274-01		0517274-02	0517274-03	0517274-04	0517274-05	-	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos		Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	Planta Residuos Sólidos	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Temperatura (T°) campo	°C	N.A.	15.1	15.2	17.1	13.9	13.9	-
Potencial de Hidrógeno (pH) campo	pH	N.A.	7.87	7.87	8.25	8.32	8.30	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	160.0	187.0	135.5	135.5	163.0	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	3896	3765	4896	4962	4962	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	38.0	40.0	34.0	32.0	36.0	-
Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	940	460	430	260	110	-


 Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
 Analista Responsable de Química
 CIP: 119544


 Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
 Analista Responsable de Biología
 CBP: 9778

Cajamarca, 22 de Junio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 3 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0517274

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7. Rev 4.0.1994. Determination of Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
pH a 25°C en campo	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22 nd Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Temperatura en campo	°C	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 22 nd Ed. 2012: Temperature. Laboratory and Field Methods.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A D, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2, C, E1, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Muestreo de Aguas residuales	-	Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR, RM 273-2013. VIVIENDA.

OBSERVACIONES

LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 22 de Junio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev:N°05

Página: 4 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA – PERÚ
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FON0: 599000 anexo 1140

Anexo 4. Informe de ensayo N° IE 0617330.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INACAL
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 084

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617330

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y GESTION AMBIENTAL**

N° RUC/DNI: []

Dirección: **Jr. Santa teresa de journet N°351.**

Persona de contacto: []

Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca.** Correo electrónico: []

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **26.06.17** Hora: **11:20 a 12:10**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestra: **05 Muestra** N° Frascos x muestra: **06**

Ensayos solicitados: **Químicos y Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra: **Edinson Flores Mendoza**

Procedencia de la Muestra: **Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 396** Cadena de Custodia: **CC - 330 - 17**

N° Orden de Trabajo: **0617330**

Fecha y Hora de Recepción: **26.06.17 15:20** Inicio de Ensayo: **26.06.17 15:50**

Fecha Término de Ensayo: **05.07.17 09:45** Reporte Resultado: **06.07.17 10:00**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE
COP 7385

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 06 de Julio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05 Página: 1 de 4

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO*

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ

e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617330

ENSAYOS			QUÍMICOS				
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G1		PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	
Código Laboratorio	0617330-01		0617330-02	0617330-03	0617330-04	0617330-05	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
(*)Plata (Ag)	mg/L	0.021	0.110	0.069	<LCM	0.027	<LCM
(*)Aluminio (Al)	mg/L	0.025	1.073	0.625	0.866	0.836	1.011
(*)Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.188	0.122	0.112	0.096	0.118
(*)Boro (B)	mg/L	0.022	1.428	1.188	1.084	1.008	1.075
(*)Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.876	0.675	0.714	0.680	0.697
(*)Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Calcio (Ca)	mg/L	0.124	358.5	268.4	300.1	273.6	283.4
(*)Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	0.005	0.005	0.005	0.006
(*)Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.198	0.199	0.300	0.263	0.263
(*)Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.536	0.563	0.733	0.677	0.687
(*)Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.061	0.024	0.113	0.101	0.116
(*)Hierro (Fe)	mg/L	0.02	20.99	16.36	11.86	10.90	11.60
(*)Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Potasio (K)	mg/L	0.005	2568	1430	1615	1597	1641
(*)Litio (Li)	mg/L	0.003	0.024	0.018	0.009	0.010	0.009
(*)Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	36.08	28.79	27.35	26.43	27.27
(*)Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	1.815	1.357	1.267	1.190	1.227
(*)Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.027	0.024	0.050	0.047	0.056
(*)Sodio (Na)	mg/L	0.021	148.3	117.5	135.4	130.8	136.1
(*)Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.473	0.448	0.568	0.492	0.498
(*)Fósforo (P)	mg/L	0.024	14.99	35.67	20.11	18.31	18.61
(*)Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	0.052	0.039	0.026	0.037
(*)Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.025	0.019	0.020	0.034	0.018
(*)Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Silicio (Si)	mg/L	0.104	30.42	29.36	18.71	17.12	18.06
(*)Estaño (Sn)	mg/L	0.041	0.213	0.208	0.180	0.154	0.166
(*)Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	1.073	0.732	0.719	0.679	0.706
(*)Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.472	0.371	0.324	0.300	0.310
(*)Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
(*)Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.185	0.203	0.236	0.230	0.208
(*)Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.251	0.278	0.300	0.265	0.296





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617330

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS				
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G1		PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	
Código Laboratorio	0617330-01		0617330-02	0617330-03	0617330-04	0617330-05	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
(*)Temperatura (T°) campo	°C	N.A.	13.5	14.3	16.0	15.7	15.3
(*)Potencial de Hidrógeno (pH) campo	pH	N.A.	7.82	7.85	8.10	8.06	8.11
(*)Sólidos Suspensidos Totales	mg/L	2.5	49.0	51.0	71.0	76.0	81.0
(*)Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	145.8	143.8	165.8	164.3	194.8
(*)Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	3137	3169	3497	3399	3432
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	706.0	740.6	697.4	719.7	751.7

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS				
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G1		PTRS-CAJ-J-G2	PTRS-CAJ-J-G3	PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	
Código Laboratorio	0617330-01		0617330-02	0617330-03	0617330-04	0617330-05	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	92x10 ²	54x10 ²	35x10 ²	11x10 ²	460

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
 Analista Responsable de Química
 CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
 Analista Responsable de Biología
 CBP: 9778

Cajamarca, 06 de Julio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 3 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617330

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mn, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (Validado) 2014. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.A D, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DOO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 nd Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1. 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Muestreo de Aguas residuales		Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Doméstica o Municipales

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa
 LDM: Límite detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estándar de calidad ambiental, VE: valor estimado
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
 (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 06 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 4 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140

Anexo 5. Informe de ensayo N° IE 0717427.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0717427

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y GESTION AMBIENTAL**

N° RUC/DNI: **-**

Dirección: **Jr. Santa teresa de journet N°351.**

Persona de contacto: **Juan Esteban Gonzales García**

Ciudad/Provincia/Distrito: **Cajamarca.** Correo electrónico:

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **24.07.17** Hora: **11:43 a 12:10**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestra: **03 Muestra** N° Frascos x muestra: **05**

Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra: **Mariano De La Cruz Sarmiento**

Procedencia de la Muestra: **Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 529** Cadena de Custodia: **CC - 427 - 17**

N° Orden de Trabajo: **0717427**

Fecha y Hora de Recepción: **24.07.17 12:40** Inicio de Ensayo: **26.07.17 15:50**

Fecha Término de Ensayo: **05.08.17 09:45** Reporte Resultado: **06.08.17 10:00**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 06 de Agosto de 2017.

Cód: RT-1-5.10-01 Fecha de Emisión: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 1 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S.N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FONO: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0717427

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PTRS-CAJ-J-G4	PTRS-CAJ-J-G5	PTRS-CAJ-J-G3	-	-	-
Código Laboratorio			0717427-01	0717427-02	0717427-03	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*)Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Aluminio (Al)	mg/L	0.025	0.875	0.718	1.055	-	-	-
(*)Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.096	0.096	0.094	-	-	-
(*)Boro (B)	mg/L	0.022	1.511	1.485	1.461	-	-	-
(*)Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.730	0.709	0.723	-	-	-
(*)Berilio (Be)	mg/L	0.002	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Calcio (Ca)	mg/L	0.124	162.4	162.0	161.3	-	-	-
(*)Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.287	0.282	0.285	-	-	-
(*)Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.692	0.678	0.680	-	-	-
(*)Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.303	0.273	0.303	-	-	-
(*)Hierro (Fe)	mg/L	0.02	12.48	12.23	12.60	-	-	-
(*)Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Potasio (K)	mg/L	0.005	2632	2473	2472	-	-	-
(*)Litio (Li)	mg/L	0.003	0.010	0.012	0.012	-	-	-
(*)Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	45.33	44.09	45.27	-	-	-
(*)Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	0.845	0.836	0.858	-	-	-
(*)Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	0.046	0.045	0.047	-	-	-
(*)Sodio (Na)	mg/L	0.021	279.7	264.7	266.5	-	-	-
(*)Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.508	0.507	0.493	-	-	-
(*)Fósforo (P)	mg/L	0.024	21.21	20.79	21.08	-	-	-
(*)Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.031	0.006	0.008	-	-	-
(*)Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	0.047	0.027	0.031	-	-	-
(*)Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Silicio (Si)	mg/L	0.104	14.15	13.74	14.58	-	-	-
(*)Estaño (Sn)	mg/L	0.041	0.377	0.164	0.162	-	-	-
(*)Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.616	0.598	0.606	-	-	-
(*)Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.311	0.286	0.303	-	-	-
(*)Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-
(*)Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.244	0.248	0.258	-	-	-
(*)Zinc (Zn)	mg/L	0.023	0.327	0.323	0.325	-	-	-





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0717427

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G4		PTRS-CAJ-J-G5	PTRS-CAJ-J-G3	-	-	-	
Código Laboratorio	0717427-01		0717427-02	0717427-03	-	-	-	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	-	-	-	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	N.A.	8.21	8.24	8.25	-	-	-
(*)Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2.5	36.0	40.0	33.0	-	-	-
(*)Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	96.1	100.7	100.3	-	-	-
(*)Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	5557.1	5622.8	5622.1	-	-	-
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	69.3	5.3	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente	PTRS-CAJ-J-G4		PTRS-CAJ-J-G5	PTRS-CAJ-J-G3	-	-	-	
Código Laboratorio	0717427-01		0717427-02	0717427-03	-	-	-	
Matriz de Agua	RESIDUAL		RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	-	-	-	
Localización de la Muestra	Planta Residuos Sólidos Cajamarca		Planta Residuos Sólidos Cajamarca	Planta Residuos Sólidos Cajamarca	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	110	94	79	-	-	-

Mariano de la Cruz Sarmiento
Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Analista Responsable de Biología
CBP- 9778

Cajamarca, 06 de Agosto de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0717427

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Mn, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7 Rev 4 4 1994. (Validado) 2014. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22 nd Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A D, 22 nd Ed. 2012. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 nd Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1654 Rev. 8 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2.C.E1, 22 nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group: Fecal Coliform Procedure.
Muestreo de Aguas residuales	-	Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Doméstica o Municipales

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio. MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estándar relativa
 LDM: Limite detección del Método. LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estándar de calidad ambiental, VE: valor estimado
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
 (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 06 de Agosto de 2017.