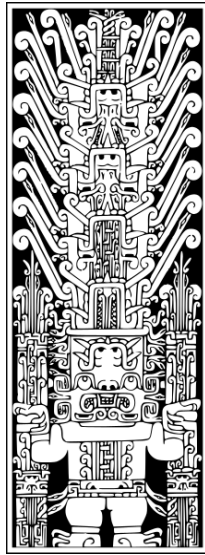


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS:

**“EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA,
DISTRITO DE SANTIAGO-CUSCO, MEDIANTE LA
METODOLOGÍA EVIAVE”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

VALDERRAMA ROCCA, JONATHAN

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

LIMA – PERÚ

2018



“Una persona usualmente se convierte en aquello que él cree que es. Si yo sigo diciéndome a mí mismo que no puedo hacer algo, es posible que yo termine siendo incapaz de hacerlo. Por el contrario, si yo tengo la creencia que sí puedo hacerlo, con seguridad yo adquiriré la capacidad de realizarlo, aunque no la haya tenido al principio”.

Mahatma Gandhi



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir y permitirme llegar a tan importante etapa de mi formación profesional. Además, por estar junto a mí en cada paso que doy, por brindarme la sabiduría, fuerza y perseverancia para cumplir con mis objetivos.

A mis padres Luis Valderrama y Rocío Rocca, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo para lograr mis metas. Ellos son uno de mis motivos para seguir adelante día a día.

A mis demás familiares, por haberme apoyado para que pueda recibir la mejor educación desde niño e incentivar a esforzarme y ser mejor cada día.



AGRADECIMIENTO

A mi asesor, el Mg Sc. Cesar A. Muñoz Ortega, por su orientación, sugerencias y gran apoyo permanente en todo el proceso de la investigación.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal - UNFV, en especial a la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo - FIGAE, por permitirme ser parte de ellos y formarme como profesional.

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por sus enseñanzas brindadas en nuestra etapa de formación.

A mis informantes por el tiempo y el esfuerzo desinteresado, dedicado a garantizar la calidad del presente estudio.



RESUMEN

La cantidad de residuos sólidos generados en las áreas urbanas se incrementó significativamente en las últimas décadas, generando problemas en su gestión y manejo y con ello el incremento de los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud de las personas. Diversos países a nivel mundial han implementado el proceso de Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) para las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, con la finalidad de prevenir, controlar y minimizar los impactos negativos generados.

La metodología de diagnóstico ambiental de vertederos de residuos urbanos denominada EVIAVE fue propuesta por Calvo (2003) como resultado de una investigación desarrollada en la Universidad de Granada (España) para determinar la afección ambiental de los vertederos, tomando como referencia los requisitos establecidos en el Real Decreto Español 1481/2001, en el marco de la Directiva 31/99/CE, relativa a la eliminación de residuos en vertederos.

La presente investigación ha tenido como objetivo principal la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales de vertederos (EVIAVE) en el botadero de Haqira. Para ello, se tuvo como objetivos específicos realizar el análisis de la metodología EVIAVE original y definir las modificaciones necesarias de acuerdo al marco técnico legal del Perú, para su aplicación en vertederos ubicados en el territorio nacional. Además, efectuar el diagnóstico del Botadero de Haqira en relación con su organización, infraestructura y operación, y plantear alternativas de solución para la mejora técnica sanitaria y ambiental del botadero de Haqira y para la adecuada gestión de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco.



Se consideró dos nuevos elementos del medio: flora y fauna, para la aplicación de la metodología EVIAVE. Además, se modificó los descriptores ambientales en base a la inclusión de estos dos nuevos elementos y se reajustó la clasificación de 12 variables y sus ponderaciones de acuerdo a lo establecido en el marco técnico legal del Perú.

La aplicación de la metodología EVIAVE permitió establecer el impacto global generado a través del Índice de Medio Vertedero (IMV) cuyo puntaje obtenido fue de 15,3 clasificando el resultado como alto, permitiendo cuantificar así la problemática ambiental existente. Estos resultados reflejaron la situación que enfrenta el Botadero de Haqira, debido a su inadecuado diseño y operación, sin considerar los criterios técnicos sanitarios y ambientales establecidos en las normativas vigentes, impactando negativamente a los diferentes elementos del medio por más de 15 años de explotación incontrolada.

En el desarrollo de la presente investigación se concluye que la metodología EVIAVE, es una eficaz herramienta aplicable en vertederos o botaderos ubicados a nivel nacional, previa modificación de acuerdo con el marco técnico legal del Perú. Su aplicación determinó la idoneidad de ubicación del vertedero y los impactos generados a cada componente ambiental durante la fase de operación. Así mismo, permitió proponer diversas alternativas de mejoras técnicas como proyectos de acondicionamiento y programas de manejo ambiental. Esta nueva metodología adaptada sirve para la planificación y priorización de acciones a seguir en caso se aplique a diferentes puntos de vertido ubicados a nivel nacional.

Palabras clave: Botadero de Haqira, metodología EVIAVE, evaluación de impactos, elementos del medio, gestión integral de residuos sólidos, mejoramiento técnico, programa de manejo ambiental.



ABSTRACT

The amount of solid waste generated in urban areas has increased significantly in recent decades, generating problems in their management and thus increasing the negative impacts on the environment and human health. Several countries worldwide have implemented the process of Environmental Impact Assessment (EIA) for the infrastructure of final disposal of solid waste, in order to prevent, control and minimize the negative impacts generated.

The methodology of environmental diagnosis of landfills of urban waste called EVIAVE was proposed by Calvo (2003) as a result of a research developed at the University of Granada (Spain) to determine the environmental impact of landfills, taking as reference the requirements established in the Spanish Royal Decree 1481/2001, within the framework of Directive 31/99 / EC, on the disposal of waste in landfills.

The main objective of this research was the application of the landfill environmental impact assessment methodology (EVIAVE) at the Haquira landfill. For this purpose, the specific objectives were to carry out the analysis of the original EVIAVE methodology and to define the necessary modifications according to the technical legal framework of Peru, for its application in landfills located in the national territory. In addition, perform the diagnosis of the Haquira landfill in relation to its organization, infrastructure and operation, and propose alternative solutions for the sanitary and environmental improvement of the Haquira landfill and for the proper management of residential solid waste in the province of Cusco.



Two new elements of the environment were considered: flora and fauna, for the application of the EVIAVE methodology. In addition, the environmental descriptors were modified based on the inclusion of these two new elements and the classification of 12 variables and their weightings was readjusted according to what is established in the legal technical framework of Peru.

The application of the EVIAVE methodology allowed to establish the global impact generated through the Landfill Index (MVI), whose score was 15.3, classifying the result as high, thus quantifying the existing environmental problems. These results reflected the situation facing the Haqira landfill, due to its inadequate design and operation, without considering the sanitary and environmental technical criteria established in the current regulations, negatively impacting the different elements of the environment for more than 15 years of uncontrolled exploitation.

In the development of the present investigation, it is concluded that the EVIAVE methodology is an effective tool applicable in landfills located at a national level, prior modification according to the technical legal framework of Peru. Its application determined the suitability of the location of the landfill and the impacts generated to each environmental component during the operation phase. Likewise, it allowed to propose various alternatives for technical improvements such as conditioning projects and environmental management programs. This new adapted methodology is used for the planning and prioritization of actions to be followed in case it is applied to different dumping points located at a national level.

Keywords: Haqira Landfill, methodology EVIAVE, impact evaluation, environmental elements, solid waste integral management, technical improvement, environmental management program.



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| CAPÍTULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS | 19 |
| 1.1. Antecedentes..... | 19 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 24 |
| 1.2.1. Descripción del problema..... | 24 |
| 1.2.2. Formulación del problema..... | 26 |
| 1.3. Objetivos..... | 26 |
| 1.3.1. Objetivo General | 26 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 27 |
| 1.4. Hipótesis | 27 |
| 1.4.1. Hipótesis General | 27 |
| 1.4.2. Hipótesis Especificas..... | 27 |
| 1.5. Variables..... | 28 |
| 1.6. Justificación e Importancia | 28 |
| 1.6.1. Justificación..... | 28 |
| 1.6.2. Importancia..... | 30 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 31 |
| 2.1. Bases teóricas..... | 31 |
| 2.1.1. Residuos sólidos | 31 |
| 2.1.2. Gestión Integral de los residuos sólidos | 33 |
| 2.1.3. Etapas de la gestión integral de residuos solidos | 34 |
| 2.1.4. Situación del Manejo de Residuos Sólidos en el Perú..... | 36 |
| 2.1.5. Situación del Manejo de Residuos Sólidos en Cusco | 38 |
| 2.1.6. Impactos generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos..... | 41 |
| 2.1.7. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos domiciliarios | 49 |
| 2.1.8. Metodología de diagnóstico ambiental para vertederos..... | 57 |
| 2.2. Marco legal | 60 |
| CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODO | 68 |
| 3.1. Materiales..... | 68 |
| 3.2. Equipos e Instrumentos..... | 69 |
| 3.3. Software | 70 |
| 3.4. Métodos | 70 |
| 3.4.1. Diseño y Nivel de investigación..... | 70 |
| 3.4.2. Muestra..... | 73 |
| 3.5. Procedimiento Metodológico..... | 74 |



| | |
|--|------------|
| 3.5.1. Etapa de Pre-Campo | 74 |
| 3.5.2. Etapa de Campo..... | 77 |
| 3.5.3. Etapa de Gabinete..... | 81 |
| CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 83 |
| 4.1. Demarcación del área de estudio | 83 |
| 4.1.1. Ubicación..... | 83 |
| 4.1.2. Localización | 83 |
| 4.1.3. Límites..... | 83 |
| 4.2. Medio Físico | 84 |
| 4.2.1. Clima | 84 |
| 4.2.2. Geología | 95 |
| 4.2.3. Geomorfología..... | 96 |
| 4.2.4. Suelos | 100 |
| 4.2.5. Capacidad de Uso Mayor de las Tierras | 102 |
| 4.2.6. Hidrología..... | 103 |
| 4.3. Medio Biológico | 105 |
| 4.3.1. Cobertura vegetal..... | 105 |
| 4.3.2. Zonas de vida..... | 106 |
| 4.3.3. Flora..... | 108 |
| 4.3.4. Fauna | 108 |
| 4.4. Medio Social..... | 110 |
| 4.4.1. Demografía | 110 |
| 4.4.2. Servicios Básicos..... | 111 |
| 4.4.3. Conflictos sociales..... | 112 |
| CAPITULO V: RESULTADOS | 113 |
| 5.1. Adaptación de la Metodología EVIAVE para su aplicación en Perú..... | 113 |
| 5.1.1. Elementos del medio | 115 |
| 5.1.2. Variables y Descriptores Ambientales: Nivel 1 | 118 |
| 5.1.3. Probabilidad de Contaminación y Valor Ambiental: Nivel 2 | 205 |
| 5.1.4. Índice de Riesgo de Afección Ambiental: Nivel 3 | 214 |
| 5.1.5. Índice de Interacción Medio Ambiente–Vertedero: Nivel 4..... | 216 |
| 5.2. Descripción de los factores ambientales y sociales..... | 217 |
| 5.3. Diagnóstico del Botadero de Haquira | 222 |
| 5.3.1. Situación Actual | 223 |
| 5.3.2. Operación u Explotación | 229 |
| 5.4. Aplicación de la Metodología EVIAVE modificada | 244 |
| 5.4.1. Nivel 1: Variables y descriptores ambientales | 244 |



| | |
|--|------------|
| 5.4.2. Nivel 2: Probabilidades de Contaminación y Valores Ambientales | 254 |
| 5.4.3. Nivel 3: Índice de Riesgo Ambiental..... | 257 |
| 5.4.4. Nivel 4: Índice de Interacción Medio - Vertedero | 259 |
| 5.5. Formulación de alternativas de solución..... | 261 |
| 5.5.1. Mejoras técnicas de las infraestructuras del Botadero de Haquira | 261 |
| 5.5.2. Estudio de sitio para la ubicación de un relleno sanitario..... | 271 |
| 5.5.3. Programa de Capacitación y Sensibilización..... | 272 |
| 5.5.4. Programa de Relaciones Comunitarias | 275 |
| 5.5.5. Programa de Manejo Ambiental..... | 278 |
| 5.5.6. Programa de Monitoreo Ambiental | 282 |
| CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 286 |
| 6.1. Discusión de resultados obtenidos entre la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y original..... | 286 |
| 6.2. Discusión de resultados en relación con la aplicación de la Metodología EVIAVE en otros países..... | 298 |
| 6.3. Discusión de resultados entre la metodología EVIAVE y la metodología propuesta por el Consejo Nacional del Ambiente | 300 |
| 6.3.1. Evaluación según prioridad de clausura | 300 |
| 6.3.2. Evaluación según los impactos generados..... | 303 |
| CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 305 |
| 7.1. Conclusiones..... | 305 |
| 7.2. Recomendaciones | 311 |



ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----|
| Cuadro N° 1: Variables en función de los objetivos planteados | 28 |
| Cuadro N° 2: Enfermedades relacionadas con residuos sólidos, transmitidas por vectores..... | 42 |
| Cuadro N° 3: Uniforme e implementos de seguridad | 69 |
| Cuadro N° 4: Equipos utilizados en la investigación | 69 |
| Cuadro N° 5: Resumen del cálculo de muestra | 74 |
| Cuadro N° 6: Ubicación política del botadero de Haquira | 83 |
| Cuadro N° 7: Tipo de Clima según el Mapa de Clasificación Climática | 84 |
| Cuadro N° 8: Características de las estaciones meteorológicas | 85 |
| Cuadro N° 9: Precipitación Total Mensual (%) – Estación Granja Kcayra..... | 87 |
| Cuadro N° 10: Precipitación Total Mensual (%) – Estación Anta Ancachuro..... | 88 |
| Cuadro N° 11: Temperatura Mensual (2004-2016) – Estación Granja Kcayra..... | 90 |
| Cuadro N° 12: Temperatura Mensual (2004-2016) – Estación Anta Ancachuro..... | 91 |
| Cuadro N° 13: Humedad Relativa Media Mensual - Estación Anta Ancachuro..... | 92 |
| Cuadro N° 14: Unidades estratigráficas | 96 |
| Cuadro N° 15: Unidades Geomorfológicas..... | 98 |
| Cuadro N° 16: Escala de Intensidad Mercalli Modificada Abreviada | 99 |
| Cuadro N° 17: Número de sismos registrados en la escala de Richter..... | 100 |
| Cuadro N° 18: Unidad de Asociación de Suelos..... | 101 |
| Cuadro N° 19: Unidades de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra en el área de influencia | 102 |
| Cuadro N° 20: Zona de vida en el área de estudio | 106 |
| Cuadro N° 21: Especies de floras registradas..... | 109 |
| Cuadro N° 22: Fauna identificada en el área de estudio..... | 109 |
| Cuadro N° 23: Población total del distrito de Santiago..... | 110 |
| Cuadro N° 24: Servicio energía eléctrica de la vivienda a nivel distrital | 111 |
| Cuadro N° 25: Servicio de agua en las viviendas – Distrito de Santiago..... | 111 |
| Cuadro N° 26: Servicio higiénico de las viviendas a nivel distrital | 112 |
| Cuadro N° 27: Factores Ambientales y Socio – Políticos..... | 117 |
| Cuadro N° 28: Variables que afectan a los diferentes elementos del medio | 119 |
| Cuadro N° 29: Clasificación de las variables según el tipo de afección..... | 120 |
| Cuadro N° 30: Índice de Riesgo de Contaminación en función de su Clasificación y Ponderación .. | 122 |
| Cuadro N° 31: Normativa considerada para la definición de las variables | 123 |
| Cuadro N° 32: Clasificación y ponderación de la variable “asentamiento de la masa de residuos” .. | 127 |
| Cuadro N° 33: Clasificación y ponderación de la variable “cobertura diaria” | 130 |
| Cuadro N° 34: Clasificación y ponderación de la variable “cobertura final” | 133 |
| Cuadro N° 35: Clasificación y ponderación de la variable “compactación” | 136 |
| Cuadro N° 36: Controles activos y pasivos de un sistema de recogida de gases | 137 |
| Cuadro N° 37: Clasificación y ponderación de la variable “control de gases” | 139 |
| Cuadro N° 38: Frecuencia de muestreo en diferentes fases | 141 |
| Cuadro N° 39: Clasificación y ponderación de la variable “control de lixiviados” | 143 |
| Cuadro N° 40: Infraestructuras y criterios de distancia establecidos | 144 |
| Cuadro N° 41: Clasificación y ponderación de la variable “distancia a infraestructuras” | 145 |
| Cuadro N° 42: Clasificación y ponderación de la variable “distancia a cuerpos de agua superficial” | 147 |
| Cuadro N° 43: Clasificación y ponderación de la variable “distancia a núcleos poblados” | 148 |
| Cuadro N° 44: Composición de lixiviados en distintas etapas | 149 |
| Cuadro N° 45: Clasificación y ponderación de la variable “edad del vertedero” | 150 |
| Cuadro N° 46: Clasificación y ponderación de la variable “erosión” | 152 |
| Cuadro N° 47: Clasificación y ponderación de la variable “estado de los caminos internos” | 155 |
| Cuadro N° 48: Clasificación y ponderación de la variable “fallas” | 157 |
| Cuadro N° 49: Clasificación y ponderación de la variable “impermeabilización del pto. de vertido” | 160 |



| | |
|---|-----|
| Cuadro N° 50: Clasificación y ponderación de la variable “morfología a cauces superficiales” | 162 |
| Cuadro N° 51: Clasificación y ponderación de la variable “precipitación” | 163 |
| Cuadro N° 52: Clasificación y ponderación de la variable “punto situado en zona inundable” | 165 |
| Cuadro N° 53: Clasificación y ponderación de la variable “riesgo sísmico” | 167 |
| Cuadro N° 54: Clasificación y ponderación de la variable “seguridad” | 171 |
| Cuadro N° 55: Clasificación y ponderación de la variable “sistema de drenaje superficial” | 173 |
| Cuadro N° 56: Clasificación y ponderación de la variable “taludes” | 175 |
| Cuadro N° 57: Generación Per Cápita (GPC) domiciliaria según región..... | 176 |
| Cuadro N° 58: Clasificación y ponderación de la variable “tamaño del vertedero” | 178 |
| Cuadro N° 59: Clasificación y ponderación de la variable “tipo de residuo” | 179 |
| Cuadro N° 60: Clasificación del viento..... | 180 |
| Cuadro N° 61: Escala de Beaufort | 181 |
| Cuadro N° 62: Clasificación de acuerdo con la velocidad del viento | 181 |
| Cuadro N° 63: Clasificación y ponderación de la variable “viento” | 183 |
| Cuadro N° 64: Clasificación y ponderación de la variable “visibilidad” | 184 |
| Cuadro N° 65: Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G) | 186 |
| Cuadro N° 66: Características litológicas y grado de consolidación de los estratos encima de la zona saturada (O)..... | 186 |
| Cuadro N° 67: Profundidad del agua subterránea (D)..... | 187 |
| Cuadro N° 68: Condición, clasificación y ponderación de la variable “vulnerabilidad de las aguas subterráneas” | 187 |
| Cuadro N° 69: normativa española y europea considera para los descriptores ambientales | 189 |
| Cuadro N° 70: Clasificación del descriptor ambiental usos del agua (A ₁)..... | 191 |
| Cuadro N° 71: Clasificación para los tipos de cursos de agua superficial (A ₂)..... | 191 |
| Cuadro N° 72: Clasificación del descriptor ambiental calidad del agua (A ₃)..... | 193 |
| Cuadro N° 73: Clasificación del descriptor ambiental usos de las aguas subterráneas (B ₁) | 193 |
| Cuadro N° 74: Clasificación del descriptor ambiental calidad de las aguas subterráneas (B ₁) | 194 |
| Cuadro N° 75: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire | 195 |
| Cuadro N° 76: Clasificación del descriptor calidad del aire (C ₁)..... | 196 |
| Cuadro N° 77: Clasificación del descriptor ambiental usos del suelo (D ₁) | 198 |
| Cuadro N° 78: Clasificación de la cobertura vegetal | 200 |
| Cuadro N° 79: Clasificación del descriptor tipo de cobertura vegetal (F ₁) | 202 |
| Cuadro N° 80: Clasificación del descriptor ambiental densidad de cobertura vegetal (F ₂)..... | 203 |
| Cuadro N° 81: Clasificación del descriptor ambiental especies amenazadas de flora (F ₃) | 204 |
| Cuadro N° 82: Clasificación del descriptor ambiental especies amenazadas de fauna (G ₁) | 205 |
| Cuadro N° 83: Relación de las diferentes variables relacionadas con la explotación u operación del punto de vertido..... | 207 |
| Cuadro N° 84: Suma de valores máximos y mínimos de la Probabilidad de Contaminación | 208 |
| Cuadro N° 85: Clasificación de las Probabilidades de Contaminación para cada uno de los elementos del medio..... | 209 |
| Cuadro N° 86: Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio..... | 214 |
| Cuadro N° 87: Clasificación de los Índices de Riesgo Ambiental para cada uno de los elementos del medio..... | 215 |
| Cuadro N° 88: Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero | 217 |
| Cuadro N° 89: Identificación de factores ambientales y sociales en el botadero de Haquira..... | 218 |
| Cuadro N° 90: Descripción del botadero de Haquira | 230 |
| Cuadro N° 91: Imágenes satelitales del estado en que se encontraba el Botadero de Haquira, durante el periodo 2002 - 2017 | 242 |
| Cuadro N° 92: Valoración (C _j) de las variables del Botadero de Haquira, de acuerdo a la metodología EVIAVE..... | 245 |



| | |
|---|-----|
| Cuadro N° 93: Valoración del Índices de Riesgo de Contaminación (IRC _j) para el Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE..... | 249 |
| Cuadro N° 94: Valoración de los descriptores ambientales para el Botadero de Haquira, de acuerdo a la metodología EVIAVE..... | 251 |
| Cuadro N° 95: Probabilidad de Contaminación (Pbc) para cada elemento del medio en el botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE..... | 255 |
| Cuadro N° 96: Valores ambientales para cada uno de los elementos del medio del Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE..... | 256 |
| Cuadro N° 97: Índice de Riesgo Ambiental (IRA) para cada elemento del medio, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE en el Botadero de Haquira..... | 258 |
| Cuadro N° 98: Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) para el Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE..... | 260 |
| Cuadro N° 99: Cálculo de tiempo de vida útil de la disposición de los residuos..... | 270 |
| Cuadro N° 100: Resultados comparativos de la aplicación de la metodología EVIAVE en el botadero de Haquira..... | 286 |
| Cuadro N° 101: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación para el Botadero de Haquira..... | 287 |
| Cuadro N° 102: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación debido al diseño y explotación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira..... | 289 |
| Cuadro N° 103: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación debido a la ubicación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira..... | 290 |
| Cuadro N° 104: Resultados comparativos del Valor Ambiental (Va _i) para el Botadero de Haquira..... | 293 |
| Cuadro N° 105: Resultados comparativos del Índice de Riesgo Ambiental (IRA) para el Botadero de Haquira..... | 294 |
| Cuadro N° 106: Resultados comparativos del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) para el Botadero de Haquira..... | 296 |
| Cuadro N° 107: Categorización del Botadero de Haquira – según prioridad de clausura..... | 301 |
| Cuadro N° 108: Evaluación del Botadero de Haquira según los impactos generados..... | 303 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura N° 1: Método de área para construir un relleno sanitario..... | 53 |
| Figura N° 2: Método de trinchera para construir un relleno sanitario..... | 54 |
| Figura N° 3: Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario..... | 54 |
| Figura N° 4: Relleno sanitario de alta densidad con cobertura..... | 56 |
| Figura N° 5: Relleno sanitario de alta densidad en balas..... | 56 |
| Figura N° 7: Asentamientos de la masa de vertidos..... | 126 |
| Figura N° 8: Diagrama del diseño con tuberías en la base del relleno sanitario..... | 264 |
| Figura N° 9: Detalle de la tubería para colección de lixiviado..... | 264 |
| Figura N° 10: Pozo para colección de gas..... | 267 |
| Figura N° 11: Sección transversal del diseño para la cubierta de tierra vegetal..... | 269 |
| Figura N° 12: Sección transversal del diseño para la cubierta de tierra vegetal..... | 270 |



ÍNDICES DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico N° 1: Diferenciación entre residuos, productos y subproductos | 32 |
| Gráfico N° 2: Precipitación Total Mensual - Estación Granja Kcayra..... | 87 |
| Gráfico N° 3: Precipitación Total Mensual – Estación Anta Ancachuro | 88 |
| Gráfico N° 4: Temperatura Media Mensual - Estación Granja Kcayra..... | 90 |
| Gráfico N° 5: Temperatura Media Mensual – Estación Anta Ancachuro | 91 |
| Gráfico N° 6: Humedad Relativa Media Mensual (2004-2013)..... | 93 |
| Gráfico N° 7: Dirección Predominante y Velocidad Media del Viento (m/s)..... | 94 |
| Gráfico N° 8: Dirección Predominante y Velocidad Media del Viento (m/s)..... | 94 |
| Gráfico N° 9: Probabilidad de contaminación de los diferentes elementos del medio | 255 |
| Gráfico N° 10: Probabilidad de contaminación debido a la ubicación y Probabilidad de contaminación debido al diseño y explotación para el Botadero de Haquira | 256 |
| Gráfico N° 11: Valores ambientales para cada uno de los elementos del medio del Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE..... | 257 |
| Gráfico N° 12: Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio para cada elemento del medio, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE en el Botadero de Haquira | 258 |
| Gráfico N° 13: Fases del Programa de Capacitación y Sensibilización en el manejo adecuado de los residuos solidos | 274 |
| Gráfico N° 14: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación para el Botadero de Haquira..... | 287 |
| Gráfico N° 15: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación debido al diseño y explotación para el Botadero de Haquira..... | 289 |
| Gráfico N° 16: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación para el Botadero de Haquira | 290 |
| Gráfico N° 17: Probabilidad de Contaminación en las etapas de operación y ubicación para el Botadero de Haquira..... | 291 |
| Gráfico N° 18: Comparativo del Valor Ambiental obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada | 293 |
| Gráfico N° 19: Comparativo del Índice de Riesgo Ambiental obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada..... | 295 |
| Gráfico N° 20: Comparativo del Índice de Interacción Medio Vertedero obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada..... | 296 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| Fotografía N° 1: Reunión con el Ing. Rodríguez en el botadero de Haquira..... | 75 |
| Fotografía N° 2: Inspección de las instalaciones del botadero de Haquira | 79 |
| Fotografía N° 3: Observación del área de influencia del botadero - Comunidad de Haquira | 79 |
| Fotografía N° 4: Encuestas aplicadas al personal encargado del transporte de residuos..... | 81 |
| Fotografía N° 5: Acumulación de los residuos sólidos en el botadero de Haquira, sin considerar las pautas para una adecuada cobertura final | 225 |
| Fotografía N° 6: Lixiviados acumulada quebrada abajo del botadero de Haquira | 225 |
| Fotografía N° 7: Esguerramiento de lixiviados generado por el botadero de Haquira..... | 226 |
| Fotografía N° 8: Acopio Informal de residuos aprovechables – Estela Pilares..... | 227 |
| Fotografía N° 9: Segregación de residuos reaprovechables en zonas de acopio informal, camino al botadero de Haquira. | 227 |
| Fotografía N° 10: Zona de acopio informal ubicada a 100 m. del botadero..... | 228 |
| Fotografía N° 11: Segregación de residuos de cartón y plásticos, en zona de acopio informal | 228 |
| Fotografía N° 12: Zona de acopio informal, ubicada cerca a la comunidad de Haquira | 229 |
| Fotografía N° 13: Torreón de vigilancia e ingreso al botadero de Haquira..... | 231 |



| | |
|---|-----|
| Fotografía N° 14: Cerco perimétrico instalado en la parte frontal del botadero..... | 231 |
| Fotografía N° 15: Botadero de Haquira, sin la presencia de caminos internos | 232 |
| Fotografía N° 16: Vías de acceso externas al botadero de Haquira | 232 |
| Fotografía N° 17: Señalizaciones existentes en el Botadero de Haquira..... | 233 |
| Fotografía N° 18: Compactación de los residuos dispuestos en el botadero | 234 |
| Fotografía N° 19: Corte del talud para fines de soterramiento actual | 234 |
| Fotografía N° 20: Obtención del material de cobertura en el mismo botadero de Haquira..... | 235 |
| Fotografía N° 21: Soterrado de los residuos sólidos, en el área nueva de disposición final..... | 235 |
| Fotografía N° 22: Pozo de reserva de lixiviados inhabilitados..... | 236 |
| Fotografía N° 23: Pozo de reserva de lixiviados habilitados..... | 236 |
| Fotografía N° 24: Pozo de almacenamiento de lixiviados para su evaporación..... | 237 |
| Fotografía N° 25: Chimeneas instaladas en el área de disposición de residuos existente | 237 |
| Fotografía N° 26: Vista de la comunidad de Haquira | 238 |
| Fotografía N° 27: Disposición de residuos sólidos peligrosos en las vías | 238 |
| Fotografía N° 28: Recicladores informales ubicados en el área nueva de disposición final | 239 |
| Fotografía N° 29: Pajonal andino identificado en el área de influencia del botadero | 240 |
| Fotografía N° 30: Animales identificados en el punto de vertido | 240 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|-----|
| Ecuación N° 1: Tamaño de muestra..... | 73 |
| Ecuación N° 2: Determinación del índice de Riesgo de Contaminación | 121 |
| Ecuación N° 3: Determinación de la Probabilidad de Contaminación..... | 206 |
| Ecuación N° 4: Determinación del valor ambiental para el elemento “agua superficial” | 210 |
| Ecuación N° 5: Determinación del valor ambiental para el elemento “agua subterránea”..... | 211 |
| Ecuación N° 6: Determinación del valor ambiental para el elemento “atmosfera”..... | 211 |
| Ecuación N° 7: Determinación del valor ambiental para el elemento “suelo” | 212 |
| Ecuación N° 8: Determinación del valor ambiental para el elemento “fauna”..... | 213 |
| Ecuación N° 9: Determinación del valor ambiental para el elemento “flora”..... | 214 |
| Ecuación N° 10: Determinación del Índice de Riesgo Ambiental (IRA)..... | 215 |
| Ecuación N° 11: Determinación del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)..... | 216 |



INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014), la disposición de los residuos sólidos en botaderos a cielo abierto es la practica más común, irresponsable y lesiva al ambiente y a la salud de las personas. El riesgo ambiental que un botadero posee debe ser minimizado por medio de herramientas de planificación ambiental, una de estas herramientas es la evaluación ambiental de las áreas impactadas por el vertido incontrolado de residuos sólidos, considerando que diariamente 3 200 toneladas de residuos sólidos son dispuestos en los botaderos en estado crítico a nivel nacional.

El botadero de Haqira recibe 400 toneladas de residuos sólidos por día aproximadamente, provenientes de los distritos de la provincia de Cusco, en este punto de vertido se disponen además de residuos domiciliarios, residuos hospitalarios y de las actividades de construcción, lo cual pone en riesgo la salud de las personas y la calidad de los componentes ambientales. Los impactos ambientales ocasionados por el botadero se han agravado debido al inadecuado diseño de las infraestructuras y la falta de tratamiento de los lixiviados y de los gases generados.

Por lo antes descrito, surge el interés por la presente investigación, la cual tiene como objetivo principal la aplicación de la metodología de evaluación de impactos ambientales de vertederos (EVIAVE) en el botadero de Haqira. Para ello se ha propuesto como objetivos específicos el análisis de la metodología EVIAVE original y la definición de las modificaciones necesarias para su aplicación en botaderos ubicados en el Perú. Además, elaborar el diagnóstico de la situación actual del botadero de Haqira, y plantear alternativas de solución para la mejora técnica



sanitaria y ambiental del mismo y para la adecuada gestión de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco.

El procedimiento para el desarrollo de la presente investigación se lleva a cabo en tres fases. En la fase de pre campo se realiza la búsqueda, recolección y procesamiento de información de diversas fuentes bibliográficas en relación al tema de investigación y al área de estudio; en la fase de campo se realiza la inspección técnica al botadero de Haqira, con la finalidad de conocer las características relativas a su diseño y operación, además se efectúa la observación directa de las características ambientales y sociales del área de estudio aplicándose encuestas a los pobladores de la comunidad de Haqira y entrevistas al personal del botadero; y en la fase de gabinete se realiza el análisis y sistematización de la información recolectada, cruzando información de lo obtenido por los diversos actores involucrados, lo observado en campo y de la información técnica encontrada, para la posterior aplicación de la metodología EVIAVE modificada.

La evaluación ambiental de un botadero mediante la aplicación de la metodología EVIAVE, se basa, según Calvo (2003), en la valoración cuantitativa y cualitativa de los índices ambientales, los cuales proporcionan información referente a la afección que cada punto de vertido produce sobre los componentes ambientales o elementos del medio. Para ello primero es necesario describir las características ambientales y sociales del área de estudio donde se ubica el botadero. La aplicación de la metodología EVIAVE, previa adaptación al marco legal y técnico del Perú, permite identificar los componentes ambientales que son afectados por las actividades operacionales de los botaderos y determinar la idoneidad de ubicación de los puntos de vertido.



CAPÍTULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Antecedentes

En nuestro país existen 20 botaderos en estado críticos, los cuales han sido identificados según la cantidad de residuos acumulados, cercanías a zonas urbanas, quema de basura, presencia de residuos hospitalarios y quejas de la población. Entre los departamentos más afectados son Libertad (“El Milagro”), Arequipa (“Quebrada Honda”), Lambayeque (“Reque”), Cusco (“Haquira”) y Tacna (“Alto Antiorco”), en los cuales se concentra el 76% de las 3 200 toneladas de residuos sólidos dispuestos cada día en los botaderos señalados. Estas cifras demuestran la situación crítica del manejo de residuos sólidos a nivel nacional.

El botadero de Haquira ubicado en el distrito de Santiago – provincia del Cusco, entro en funcionamiento en el año 2001 sin cumplir con los requisitos técnicos sanitarios y ambientales establecidos, actualmente recibe 400 toneladas de residuos sólidos por día y almacena más de 2 millones de toneladas de residuos sólidos de la provincia del Cusco, los cuales han sido manejados inadecuadamente por más de 15 años, generando focos infecciosos de gran magnitud e impactos negativos a la salud de las personas y el ambiente.

El botadero de Haquira carecía de control por parte de las entidades competentes, los residuos dispuestos no eran compactos ni se cubría diariamente, produciéndose un espacio gigantesco de basura expuesta al medio ambiente, lo que generaba un alto grado de contaminación por los lixiviados, gases y malos olores producidos, impactando negativamente al recurso hídrico, suelo, flora y fauna del área de influencia. Así mismo, la proliferación de perros, moscas, roedores eran un peligro para todo el personal del botadero y para la población aledaña, motivos suficientes por



el cual el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) considero este espacio como uno de los 20 puntos más críticos del País en el año 2014.

Con la finalidad de evitar una mayor contaminación ambiental y minimizar los casos de infección gastrointestinales y dérmicas causados por disposición inadecuada de los residuos sólidos y la presencia de elementos nocivos y productos peligrosos, los pobladores de la comunidad de Haqira en junio del año 2014, bloquearon la vía hacia el distrito de Ccorcca, exigiendo a la Municipalidad Provincial del Cusco la reubicación del botadero municipal. Los manifestantes señalaron que, a pesar de haberse otorgado un presupuesto para la elaboración del proyecto, en el Plan COPESCO, perteneciente al Gobierno Regional del Cusco, este no fue ejecutado hasta la fecha.

En el año 2015 el fiscal de prevención de la ciudad del Cusco, denuncia al ex alcalde del Cusco el Eco. Luis Flores García y al actual alcalde el Abog. Carlos Moscoso Perea por poner en riesgo la salud e integridad de la población cercana al botadero de Haqira. Así mismo, se volvió a presentar una situación similar donde los pobladores volvieron a bloquear la vía Cusco - Ccorcca, debido a que hasta la fecha no se había dado solución a la petición de cierre definitivo del botadero de Haqira.

Para fundamentar la evaluación ambiental del Botadero de Haqira mediante la aplicación de la metodología EVIAVE, es necesario tomar como referencia diversas fuentes bibliográficas sobre las metodologías para el diagnóstico y evaluación de las infraestructuras de disposición final, con la finalidad de considerar diversos elementos importantes para el desarrollo de la presente investigación. Por ello, se presentan de manera general las siguientes investigaciones con relación al tema:



Victoria y Rubio (1980): “Aportaciones a la evaluación de los vertederos de Residuos Sólidos Urbanos”, el estudio propone un método sistemático de evaluación y comparación de los impactos ambientales producidos por los vertederos de residuos urbanos en la Región de Murcia. En la evaluación de campo se obtienen un conjunto de 20 valores para los actuales vertederos, los cuales se transforman en seis parámetros ambientales básicos (PAB) que son: calidad de aire, calidad del agua, usos del suelo, estética, ruido y vectores propagadores de enfermedades, de esta manera los valores de los PAB indican un impacto ambiental. Así mismo, se realizó un análisis estadístico de los valores generados para comparar conjuntos de vertederos con diferentes condiciones de vertido e impactos generados.

Calvo Redruejo (2003): “Metodología de diagnóstico y caracterización ambiental de vertederos de residuos urbanos para su control, cierre, sellado y reinserción al medio”, el trabajo de investigación desarrolla una metodología de caracterización y diagnóstico ambiental de vertederos denominada EVIAVE, cuya aplicación en treinta (30) vertederos ubicados en la provincia de Granada (España) y en Valparaíso (Chile), permite identificar los problemas ambientales producidos en el entorno inmediato donde se ubican los vertederos, de esta manera se facilita la toma de decisiones para el control, cierre, sellado y reinserción de los mismo. Además, se propuso planes necesarios de seguimiento ambiental correspondientes para cada una de estas etapas, de forma que se asegure el control del vertedero hasta su estabilización y reinserción total al medio.

Paolini Méndez (2007): “Validación de la Metodología EVIAVE en vertederos en Venezuela. Análisis y Propuesta de Soluciones”, la investigación en primer lugar llevo a cabo el estudio de la metodología EVIAVE, para posteriormente adaptar la



clasificación de las variables y descriptores ambientales al marco legal y características de Venezuela. Para la aplicación de la citada metodología, fue necesario realizar la descripción de los factores ambientales y sociopolíticos del entorno inmediato donde se ubican los puntos de vertido, así como las condiciones operativas de los veintidós (22) vertederos seleccionados, los cuales se ubican en 07 estados de Venezuela. Los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología EVIAVE, muestran resultados semejantes con los estudios existentes, en lo que a problemática ambiental de los veintidós vertederos se refiere, lo que ha permitido validar la metodología para ser aplicable en Venezuela.

Garrido Vergara (2008): “Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptación para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía”, la investigación plantea la modificación de la metodología EVIAVE, cuyos cambios están dirigidos a mejorar la justificación, clasificación y cuantificación de las variables y descriptores ambientales seleccionados para la obtención de los índices ambientales. Estos cambios se realizaron con el fin de ampliar su ámbito de aplicación a normativas iguales o menos exigentes que la europea.

A partir de la metodología EVIAVE técnicos del Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial han elaborado un software basado en las técnicas difusas, que facilita su aplicación, proporciona una información más completa en relación al diagnóstico ambiental que de los puntos de vertido y soluciona los problemas relacionados con la subjetividad e incertidumbre que pueden producirse a la hora de aplicar la metodología por diferentes expertos en la materia. (Garrido, 2008, p. 11)



Mozquera, Canchingre y Morales (2013): “Evaluación de los impactos ambientales generados por el vertedero de residuos sólidos del Cantón Atácame – Ecuador”, la investigación fue realizada con la finalidad de evaluar los impactos ambientales generados por el vertedero de residuos sólidos en el Cantón Atácame, en la provincia de Esmeraldas. Los métodos utilizados fueron: la lista de chequeo, la cual permite obtener una idea preliminar del servicio de limpieza pública municipal; la matriz causa-efecto, la cual se emplea para estimar relaciones causales, identificando los componentes ambientales que son afectados por la inadecuada gestión de los residuos; y la matriz de Leopold, que es un método cuantitativo empleado en la evaluación de los impactos ambientales. Finalmente se llega a la conclusión que los impactos causados son de tipo negativo, lo cual requiere de una planificación ambiental para mitigar los daños e implementar un sistema de gestión que contribuya a la conservación del medio ambiente.

Forero Gonzáles (2011): “Análisis e Implementación de la metodología EVIAVE. Evaluación del impacto ambiental de botaderos municipales”, el trabajo de investigación determina la viabilidad de la metodología EVIAVE para ser aplicada en el diagnóstico ambiental de vertederos de residuos sólidos en Colombia.

Según Forero (2011), los resultados obtenidos permiten concluir que la metodología EVIAVE puede ser aplicada en el diagnóstico ambiental de vertederos en Colombia. Además, como complemento a la Metodología EVIAVE, para su extensión como modelo difuso y su aplicación, se utiliza FUZZYNET la cual es una herramienta computacional desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia. La metodología EVIAVE + FUZZYNET es un eficaz instrumento de planificación y apoyo en la toma de decisiones para la prevención o minimización de los impactos generados.



Abedinzadeh, et al. (2013): “Diagnóstico ambiental mediante la metodología EVIAVE para la planificación y la toma de decisiones para los vertederos de residuos municipales en Irán”, la investigación realizó la validación de la metodología EVIAVE en Irán. En este caso no se realizó modificación alguna en las variables de vertedero, descriptores ambientales o índices ambientales. Los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología en dos vertederos concluyen que es una herramienta eficaz para la toma de decisiones en el momento de planificar los planes de manejo para los diferentes elementos del medio afectado, así como la determinación de las actividades de operación y ubicación que generan más impactos.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción del problema

Los problemas ambientales relacionados por la inadecuada disposición final en botaderos son una preocupación mundial debido a sus impactos negativos generados al ambiente y a la calidad de vida de las personas. Según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos – aprobado según D. L. N° 1278, los botaderos son lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, los cuales deben ser clausurados por la municipalidad provincial en coordinación con la municipalidad distrital respectivas.

El Cusco adolece problemas de saneamiento ambiental debido a la disposición final inadecuada de los residuos sólidos domiciliarios, realizado sin tener en cuenta los criterios técnicos sanitarios y ambientales vigentes en el Perú. Esta disposición inadecuada genera puntos de vertido en el área urbana, los cuales llegan a acumular gran cantidad de residuos y se convierten en botaderos, provocando contaminación atmosférica, contaminación de fuentes hídricas y contaminación del suelo, y poniendo en riesgo la salud de las personas.



Asimismo, la existencia de un punto de vertido guarda relación con los problemas socioambientales como: la contaminación ambiental del entorno donde se ubica, las enfermedades de la población cercana y de los trabajadores y recicladores y la pobreza. Todo ello en su conjunto significa pérdida de oportunidades de desarrollo, por lo que debe realizar un diagnóstico y evaluación de los botaderos informales.

Estos problemas los encontramos en el botadero de Haqira ubicado en el distrito de Santiago, el cual entro en funcionamiento en el año 2001 con una vida útil estimada de 7 años, sin cumplir con los requisitos técnicos sanitarios y ambientales establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud (MINSA). Los residuos sólidos que son dispuestos en este botadero provienen de los distritos de Ccorcca, Cusco, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla y Wanchaq.

La gran cantidad de residuos sólidos dispuestos en el botadero de Haqira en condiciones sanitarias-ambientales no adecuadas por más de 15 años, conlleva a concluir que las autoridades competentes no se encuentran comprometidos con la gestión y manejo de los residuos sólidos; en ese sentido es necesario plantear nuevas alternativas que tengan como resultado la obtención de herramientas básicas para el estudio de idoneidad de ubicación de botaderos y el control de explotación de los mismos; para lo cual es necesario realizar la “Evaluación Ambiental del Botadero de Haqira, distrito de Santiago – Cusco, mediante la metodología EVIAVE”.



1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema principal

¿De qué manera la aplicación de la Metodología de Evaluación de Impactos ambientales de vertederos (EVIAVE) permitirá realizar la evaluación y diagnóstico ambiental del botadero de Haqira, determinar las causas de los impactos generados y sugerir alternativas de solución para mejorar la infraestructura de disposición final y para la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en la provincia del Cusco?

1.2.2.2. Problema secundario

1. ¿En qué medida el análisis del diseño de la metodología EVIAVE, permitirá definir las modificaciones necesarias, de acuerdo al marco técnico legal, para su aplicación en botaderos en el Perú?
2. ¿En qué medida el diagnóstico de la situación actual del botadero de Haqira, en relación con su organización, infraestructura y operación, permitirá conocer la problemática del botadero en estudio?
3. ¿Cómo contribuyen las alternativas de solución planteadas para la mejora técnica sanitaria y ambiental del botadero de Haqira y para la adecuada gestión de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Aplicar la Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales de Vertederos (EVIAVE) en el botadero de Haqira, con la finalidad de realizar el diagnóstico ambiental del punto de vertido, determinar las causas principales de los impactos generados y sugerir alternativas de solución para la mejora técnica de la infraestructura de disposición final y para la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en la provincia del Cusco.



1.3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar la metodología EVIAVE y definir las modificaciones necesarias de acuerdo al marco técnico legal, para su aplicación en botaderos en el Perú.
2. Elaborar un diagnóstico de la situación actual del botadero de Haqira en relación con su organización, infraestructura y operación u explotación.
3. Plantear alternativas de solución para la mejora técnica sanitaria y ambiental del botadero de Haqira y para la adecuada gestión de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La aplicación de la metodología EVIAVE en el botadero de Haqira permite realizar un diagnóstico ambiental del punto de vertido, determina que los impactos son producidos por una ubicación no idónea y por las características a su diseño y actividades de operación, y permite sugerir alternativas de solución para la mejora técnica del botadero y para la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en la provincia del Cusco.

1.4.2. Hipótesis Específicas

1. El análisis de la Metodología EVIAVE y las modificaciones efectuadas de acuerdo al marco técnico legal, permite la aplicación de la metodología en el Perú.
2. El diagnóstico actual del botadero de Haqira, en relación con su organización, infraestructura y operación, define la problemática ambiental existente en el punto de vertido.
3. Las alternativas de solución planteadas contribuyen a mejorar técnicamente el botadero de Haqira y a desarrollar una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco.



1.5. Variables

Cuadro N° 1: Variables en función de los objetivos planteados

| Variable dependiente | Variable independiente | Dimensiones | Indicadores | Material |
|---|------------------------------------|---|--|--|
| Evaluación Ambiental del Botadero de Haqira | Metodología EVIAVE | Adaptación al marco legal y técnico | - | Normativa Ambiental Vigente y Guías Técnicas |
| | | Análisis de los elementos del medio | - | |
| | | Análisis de los variables | - | |
| | | Análisis de los descriptores ambientales | - | |
| | Diagnóstico del botadero de Haqira | Prepuestado otorgado por la MPC | Soles (S/.) | Entrevista |
| | | Diseño de la infraestructura de disposición final | Adecuado / Inadecuado | Inspección Técnica |
| | | Operación y Control de la Infraestructura | Eficiente / Ineficiente | Inspección Técnica |
| | | Generación de residuos sólidos | Kg/día | PIGARS |
| | | Tipo de residuos sólidos | Porcentaje (%) | PIGARS |
| | | Numero de pobladores | Cantidad | CENSO 2007 INEI |
| | | Nivel de capacitación del personal | Alto / Medio / Bajo | Encuesta |
| | Impactos Ambientales | Identificación de impacto | Agua superficial / Agua subterránea / Atmosfera / Suelo / Flora / Fauna / Salud y Sociedad | Ficha / Inspección Técnica |
| | | Evaluación de impacto | Muy alto / Alto / Medio / Bajo / Muy bajo | Metodología EVIAVE |

Elaboración propia

1.6. Justificación e Importancia

1.6.1. Justificación

El botadero de Haqira está ocasionando un deterioro del ambiente, por la contaminación de fuentes hídricas: aguas superficiales y aguas subterráneas, contaminación del suelo tanto del área de explotación como terrenos de cultivos adyacentes al botadero y contaminación del aire. Todo ello es debido a la ubicación no idónea del punto de vertido, el deficiente diseño de las infraestructuras y el inadecuado mantenimiento durante la fase de explotación.



Asimismo, el aumento de los residuos sólidos que diariamente son dispuestos en el botadero de Haquira, no está siendo proporcional con las medidas de control que se requieren para prevenir la generación de mayores impactos. Por otro lado, no existe un diagnóstico ambiental del botadero de Haquira, ni planes que orienten a una disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos en la provincia del Cusco.

No es habitual la aplicación de metodologías para la evaluación de impactos en la fase de explotación de vertederos, razón por la cual la presente investigación tiene como objetivo principal la aplicación de la metodología EVIAVE en el botadero de Haquira. Esta metodología fue desarrollada por la Universidad de Granada en el año 2003, para determinar la afección ambiental de los vertederos en España, motivo por lo cual ha sido necesario realizar un análisis de la metodología original y definir las modificaciones de acuerdo al marco técnico legal peruano para su posterior aplicación en botaderos ubicados en el territorio nacional, debido que la metodología original toma referencia el marco de la Directiva 31/99/CE, relativo a la eliminación de residuos en vertederos en la Unión Europea y España.

Por lo antes expuesto, se justifica la presente investigación ya que al aplicar la metodología EVIAVE se proporciona información cuantitativa y cualitativa para la evaluación ambiental del botadero de Haquira y de esta manera se propone diversas alternativas de solución como proyectos de mejoras técnicas, programa de asuntos sociales y relaciones comunitarias, proyecto de estudio de ubicación de un relleno sanitario y programa de manejo ambiental. Además, la aplicación de esta nueva metodología servirá para priorizar y planificar acciones a seguir en caso se aplique a diferentes puntos de vertido en determinadas regiones a nivel nacional.



1.6.2. Importancia

La presente investigación es importante porque mediante la evaluación de los impactos ambientales generados por el botadero de Haqira se cuantifican la afectación del punto de vertido en aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, flora, fauna y la salud de las personas. La aplicación de la metodología EVIAVE proporciona información fundamental y estratégica, la cual sirve para plantear alternativas de solución a la problemática identificada en el diagnóstico del botadero de Haqira, mejorando de este modo el diseño de las componentes del botadero, las actividades de operación y control, y las relaciones con la comunidad de Haqira.

Esta herramienta de diagnóstico ambiental aplicable a las infraestructuras de disposición final en funcionamiento, permite proponer directrices o normativas destinadas a mejorar los Planes de Cierre, Planes de Explotación y Planes Acondicionamiento, en los cuales se incluya la evaluación de impactos mediante la aplicación de la metodología EVIAVE modificada. Cabe señalar que el presente estudio, será de vital importancia como antecedente para futuros estudios o proyectos relacionados con la evaluación ambiental de impactos generados por el manejo inadecuado de botaderos a nivel nacional.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Residuos sólidos

De acuerdo a definición presentada en la “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, aprobado el 22 de diciembre del 2016 mediante el Decreto Legislativo N° 1278, el residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. (D.L. N° 1278, 2016, p. 34)

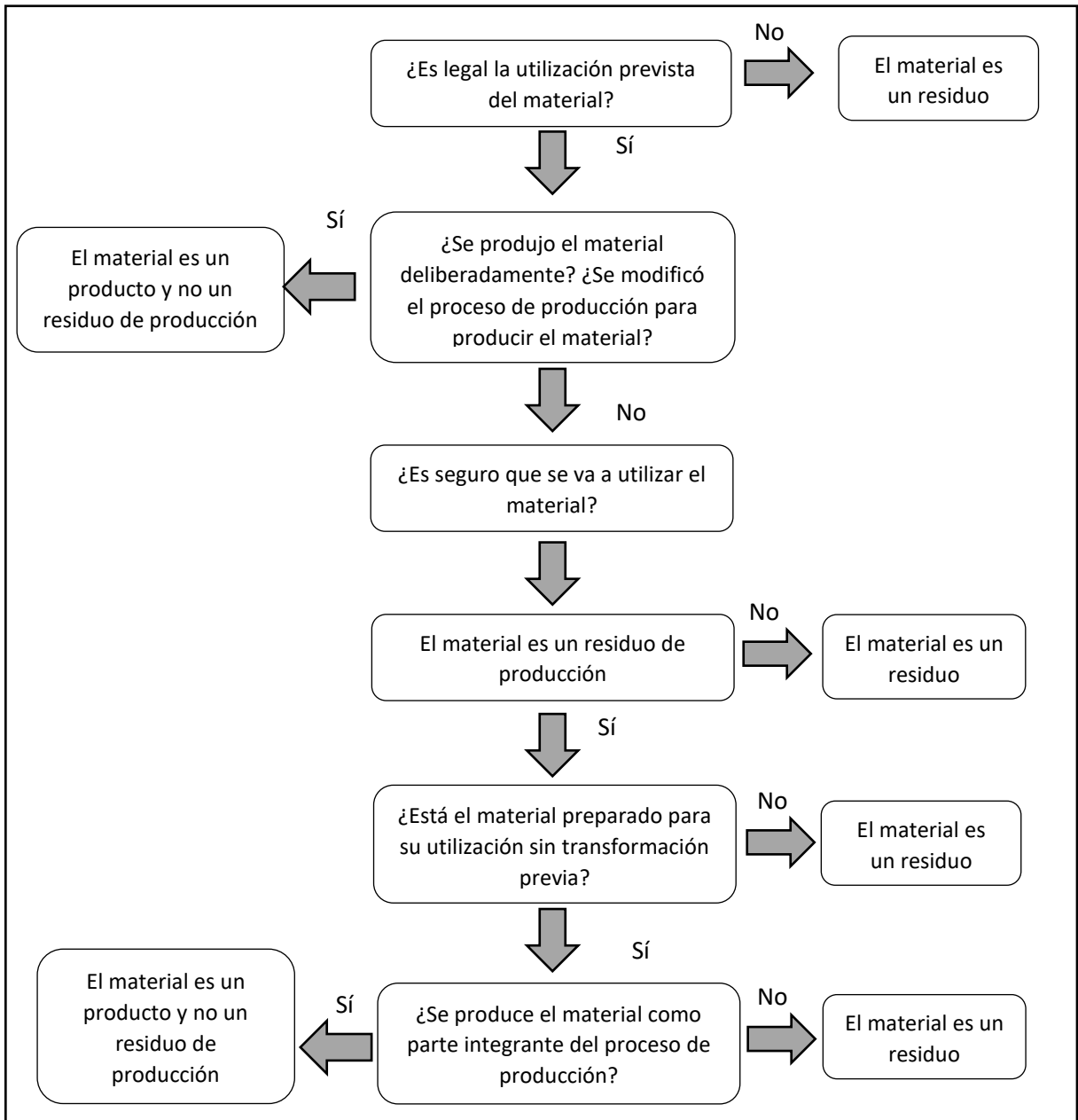
Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final. (D.L. N° 1278, 2016, p. 34)

Así mismo, se definen como residuos sólidos a todos aquellos materiales sólidos y semisólidos que resultan de la actividad del hombre en la sociedad, que se desechan como inútiles e indeseados por considerarlos sin valor para retenerlos (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias, 2001). Con la evolución del pensamiento ambiental y económico, ha cambiado también el concepto de residuo. Los eufemismos más conocidos del término como basura, chatarra, desechos en general tienen connotaciones negativas, y denotan subproductos indeseables de los



cuales hay que deshacerse. Sin embargo, actualmente se está acuñando otro tipo de término: pérdida, insumos mal aprovechados, recursos depredados y hasta el concepto benévolo de “la basura es un tesoro”. Que denotan un cambio de actitud y de valores con respecto a los residuos (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Gráfico N° 1: Diferenciación entre residuos, productos y subproductos



Fuente: Comisión de las Comunidades Europeas de Cabildo



2.1.2. Gestión Integral de los residuos sólidos

La Gestión de Residuos Sólidos es una selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneas para lograr metas y objetivos específicos de manejo de residuos, donde se gestiona su reducción, reutilización, reciclado, transformación y vertido. Contempla además la administración de los elementos funcionales como su generación, manipulación, recolección, separación, procesamiento y transformación, manipulación, transporte y recuperación de suelo post clausura del vertedero (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Todo esto bajo un esquema de que las acciones a utilizar sean técnica y económicamente viables, ambientalmente sustentable y socialmente aceptables, con la finalidad de lograr un manejo sustentable de los residuos, a través de la reducción de gases de efecto invernadero, disminución de tasas de residuos que llegan a rellenos sanitarios y maximización del aprovechamiento de recursos. (Cortinas, 2004)

Según la “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” aprobada por el Decreto Legislativo N° 1278, la gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente. La disposición final de los residuos en la infraestructura respectiva constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas (D.L. N° 1278, 2017, art. 2).



2.1.3. Etapas de la gestión integral de residuos sólidos

La gestión integral de los residuos sólidos está reglamentada por la “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” aprobada por el D.L. N° 1278 y su Reglamento aprobado por el D.S. N° 014-2017-MINAM, las cuales establecen las siguientes etapas:

1. Minimización

Los generadores de residuos sólidos deben orientar a reducir a reducir al mínimo posible la generación de residuos sólidos durante el desarrollo de sus actividades. (D.S. 014-2017, art 7).

2. Segregación en la fuente

El generador debe realizar la segregación de sus residuos sólidos de acuerdo con sus características físicas, químicas y biológicas, con el objeto de facilitar su valorización y/o disposición final. Esta actividad solo está permitida en la fuente de generación, centros de acopio de residuos sólidos municipales y plantas de valorización de residuos sólidos municipales y no municipales (D.S. 014-2017, art. 19).

3. Almacenamiento en la fuente

El almacenamiento se debe realizar de acuerdo con las características particulares de los residuos sólidos y diferenciando de los peligrosos, con la finalidad de evitar daños a los operarios del servicio de limpieza pública durante las operaciones de recolección y transporte de residuos sólidos (D.S. 014-2017, art. 20).

4. Recolección

La recolección consiste en la acción de recoger los residuos sólidos para transportarlos y continuar con su posterior manejo. Las municipalidades, de acuerdo con sus competencias, deben establecer progresivamente “Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de los residuos sólidos”, los cuales deberán contemplar



expresamente las rutas de las unidades vehiculares, los horarios y frecuencias en la prestación del servicio (D.S. 014-2017, art. 28).

5. Tratamiento

Los residuos sólidos no municipales podrán recibir tratamiento previo al proceso de valorización o disposición final, según corresponda. El tratamiento de residuos sólidos será realizado mediante algunos procesos como solidificación, neutralización, estabilización, incineración, pirolisis entre otros. Así mismo queda prohibida la quema de residuos sólidos en general (D.S. 014-2017, art. 61- 62)

6. Valoración

La valoración es cualquier operación que tenga por objetivo el reaprovechamiento de los residuos o de los materiales que lo componen; además sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética (D.L. N° 1278, 2017).

7. Transferencia

La transferencia de residuos sólidos municipales es el proceso mediante el cual se descargan los residuos de un vehículo de capacidad menor a otro de mayor capacidad, para continuar con el proceso de transporte hacia la infraestructura disposición final. La transferencia de residuos sólidos municipales debe ser desarrollada por las municipalidades o por las EO-RS (D.S. 014-2017, art. 39).

8. Disposición final

La disposición final de residuos sólidos municipales se realiza en rellenos sanitarios, los mismos que son implementados por las municipalidades o EO-RS. La disposición final de los residuos sólidos peligrosos, no peligrosos y residuos provenientes de actividades de la construcción y demolición de gestión municipal deben realizarse en celdas diferenciadas (D.S. 014-2017, art. 69).



2.1.4. Situación del Manejo de Residuos Sólidos en el Perú

Según Montes (2009), hoy en día uno de los problemas que enfrenta el creciente desarrollo tecnológico e industrial de las sociedades modernas es la progresiva generación de residuos, la cual trae consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud de la población. Actualmente en el Perú la gestión de los residuos sólidos se realiza de manera inadecuada, debido al incumplimiento de las exigencias legales mínimas por parte de la mayoría de los municipios y las prácticas inadecuadas en relación al manejo de los residuos por parte de la población.

Según Sandoval (2013), el Perú al igual que muchos países del mundo enfrenta retos en el manejo de sus residuos, debido al cambio en el estado ambiental por el crecimiento de las poblaciones concentradas hacia grandes ciudades como en los casos de Lima, Ica, Trujillo, Chiclayo, Iquitos, Huancayo, entre otros; teniendo como causa principal la migración de las zonas rurales a las ciudades.

En el Perú, existen catorce rellenos sanitarios autorizados y en funcionamiento, para una población que supera los treinta y tres millones de habitantes, esta situación demuestra que persisten graves problemas en relación a la gestión de los residuos sólidos, los cuales impiden la implementación de infraestructuras para la adecuada disposición final de los residuos sólidos.

Por otro lado, el avance de la tecnología y la mejora de la capacidad adquisitiva de la población generan un aumento cada vez mayor de la cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el país, constituyéndose también un serio problema sanitario y ambiental debido al manejo inadecuado.



Según el Ministerio del Ambiental (MINAM, 2015) durante el año 2014 se generó un total de 7 497 482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales un 64% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios, siendo la región costa la que producen la mayor cantidad de residuos, en particular Lima Metropolitana y Callao, donde se genera un promedio de 9 794 t/día. La generación promedio nacional de residuos sólidos al 2014, fue de 13 244 t/día; teniendo como datos que Lima Metropolitana y el Callao generaron 5 970 t/día, el resto de ciudades de la costa generaron 3 224 t/día, las ciudades de la sierra generaron 2 736 t/día y las ciudades de la selva se generaron 1 314 t/día. Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2014 es importante resaltar que el 53,16% de los residuos sólidos son materia orgánica, el 18,64% son residuos no reaprovechables, el 18,64% pertenece a residuos reaprovechables y finalmente el 6,83% es compuesto por residuos reciclables.

Según el Consejo Nacional del Ambiental y la Organización Panamericana de Salud (2002), la cobertura del servicio de residuos sólidos es aún baja, alcanzando un 73.7%. Del 100% de los residuos sólidos municipales generados, solo el 65.7 % es decir 8 531.95 toneladas diarias se disponen en rellenos sanitarios y botaderos; el 14.7% se recicla es decir 1 908.98 toneladas diarias, y el 19.6% se vierte al ambiente, que corresponde 2 545.30 toneladas diarias de residuos sólidos, siendo los ríos y las playas los principales receptores.

Por lo señalado, es importante que el gobierno considere incrementar la capacidad de gestión de los gobiernos locales, la inversión pública y privada, la participación responsable de los productores de bienes y servicios, así como de las instituciones y población en general para lograr el desarrollo de condiciones óptimas en la gestión y manejo de residuos sólidos en el país.



2.1.5. Situación del Manejo de Residuos Sólidos en Cusco

Según la Municipalidad Provincial del Cusco (MPC, 2013) las causas directas que originan los problemas relacionados con la contaminación del ambiente por la inadecuada gestión de los residuos, se deben al aumento de la población, las prácticas inadecuadas cotidianas, el crecimiento urbano desordenado y la debilidad institucional para gestionar el ambiente; todos esos factores mencionados agravan los impactos negativos generados al ambiente y la población.

La débil incidencia de los gobiernos locales para mitigar la contaminación del ambiente por residuos se evidencia en la deficiencia en la obtención, manejo y disponibilidad de la información e incluso de la que se dispone no resulta tan confiable o se encuentra desactualizada o es incipiente; determinándose que los factores que acentúan esta situación son la falta de investigación científica relacionada con estos problemas (MPC, 2013, p. 179).

Las municipalidades que tienen a su cargo el servicio de limpieza pública muestran serias limitaciones operativas y administrativas, débil voluntad política, y falta de coordinación interinstitucional para revertir esta crítica situación. La población usuaria carece de una cultura ambiental, no todos son conscientes de su responsabilidad en el cuidado de su entorno, tampoco en la puntualidad del aporte económico que les corresponde por el pago del servicio. (MPC, 2004, p. 12)

En el año 2015, el Organismo de Supervisión y Fiscalización Ambiental (OEFA) supervisó a las municipalidades provinciales del departamento de Cusco, con relación al manejo de los residuos sólidos. Entre las municipalidades supervisadas fueron: La Convención, Urubamba, Calca, Cusco, Paucartambo, Acomayo, Paruro, Quispicanchis, Canas, Espinar, Canchis, Chumbivilcas, y Anta.



De acuerdo con la supervisión realizada, se concluyó que (OEFA, 2015):

- El 54% de las municipalidades provinciales (7 de 13 supervisadas) cuentan con un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos y el 77% de las municipalidades (10 de 13 supervisadas) cuentan con un Plan de Gestión de Residuos Sólidos aprobado y cuya implementación se encuentra en desarrollo.
- El 54% de las municipalidades (7 de 13) fomentan el Programa de segregación en la fuente en la población y solo 2 municipalidades provinciales (15%) de las 13 supervisadas promueven la formalización de los recicladores en el distrito
- El 100% cumplió con reportar el manejo de los residuos sólidos realizado en su jurisdicción durante el año 2014 en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos que administra el MINAM.
- Solo una municipalidad provincial (8%) cuenta con un Plan de Cierre y Clausura de sus botaderos. Así mismo, todas las municipalidades provinciales del departamento de Cusco utilizan los botaderos para la disposición final.
- El 46% de las municipalidades provinciales (6 de 13 supervisadas) cuentan con personal técnico especializado en temas ambientales y de residuos sólidos.
- El 23% las municipalidades provinciales en el departamento de Cusco (3 de 13 supervisadas) promueve e incentiva las buenas prácticas ambientales.
- El 85% de las municipalidades provinciales (11 de 13 supervisadas) cuentan con los implementos adecuados para la limpieza.
- Solo una municipalidad provincial cuenta con una planta de tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos y el 38% de las municipalidades provinciales (5 de 13 supervisadas) realiza el tratamiento y reaprovechamiento de este tipo de residuos a través de la producción de compost y segregación de residuos reciclables.



- Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con protocolos de autorización y fiscalización para el transporte de residuos peligrosos.
- El 23% de las municipalidades provinciales supervisadas (3 de 13) promueve el manejo y la segregación de los Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos (RAEE).
- El 77% (10 de las 13 municipalidades supervisadas) identifica puntos de inadecuada disposición de residuos sólidos y solo el 38% (5 de 13 municipalidades supervisadas) realiza acciones para erradicar los puntos críticos.
- Ninguna de las municipalidades provinciales supervisadas cuenta con una infraestructura de disposición final para los residuos excedentes de construcción.

Las municipalidades provinciales del departamento de Cusco no muestran ningún avance ni retroceso respecto al manejo y gestión de los residuos sólidos. La cantidad de residuos sólidos generados en las áreas urbanas y rurales se han incrementado significativamente en las últimas décadas, a diferencia del avance de la gestión municipal para cumplir con una gestión integral de los residuos.



2.1.6. Impactos generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos

2.1.6.1. Impactos a la salud de la población

Según Gutiérrez (2012) el inadecuado manejo de los residuos sólidos en alguna de las etapas puede generar impactos significativos en la salud de las personas, debido a la creación de condiciones para contraer diversas enfermedades. Además, los residuos son una fuente de transmisión de enfermedades, ya sea por contacto de estos con el agua o por alimentos contaminados por moscas y otros vectores.

Las vías de propagación de los contaminantes biológicos y químicos de los residuos sólidos son a través del agua y del aire, causando contaminación de los recursos naturales. Los más susceptibles de ser afectados son las personas expuestas que viven en las localidades, donde el servicio de limpieza pública y de recolección domiciliaria no se realiza regularmente, lo que genera puntos de vertidos de residuos sólidos en las vías públicas y a su vez el aumento o la proliferación de vectores. Según Jaramillo (2002) la relación existente entre las enfermedades y los residuos sólidos como causa directa, no está bien determinada; sin embargo, se les atribuye una incidencia en la transmisión de algunas de ellas. Para comprender los efectos de los residuos en la salud, se presentan a continuación los riesgos directos e indirectos que provocan:

Riesgos directos

De acuerdo a lo señalado en la “Guía para el Diseño, Contrucción y Operacion de Rellenos Sanitarios Manuales”, los riesgos directos son los ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los residuos con materiales peligrosos e incluso con residuos infecciosos de establecimientos hospitalarios, los cuales pueden causar lesiones a los operarios de recolección de basura (Jaramillo, 2012, p. 7).



El servicio de recolección de basura es considerado uno de los trabajos más arduos y de riesgo y en peor situación se encuentra los segregadores de basura, cuyas actividades se realizan en condiciones sin la más mínima protección ni seguridad. El personal expuesto suele tener más problemas gastrointestinales de origen parasitario, bacteriano o viral que el resto de la población. Además, sufren un mayor número de lesiones en las manos, pies y espalda, y pueden consistir en cortes, heridas, y hernias, además de enfermedades de la piel e infecciones respiratorias (Jaramillo, 2012, p. 8)

Riesgos indirectos

El de mayor importancia es la proliferación de animales, portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a la población, conocidos como vectores. Estos vectores son, entre otros, moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, que, además de alimento, encuentran en los residuos un ambiente favorable para su reproducción, lo que se convierte en un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades, desde simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otra dolencia de mayor gravedad. (Jaramillo, 2012, p. 8)

Cuadro N° 2: Enfermedades relacionadas con residuos sólidos municipales transmitidas por vectores

| Vectores | Formas de transmisión | Principales enfermedades |
|------------------|---|---|
| Ratas | <ul style="list-style-type: none"> - Mordisco, orina y heces - Pulgas | <ul style="list-style-type: none"> - Peste bubónica - Tifus murino - Leptospirosis |
| Moscas | <ul style="list-style-type: none"> - Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) | <ul style="list-style-type: none"> - Fiebre tifoidea - Salmonellosis - Cólera - Amibiasis - Disentería - Giardiasis |
| Mosquitos | <ul style="list-style-type: none"> - Picadura del mosquito hembra | <ul style="list-style-type: none"> - Malaria - Leishmaniasis - Fiebre amarilla - Dengue - Filariasis |



| Vectores | Formas de transmisión | Principales enfermedades |
|-------------------|---------------------------------------|---|
| Cucarachas | - Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) | - Fiebre tifoidea - Heces - Cólera - Giardiasis |
| Cerdos | - Ingestión de carne contaminada | - Cisticercosis - Toxoplasmosis - Triquinosis - Teniasis |
| Aves | - Heces | - Toxoplasmosis |

Fuente: Manual de saneamiento y protección ambiental para los municipios. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Fundación Estatal de Medio Ambiente. Brasil, 1995.

2.1.6.2. Impactos al Medio Ambiente

El proceso de descomposición microbiana y la liberación de componentes de los residuos sólidos dan lugar a la generación de diferentes productos contaminantes que pueden ser un riesgo potencial al ambiente y a la salud de las personas. La contaminación puede presentarse de forma sólida (polvo sedimentario y materiales ligeros arrastrados), líquidos (lixiviados) y gaseosa (biogás).

La inadecuada disposición de los residuos sólidos representa un impacto estético negativo al paisaje, así como una potencial contaminación directa al medio ambiente. Por otro lado, resultado del contacto de los residuos dispuestos con las aguas pluviales infiltradas, se genera lixiviado, que por su alto contenido de elementos contaminantes puede ser un peligro potencial de contaminación al suelo y a las aguas freáticas si no le da un manejo adecuado. Además, el biogás generado está compuesto mayormente de metano y bióxido de carbono, gases que pueden contribuir de manera importante a la aportación de gases de efecto invernadero e incrementar el calentamiento global del planeta. (Kiss Kofalusi & Encarnación Aguilar, 2006)



La degradación de los residuos dispuestos en vertederos sigue una secuencia medianamente establecida. En una primera fase la materia orgánica es descompuesta hasta productos tales como dióxido de carbono, nitritos y nitratos. Posteriormente en una segunda fase, a medida que el oxígeno escasea, y mediante organismos facultativos, se produce dióxido de carbono, nitrógeno, amoníaco, hidrógeno, manganeso, sulfito de hierro, hidrógeno, metano, así como otros elementos producto de su recombinación química, por ejemplo, el ácido carbónico de conocidos efectos nocivos y de contaminación al medio circundante. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

Según Christensen et al. (2000) los potenciales impactos para el medio ambiente asociados con las emisiones de un vertedero están relacionados con las características de los residuos, tamaño del relleno y la tecnología con que es operado el vertedero. Es por ello que las tecnologías modernas de vertederos han sido desarrolladas para reducir al mínimo los impactos que puedan producir los vertederos.

Asimismo, en el diseño de estas instalaciones, son importantes otros factores específicos del lugar de emplazamiento tales como el clima, régimen de vientos, condiciones socioeconómicas y ubicación, los cuales condicionan los potenciales impactos y sus distancias de afección (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Los riesgos ambientales más significativos de los vertederos son la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, afecciones a la flora y fauna, olores fétidos y calentamiento global entre otras.



a) Contaminación de los recursos hídricos

Es uno de los problemas más serios provocados por los sitios de disposición final de los residuos. El proceso de descomposición de los residuos sólidos genera líquidos percolados (lixiviados) que pueden contaminarse con una gran variedad de agentes biológicos (bacterias, virus) y químicos (metales, pesticidas, solventes orgánicos) en su migración a través de la celda del relleno o botadero. (Gutiérrez, 2012, p. 3).

El vertimiento de residuos sólidos sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, quebradas, océanos) o aguas subterráneas (pozos, manantiales). Además, de constituir una amenaza para la vida silvestre del lugar y para la salud de la población.

La contaminación de las aguas superficiales se manifiesta en forma directa mediante la presencia de residuos sobre los cuerpos de agua, incrementando de esta forma la carga orgánica con la consiguiente disminución de oxígeno disuelto, incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos que imposibilitan usos posteriores del recurso hídrico y comprometen severamente su aspecto estético. En forma indirecta, la escorrentía y lixiviados provenientes de los sitios de disposición final de residuos sin tratamiento, incorpora tanto a las aguas superficiales, como a los acuíferos, los principales contaminantes caracterizados por altas concentraciones de materia orgánica y sustancias tóxicas.

La contaminación de las aguas subterráneas se puede producir como consecuencia de tres mecanismos: la percolación de aguas, escorrentía superficial, la migración directa de los lixiviados a través del suelo que se encuentra por debajo de la masa de residuos y el intercambio entre acuíferos.



Los acuíferos tienen la característica de actuar como sistemas de tratamiento naturales que atenúan las emisiones de lixiviados en los vertederos, de manera que las plumas de lixiviados tienen una capacidad de atenuación natural que dependen del tamaño del vertedero, heterogeneidad del material de desecho y de la cantidad de contaminantes potenciales implicados (Christensen et al., 2000)

b) Contaminación Atmosférica:

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (1997) los principales impactos en relación a la contaminación del aire son la generación de gases producto de la digestión bacteriana de la materia orgánica, la emanación de olores debido a la descomposición y proximidad al sitio de disposición final, y la quema de residuos.

La quema al aire libre de los residuos o su incineración sin equipos de control adecuados genera gases y material particulado, tales como, furanos, dioxinas y derivados organoclorados, problemas que se acentúan debido a la composición heterogénea de residuos con mayores tenores de plásticos. (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997, p. 12).

Según Kreith (1995) los compuestos gaseosos que se encuentran con más frecuencia en las emisiones desprendidas por la degradación de los residuos son el metano (50 – 60%), dióxido de carbono (40%) y algunos compuestos orgánicos volátiles (COV's). Cuando no existe una recuperación de los gases producidos en los botaderos, estos llegan hasta la atmósfera y hacia los estratos de suelo colindantes al punto de vertido, por precipitaciones.

Según Christensen et al. (2000) en la dispersión de gases, el metano se oxida parcialmente a dióxido de carbono por la presencia de oxígeno. Por otro lado, si la producción de metano es alta y la migración ocurre a través de macroporos (grietas



o fisuras) la magnitud de la oxidación del metano no es importante; sin embargo, durante las fases posteriores de la vida del vertedero, cuando en las capas de residuos reaparece el oxígeno, se estima que la oxidación del metano es muy importante para las emisiones de metano.

Existen también trazas de compuestos orgánicos que pueden causar severos problemas de salud en los seres humanos estos compuestos son el vinicloro, el benceno, las dioxinas y los furanos, particularmente nocivos si el biogás es quemado o cuando los residuos depositados en los vertederos son quemados sin ningún control.

c) Contaminación del Suelo:

La implantación de un vertedero supone su ocupación por parte de los residuos depositados; esto da lugar a una modificación del sistema edáfico debido a su sustitución y modificación de características, ya que pierde todo su valor como sustrato físico sobre el que se asienta la vida terrestre y las actividades humanas (Calvo, Zamorano y Moreno, 2002).

El volcamiento de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión puede ocasionar derrumbes de franjas de morros y residencias construidas en áreas de riesgo o suelos con pendiente. Además, los desechos sólidos depositados en un botadero a cielo abierto o en un relleno sanitario, contamina el suelo que subyace con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos que están presentes en el lixiviado de los desechos (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997, p. 12).

Así mismo, según Christensen et al. (2000) se puede producir la contaminación del suelo en la zona próxima al vertedero debido a derrames accidentales de los residuos



desde los camiones de recolección, y arrastre de polvo, residuos o suelos debido a la acción de viento, la lluvia o la acción de los lixiviados y gases.

d) Amenazas a la flora y la fauna

Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes de la flora y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de construcción, y a la operación inadecuada de un sistema de disposición final de residuos (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997, pp. 12-13).

Los daños a la vegetación en el punto de vertido o sus cercanías han sido estudiados a lo largo de los años, en ausencia de medidas de control de gases en los vertederos; el biogás del relleno puede emigrar hacia arriba debido a los gradientes de concentración y presión, escapándose a la atmósfera a través de la cubierta del relleno. Durante este proceso, el oxígeno se desplaza a través de los poros del suelo y las raíces de las plantas se exponen a las altas concentraciones del dióxido de metano y de carbono, los dos componentes principales del biogás; la eliminación del oxígeno en la zona radicular causa la muerte de plantas por asfixia (Fadel, Findikakis, & Leckie, 1997).

Aunque la exposición directa del metano puede no afectar al crecimiento de plantas, la oxidación del metano por las bacterias metanotróficas es otro factor que contribuye a la deficiencia del oxígeno, así como a la generación de bióxido de carbono, perjudicial en altas concentraciones (30 - 45%). Además, la liberación del calor, producida durante dicha oxidación, supone un aumento de la temperatura del suelo, contribuyendo a la asfixia de las plantas.



2.1.7. Infraestructura de disposición final de residuos sólidos domiciliarios

Son consideradas infraestructuras de disposición final de residuo sólidos los rellenos sanitarios, los rellenos de seguridad y las escombreras. La municipalidad provincial, en coordinación con la distrital, identifica los espacios geográficos en su jurisdicción para implementar infraestructuras de disposición final de residuos sólidos (D.S. 014-2017-MINAM, art. 108-109). Todo proyecto de inversión de infraestructura de residuos sólidos debe contar con un instrumento de gestión ambiental (IGA) aprobado por el SENACE, el Gobierno Regional o la Municipalidad Provincial, según corresponda, en el marco de las normas del SEIA (D.S. 014-2017-MINAM, art. 15).

Un relleno sanitario es la instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos en los residuos municipales a superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental, y un relleno de seguridad es la instalación destinada a la disposición final de residuos peligrosos sanitaria y ambientalmente segura (Decreto Legislativo N° 1278, 2017).

Según Westlake (1997) en su definición de relleno sanitario sostenible “ reconoce que el mismo debe estar diseñado para funcionar de tal manera que se reduzca al mínimo los riesgos ambientales a corto plazo y los riesgos a largo plazo deben tener un nivel aceptable; por lo demás, señala que, al variar de una región a otra, la hidrogeología, la topografía, el clima, la flora, la fauna y otros factores, las tecnologías y técnicas apropiadas para un emplazamiento pueden no ser apropiados para otro”.

Según Paolini (2007) la correcta gestión de una infraestructura de disposición final pasa por la planificación de las operaciones diarias y periódicas destinadas a optimizar la utilización del vertedero y la manipulación de los residuos. Además, será



necesario llevar a cabo un control y vigilancia, tanto durante la fase de explotación como de mantenimiento y post clausura.

Esta planificación debe incluir, al menos, los siguientes aspectos: medios humanos, horarios, medios materiales, formación de celda diaria, cobertura diaria, pesaje, densidad y número de pasadas de la maquinaria, control de asentamientos, control de residuos admisibles y procedimientos de control y vigilancia que incluyen datos meteorológicos, lixiviados, biogás, protección aguas subterráneas y asentamientos.

Clasificación de los rellenos

A lo largo de los años se han propuesto algunas clasificaciones de los rellenos sanitarios o vertederos atendiendo a diferentes criterios. A continuación, se analizan las clasificaciones más utilizadas de acuerdo a lo establecido por Jaramillo (2002):

a) Relleno sanitario de acuerdo con el tipo de operación:

- **Relleno sanitario mecanizado:** Diseñado para grandes ciudades y poblaciones que generan más de 50 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento. Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. (Jaramillo, 2002, p. 43).



- **Relleno sanitario semimecanizado:** Cuando la población genere o tenga que disponer más de 6 t/día hasta 50 toneladas diarias de residuos sólidos municipales en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno. (Jaramillo, 2002, p. 43).
- **Relleno sanitario manual:** Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen –menos de 20 t/día–, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término *manual* se refiere a la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas (Jaramillo, 202, p. 45).

b) Rellenos en función del método de explotación

Los métodos de construcción y subsecuente operación de un relleno sanitario difieren en la forma de colocación de los residuos, pudiéndose distinguir según Jaramillo (2002) entre los siguientes métodos:

- **Método de área o superficie:** Este método se utiliza en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre la superficie del suelo, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial.



Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5% (Jaramillo, 2002, p. 47)

- **Método de trinchera o zanja:** Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los residuos sólidos municipales se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. (Jaramillo, 2002, p. 45)

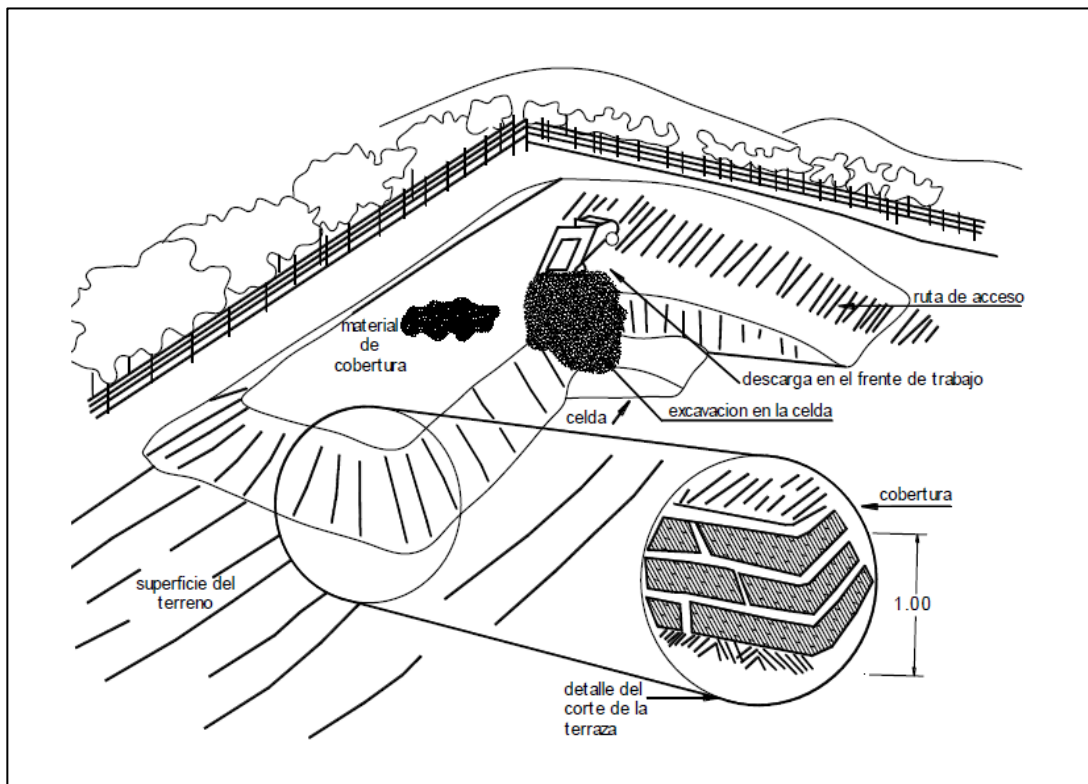
Según Jaramillo (2002) se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas, por lo que se debe construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos.



En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. (Jaramillo, 2002, p. 45)

- **Combinación de ambos métodos:** Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. (Jaramillo, 2002, p. 48)

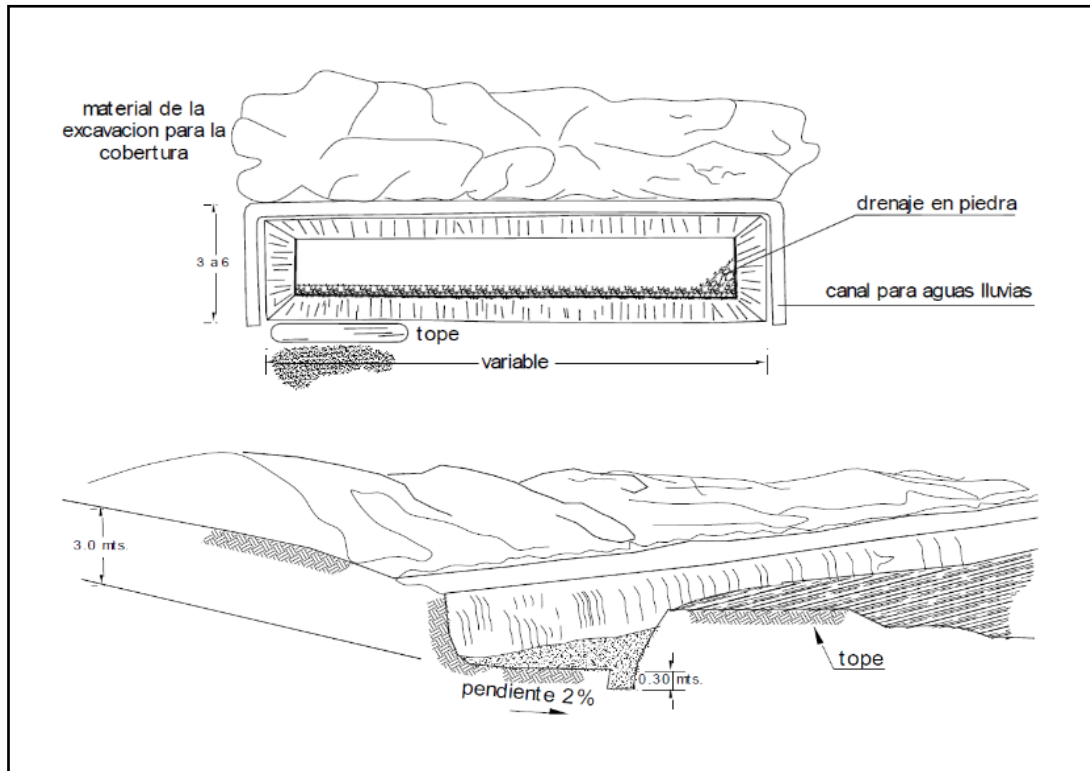
Figura N° 1: Método de área para construir un relleno sanitario



Fuente: Fernández Sandoval, I. Y. (2010).

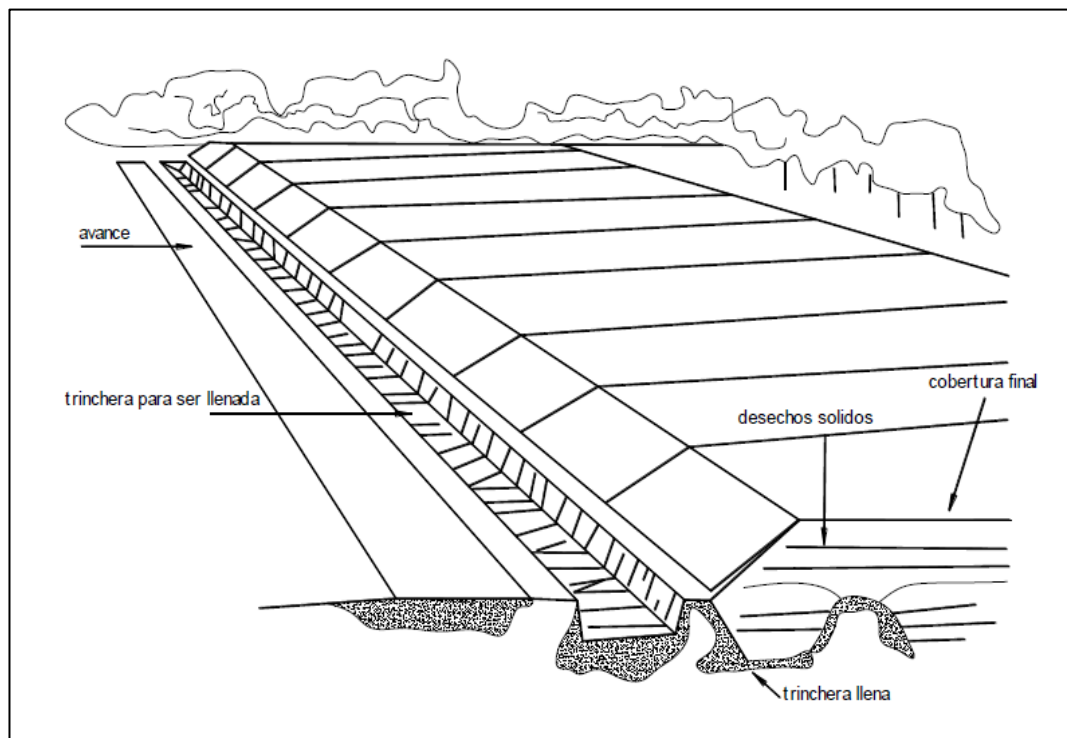


Figura N° 2: Método de trinchera para construir un relleno sanitario



Fuente: Fernández Sandoval, I. Y. (2010).

Figura N° 3: Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario



Fuente: Fernández Sandoval, I. Y. (2010).



c) Rellenos sanitarios en función del grado de compactación

De acuerdo con Fantelli (2001) los rellenos se pueden clasificar además en función de la densidad que alcanzan los residuos en la infraestructura de disposición final, ya que en su gestión la compactación es un parámetro que afecta a la producción de gas y lixiviados, la homogeneidad y granulometría del residuo, al aprovechamiento del espacio disponible y los procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos de fermentación de los residuos. De este modo Fantelli (2001) clasifica los vertederos en:

- **Relleno sanitario de baja densidad con cobertura:** Se trata de rellenos que periódicamente se recubren y que no son especialmente compactados y en los que se alcanzan densidades de 500 kg/m^3 .
- **Relleno sanitario de media densidad con cobertura:** donde los residuos son compactados hasta una densidad media de 700 kg/m^3 .
- **Relleno sanitario de alta densidad con cobertura:** donde los residuos se extienden en capas delgadas, para luego ser compactados y triturados “in situ” mediante pasadas reiterativas, hasta alcanzar una densidad media de 1000 kg/m^3 .
- **Relleno sanitario de alta densidad con trituración previa:** los residuos son tratados en molinos llegando a obtener densidades mayores, hasta 1100 kg/m^3 .
- **Relleno sanitario de alta densidad en balas:** los residuos son llevados a una planta para ser compactados en balas con densidades mayores de 1100 kg/m^3 . Actualmente en los vertederos compactados en balas, se puede proceder también al enfardado, embalado y plastificado, siendo este proceso de compactación y plastificado una mejora de los métodos clásicos de vertido de residuos, lo que supone ventajas medioambientales y de gestión de los vertederos.



Figura N° 4: Relleno sanitario de alta densidad con cobertura



Fuente: Paolini Méndez. (2007). Validación de la Metodología EVIAVE en Vertederos en Venezuela: Análisis y Propuestas de Soluciones. Granada: Universidad de Granada.

Figura N° 5: Relleno sanitario de alta densidad en balas



Fuente: Paolini Méndez. (2007). Validación de la Metodología EVIAVE en Vertederos en Venezuela: Análisis y Propuestas de Soluciones. Granada: Universidad de Granada.



2.1.8. Metodología de diagnóstico ambiental para vertederos

Actualmente existen diversas metodologías aplicadas para la Evaluación del Impacto Ambiental que se podría generar en nuevos proyectos de rellenos sanitarios o para aquellos que se encuentran operando.

Una de las metodologías empleadas son las auditorías ambientales como herramienta para valorar el nivel de explotación de un relleno, metodologías desarrolladas para estudiar la ubicación adecuada de nuevos puntos de vertido; así como otras metodologías aplicadas, con para realizar un diagnóstico ambiental de las instalaciones existentes.

a) Evaluación del Impacto Ambiental

La evaluación de impacto ambiental, denominada coloquialmente denominado EIA, es considerada una herramienta de gestión para la protección del medio ambiente. Es el resultado de la investigación, análisis y evaluación de sistemas de actividades planteadas para el desarrollo sostenible y sano. Su objetivo consiste en establecer un método de estudio y diagnóstico con el fin de identificar, predecir, interpretar y comunicar el impacto de una acción sobre el funcionamiento del medio ambiente, salud pública y ecología.

Cabe entonces recalcar que la EIA se debe elaborar sobre la base de un proyecto, previo a la toma de decisiones y como instrumento para el desarrollo sustentable, con el propósito de evaluar los posibles futuros impactos. De ninguna manera corresponde realizarla sobre proyectos ya ejecutados, acciones ya realizadas o políticas públicas ya implementadas. (Dellavedova, 2010).



La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos de residuos sólidos es una herramienta de decisión que ayuda a identificar, planificar y ejecutar acciones orientadas a prevenir los impactos ambientales y sociales negativos en proyectos de manejo de residuos municipales. Se contribuye de esta manera a garantizar la sostenibilidad ambiental de los patrones de desarrollo que buscan aumentar la eficiencia y mejoramiento de la cobertura y calidad de los servicios, así como la disposición sanitaria de los residuos y en el diseño y ejecución de los proyectos. En líneas generales la evaluación del impacto ambiental debe estar centrada en la identificación de los factores ambientales críticos, en las oportunidades de mejoría ambiental, y en la prevención y/o mitigación de los impactos socio ambientales negativos. (Paolini Mendez, 2007).

b) Auditorías Ambientales

El primer desarrollo metodológico de las auditorías ambientales se inició con la publicación Environmental Auditing Policy Statement, en el año 1985, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA - Environmental Protection Agency), un documento oficial que recomienda las auditorías ambientales y presenta directrices para ello (Sanchez, 2002).

En el año 1996 fueron publicadas las primeras normas de la serie ISO 14 000 sobre los sistemas de gestión ambiental que adoptan la auditoría ambiental como elemento indispensable del sistema. Los estándares ambientales de la ISO 14 000 proporcionan un sistema de las pautas para las organizaciones que desean la certificación en la ejecución de intervenciones ambientales. (Rezaee & Szendi, 2000).



Las ventajas más importantes de los programas de auditorías ambientales son: asegurar la conformidad de las normas y regulaciones ambientales, reducir y evitar riesgo ambiental, supervisar las políticas ambientales y de las acciones de las empresas e identificar peligros para el medio ambiente y educar al personal en asuntos ambientales. (Rezaee & Szendi, 2000).

El uso de auditorías ambientales en un vertedero en explotación, van más allá de realizar en el sitio de disposición final observaciones y hallazgos de incumplimiento de la legislación, procedimientos o requisitos de carácter ambiental. Este instrumento involucra evaluaciones de la organización, gestión y equipos, por lo que se debe tener un alto conocimiento de los procesos, tanto técnicos como económicos.

En síntesis, las auditorías ambientales son herramientas que comprenden una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva usada para verificar si la política ambiental y la legislación ambiental de la organización se están cumpliendo e implementando satisfactoriamente. Asimismo, identifican las debilidades y áreas de riesgo en términos de posibles desastres ambientales y ofrecen un intercambio de conocimientos técnicos y de identificación de las áreas en las cuales pueden ahorrarse costos (Conesa, 1997).



2.2. Marco legal

➤ Constitución política de Perú 1993

La Constitución Política del Perú es la norma legal de mayor jerarquía e importancia en el Estado Peruano. Uno de los derechos fundamentales de la persona es de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida (Const., 1993, art. 2).

Los gobiernos regionales y locales son competentes para desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia de educación, salud, vivienda, saneamiento, medio ambiente, sustentabilidad de los recursos naturales, transporte colectivo, circulación y tránsito, turismo, conservación de monumentos arqueológicos e históricos, cultura, recreación y deporte, conforme a ley. (Const., 1993, art. 192 - 195)

➤ Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente

Publicada el 15 de octubre de 2005, es la ley ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú, la cual establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. (Ley 28611, 2005, art. 1)

Lo dispuesto en la misma es de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, el cual comprende el suelo, subsuelo, el dominio marítimo, lacustre, hidrológico e hidrogeológico y el espacio aéreo. (Ley 28611, 2005, art. 2).



Artículo 119°. - Del manejo de los residuos sólidos

Los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o de origen distinto que presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales. (Ley 28611, 2005, art. 119).

➤ Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental

Publicada el 23 de abril de 2001, la presente ley tiene por finalidad la creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

Además de establecer un proceso uniforme que comprende los requerimientos, etapas y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión; así como el establecimiento de los mecanismos que aseguren la participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental. (Ley 27446, 2005, art. 1).

➤ Decreto Legislativo N° 1078 – Decreto legislativo que modifica la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

Si no cuentan previamente con la certificación ambiental contenida en la resolución expedida por la respectiva autoridad competente, no podrán iniciarse la ejecución de proyectos ni actividades de servicios y comercio; y ninguna autoridad nacional, sectorial, regional o local podrá aprobarlas, autorizarlas, permitir las, concederlas o habilitarlas. (D.L. N° 1078, 2008, art. 3).



➤ **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM - Política Nacional del Ambiente**

La Política Nacional del Ambiente tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona. (D.S. 012-2009-MINAM, p. 7).

La Política Nacional del Ambiente es de cumplimiento obligatorio en los niveles del gobierno nacional, regional y local y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil. Se estructura en base a cuatro ejes temáticos esenciales de la gestión ambiental (D.S. 012-2009-MINAM, p. 7):

- Eje de Política 1: Conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica.
- Eje de Política 2: Gestión integral de la calidad ambiental
- Eje de Política 3: Gobernabilidad ambiental
- Eje de Política 4: Compromisos y oportunidades ambientales internacionales.

➤ **Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

La presente ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos. (D.L. 1278, 2016, art. 1)



Los artículos de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos que competen a la presente investigación son:

Artículo 44.- Prohibición de disposición final de residuos en lugares no autorizados

Está prohibida la disposición de residuos en lugares no autorizados por la autoridad competente o aquellos establecidos por Ley. Los botaderos deben ser clausurados por la municipalidad provincial en coordinación con la municipalidad distrital respectiva. (D.L. 1278, 2016, art. 44)

Artículo 45.- Recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos

Las áreas degradadas por residuos sólidos deben ser clausuradas y recuperadas o reconvertidas en infraestructuras de disposición final de residuos. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) elabora y administra el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos y categoriza los sitios contaminados de acuerdo con los criterios que establezca el MINAM. El titular del proyecto de recuperación o reconversión debe contar con el instrumento de gestión ambiental aprobado por la autoridad competente, antes del inicio de las operaciones de recuperación o reconversión, según corresponda. (D.L. 1278, 2016, art. 45)

Artículo 46.- Responsables de la recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos

Son responsables de las operaciones de recuperación y reconversión, los causantes de la contaminación. En caso estos sean varios, responden de estas obligaciones en forma solidaria. Cuando no pueda determinarse a los responsables, es el Estado el que asuma las acciones que correspondan. (D.L. 1278, 2016, art. 45)



Artículo 66.- Áreas degradadas por residuos

Aquellas áreas degradadas que no cuenten con un instrumento de gestión ambiental podrán optar por los siguientes instrumentos correctivos ((D.L. 1278, 2016, art. 66):

- a) Programa de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas por Residuos el cual constituye un instrumento correctivo de gestión ambiental, y tiene como finalidad la adecuación de áreas degradadas por residuos para efectos de que operen como infraestructuras adecuadas para la disposición final.
- b) Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos, constituye un instrumento de gestión ambiental que tiene como finalidad garantizar que no subsistan impactos ambientales negativos al cierre de las áreas degradadas por residuos.

➤ Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM: Reglamento Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Tiene como objeto reglamentar la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a fin de asegurar la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 1)

Los siguientes artículos en mención del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, competen a la presente investigación:



Artículo 110.- Condiciones para la ubicación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos

Las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos deben seguir las siguientes condiciones (D.S. 014-2017-MINAM, art. 110):

- a) Ubicarse a una distancia no menor a 500 metros de poblaciones, así como de granjas porcinas, avícolas, entre otras. Por excepción, y de acuerdo a lo que se establezca en el IGA, la autoridad ambiental podrá permitir su ubicación a distancias menores sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población.
- b) No estar ubicadas a distancias menores de 500 metros de fuentes de aguas superficiales. Por excepción y de acuerdo a lo que establezca en el IGA, la autoridad ambiental podrá permitir su ubicación a distancias menores, considerando la delimitación de la faja marginal conforme a la normativa vigente de la materia.
- c) No estar ubicada en zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto.
- d) No estar ubicada en zonas con presencia de fallas geológicas.
- e) No estar ubicada en zonas donde se puedan generar asentamientos o deslizamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura de residuos sólidos.
- f) Otros que establezca la normatividad sobre la materia.

Artículo 112.- Plan de cierre de infraestructura de disposición final de residuos

El plan de cierre de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos debe contener actividades y acciones dirigidas a mitigar los posibles impactos ambientales



de la infraestructura hasta por un periodo de diez (10) años después de su cierre definitivo, el mismo que debe ser establecido en el IGA y ser de cumplimiento obligatorio. Así mismo, el plan de cierre que forma parte del IGA debe contar, como mínimo, con los siguientes aspectos (D.S. 014-2017-MINAM, art. 110):

- a) Diseño de cobertura final
- b) Control de gases
- c) Control, manejo y/o tratamiento de lixiviados
- d) Programa de monitoreo ambiental
- e) Medidas de contingencia posterior al cierre
- f) Proyecto de uso del área después de su cierre, en caso corresponda.

Artículo 113.- Prohibición del uso del área de disposición final

Queda prohibida la habilitación urbana y la construcción de edificaciones de cualquier naturaleza en lugares que fueron utilizados como infraestructuras de residuos sólidos o áreas degradadas por los mismos. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 113).

➤ Ley N° 29419 - Ley que regula la actividad de los recicladores

La ley tiene como objeto establecer el marco normativo para la regulación de las actividades de los trabajadores de reciclaje, orientada a la protección, capacitación y promoción del desarrollo social y laboral, promoviendo su formalización, asociación y contribuyendo a la mejora en el manejo de los residuos sólidos en el país. La actividad de los recicladores es regulada por los gobiernos locales como entes rectores, en el marco de sus atribuciones. (Ley 29419, art. 1 - 5)



➤ **D.S. 005-2010-MINAM: Reglamento de la Ley N° 29419: Ley que regula la actividad de los recicladores**

El objetivo del presente reglamento es regular lo establecido en la Ley N° 29419, las municipalidades distritales y provinciales, en el ambiente de su jurisdicción, son las responsables de elaborar e implementar el Programa de Formalización de Recicladores y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos y de coordinar con los órganos desconcentrados y descentralizados del Ministerio de Salud, la realización de programas de vacunación contra el Tétanos y Hepatitis B, dirigidas a los recicladores de organizaciones de recicladores con personería jurídica. (D.S. 005-2010-MINAM, art. 7)

➤ **Ley N° 26842 - Ley General de Salud**

Los siguientes artículos de la Ley General de Salud competen a la presente investigación:

Artículo 103°.- La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares para preservar la salud de las personas. (Ley 26842, art. 103)

Artículo 104°.- Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente. (Ley 26842, art. 104)



CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales

➤ **Información cartográfica**

En la presente investigación, para realizar la descripción del área de estudio y efectuar el diagnóstico del botadero de Haquira, se utilizó material cartográfico recopilado del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La información cartográfica utilizada fue la Carta Nacional correspondiente a la codificación 28r Tambobamba, la cual es de uso público y aceptado actualmente, a una escala de 1/100000 de la zona y cuadrícula 18 L.

➤ **Información socioeconómica**

Se recopiló información del Censo Nacional 2007 “XI de Población y VI de Vivienda” efectuado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y de diversas fuentes bibliográficas como: libros, investigaciones, trabajos de pre y post grado.

➤ **Mapas Temáticos**

Se empleó los mapas temáticos elaborados por el SIGMINAM en el sistema de proyección UTM WGS 84 Zona 18 Sur, con la finalidad de determinar las características ambientales del área de estudio.

- Mapa Hidrológico (Escala 1: 45 000)
- Mapa Climatológico (Escala 1: 45 000)
- Mapa Geológicos (Escala 1: 45 000)
- Mapa Geomorfológico (Escala 1: 45 000)
- Mapa Sísmico ((Escala 1: 45 000)
- Mapa Fisiográfico (Escala 1: 45 000)
- Mapa de Suelo (Escala 1: 45 000)



- Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Suelos (Escala 1: 45 000)
- Mapa de Uso Actual de la Tierra (Escala 1: 45 000)
- Mapa de Cobertura Vegetal (Escala 1: 45 000)
- Mapa de Zonas de Vidas (Escala 1: 45 000)
- Mapa de Centros Poblados (Escala 1: 45 000)

3.2. Equipos e Instrumentos

Los equipos e instrumentos que fueron necesarios para realizar el trabajo de campo y gabinete se presentan en el cuadro N° 3 y N° 4.

Cuadro N° 3: Uniforme e implementos de seguridad

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|-----------------------------------|------------------|----------|
| Guardapolvo blanco | Unid. | 1 |
| Guantes de cuero pulido | Pares | 5 |
| Guantes quirúrgicos | Pares | 5 |
| Mascarilla antipolvo medio rostro | Unid. | 5 |
| Lentes de protección | Unid. | 1 |
| Zapatos de protección | Unid. | 1 |

Elaboración propia

Cuadro N° 4: Equipos utilizados en la investigación

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|---|------------------|----------|
| GPS GARMIN (Serie: eTrex 20) | Unid. | 1 |
| Calculadora | Unid. | 1 |
| Cámara fotográfica digital (Canon Sx510 Hs) | Unid. | 1 |
| Laptop TOSHIBA Satellite L845- SP4146KL | Unid. | 1 |
| Binoculares (40x70 Largo alcance) | Unid. | 1 |
| Tablero de madera | Unid. | 1 |
| Cuaderno de campo – 200 hojas | Unid. | 1 |
| Impresora (Marca Hp) | Unid. | 1 |

Elaboración propia



3.3. Software

Los softwares utilizados para el procesamiento de información cartográfica y elaboración de mapas temáticos y planos son ArcGIS 10.4 y AutoCAD 2017.

3.4. Métodos

El desarrollo de la investigación, para realizar el diagnóstico ambiental del botadero Haquira y posteriormente una evaluación de los impactos ambientales por la inadecuada disposición final de los residuos, considera los lineamientos técnicos y ambientales pertinentes.

3.4.1. Diseño y Nivel de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) “la investigación científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno; es dinámica, cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Esta última implica combinar las dos primeras. Cada una es importante, valiosa y respetable por igual”. (p. 29)

La investigación planteada es aplicada, de nivel exploratorio y descriptivo, cuyo diseño fue no experimental; se emplearon instrumentos cuantitativos y cualitativos para el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

El diseño de la investigación fue no experimental, debido que en el estudio no se manipulo la variable, solo se describió como se encontró en la realidad. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2003), la investigación no experimental observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Así mismo, debido a que la recolección de datos se realiza en un momento y en un tiempo único la investigación será transeccional o transversal. Su propósito es describir la variable y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.



En esta investigación se observa la situación actual en la que se encuentra el botadero Haquira, analizando la problemática existente, la causa del problema, los factores condicionantes y los impactos generados.

La investigación desarrollada es de dos tipos: exploratoria y descriptiva. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), sostiene que “las investigaciones que se realizan en un campo de conocimiento específico pueden incluir diferentes alcances en las distintas etapas de su desarrollo. Es posible que una investigación se inicie como exploratoria, después puede ser descriptiva y correlacional, y terminar como explicativa.” (p. 78)

La presente investigación se considera exploratoria debido a que no se ha realizado un estudio similar en el botadero de Haquira, este tipo de investigación nos permite obtener información más detallada, identificando los problemas existentes dentro del área de estudio y sugiriendo afirmaciones o postulados. El objetivo fundamental no está dirigido a dar respuestas absolutas y acabadas a la problemática, sino a identificar los factores más relevantes que actúan como causas de los problemas que se presentan en la gestión y manejo de los residuos sólidos.

De acuerdo con Sabino (1994), las investigaciones descriptivas proponen conocer grupos homogéneos de fenómenos utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. No se ocupan, pues, de la verificación de hipótesis, sino de la descripción de hechos a partir de un criterio o modelo teórico definido previamente.



La investigación es descriptiva porque presenta una descripción detalladas de la situación actual en la que se encuentra el botadero de Haquira, de los acontecimientos sociales y ambientales ocurridos y de los factores relacionados con los procesos de generación, segregación, reciclado, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.

No obstante, a lo señalado anteriormente, la investigación no solo pretende detallar los hechos observados, sino que desea profundizar la investigación para ofrecer explicaciones que nos permitan formular adecuadamente diversas propuestas de acción, y de esta manera eliminar o minimizar el impacto de la problemática actual y sus repercusiones en el ámbito social.

Las herramientas de planificación ambiental permiten la minimización del riesgo ambiental que los botaderos poseen; una de estas herramientas pasa por el diagnóstico y caracterización ambiental de las áreas impactadas por el vertido de residuo sólidos. El diagnóstico del botadero se realiza mediante índices ambientales cuantificables y comparativos entre sí, permite dar prioridades sobre su estado ambiental con vistas a realizar un control y objetivar la idoneidad de estos lugares como zonas de expansión.

La metodología EVIAVE aplicada en la presente investigación se basa en la valoración de índices ambientales que darán a conocer cuál es la afección que el punto de vertido está produciendo sobre el entorno inmediato para, a partir de él, considerar las acciones de control, cierre y sellado bajo los requisitos técnicos de la legislación vigente. La reinserción del vertedero como zona residencial, agrícola, etc., será posible si existe una interacción entre la política de Planificación Territorial y el conocimiento ambiental de los puntos de vertido.



3.4.2. Muestra

Universo: Botaderos del Perú

Espacio espacial: Botadero de Haquira

Espacio temporal: Año 2016 – 2017

Unidad de análisis: Características técnicas de las infraestructuras del botadero de Haquira y las características ambientales del entorno.

Técnica de muestreo: Para la presente investigación se empleó las encuestas, que son una herramienta de obtención de información de un grupo determinado de personas denominado “muestra” respecto a la población del área de estudio. Por medio de las encuestas se puede recabar información sobre la opinión del grupo de interés o los diversos puntos de vista sobre un tema en particular. El tamaño de la muestra a encuestar se determinó empleando la siguiente formula:

Ecuación N° 1: Tamaño de muestra

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Dónde:

N: es el tamaño del universo, la población total del distrito de Santiago es de 90 154 (INEI, 2015).

Z: es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne, el valor es de 1.96.

e: es el error muestral deseado, el valor es de 10%.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio, el valor es de 0.5.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p=0.5.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas a realizar).

Por lo tanto, el tamaño de la muestra del estudio es:

$$n = \frac{90154 * 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(90154 - 1) * 0.1^2 + 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)} = 96$$



Con la aplicación de la fórmula se obtuvo el tamaño de muestra a considerar para la aplicación del estudio cuantitativo, tal como se muestra en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5: Resumen del cálculo de muestra

| Universo | Muestra |
|----------|---------|
| 90 154 | 96 |

Elaboración propia

En virtud del cálculo de la muestra ($n = 96$), se ha realizado proporcionalmente la aplicación de encuestas, considerando el tamaño de población.

3.5. Procedimiento Metodológico

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizó la búsqueda, clasificación y análisis sistemático y ordenado de la información existente que sirvió de referencia para la evaluación ambiental y además de la elaboración de mapas temáticos básicos.

El procedimiento para la recolección y procesamiento de la información se llevó a cabo en tres etapas:

3.5.1. Etapa de Pre-Campo

En esta etapa se planificó las actividades que se realizarían durante el desarrollo del trabajo de investigación con el objetivo de prever y proveer los materiales y equipos necesarios.

a) Recopilación de información disponible

Consiste en la búsqueda de información secundaria y/o disponible en diversas fuentes como la web, libros, revistas, periódicos, tesis, artículos de investigación, exposición de experiencias, etc. Dicha información contribuye a la esquematización o plan de trabajo del proyecto, así como a tener una mejor visión del tema de investigación y el área de estudio.



b) Obtención de autorización

Se realizó la reunión con el Dr. Percy Taco Palma - Gerente de Medio Ambiente de la Municipalidad Provincial de Cusco, con el propósito de presentar la propuesta de la “Evaluación ambiental del botadero de Haqira, distrito de Santiago – Cusco, mediante la metodología EVIAVE” y dar a conocer los objetivos y alcances del trabajo de investigación. Así mismo, se le explicó sobre los beneficios ambientales, de seguridad, de salud, legales y de imagen que se puede alcanzar, al lograr implementar las medidas que se proponen en la presente investigación. En el Anexo N° 1 se presenta la solicitud para la autorización de las visitas técnicas en el Botadero de Haqira.

Se realizó una reunión con el Ing. Dante Vargas Rodríguez - Residente del botadero de Haqira, para solicitar la autorización para el acceso a las instalaciones, obtener más información e ingresar a las áreas restringidas del botadero, ver fotografía N° 1.

Fotografía N° 1: Reunión con el Ing. Vargas en el botadero de Haqira



Elaboración propia



c) Recopilación y preparación de formatos de recolección de información

Se utilizaron técnicas de recopilación de información como encuestas y cuestionarios, para obtener datos sobre la realidad del manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos y sobre los conflictos socio ambiental generado por la inadecuada disposición final. A continuación, se describen las técnicas de recopilación de información que se utilizaron en la presente investigación:

➤ Encuestas y entrevistas:

La encuesta es una herramienta de obtención de información el cual consiste en obtener información de un grupo determinado de personas denominado “muestra” respecto a la población del área de estudio. Por medio de las encuestas se puede recabar información sobre la opinión del grupo de interés o los diversos puntos de vista sobre un tema en particular.

Según Gómez (2006) señala que se pueden diseñar encuestas con dos tipos de preguntas: (a) las preguntas cerradas contienen categorías fijas de respuesta que han sido delimitadas y (b) las preguntas abiertas no delimitan de antemano las alternativas de respuesta.

Para la presente investigación se diseñó encuestas dirigidas a la población y autoridades, los mismos que se realizaron con ambos tipos de preguntas. El objetivo de las encuestas aplicadas fue conocer las características socio económicas de la población involucrada, la percepción sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos, el estado del servicio de recolección y disposición final que brinda los municipios, el conocimiento de los impactos generados por la inadecuada disposición final, la situación actual del botadero Haquira y el conocimiento teórico-práctico del manejo



de los residuos sólidos tanto de los pobladores, el personal de limpieza pública, el personal de recolección de residuos domiciliarios y el personal operario del botadero. Así mismo, se elaboró diversas preguntas para la entrevista dirigida al Ing. Dante Rodríguez Vargas, con la finalidad de obtener información técnica en relación con el diseño y operación del botadero de Haqira y el interés que presentan sobre la investigación.

En el Anexo N° 2 se presentan los formatos de encuestas aplicadas a la población del área de influencia y al personal encargado del transporte y disposición de residuos.

➤ **Formato de lista de verificación:**

Se emplea dos listas de verificación, la primera lista es aplicada para evaluar las características socio-ambientales del área de estudio donde se emplaza el botadero de Haqira, y la segunda lista sirve para determinar las condiciones técnicas de las infraestructuras implementadas en el botadero.

3.5.2. Etapa de Campo

En esta etapa de trabajo se procedió a realizar el reconocimiento del área de estudio, así como la recopilación de la información técnica, operativa y administrativa, mediante la realización de las siguientes actividades:

a) Inspecciones

Se realizó la inspección técnica programada de las instalaciones del botadero de Haqira en compañía del Ing. Rodríguez, con la finalidad de conocer las características referentes a su diseño y explotación, verificar in situ las condiciones sanitarias-ambientales cada una de las áreas del botadero, y realizar el diagnóstico y evaluación según la metodología EVIAVE. En la fotografía N° 2 se evidencia primera inspección realizada al botadero de Haqira, el 21 de diciembre del 2016.



Así mismo, se realizó una inspección ambiental al espacio geográfico en el cual se ha construido el botadero de Haqira en el distrito de Santiago, para evaluar los factores climáticos, topográficos, geológicos e hidrológicos, los cuales son considerados como los criterios más importantes para la instalación de infraestructuras de transferencias, tratamientos y disposición final de residuos.

b) Observación participativa y directa

Según Wilson (2010) señala que “la observación directa es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Cabe señalar que antes de poner en práctica dicha técnica se tuvo claro el objetivo de la investigación, la manera de la observación, los lugares claves para observar, el momento de la observación y el registro y análisis de la observación”.

En la presente investigación se diseñó una ficha de registro de observación, empleando material audiovisual como fotografías y videos. La observación realizada en el área de estudio (Comunidad de Haqira - distrito de Santiago) tuvo por finalidad efectuar un reconocimiento de diversos factores socioeconómicos que se pueden evidenciar mediante la observación en campo como nivel de pobreza, educación y actividades económicas desarrolladas; permitiendo así determinar la relación de la cultura ambiental de cada distrito con la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos.

La principal ventaja de obtener información a través de la técnica de observación directa y participativa, es que permite registrar hechos reales y es la única técnica que hace posible el acopio de situaciones que no se pueden reproducir. (Mendoza, 2008)



Fotografía N° 2: Inspección de las instalaciones del botadero de Haquira



Elaboración propia

Fotografía N° 3: Observación del área de influencia del botadero - Comunidad de Haquira



Elaboración propia



c) Encuestas y entrevistas

Se procedió a la aplicación de las encuestas elaboradas, según el tipo de información necesaria a recabar. Se encuestó a los pobladores de los distritos involucrados en la investigación, al personal de limpieza pública, al personal encargado de la recolección y transporte de los residuos, y al personal operario del botadero de Haqira. Además, se elaboró un cuestionario dirigido al Ing. Dante Vargas Rodríguez, obteniendo información a detalle sobre el diseño del botadero de Haqira, su operación, los proyectos técnicos que desarrollan en mejoran del botadero.

El Ing. Vargas y el personal operario del botadero, mostraron interés en la investigación brindando las facilidades para la obtención de la mayor información necesaria para llevar a cabo la evaluación.

Las encuestas y cuestionarios se desarrollaron con la finalidad de obtener información para un análisis integral; además para conocer las apreciaciones y comentarios sobre el presente trabajo de investigación y recoger algunas sugerencias tanto por parte de los pobladores y de los trabajadores del botadero de Haqira.

En la fotografía N° 4, se evidencia la encuesta aplicada al personal encargado de la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Wanchaq.



Fotografía N° 4: Encuestas aplicadas al personal encargado del transporte de residuos sólidos domiciliarios



Elaboración propia

3.5.3. Etapa de Gabinete

En esta etapa se realiza el análisis y sistematización de la información recolectada, cruzando información de lo recopilado por los diversos actores involucrados, lo observado en campo y de la información técnica obtenida.

Para la etapa de gabinete, la información documentada fue obtenida de las visitas in situ para el reconocimiento de campo y las visitas a diversas entidades como Ministerio del Ambiente (MINAM), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), biblioteca de la UNALM, UNMSM y UNFV, y por último se recolectó documentación de libre acceso publicada en la Web con temática especializada en botaderos y rellenos sanitarios.



a) Análisis y evaluación de la información

La información conveniente y de un contenido sustancial para la investigación fue revisada y procesada, posteriormente se realizó un análisis integral, considerando las variables técnicas, operativas, administrativas, legales, sanitarias y ambientales. La recopilación de información fue el insumo principal para la elaboración de información interna que permitió la validez de la presente investigación.

Dicha información refleja las características como área, entorno y dimensión espaciotemporal del área que ocupa el proyecto. Cabe resaltar, que esta información es de utilidad en la elaboración del diagnóstico ambiental y evaluación del botadero de Haqira.

b) Sistematización de la información

La información apropiada es sistematizada en una computadora portátil personal, utilizando un Programa de Microsoft Office 2016.

c) Elaboración de Documentos

Como resultado del desarrollo de la presente investigación, se obtuvo el documento técnico Evaluación Ambiental del botadero Haqira, distrito de Santiago – Cusco, mediante la metodología EVIAVE, el cual es de utilidad para establecer el grado de interacción y afectación del botadero al medio ambiente.



CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Demarcación del área de estudio

4.1.1. Ubicación

El Botadero de Haqira políticamente se encuentra ubicado en el distrito de Santiago, en la provincia de Cusco, departamento de Cusco. Así como al Sureste del país y al centro del departamento de Cusco.

En el cuadro N° 6 se presenta la ubicación política del botadero de Haqira.

Cuadro N° 6: Ubicación política del botadero de Haqira

| Distrito | Provincia | Departamento |
|----------|-----------|--------------|
| Santiago | Cusco | Cusco |

Elaboración propia

4.1.2. Localización

El Botadero de Haqira se encuentra localizado entre las coordenados geográficas de 13° 33'0.00" y 13° 33' 16.00" de latitud Sur y 72° 1' 7.00" y 72° 0 ' 55.6" longitud oeste, a una altitud de 3950 m.s.n.m.

4.1.3. Límites

El Botadero de Haqira presenta el siguiente límite geográfico:

- Por el Norte: Con tierras de cultivo y la carretera Cusco- Ccorcca
- Por el Este: Con tierras de cultivo y la comunidad de Haqira
- Por el Sur: Con tierras de cultivo y la comunidad de Haqira
- Por el Oeste: Con tierras de cultivo y la carretera Cusco – Ccorcca

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presentan el mapa de ubicación del botadero de Haqira.



4.2. Medio Físico

El presente ítem comprende las características físicas actuales del área de estudio donde se emplaza el botadero de Haquira. Estas comprenden aspectos relacionados a las condiciones climáticas, a la topografía del área (geología, geomorfología y caracterización de suelos) y a la red hídrica (hidrología); y está orientada a la obtención de información básica para identificar, evaluar y/o prever los impactos que generan las actividades operativas del botadero de Haquira en su medio.

4.2.1. Clima

4.2.1.1. Clasificación Climática

El tipo de clima en el área de estudio se ha determinado mediante el “Mapa de Clasificación Climática del País” elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en el 2012, en función de los índices del Sistema de Thornthwaite, considerando para su categorización los siguientes factores: Precipitación efectiva, distribución de la precipitación en el año, eficiencia de temperatura y humedad atmosférica. En el cuadro N° 7 se presenta el tipo de clima que predomina en el área de estudio.

Cuadro N° 7: Tipo de Clima según el Mapa de Clasificación Climática

| Simbología | Descripción |
|---------------------|--|
| B(o,i) D' H3 | Lluvioso, otoño e invierno seco, semifrío y húmedo |

Fuente: SENAMHI, 2012, Mapa de Clasificación Climática del País

Elaboración propia

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Climatológico del área de estudio.



4.2.1.2. Características Meteorológicas

Para el análisis de los aspectos climatológicos como: precipitación, temperatura, dirección y velocidad del viento, se consideró las estaciones Granja Kcayra y Anta Ancachuro. Dichas estaciones son las más cercanas al botadero de Haquira y se encuentran actualmente en funcionamiento.

En el cuadro N° 8 se presentan las características de ambas estaciones meteorológicas.

Cuadro N° 8: Características de las estaciones meteorológicas

| Estación Granja Kcayra | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Departamento | | Cusco | | |
| Provincia | | Cusco | | |
| Distrito | | San Jerónimo | | |
| Altitud | | 3219 m.s.n.m. | | |
| Coordenada Geográfica | | Coordenada UTM | | |
| Latitud | 13° 33' 25" | Este | 0188793.81 E | |
| Longitud | 71° 52' 31" | Norte | 8499440.99 N | |
| Periodo de Registro | | | | |
| Parámetros | Temperatura media mensual | Precipitación total mensual | Humedad relativa media mensual | Dirección predominante y velocidad media del viento |
| Años | 2006 - 2017 | 2006 – 2017 | - | 2006-2017 |
| Estación Anta Ancachuro | | | | |
| Departamento | | Cusco | | |
| Provincia | | Anta | | |
| Distrito | | Zurite | | |
| Altitud | | 3340 m.s.n.m. | | |
| Coordenada Geográfica | | Coordenada UTM | | |
| Latitud | 13° 28' 06" | Este | 0801449.16 E | |
| Longitud | 72° 12' 57" | Norte | 8509365.28 N | |
| Periodo de Registro | | | | |
| Parámetros | Temperatura media mensual | Precipitación total mensual | Humedad relativa media mensual | Dirección predominante y velocidad media del viento |
| Años | 2004 - 2017 | 2010 – 2017 | 2004 - 2013 | 2004 - 2017 |

Fuente: SENAMHI -2017

Elaboración propia



La integración e interpretación de los datos proporcionan series estadísticas que permiten obtener valores referenciales de las diferentes variables meteorológicas, como: precipitación media mensual, temperatura media mensual, humedad relativa (%) y la dirección y velocidad del viento.

➤ **Precipitación**

La precipitación es el término con el cual se denomina a todas las aguas meteóricas que caen directamente sobre la superficie terrestre, tanto bajo la forma líquida como la sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua. (Segerer & Villodas, 2006)

Estación Granja Kcayra

En el periodo comprendido entre 2006 y 2016, se obtuvo un promedio de precipitación total mensual, entre 145.4 mm (Enero) a 1.9 mm (Junio), se registró la precipitación total máxima en el mes de enero de 2010 (268.5 mm). En el cuadro N° 9 se presentan las precipitaciones totales mensuales desde el año 2006 hasta el año 2016.

Estación Anta Ancachuro

En el periodo comprendido entre 2010 y 2016, el promedio de la precipitación total mensual varió de 179.6 mm (Febrero) a 3.9 mm (Junio), se registró la precipitación total máxima en el mes de enero de 2010 (289.0 mm). En el cuadro N° 10 se presentan las precipitaciones totales mensuales desde el año 2010 hasta el año 2016.

El comportamiento de las precipitaciones de ambas estaciones, aumenta en el mes de diciembre, alcanzando sus máximos valores en los meses de enero y febrero.

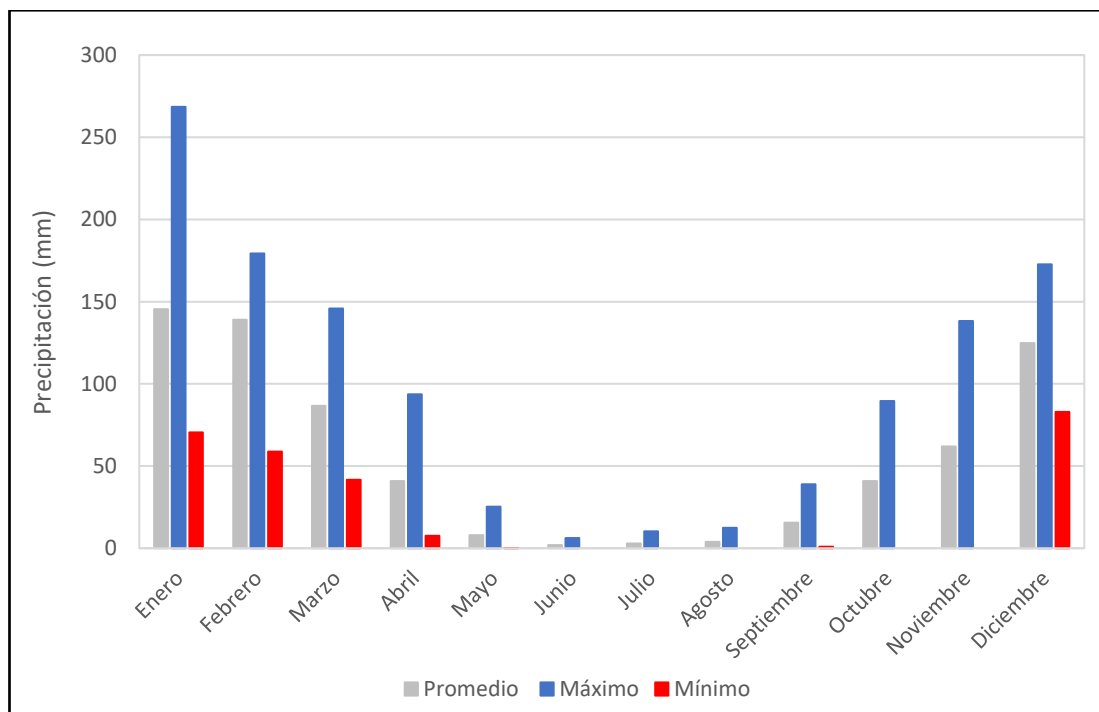


Cuadro N° 9: Precipitación Total Mensual (%) – Estación Granja Kcayra

| Mes/año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------|-------|-------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| 2006 | 203.4 | 155.5 | 145.9 | 40.9 | 0.2 | 4.9 | 0 | 10.5 | 7.5 | 72.5 | 67.8 | 147.2 |
| 2007 | 140.8 | 58.7 | 107.3 | 93.6 | 5.8 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 88.4 |
| 2008 | 108.8 | 109.2 | 64.4 | 7.6 | 8.7 | 2.1 | 0 | 3.9 | 13.9 | 51.7 | 90.2 | 131.9 |
| 2009 | 112.5 | 108.3 | 79.1 | 21.3 | 5.3 | 0 | 3.3 | 0.7 | 15.1 | 8.3 | 88.7 | 82.9 |
| 2010 | 268.5 | 168.5 | 129.2 | 16.6 | 1.3 | 0 | 1.4 | 4.7 | 8.2 | 70 | 40 | 172.7 |
| 2011 | 103.4 | 179.3 | 131.9 | 67.6 | 3.9 | 3.2 | 3.7 | 0 | 38.9 | 38.2 | 60.2 | 110.2 |
| 2012 | 70.5 | 167.7 | 41.7 | 48.1 | 4.5 | 1.2 | 0 | 0.1 | 18.4 | 19.5 | 138.2 | 179.5 |
| 2013 | 182.8 | 143.2 | 76.3 | 15.1 | 25.3 | 6.1 | 2.0 | 12.4 | 6.3 | 89.5 | 101.5 | 159.4 |
| 2014 | 143.4 | 135.0 | 46.5 | 44.5 | 10.1 | 0.0 | 3.2 | 5.8 | 12.6 | 0.0 | 29.6 | 152.1 |
| 2015 | 173.2 | 137.4 | 75.8 | 69.8 | 18.6 | 3.9 | 10.3 | 4.6 | 16.1 | 19.1 | 48.6 | 113.0 |
| 2016 | 91.6 | 165.5 | 54.3 | 24.4 | 3.0 | 0.0 | 4.5 | 0.5 | 32.4 | 80.1 | 15.2 | 89.8 |
| Promedio | 145.4 | 138.9 | 86.6 | 40.9 | 7.9 | 1.9 | 2.9 | 3.9 | 15.5 | 40.8 | 61.8 | 124.8 |
| Máximo | 268.5 | 179.3 | 145.9 | 93.6 | 25.3 | 6.1 | 10.3 | 12.4 | 38.9 | 89.5 | 138.2 | 172.7 |
| Mínimo | 70.5 | 58.7 | 41.7 | 7.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 82.9 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia

Gráfico N° 2: Precipitación Total Mensual - Estación Granja Kcayra



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia



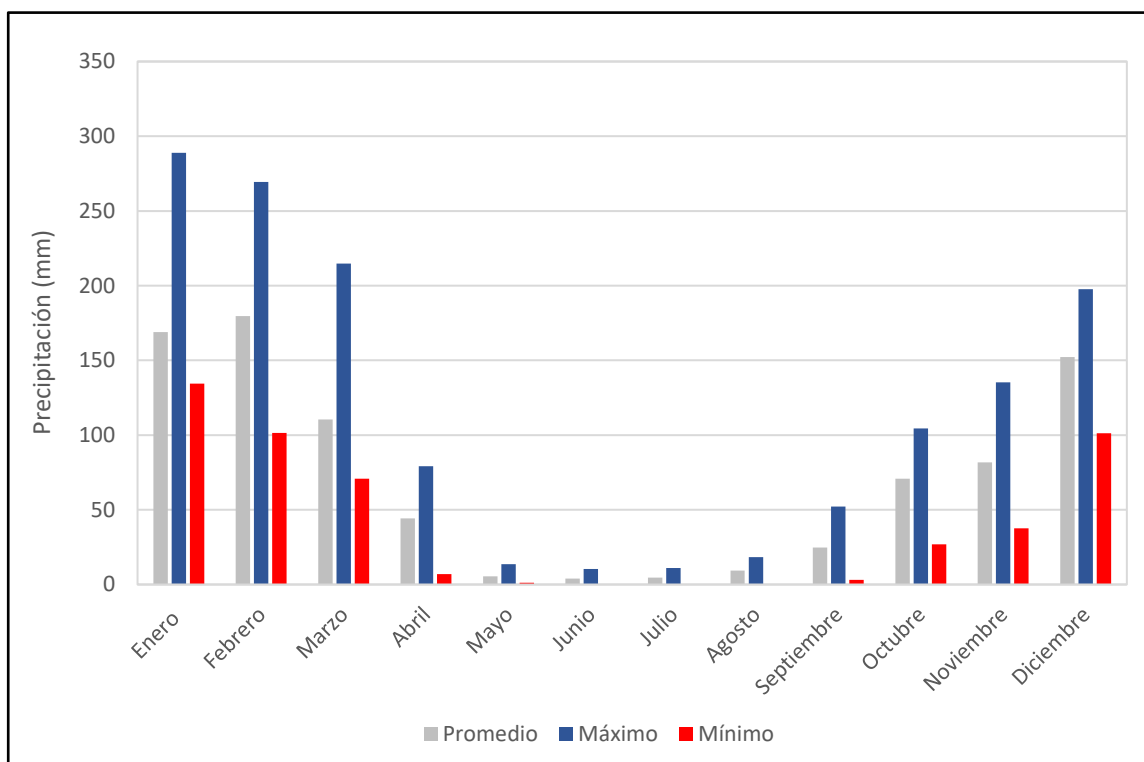
Cuadro N° 10: Precipitación Total Mensual (%) – Estación Anta Ancachuro

| Año/mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 2010 | 289.0 | 194.2 | 148.5 | 26.4 | 1.2 | 5.2 | 3.4 | 3.5 | 12.1 | 89.6 | 54.7 | 184.9 |
| 2011 | 139.5 | 269.3 | 214.8 | 78.9 | 13.6 | 10.3 | 11.0 | 16.6 | 52.2 | 89.4 | 72.8 | 152.5 |
| 2012 | 136.3 | 177.8 | 110.6 | 47.5 | 1.8 | 2.8 | 4.4 | 0.0 | 45.1 | 26.8 | 135.3 | 197.7 |
| 2013 | 161.6 | 151.1 | 75.6 | 7.0 | 1.9 | 6.1 | 0.1 | 18.3 | 3.2 | 104.5 | 110.3 | 158.0 |
| 2014 | 134.5 | 123.5 | 71.1 | 46.3 | 8.9 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 11.5 | 62.9 | 37.6 | 160.8 |
| 2015 | 180.9 | 101.4 | 81.5 | 79.2 | 2.9 | 2.3 | 6.2 | 7.2 | 31.5 | 50.9 | 75.4 | 110.0 |
| 2016 | 140.9 | 240.1 | 70.9 | 25.0 | 7.3 | 0.3 | 3.0 | 17.7 | 18.2 | 71.6 | 85.6 | 101.3 |
| Promedio | 169.0 | 179.6 | 110.4 | 44.3 | 5.4 | 3.9 | 4.7 | 9.2 | 24.8 | 70.8 | 81.7 | 152.2 |
| Máximo | 289.0 | 269.3 | 214.8 | 79.2 | 13.6 | 10.3 | 11.0 | 18.3 | 52.2 | 104.5 | 135.3 | 197.7 |
| Mínimo | 134.5 | 101.4 | 70.9 | 7.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.2 | 26.8 | 37.6 | 101.3 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

Elaboración propia

Gráfico N° 3: Precipitación Total Mensual – Estación Anta Ancachuro



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

Elaboración propia



➤ **Temperatura**

La temperatura es el parámetro climático que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, así como su evolución temporal y espacial en las distintas zonas climáticas. Existen diversos factores que regulan la tempera del aire en el área de estudio, como la inclinación de los rayos solares, altitud, latitud, topografía, vegetación y la proximidad de masas de agua. Todos estos factores reflejan el comportamiento de las temperaturas en la superficie terrestre, generando en ellos grandes variaciones espaciales y temporales.

Estación Granja Kcayra

En el periodo comprendido entre 2006 y 2016, el comportamiento de la temperatura media mensual multianual varió de 10 °C (Julio) a 13.9 °C (Enero). La temperatura mínima media mensual reportada en el periodo fue de 4.7 °C (Octubre 2007) y la temperatura máxima media mensual reportada en el periodo alcanzó 15.2 °C (Enero y Febrero 2016).

En el cuadro N° 11 se presenta la temperatura mensual promedio desde el año 2006 hasta el año 2016.

Estación Anta Ancachuro

En el periodo comprendido entre 2004 y 2016, el comportamiento de la temperatura media mensual multianual varió de 9.0 °C (Julio) a 13.1 °C (Noviembre). La temperatura mínima media mensual reportada en el periodo fue de 7.7 °C (Julio 2014) y la temperatura máxima media mensual reportada alcanzó 14.8 °C (Enero 2005).

En el cuadro N° 12 se presenta la temperatura mensual promedio desde el año 2004 hasta el año 2016.

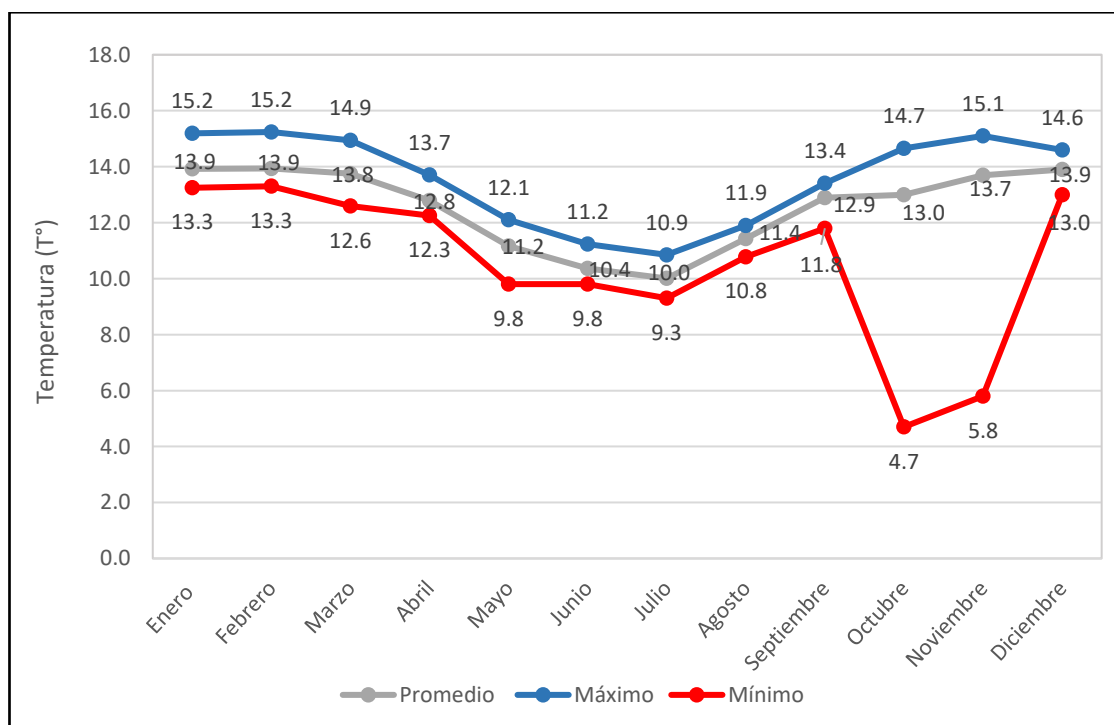


Cuadro N° 11: Temperatura Mensual (2004-2016) – Estación Granja Kcayra

| Año/mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2006 | 13.3 | 14.0 | 13.4 | 12.5 | 9.8 | 10.3 | 9.3 | 11.8 | 12.9 | 13.5 | 13.6 | 13.4 |
| 2007 | 14.4 | 14.0 | 13.6 | 12.3 | 11.2 | 9.8 | 9.9 | 11.4 | 11.8 | 4.7 | 5.8 | 13.6 |
| 2008 | 13.4 | 13.4 | 12.6 | 12.3 | 10.6 | 10.0 | 9.7 | 11.5 | 12.5 | 13.6 | 14.0 | 13.9 |
| 2009 | 13.6 | 13.5 | 13.3 | 12.9 | 11.0 | 10.0 | 10.1 | 11.6 | 13.2 | 14.3 | 15.1 | 14.1 |
| 2010 | 14.0 | 14.1 | 14.5 | 13.3 | 12.1 | 11.1 | 10.9 | 11.3 | 13.3 | 14.3 | 14.3 | 14.2 |
| 2011 | 14.0 | 13.4 | 13.6 | 12.8 | 10.7 | 10.2 | 9.9 | 11.7 | 12.9 | 13.9 | 14.6 | 13.0 |
| 2012 | 13.8 | 13.3 | 13.3 | 12.7 | 10.7 | 10.2 | 10.0 | 11.3 | 13.3 | 14.7 | 15.0 | 14.3 |
| 2013 | 13.7 | 14.4 | 14.5 | 12.9 | 11.8 | 9.8 | 9.7 | 11.3 | 13.0 | 14.3 | 14.5 | 14.0 |
| 2014 | 14.3 | 14.1 | 13.8 | 12.6 | 11.5 | 11.2 | 10.3 | 10.8 | 12.6 | 13.9 | 14.6 | 14.6 |
| 2015 | 13.7 | 14.0 | 13.8 | 12.8 | 11.7 | 11.1 | 10.1 | 11.5 | 13.4 | 13.5 | 14.8 | 14.1 |
| 2016 | 15.2 | 15.2 | 14.9 | 13.7 | 11.8 | 10.5 | 10.3 | 11.9 | 13.0 | 12.5 | 14.5 | 13.9 |
| Promedio | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 12.8 | 11.2 | 10.4 | 10.0 | 11.4 | 12.9 | 13.0 | 13.7 | 13.9 |
| Máximo | 15.2 | 15.2 | 14.9 | 13.7 | 12.1 | 11.2 | 10.9 | 11.9 | 13.4 | 14.7 | 15.1 | 14.6 |
| Mínimo | 13.3 | 13.3 | 12.6 | 12.3 | 9.8 | 9.8 | 9.3 | 10.8 | 11.8 | 4.7 | 5.8 | 13.0 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia

Gráfico N° 4: Temperatura Media Mensual - Estación Granja Kcayra



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia



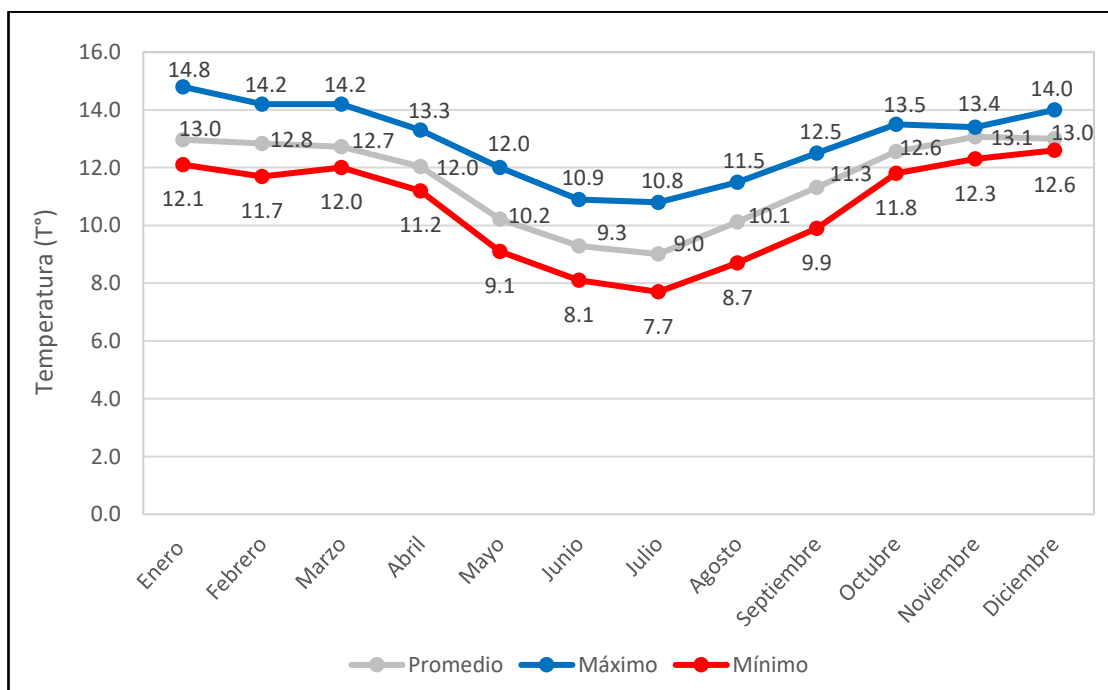
Cuadro N° 12: Temperatura Mensual (2004-2016) – Estación Anta Ancachuro

| Año/mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2004 | 13.9 | 13.7 | 13.4 | 12.5 | 10.1 | 9.3 | 8.7 | 9.5 | 11.0 | 12.6 | 13.2 | 14.0 |
| 2005 | 14.8 | 14.2 | 14.2 | 13.3 | 11.6 | 10.9 | 10.7 | 11.5 | 12.5 | 13.5 | 13.2 | 13.3 |
| 2006 | 12.7 | 13.0 | 13.0 | 12.3 | 9.9 | 9.8 | 9.3 | 11.0 | 11.9 | 12.8 | 13.1 | 12.8 |
| 2007 | 13.2 | 12.3 | 12.4 | 11.8 | 10.0 | 9.0 | 8.6 | 9.5 | 9.9 | 12.0 | 12.5 | 13.1 |
| 2008 | 12.5 | 12.9 | 12.3 | 11.7 | 9.3 | 8.9 | 9.0 | 10.9 | 12.0 | 12.9 | 12.8 | 12.9 |
| 2009 | 12.5 | 12.4 | 12.1 | 11.5 | 9.6 | 9.7 | 9.4 | 10.4 | 11.2 | 13.0 | 13.2 | 13.4 |
| 2010 | 12.7 | 12.6 | 12.7 | 13.1 | 12.0 | 10.8 | 10.8 | 11.0 | 11.6 | 12.7 | 13.3 | 13.3 |
| 2011 | 13.3 | 12.3 | 12.4 | 12.6 | 11.3 | 8.4 | 9.1 | 10.1 | 11.3 | 12.4 | 13.2 | 12.6 |
| 2012 | 12.3 | 11.7 | 12.0 | 11.8 | 10.4 | 9.3 | 9.0 | 10.1 | 10.6 | 13.0 | 13.4 | 12.6 |
| 2013 | 12.1 | 12.6 | 12.4 | 11.6 | 10.4 | 8.9 | 8.7 | 10.2 | 12.3 | 12.3 | 13.4 | 12.6 |
| 2014 | 12.6 | 12.5 | 12.2 | 11.2 | 9.1 | 8.9 | 7.7 | 8.7 | 10.8 | 12.3 | 13.2 | 13.2 |
| 2015 | 12.3 | 12.9 | 12.5 | 11.4 | 9.6 | 8.8 | 8.1 | 9.3 | 11.1 | 12.0 | 13.1 | 12.7 |
| 2016 | 13.7 | 13.8 | 13.8 | 11.7 | 9.5 | 8.1 | 8.1 | 9.4 | 10.9 | 11.8 | 12.3 | 12.6 |
| Promedio | 13.0 | 12.8 | 12.7 | 12.0 | 10.2 | 9.3 | 9.0 | 10.1 | 11.3 | 12.6 | 13.1 | 13.0 |
| Máximo | 14.8 | 14.2 | 14.2 | 13.3 | 12.0 | 10.9 | 10.8 | 11.5 | 12.5 | 13.5 | 13.4 | 14.0 |
| Mínimo | 12.1 | 11.7 | 12.0 | 11.2 | 9.1 | 8.1 | 7.7 | 8.7 | 9.9 | 11.8 | 12.3 | 12.6 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

Elaboración propia

Gráfico N° 5: Temperatura Media Mensual – Estación Anta Ancachuro



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI

Elaboración propia



➤ Humedad

La Humedad Relativa representa el porcentaje de saturación de agua que tiene el aire. Se han utilizado los resultados mensuales de humedad relativa del periodo comprendido entre 2004 y 2013 de la Estación Anta Ancachuro del SENAMHI.

Estación Anta Ancachuro

El comportamiento de humedad relativa media multianual oscilo entre 77.1% (Noviembre) a 82.4°% (Enero), la variación mensual de este parámetro registra que los meses más húmedos son los meses de Enero y Febrero. La humedad relativa máxima fue de 92.6 % en Mayo del 2008. La humedad relativa mínima fue de 60.7 % en Agosto del 2009.

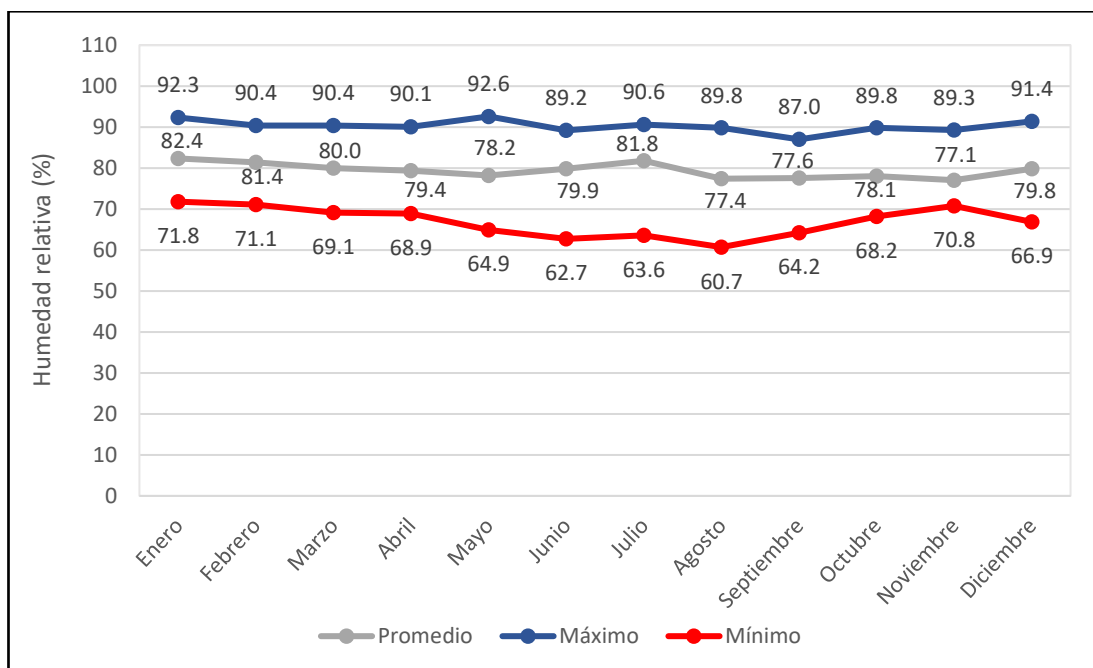
Cuadro N° 13: Humedad Relativa Media Mensual - Estación Anta Ancachuro

| Año/mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2004 | 77.2 | 75.4 | 75.7 | 76.1 | 72.4 | 83.8 | 89.2 | 83.2 | 74.5 | 75.7 | 78.8 | 85.0 |
| 2005 | 87.3 | 88.1 | 86.4 | 87.4 | 85.8 | 87.9 | 86.8 | 85.4 | 86.7 | 82.5 | 74.3 | 76.3 |
| 2006 | 81.3 | 81.1 | 80.6 | 85.3 | 87.0 | 88.0 | 86.2 | 85.0 | 81.9 | 85.3 | 88.7 | 89.9 |
| 2007 | 90.0 | 81.2 | 81.3 | 78.8 | 76.2 | 74.7 | 75.9 | 72.4 | 76.9 | 75.1 | 77.1 | 82.0 |
| 2008 | 92.3 | 90.4 | 90.4 | 90.1 | 92.6 | 89.2 | 90.6 | 89.8 | 87.0 | 89.8 | 89.3 | 91.4 |
| 2009 | 89.3 | 89.3 | 81.0 | 68.9 | 64.9 | 62.7 | 63.6 | 60.7 | 64.2 | 68.2 | 72.3 | 66.9 |
| 2010 | 71.8 | 71.1 | 69.1 | 72.3 | 71.1 | 75.8 | 76.8 | 74.9 | 74.5 | 76.1 | 73.8 | 75.9 |
| 2011 | 75.8 | 79.2 | 76.0 | 75.8 | 77.3 | 80.2 | 81.5 | 78.1 | 78.6 | 74.4 | 70.8 | 77.1 |
| 2012 | 75.6 | 78.5 | 78.2 | 78.1 | 74.4 | 80.6 | 80.3 | 74.0 | 75.9 | 69.5 | 72.7 | 79.4 |
| 2013 | 82.9 | 85.9 | 81.1 | 80.9 | 76.3 | 75.7 | 86.8 | 70.6 | 75.8 | 84.0 | 72.7 | 74.3 |
| Promedio | 82.4 | 81.4 | 80.0 | 79.4 | 78.2 | 79.9 | 81.8 | 77.4 | 77.6 | 78.1 | 77.1 | 79.8 |
| Máximo | 92.3 | 90.4 | 90.4 | 90.1 | 92.6 | 89.2 | 90.6 | 89.8 | 87.0 | 89.8 | 89.3 | 91.4 |
| Mínimo | 71.8 | 71.1 | 69.1 | 68.9 | 64.9 | 62.7 | 63.6 | 60.7 | 64.2 | 68.2 | 70.8 | 66.9 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia



Gráfico N° 6: Humedad Relativa Media Mensual (2004-2013)



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Elaboración propia

➤ Dirección del viento

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, sf) la dirección del viento viene definida por el punto del horizonte del observador desde el cual sopla. En la actualidad, se usa internacionalmente la rosa dividida en 360°. El aparato tradicionalmente empleado para medir la dirección del viento es la veleta que marca la dirección en grados en la propia rosa, este instrumento debe instalarse de acuerdo a los procedimientos internacionales vigentes para evitar las perturbaciones.

Estación Granja Kcayra

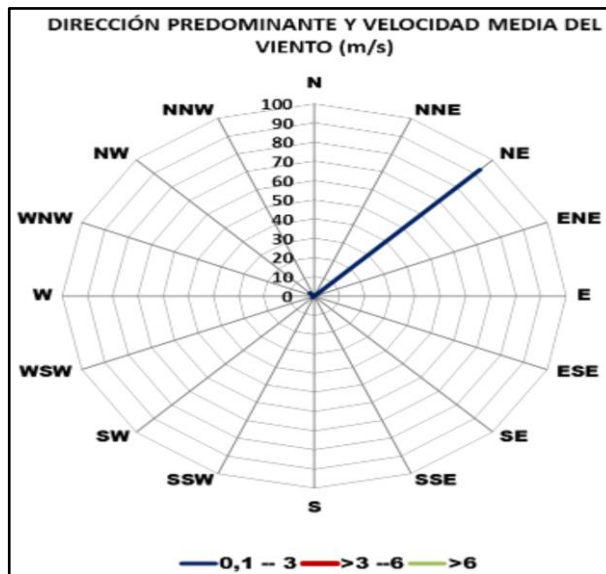
Durante el periodo comprendido entre 2006 - 2016, el comportamiento de los vientos registrados, no presentan calma y los vientos que predominan presentan dirección Noreste con una frecuencia de 92.50% (Ver Gráfico N° 7).



Estación Anta Ancachuro

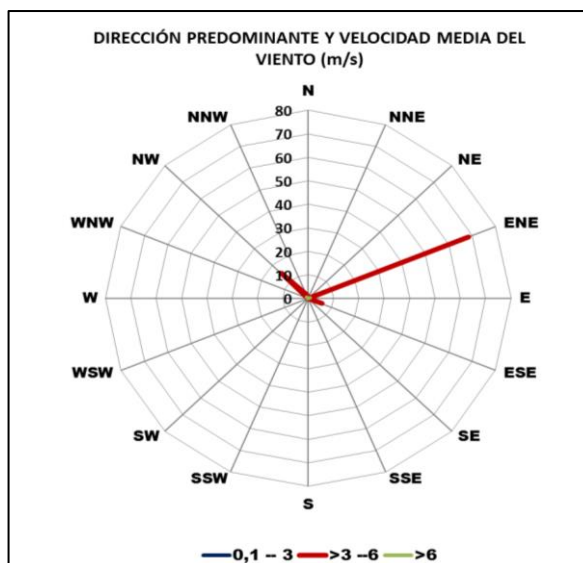
Durante el periodo comprendido entre 2004 - 2016, el comportamiento de los vientos registrados, no presentan calma y los vientos que predominan presentan dirección Este-Noreste con una frecuencia de 74.17% (Ver Gráfico N° 8).

Gráfico N° 7: Dirección Predominante y Velocidad Media del Viento (m/s)
Estación Granja Kcayra



Elaboración propia

Gráfico N° 8: Dirección Predominante y Velocidad Media del Viento (m/s)
Estación Anta Ancachuro



Elaboración propia



4.2.2. Geología

El conocimiento de las formaciones geológicas, así como sus caracteres litológicos, constituyen un aspecto de especial interés aplicativo, ya que permite determinar grado y tipo de impacto que desencadena en el medio geológico como consecuencia de los trabajos propios del botadero de Haquira.

La descripción geológica del área de estudio se ha desarrollado sobre la base de la información publicada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en su cuadrángulo de la Carta Geológica (2002) de Tambobamba (Hoja 28-r-I); cuya información ha sido complementada con las observaciones de campo, interpretación de imágenes satelitales y otros estudios.

4.2.2.1. Estratigrafía

Según los boletines geológicos del cuadrángulo de Tambobamba, Hoja 28-r-I (INGEMMET, 2002) el área de estudio aflora en la Era Cenozoica. A continuación, se describen las unidades estratigráficas identificadas:

Formación Ausangate (KsP-au)

La formación Ausangate, se identificó en el área de estudio, se caracterizan por componerse de secuencias pelíticas de limoareniscas y limoarcillas, son estratificación laminar intercalado con delgados estratos de areniscas gris de grano medio.

Formación Quilque (KsP-qu)

La formación Quilque, se caracteriza por una estratificación laminar de arcillas intercalados con lutitas rojas y limoareniscas, limoarcillitas con delgados estratos de areniscas grano medio a fino.

A continuación, en el cuadro N° 14, se presentan las unidades estratigráficas identificadas en el área de estudio, según la era a la que corresponde.



Cuadro N° 14: Unidades estratigráficas

| Era | Sistema | Serie | Unidades litoestratigráficas | Simbología |
|-----------|-----------|-----------|------------------------------|------------|
| Cenozoica | Paleógeno | Paleocena | Formación Ausangate | KsP-au |
| | | | Formación Quilque | KsP-qu |

Fuente: Cartas geológicas del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Escala: 1: 50 000

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa Geológico.

4.2.2.2. Geología Estructural

Según Ccorimanya, Arque y Gutiérrez (2013) en el área de estudio se localizaron rumbos NS y buzamientos de estratos con ángulos de inclinación de 75° y 20° al Oeste, los cuales se encuentran ubicados cerca del botadero de Haqira. Estos buzamientos forman parte del flanco oeste del anticlinal erosionado, registrado en la esquina NE del cuadrángulo de Cotabambas. Las estructuras de la zona de estudio presentan fallas de diferentes direcciones y algunos estratos se encuentran torcidos por la tectónica; por lo que presenta aspecto distorsionado.

El anticlinal que pasa por Haqira esta erosionada y es una estructura regional que pasa por el NE del cuadrángulo de Cotabambas. Su eje está orientado en dirección NS, su plano axial ligeramente inclinado hacia el Este, sus flancos son simétricos; buzando al Este y Oeste. Su núcleo es amplio, conformado por una alternancia de areniscas y lutitas, los estratos son casi verticales, en el área de emplazamiento del Botadero de Haqira (Ccorimanya et al., 2013, p. 18).

4.2.3. Geomorfología

La descripción de la geomorfología del área de estudio se ha desarrollado sobre la base de la información publicada por el INGEMMET y el MINAM, la cual ha sido complementada con las observaciones de campo de los aspectos morfológicos y



procesos morfodinámicos más relevantes, fotointerpretación de imágenes satelitales y estudios anteriores. En el presente ítem se describe el relieve (unidades geomorfológicas) así como los procesos geodinámicos externos e internos (sismicidad).

4.2.3.1. Unidades Geomorfológicas

Sierra Zona Altoandina

Forma de Relieve: Planicie Ondulada a Disectada

Altiplanicie se considera a extensas zonas de territorio más o menos plano y que generalmente son superficies de erosión y/o sedimentación.

Altiplanicie Disectada (Ad-c)

La altiplanicie disectada son superficies caracterizadas por una topografía ligeramente llana de 15 a 25% de pendiente predominante, ubicadas entre los 3800 y 4800 m.s.n.m. Su origen es variado, algunas originados a partir de superficies rocosas duras de estructura tabular, donde la erosión fluvial ha diseccionado diversas estructuras de suelo y de roca.

La mayor parte de estas superficies han sido afectadas por glaciaciones cuaternarias, que dejaron sobre ella un tapiz morrénico discontinuo; algunas no han sido cubiertas por los hielos y solo presentan cubiertas aluviales y lacustres; otras exponen abundante afloramiento llano del substrato rocoso. (Gobierno Regional del Cusco, 2009, p.36)

En el cuadro N° 15 se presenta las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.



Cuadro N° 15: Unidades Geomorfológicas

| Región | Zona | Formas de Relieve | Unidades Geomorfológica | Simbología |
|--------|-------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| SIERRA | Meso Andina | Planicie Ondulada a Disectada | Altiplanicie Disectada | Ad-c |

Fuente: Mapa Geomorfológico, Ministerio del Ambiente (2010) - Escala 1: 2000 000

4.2.3.2. Procesos Geodinámicos

➤ Procesos Geodinámicos Externos

Los procesos geodinámicos externos se producen por factores y fuerzas externas de la tierra como el viento, agua, etc.; ligada al clima y a la interacción de este sobre la superficie terrestre. La identificación de peligros geológicos presentes en el área de estudio fue extraída de la base de datos geográfica de la página oficial de GEOCATMIN, administrada por INGEMMET.

Los procesos geodinámicos presentes en el área de estudio son derrumbes, deslizamientos traslacionales y amenaza por erosión de laderas, estos se ubican a una distancia de 2.3 km al botadero de Haquira, no teniendo mayor influencia en el mismo. En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Procesos Geodinámicos del área de estudio.

➤ Procesos Geodinámicos Internos

Sismicidad

Cuando se produce el sismo, se genera y libera energía que después se extiende en forma de ondas por el interior de la tierra; cuando llegan estas ondas a la superficie, son registradas por las estaciones sísmicas y percibidas por la población y por las estructuras. La metodología aplicada consistió en detallar los sismos producidos en la zona de estudio sobre la intensidad (escala Modificada de Mercalli) y la magnitud local (escala de Richter).



La escala de Mercalli calcula el grado de daño producido por un sismo en un punto preciso, se toma en cuenta el nivel de sensación que perciben las personas a través de los sentidos, efectos en estructuras y morfología. Esta escala de intensidad tiene 12 valores manifestados en números romanos, que van desde niveles que no son apreciables hasta los que producen gran destrucción en ciudades y variaciones importantes en la morfología del terreno.

La escala de Magnitud simboliza el total de la energía liberada en el foco sísmico y pertenece a la escala de Richter; es una escala logarítmica, los niveles señalados no tienen comportamiento lineal. Según el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas, el botadero de Haquira se ubica dentro de las categorías de intensidad sísmica de VII.

En el cuadro N° 16 se presentan los grados de la escala de Intensidad Mercalli Modificada Abreviada correspondiente al área de estudio.

Cuadro N° 16: Escala de Intensidad Mercalli Modificada Abreviada

| Grado | Descripción |
|-------|---|
| VII | Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles |

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP). 1999

Los datos que se presentan en el cuadro N° 17, son sismos registrados en la escala de Richter del año 2000 al 2015 del departamento de Cusco, por el Servicio Sismológico del Instituto Geofísico del Perú (IGP).

El valor promedio registrado durante el periodo del 2000 al 2015, alcanzaron una profundidad superficial e intermedia de 3 a 5 grados de magnitud.



Cuadro N° 17: Número de sismos registrados en la escala de Richter

| Región | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Cusco | 5 | 4 | ... | 14 | 2 | 4 | 3 | 1 | 5 | 4 | 2 | 4 | 7 | 6 | 7 | 3 |

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP) e Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa Sísmico del área de estudio.

4.2.4. Suelos

La descripción de las unidades de suelos presentes en el área de estudio se realizó en base a las normas y los lineamientos generales que establece el Manual de Levantamiento de Suelos y las Claves para la Taxonomía de Suelos, ambos documentos técnicos elaborados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Además, se complementó la información extraída del Mapa de Suelos del Perú (2010) e información secundaria.

4.2.4.1. Clasificación Taxonómica de los Suelos

La clasificación taxonómica de los suelos obedece a la variación de sus propiedades, las cuales pueden ser influenciadas por ciertas características como la gradiente, pedregosidad, grado de erosión y posición topográfica, siempre y cuando no se encuentren asociadas con diferencias significativas en la clase y distribución de los horizontes.

En el cuadro N° 18 se presenta la clasificación de los suelos por asociaciones presentes en el área de estudio:



Cuadro N° 18: Unidad de Asociación de Suelos

| Símbolo | Asociación de Suelos |
|-----------|---|
| LPe-RGe-R | Leptosol eútrico- Regosol eútrico – Afloramiento lítico |

Fuente: Mapa de Suelos, Ministerio del Ambiente (2010)

Leptosol eútrico - Regosol eútrico - Afloramiento lítico (LPe-Rge-R)

Está conformada, predominantemente, por las unidades de suelos Leptosoles eútricos (40%), Regosoles eútricos (30%) y la unidad de área miscelánea Afloramiento líticos (30%). Los componentes de esta asociación se encuentran ubicados en paisajes de lomadas, colinas y montañas con pendiente moderada a fuertemente mayores a 50%.

Leptosoles Eútrico

Son suelos superficiales, generalmente desarrollados a partir de rocas sedimentarias (calizas y lutitas) y rocas volcánicas. Presentan un perfil AC o ACR, de color pardo oscuro a pardo rojizo oscuro; la reacción es variable con pH por encima de 5.2 y una saturación de bases (por Acetato de Amonio) mayor a 50%. Asimismo, presentan un alto contenido de fragmentos gruesos en el horizonte superficial, debajo del cual se encuentra la roca o un horizonte esquelético, de litología variada. Son suelos de textura media.

Regosol Eútrico

Suelos desarrollados a partir de materiales no consolidados de diversa litología. Son suelos de perfil AC y presentan el epipedón ócrico como único horizonte de diagnóstico, de color pardo a pardo oscuro. Son ligeramente gravosos. Presentan una reacción ligeramente ácida a neutra, con un pH por encima de 5.5 y una saturación de bases (por NH₄ o Ac) mayor de 60%. Los suelos que se encuentran en el flanco occidental de los Andes son mayormente de textura media a gruesa, mientras que los suelos de la zona alto andina son de textura media.



Afloramientos Líticos

Esta unidad no edáfica está constituida por exposiciones de material mineral sólido y compacto (roca), por depósitos de escombros o detritos rocosos y por material tifáceo que son depósitos poco consolidados de litología volcánica. Se debe resaltar su presencia significativa en paisajes colinosos y montañosos. La composición litológica es variada, comprendiendo rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias.

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Suelos del área de estudio.

4.2.5. Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

La clasificación de las tierras de acuerdo a su capacidad de uso mayor, se ha sido realizada tomando como base los criterios del “Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor” aprobado por el D.S. N° 017-2009-AG. Según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2009) el termino tierra involucra a los componentes: clima (zonas de vida), suelo y relieve. El sistema de clasificación según su capacidad de uso mayor está conformado por tres (03) categorías de uso: Grupo, Clase y Subclase (limitaciones y condiciones especiales).

En el cuadro N° 19 se presentan la unidad identificada según su capacidad de uso mayor de tierras en el área de estudio.

Cuadro N° 19: Unidades de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra en el área de influencia

| Simbología | Descripción |
|------------|--|
| P3sec-Xse | Pastos de calidad agrícola Baja – Protección |

Fuente: Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras, Ministerio del Ambiente (diciembre, 2010)

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra del área de estudio.



4.2.6. Hidrología

4.2.6.1. Ubicación Hidrográfica

El botadero de Haquira se encuentra ubicado en la microcuenca Huancaro - Chocco, parte alta de la subcuenca Huatanay, perteneciente a la cuenca alta del río Vilcanota. En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa Hidrológico del área de estudio.

4.2.6.2. Delimitación de la cuenca

Los límites de la microcuenca Huancaro-Chocco son, por el Norte con la Microcuenca Choquechaca - Kenko Mayo y Cachimayo. Por el Este con la microcuenca Huillcarpay, Molleray y Huacahuatana. Por el Sur con la cuenca Alto Apurímac, y por el Oeste con la subcuenca Huarcocondo.

4.2.6.3. Sistema Hidrográfico

Las micro cuencas Huancaro y Chocco, que son afluentes del río Huatanay, tienen un área de 29.30 y 24.10 Km² respectivamente, se encuentran ubicadas en la cabecera de la sub cuenca Huatanay, que política y administrativamente pertenecen al distrito de Santiago, provincia del Cusco. La zona de intervención pertenece a la cuenca del río Vilcanota del que es afluente el río Huatanay, formándose éste a partir de la unión de los ríos Huancaro y Chocco, sus aguas discurren con orientación Oeste a Este, drenando las aguas de las márgenes Izquierda y Derecha, recorriendo una distancia de 32 Km. hasta el sector de Huambutío, desembocando al río Vilcanota.

Las micro cuencas Huancaro y Chocco se encuentra entre los 3300 y 4800 msnm, donde predomina un clima seco, deficiente en lluvias en el invierno, y máximas precipitaciones entre diciembre y febrero, con temperaturas bajas en el período de estío, meses de mayo y agosto.



Según el Instituto de Manejo de Agua y medio Ambiente (IMA, 2008) los ríos Huancaro y Chocco tienen su nacimiento en las comunidades campesinas de Occopata y Coyllorpuqio respectivamente, proveniente de acuíferos por escurrimiento de la humedad acumulada y escorrentía superficial. En esta zona las pendientes son pronunciadas, provocando un alto grado de erosión del cauce, lo que a su vez produce inestabilidad en los taludes, con la consiguiente reptación y deslizamiento de volúmenes apreciables de material que se sedimentan aguas abajo; en la zona urbana presentan características fisiográficas propias de lechos de río con poca pendiente, formando un cauce sinuoso e irregular producto de la erosión producida por las aguas de escorrentía.

En la cuenca alta y media están ubicadas 10 comunidades campesinas, las que se dedican al cultivo de tubérculos y granos predominantemente en secano y a la crianza de animales bajo sistemas de pastoreo extensivo, utilizando las tierras para ambas actividades, lo que ha provocado una paulatina pérdida de cobertura vegetal por sobre pastoreo, con la consiguiente aceleración de la erosión de los suelos por efecto de la escorrentía superficial de las aguas. (IMA, 2008, p. 11)

4.2.6.4. Demarcación Administrativa

La entidad administrativa que regula el uso de los recursos hídricos de la Microcuenca Huancaro–Chocco perteneciente a la Subcuenca Huatanay - Cuenca Vilcanota-Urubamba, es la Administración Local del Agua Cusco, que depende de la Autoridad Administrativa del Agua Urubamba - Vilcanota, que se encarga de administrar las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito de jurisdicción, dependen jerárquicamente de la Autoridad Nacional del Agua-ANA, adscrita al Ministerio de Agricultura.



4.3. Medio Biológico

En el presente ítem se describen las características actuales del área de estudio en aspectos relacionados al componente biológico, con la finalidad obtener un estado base para identificar, evaluar y/o prever las alteraciones que se puedan suscitar en la zona. La información presentada se realizó en base a fuentes bibliográfica, complementada con información satelital e información obtenido en el reconocimiento realizado en el trabajo de campo durante el año 2016 y 2017.

4.3.1. Cobertura vegetal

La Región Cusco está localizada fitogeográficamente entre las regiones Andina y Amazónica; a lo largo de su territorio presenta una variedad de características fisiográficas, climáticas y edáficas, las cuales favorecen el desarrollo de una diversidad de formaciones vegetales. Según el Mapa de Cobertura Vegetal y la memoria descriptiva del mismo elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), el botadero de Haquira se encuentra ubicado dentro de la siguiente formación vegetal:

➤ Pajonal alto andino (Pj)

El pajonal está conformado por asociaciones de hierbas con dos estratos bien definidos en su perfil vertical; el estrato dominante es conformado por matas de gramíneas de hasta 1 m de alto, cuyas hojas son de consistencia rígida, enrolladas y punzantes “tipo paja”, las cuales toman el nombre colectivo de “ichu”, las cuales se encuentran distribuidas bajo un patrón regular de distribución espacial, con grados de cobertura que varían entre de 30-70%. El estrato inferior, conocido como “vegetación de piso”, está conformado por hierbas que crecen pegadas al suelo, hasta de 10 cm de altura y que constituye la verdadera fuente forrajera. Los géneros más abundantes del estrato dominante son las poáceas: *Festuca*, *Stipa* y *Calamagrostis*. (MINAM, 2015).



El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2005) afirma que “el pajonal constituye una fuente de forraje importante para la actividad ganadera, principalmente a base ganado ovino. Sin embargo, muchas áreas se encuentran en proceso de degradación debido al sobrepastoreo y la quema periódica; asimismo, la ampliación de la frontera agrícola está restando áreas de pastizales”. (p. 77)

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Cobertura Vegetal del área de estudio.

4.3.2. Zonas de vida

Las zonas de vida representan unidades bioclimáticas que se caracterizan por tener cierta uniformidad desde el punto de vista topográfico, de vegetación, climática, edafológica, entre otros factores; es por ello, que su distribución espacial dentro de un ámbito delimitado permite calificar el medio con bastante aproximación, principalmente desde el punto de vista de vegetación y clima. El Perú alberga 84 zonas de vida y 17 de carácter transicional distribuidas en tres franjas latitudinales.

Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), la Guía explicativa del mismo y el Mapa de Zonas de Vida del Perú (MINAM, 2010) se identificó una (01) zonas de vida en el área de estudio, la cual se presenta en el cuadro N° 20.

Cuadro N° 20: Zona de vida en el área de estudio

| Unidades | Descripción |
|----------|-------------------------------------|
| bh-MS | Bosque húmedo - Montano Subtropical |

Fuente: Mapa de Zonas de Vida del Perú (MINAM 2010)



Bosque húmedo - montano subtropical (bh-MS):

Según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1976) esta zona de vida se distribuye en la región latitudinal Subtropical con una superficie de 43 155 km². Geográficamente, se distribuye a lo largo de la región cordillerana de Norte a Sur, entre 2 800 y 3 800 msnm y a veces llega hasta 4 000 metros de altitud (p. 101)

Clima: La biotemperatura media anual máxima es de 12,9 °C y la media anual mínima, de 6.5 °C. El promedio máximo de precipitación es de 1 119 ml y el promedio mínimo, de 410 ml. (ONERN, 1976, p. 102)

Relieve y suelo: El relieve topográfico es predominantemente empinado ya que conforma el borde o parte superior de las laderas que enmarcan a los valles interandinos, haciéndose un tanto más suave en el límite con las zonas de Páramo que presentan gradientes moderadas por efecto de la acción glacial pasada. Por lo general, aquí dominan suelos relativamente profundos, arcillosos, de reacción ácida, tonos rojizos a pardos. (ONERN, 1976, p. 102).

Vegetación: La vegetación se reduce a pequeños relictos o bosques residuales homogéneos, como el “chachacomo” (*Escallonia* sp.), “quinual” (*Polylepis* sp.), “ulcumano”, “romerillo” o “intimpa” (*Podocarpus* sp.) o pequeños bosques heterogéneos constituidos por especies de los géneros *Gynoxis*, *Polylepis*, *Berberis*, *Eugenia*, *Senecio*, *Podocarpus*, etc. El “mutuy” (*Cassia* sp.), arbusto de flores amarillas, es también muy frecuente, así como el “tarhui” o “chocho” silvestre (*Lupinus mutabilis*) cerca de los caminos (ONERN, 1976, p. 102).

En el Anexo N° 3: Mapas Temáticos, se presenta el Mapa de Zonas de Vida del área de estudio.



4.3.3. Flora

Existe dos temporadas bien marcadas: la temporada seca que dura de mayo a setiembre y la temporada de lluvia, de octubre a abril. En el mes de diciembre la vegetación herbácea inicie su ciclo vital, ya que durante los meses de diciembre a marzo las precipitaciones se intensifican, en este tiempo la vegetación adquiere su máximo esplendor cubriéndose de una vegetación verde con hermosas flores que son un agradable espectáculo para la vista. (MPC, 2013, p. 167).

La flora en el lugar de estudio está determinada fundamentalmente por la presencia de pastos naturales como el Ichu y dentro de las plantaciones se observa al eucalipto. La agricultura no es económicamente rentable por la calidad de las tierras, pero se siembra productos de pan llevar como la papa, haba, trigo y otros tipos de plantas nativas determinados por los microclimas de las pequeñas quebradas.

Q’euña (*Polylepis incana Kunth.*) es una especie que se encuentra dentro de la categoría: Vulnerable (VU) lo que significa que enfrentan un alto riesgo de extinción en vida silvestre a mediano plazo; de acuerdo con el Decreto Supremo N° 043-2006-AG. En el cuadro N° 21 se enlistan las especies identificadas en el área en estudio:

4.3.4. Fauna

La fauna está relacionada directamente con la presencia de vegetación, dado que esta constituye alimento para los consumidores de primer orden, iniciándose así la cadena trófica del sistema. Dentro del área de estudio no se ha identificado algún género de fauna que se encuentre dentro de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, publicada mediante D.S. 004-2014-MINAGRI.

En el cuadro N° 22 se enlistan las especies de fauna identificadas en el área de estudio.



Cuadro N° 21: Especies de floras registradas

| Familia Botánica | Nombre Científico | Nombre Común |
|------------------|---|--------------|
| Anacardiaceae | <i>Anacardiaceae Schinus molle L.</i> | L. Molle |
| Asteraceae | <i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i> | Chilca |
| Asteraceae | <i>Barnadesia horrida Muschl.</i> | Llaulli |
| Betulaceae | <i>Alnus acuminata Kunth.</i> | Aliso |
| Bromeliaceae | <i>Puya ferruginea (Ruiz & Pav.) L.B. Sm.</i> | Achupalla |
| Fabaceae | <i>Senna birostris (Dombey ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby</i> | Mutuy |
| Lamiaceae | <i>Salvia oppositiflora Ruiz & Pav.</i> | Ñucchu |
| Oxalidaceae | <i>Oxalis tuberosa Molina</i> | - |
| Poaceae | <i>Calamagrostis heterophylla (Wedd.) Pilg</i> | - |
| Poaceae | <i>Poa annua L</i> | - |
| Poaceae | <i>Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth.</i> | Ichu |
| Polygonaceae | <i>Rumex cuneifolius Campd.</i> | Lloque |
| Rosaceae | <i>Polylepis incana Kunth.</i> | Q'euña |

Fuente: Pumacchua, e. 2007. Equipo Técnico de la Sub Gerencia de Ordenamiento Territorial, MPC. 2013.

Cuadro N° 22: Fauna identificada en el área de estudio

| Taxón Mayor | Familia | Especie | Nombre Común |
|-----------------|------------------|---------------------------------|---------------------|
| Charadriiformes | Charadriidae | <i>Vanellus resplendens</i> | Lique Lique |
| Charadriiformes | Laridae | <i>Chroicocephalus serranus</i> | Gaviota andina |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Metriopelia ceciliae</i> | Paloma cascabelita |
| Falconiformes | Falconidae | <i>Falco sparverius</i> | Cernícalo |
| Passeriformes | Thraupidae | <i>Phrygilus punensis</i> | Yal peruano |
| Passeriformes | Emberizidae | <i>Zonotrichia capensis</i> | Gorrión |
| Passeriformes | Turdidae | <i>Turdus chiguanco</i> | Chihuaco |
| Anseriformes | Anatidae | <i>Anas bahamensis</i> | Pato |
| Reptilia | Gymnophthalmidae | <i>Proctoporus sucullucu</i> | Lagartija sucullucu |
| Reptilia | Liolaemidae | <i>Liolaemus pachacutec</i> | Lagartija |
| Amphibia | Bufonidae | <i>Rhinella poeppigii</i> | Sapo |
| Amphibia | Hemiphractidae | <i>Gastrotheca marsupitata</i> | Rana marsupial |
| Rodentia | Muridae | <i>Phyllotis andium</i> | Ratón orejón |
| Rodentia | Muridae | <i>Mus musculus</i> | Ratón común |
| Caniformia | Canidae | <i>Canis lupus familiaris</i> | Perro |
| Artiodactyla | Bovidae | <i>B. primigenius</i> | Vaca |
| Artiodactyla | Bovidae | <i>Ovis orientalis aries</i> | Oveja |

Fuente: Pumacchua, e. 2007. Equipo Técnico de la Sub Gerencia de Ordenamiento Territorial, MPC. 2013.



4.4. Medio Social

En el presente ítem se describen las características sociales del distrito de Santiago, lo cual permite conocer y comprender la realidad social de la población comprendida en el área de estudio. La información obtenida permite analizar la viabilidad social para la operación del Botadero de Haquira, pues constituyen elementos claves en la identificación de los impactos generados por la explotación de la infraestructura de disposición final; y posteriormente formular y elaborar un plan de asuntos sociales y relaciones comunitarias.

4.4.1. Demografía

El botadero de Haquira se encuentra ubicado en el distrito de Santiago; la información base para el presente estudio proviene del Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda, en adelante CENSO 2007, organizados por el Instituto Nacional de Estadística del Perú (INEI).

4.4.1.1 Población Total

En el Censo de población que se ejecutó en el año 2007, se utilizó la metodología de un Censo de Hecho o de Facto. Los censos de población ejecutados en el país en las últimas décadas muestran la evolución de la población a partir del año 1940.

En el cuadro N° 23 se presenta la población total del distrito de Santiago según los datos obtenidos del CENSO 2007.

Cuadro N° 23: Población total del distrito de Santiago

| Distrito | Población | |
|----------|-----------|-------|
| | 1993 | 2007 |
| Santiago | 73129 | 83721 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - 2007
Elaboración propia*



4.4.2. Servicios Básicos

4.4.2.1. Servicio de Energía Eléctrica

Según el CENSO 2007 en el distrito de Santiago, el 93.58% cuenta con el servicio de energía eléctrica al interior de las viviendas y el 6.42% no tienen el servicio de energía eléctrica (Ver cuadro N° 24).

Cuadro N° 24: Servicio energía eléctrica de la vivienda a nivel distrital

| Categorías | Santiago | |
|------------------------------|--------------|------------|
| | Casos | % |
| Si tiene alumbrado eléctrico | 18950 | 93.58 |
| No tiene alumbrado eléctrico | 1299 | 6.42 |
| Total | 20249 | 100 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - 2007

Elaboración propia

4.4.2.2. Servicio de Agua

Según el CENSO 2007 en el distrito de Santiago, el 59.07% de viviendas cuentan con agua potable dentro de la vivienda a través de la red pública. El 27.40% lo hace a través de la red pública fuera de la vivienda (Ver cuadro N° 25).

Cuadro N° 25: Servicio de agua en las viviendas – Distrito de Santiago

| Categorías | Santiago | |
|--|--------------|------------|
| | Casos | % |
| Red pública Dentro de la vivienda (Agua potable) | 11961 | 59.07 |
| Red Pública Fuera de la vivienda | 5548 | 27.40 |
| Pilón de uso público | 514 | 2.54 |
| Camión-cisterna u otro similar | 15 | 0.07 |
| Pozo | 79 | 0.39 |
| Río, acequia, manantial o similar | 1648 | 8.14 |
| Vecino | 340 | 1.68 |
| Otro | 144 | 0.71 |
| Total | 20249 | 100 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - 2007

Elaboración propia



4.4.2.3. Servicios Higiénicos

Según el CENSO 2007 en el distrito de Santiago, el 58.76% de las viviendas cuentan con servicios higiénicos dentro de la ellas, conectadas a la red pública de desagüe. El 28.71% de las viviendas cuentan con servicios higiénicos fuera de las viviendas conectadas a la red pública de desagüe. (Ver cuadro N° 26)

Cuadro N° 26: Servicio higiénico de las viviendas a nivel distrital

| Categorías | Santiago | |
|--|--------------|------------|
| | Casos | % |
| Red pública de desagüe dentro de la vivienda | 11898 | 58,76 |
| Red pública de desagüe fuera de la vivienda | 5813 | 28,71 |
| Pozo séptico | 282 | 1,39 |
| Pozo ciego o negro / letrina | 396 | 1,96 |
| Río, acequia o canal | 424 | 2,09 |
| No tiene | 1436 | 7,09 |
| Total | 20249 | 100 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - 2007
Elaboración propia*

4.4.3. Conflictos sociales

Los pobladores de la comunidad de Haquira en el mes de junio del año 2014, bloquearon la vía Cusco - Ccorcca, exigiendo a la Municipalidad Provincial del Cusco la reubicación del botadero municipal, ya que desde el año 2001 estaba operando sin ningún control ambiental. Los manifestantes señalaron que, a pesar de haberse otorgado un presupuesto para la elaboración del proyecto, en el Plan COPESCO, perteneciente al Gobierno Regional del Cusco, este no fue ejecutado hasta la fecha. Así mismo, en el año 2015 se volvió a presentar una situación similar donde los pobladores volvieron a bloquear la carretera, debido a que hasta la fecha no se había dado solución a la petición de cierre definitivo del botadero de Haquira.



CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Adaptación de la Metodología EVIAVE para su aplicación en Perú

La metodología de diagnóstico ambiental de vertederos de residuos urbanos denominada EVIAVE (Evaluación de Impacto Ambiental de Vertederos), fue elaborada por la Universidad de Granada, para caracterizar y diagnosticar vertederos de residuos sólidos urbanos, mediante una serie de índices, basándose en observaciones e información relativa al diseño del botadero y el lugar donde se ubica, permitiendo conocer la problemática ambiental de los puntos de vertido de una manera rápida y sencilla, así como la toma de decisiones sobre su gestión, acondicionamiento o bien sobre su cierre, sellado y reinsertión al medio.

Inicialmente la metodología EVIAVE fue propuesta por Calvo en el año 2003 y fue aplicada en treinta (30) vertederos ubicados en la provincia de Granada (España) y Valparaíso (Chile). En el año 2007 se realizó las primeras modificaciones, las cuales consistieron en cambios en la justificación y clasificación de algunas variables de vertedero y descriptores ambientales, al igual que de algunos índices ambientales para poder realizar la aplicación a vertederos ubicados en cinco provincias de la Comunidad Autónoma de Andalucía (España). (Garrido Vegara, 2008)

Según Paolini (2007) en Venezuela la aplicación de la metodología como herramienta de diagnóstico de los sitios de disposición final ha sido viable, siempre y cuando se tomaran en cuenta los ajustes a la normativa vigente. Se realizó la aplicación en 22 puntos de vertido ubicados en 7 estados de Venezuela y previa adaptación a las variables del vertedero y los descriptores ambientales de conformidad a las exigencias legales establecidas en dicho país.



En el año 2013, se realizó la validación de la metodología EVIAVE en dos (02) vertederos en Irán, donde se concluyó que la metodología era una herramienta eficaz para la toma de decisiones en el momento de planificar los diferentes elementos del medio afectados (Abedinzadeh et al, 2013).

En el año 2015, Arrieta Loyo modificó la metodología EVIAVE bajo el contexto jurídico y ecosistemático de Colombia, aplicándolo en siete (07) vertederos. Así mismo, se ha adaptado para su aplicación en el seguimiento y control en el proceso de EIA de vertederos, cumpliendo con los requerimientos legales relativos a la eliminación de residuos en vertederos en Colombia y permitiendo analizar los riesgos asociados, ya que toma en cuenta las amenazas y vulnerabilidades ambientales.

En ese sentido la metodología EVIAVE puede ser aplicada en cualquier lugar, previa revisión y análisis, y si es necesario modificación para la adaptación a la realidad legal, ambiental y social del ámbito concreto de estudio. Ya que tal y como se ha indicado, fue elaborada en España como herramienta de apoyo al cierre, sellado y reinserción de vertederos, para dar cumplimiento al Real Decreto español 1481/2001, en el marco de la Directiva 31/99/CE, relativa a la eliminación de residuos en vertederos.

En Perú la aplicación de la metodología EVIAVE pretende proponer su uso como herramienta en el proceso de evaluación de impacto ambiental para proyectos de infraestructura de disposición final y para el seguimiento de los Planes de Manejo Ambiental aprobados para la construcción, operación y cierre de estos sitios. A continuación, se presenta el análisis de la metodología EVIAVE con la finalidad de definir los aspectos que son necesarios modificar y se procede a efectuar los cambios necesarios.



5.1.1. Elementos del medio

La disposición inadecuada de los residuos sólidos genera una serie de impactos ambientales. La metodología EVIAVE define como elementos del medio a aquellos que son potencial receptor de los impactos producidos por el vertido de residuos. Los elementos del medio que se consideran en la aplicación de la presente metodología de diagnóstico ambiental son los siguientes:

- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Suelo
- Atmósfera
- Salud y sociedad

La eliminación de los residuos sólidos en botaderos impacta negativamente sobre la flora y fauna donde se emplaza la infraestructura de disposición final de residuos sólidos domiciliarios. Según Sun, et al. (2015) la flora se ve altamente afectada por los vertederos debido a los gases que produce, ya que la acumulación de gases como el CO₂ y CH₄ en el suelo, generan una ausencia de oxígeno, ocasionando ahogamiento de las raíces de las plantas; en el caso de la fauna las amenazas se presentan en los cambios que se producen sobre el hábitat de diferentes especies, migración de especies nativas y la muerte por consumo de agentes tóxicos procedentes de la descomposición de los residuos.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, sf), América del Sur representa el 40 % de la biodiversidad de la Tierra y más de una cuarta parte de los bosques existentes en el planeta. Perú, Brasil, Colombia, Ecuador, México y Venezuela forman parte del grupo de países con mayor diversidad natural del planeta.



Según el Informe “Perú: País Megadiverso” elaborado por la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, el Perú es uno de los diez países megadiversos del mundo. Existen 84 zonas de vida y 17 transicionales de las 104 existentes en el mundo; ocho provincias biogeográficas y tres grandes cuencas hidrográficas que contienen 12 201 lagos y lagunas, 1 007 ríos, así como 3 044 glaciares. Los ecosistemas que comprenden los extensos arenales costeros, las gélidas punas, la alta diversidad de las vertientes orientales y las frondosas selvas amazónicas, constituyen los hábitats naturales de las diferentes especies de flora y fauna silvestre del Perú.

Razón por la cual se propone la inclusión de dos nuevos elementos que consideren la biodiversidad en el proceso de evaluación de las infraestructuras de disposición final, específicamente la denominación de estos nuevos elementos son **Flora y Fauna**.

Para la definición de las características de los elementos del medio o componentes ambientales y su posterior valoración cuantitativa, es necesario realizar la descripción del entorno inmediato al punto de vertido e identificar los factores que cada elemento posee en la interacción medioambiental con la dinámica del botadero. Estas características se pueden dividir en dos grupos de factores:

- **Factores ambientales:** Son aquellos aspectos relacionados con las alteraciones o impactos que la infraestructura de disposición final pueda producir sobre el ecosistema; por lo tanto, se identifican cuáles son las condiciones ambientales existentes para que los potenciales impactos del vertedero puedan ser minimizados.
- **Factores sociales:** Se relacionan con el interés que les otorga la comunidad como factores del bienestar social.



Cuadro N° 27: Factores Ambientales y Socio – Políticos

| Factores Ambientales | |
|---|---------------------------------------|
| Geología | Formaciones geológicas |
| | Características geológicas |
| | Acuíferos |
| | Distancias a fallas |
| | Riesgo sísmico |
| Geomorfología | Unidades morfológicas |
| | Topografía |
| Hidrológica Superficial | Presencia de aguas superficiales |
| | Riesgo de inundación |
| | Área de esorrentía |
| Hidrológica Subterránea | Pozos de agua de abastecimiento |
| | Permeabilidad del sustrato |
| | Importancia hidrogeológica |
| Clima | Tipo de clima |
| | Precipitación |
| | Temperatura |
| | Exposición a vientos |
| Suelo | Capacidad de uso del suelo |
| Flora y Fauna | Vegetación del entorno del vertedero |
| | Fauna del entorno del vertedero |
| Factores Socio – Políticos | |
| Zona de excepción | Áreas de protección |
| Usos del suelo urbano - industrial | Áreas Urbanas |
| | Áreas Industriales |
| | Áreas Industriales Propuestas |
| Ubicación relativa | Accesibilidad – Redes Viales |
| | Acueductos – Oleoductos – Gaseoductos |
| | Redes de Alta Tensión |
| | Aeropuertos |
| | Núcleos de población |

Fuente: Adaptado de Calvo, Zamorano, Moreno & Ramos (2004). Metodología de diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos.



Según Calvo (2003) la metodología de diagnóstico ambiental EVIAVE se ha estructurado en cuatro niveles:

- El **primer nivel** representa los criterios y subcriterios utilizados para definir las características del botadero y del medio susceptible de verse afectado por su operación. Para ello se define las variables de vertedero, que se cuantificarán mediante el *Índice de Riesgo de Contaminación (IRC)*, así como los descriptores ambientales.
- El **segundo nivel** representa los índices *Probabilidad de Contaminación (Pbci)*, determinados a partir de la cuantificación de las variables en la fase anterior. Así mismo con la valorización de los descriptores ambientales se obtiene el *Valor Ambiental (Vai)*.
- El **tercer nivel** representa el *Índice de Riesgo Ambiental (IRAi)*.
- El **cuarto nivel** determina el *Índice de Interacción Medio – Vertedero (IMV)*.

5.1.2. Variables y Descriptores Ambientales: Nivel 1

5.1.2.1. Variables

Las variables son las características que influyen directa o indirectamente sobre la afección ambiental a los diferentes elementos del medio o componentes ambientales considerados. El objetivo del análisis de las variables de un vertedero es la cuantificación de las probabilidades de afección a los distintos elementos del medio, para su posteriormente describir el estado del punto de vertido y la interacción con el entorno en el que se ubica.

En el cuadro N° 28 se presenta las variables consideradas en la metodología EVIAVE, que afectan a los siete (07) elementos del medio propuestos.



Cuadro N° 28: Variables que afectan a los diferentes elementos del medio

| Variable | Elementos del medio | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------|-----------|-------|------------------|-------|-------|
| | Aguas superficiales | Aguas subterráneas | Atmósfera | Suelo | Salud y Sociedad | Flora | Fauna |
| Asentamiento de la masa de residuos | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Cobertura diaria | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Cobertura final | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Compactación | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Control de gases | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Control de lixiviados | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Distancia a infraestructura | | | | | ✓ | | |
| Distancia a cuerpos de agua superficiales | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| Distancia a núcleos poblados | | | | | ✓ | | |
| Edad del vertedero | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Erosión | | | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Estado de caminos internos | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Fallas | | ✓ | | | | | |
| Impermeabilización del punto de vertido | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Morfología a cauces superficiales | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| Pluviometría | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Punto situado en zona inundable | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Riesgo sísmico | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Seguridad | | | | | ✓ | | |
| Sistema de drenaje superficial | ✓ | ✓ | | | | ✓ | ✓ |
| Taludes | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tamaño del vertedero | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tipo de residuos | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Viento | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Visibilidad | | | | | ✓ | | |
| Vulnerabilidad a las aguas subterráneas | | ✓ | | | | | |

Fuente: Adaptación de Zamorano; Garrido, Ramos. (2007). Diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos: Teoría y Aplicación. Universidad de Granada.



La metodología EVIAVE, clasifica a las variables en relación con la ubicación del punto de vertido y con el diseño y explotación del mismo; con la finalidad de evaluar el grado de idoneidad de la ubicación, el diseño y el nivel de operatividad del botadero. En el cuadro N° 29 se presenta la clasificación de las variables según el tipo de afección.

Cuadro N° 29: Clasificación de las variables según el tipo de afección

| Variable | Tipo | |
|---|-----------|----------------------|
| | Ubicación | Diseño y explotación |
| Asentamiento de la masa de residuos | | ✓ |
| Cobertura diaria | | ✓ |
| Cobertura final | | ✓ |
| Compactación | | ✓ |
| Control de gases | | ✓ |
| Control de lixiviados | | ✓ |
| Distancia a infraestructuras | ✓ | |
| Distancia a cuerpos de agua superficial | ✓ | |
| Distancia a núcleos poblados | ✓ | |
| Edad del vertedero | | ✓ |
| Erosión | ✓ | |
| Estado de caminos internos | | ✓ |
| Fallas | ✓ | |
| Impermeabilización del punto de vertido | | ✓ |
| Morfología | ✓ | |
| Pluviometría | ✓ | |
| Punto situado en zona inundable | ✓ | |
| Riesgo sísmico | ✓ | |
| Seguridad | | ✓ |
| Sistema de drenaje superficial | | ✓ |
| Taludes | | ✓ |
| Tamaño | | ✓ |
| Tipo de residuos. | | ✓ |
| Viento | ✓ | |
| Visibilidad | ✓ | |
| Vulnerabilidad a las aguas subterráneas | ✓ | |
| Número total | 12 | 14 |

Fuente: Zamorano; Garrido, Ramos. (2007). *Diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos: Teoría y Aplicación*. Universidad de Granada.



Cuantificación de las variables

La cuantificación de las variables de vertedero sigue las directrices establecidas por Calvo (2003), por lo tanto, se han considerado para cada una de ellas, su *Clasificación* (C_j) y *Ponderación* (P_j).

La *clasificación* (C_j) de una variable dependerá de la condición en la que se encuentre la misma, y será la que aporte información sobre el estado del punto de vertido, pudiendo servir como punto de referencia para dar directrices relativas a la mejora del diseño y gestión de la instalación, así como de la idoneidad del punto de vertido. La metodología EVIAVE clasifica todas las variables en cinco grupos, cuantificados con valores 1, 2, 3, 4 ó 5.

El otro elemento que se incluye en la cuantificación de las variables de vertedero es la *Ponderación de la variable* (P_j), para cada elemento del medio, definida por Calvo (2003) a partir del concepto de elementos estructurales del punto de vertido.

La evaluación de cada variable (j) se obtiene a partir del **Índice de Riesgo de Contaminación (IRC $_j$)** el cual se recoge en la ecuación 2. Este índice puede tomar valores entre 1 y 10, y viene dado por la siguiente expresión (Zamorano et al, 2005):

Ecuación N° 2: Determinación del índice de Riesgo de Contaminación

$$\boxed{\text{IRC}_j = C_j \times P_j} \quad (2)$$

Donde:

C_j : es la **clasificación de la variable**

P_j : es la importancia o **ponderación**

La ponderación de cada variable dependerá del concepto de elemento estructural del punto de vertido, que intervienen directamente en la afección de los parámetros.



La ponderación de la variable será unitaria cuando la variable no está relacionada con ningún elemento estructural, ni afectaba directamente al elemento del medio evaluado. Todas las variables que estén directamente relacionadas con estos elementos estructurales tendrían una ponderación máxima igual a 2, asimismo se asignará este valor cuando la variable sean causa directa de riesgo de afección sobre el elemento del medio considerado. (Calvo, Moreno, Zamorano, & Szanto, 2005)

Cuadro N° 30: Índice de Riesgo de Contaminación en función de su Clasificación y Ponderación

| Ponderación | Clasificación | Valor de la clasificación | $IRC_j = C_j \times P_j$ |
|-------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | Muy alta | 5 | 5 |
| | Alta | 4 | 4 |
| | Media | 3 | 3 |
| | Baja | 2 | 2 |
| | Muy baja | 1 | 1 |
| 2 | Muy alta | 5 | 10 |
| | Alta | 4 | 8 |
| | Media | 3 | 6 |
| | Baja | 2 | 4 |
| | Muy baja | 1 | 2 |

Fuente: Zamorano; Garrido, Ramos. (2007). Diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos: Teoría y Aplicación. Universidad de Granada.

La metodología EVIAVE justifica la ponderación y clasificación para las variables elegidas en la valoración de la probabilidad de contaminación de cada elemento del medio, lo cual tiene un sustento teórico y su selección se ha basado en estudios e investigaciones relacionadas a los impactos del punto de vertido sobre el medio ambiente, así como criterios marcados por la normativa vigente en Europa y España.



Por lo tanto, el primer paso para la aplicación de dicha metodología fue el análisis de todas las variables clasificadas en función de criterios recogidos en el marco legal, ya que pueden ser afectadas en caso de su aplicación en los sitios de disposición final en Perú. En el cuadro N° 31 se presenta las variables cuya justificación se basa en la normativa europea.

Cuadro N° 31: Normativa considerada en la definición de las variables de la metodología EVIAVE

| Variable | Normativa considerada |
|---|---|
| Cobertura final | Decreto 1/97 de Cataluña sobre disposición de residuos en vertederos controlados. |
| Control de gases | Directiva RD 1481/2001 relativo al vertido de residuos en vertederos controlado. |
| Control de lixiviados | |
| Impermeabilización del punto de vertido | Decreto 1/97 de Cataluña sobre disposición de residuos en vertederos controlados. |
| Distancias a infraestructuras | Decreto 2414/61. Reglamento de actividades molestas e insalubres, que establece las distancias de la red nacional y provincial de carreteras respecto a los vertederos. |
| Distancias a núcleos poblados | |
| Punto situado en área inundable | Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Resolución 31 de enero de 1995, de la Secretaria de Estado de Interior) |
| Riesgo sísmico | Escala Macro sísmica Europea (EMS-98) Real Decreto 997/2002 |

Fuente: Paolini Méndez (2007) Validación de la metodología EVIAVE en vertederos en Venezuela. Análisis y propuestas de soluciones.

Así mismo, se analizó las variables que pueden ser afectas por diferentes condiciones sociales y disponibilidad de información técnica. El segundo paso fue la adaptación al marco legal y técnico vigente en el Perú, en relación con los criterios para la ubicación, diseño y explotación de sitios de disposición final.

A continuación, se presentan las normas técnicas y guías en relación al tema de investigación:



- Decreto Supremo N° 014-2017: Reglamento del D.L. N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado el 21 de diciembre de 2017.
- Decreto Legislativo N° 1278: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado el 22 de diciembre del 2016.
- R.M. N° 109-2006/MINSA: Reglamento para el diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal: rellenos sanitarios, aprobado el 03 de febrero de 2006.
- “Guía para la opinión técnica favorable del estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposición final de residuos sólidos”, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – Ministerio de Salud.
- “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos” elaborado por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y la Organización Panamericana de Salud (OPS).
- “Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado” elaborado por el Ing. Leandro Sandoval Alvarado.

A continuación, se definen todas las variables, se justifica su elección y se definen las modificaciones en base al marco técnico y legal del Perú, para su posterior clasificación y ponderación de cada una de ellas:



1. Asentamiento de la masa de residuos

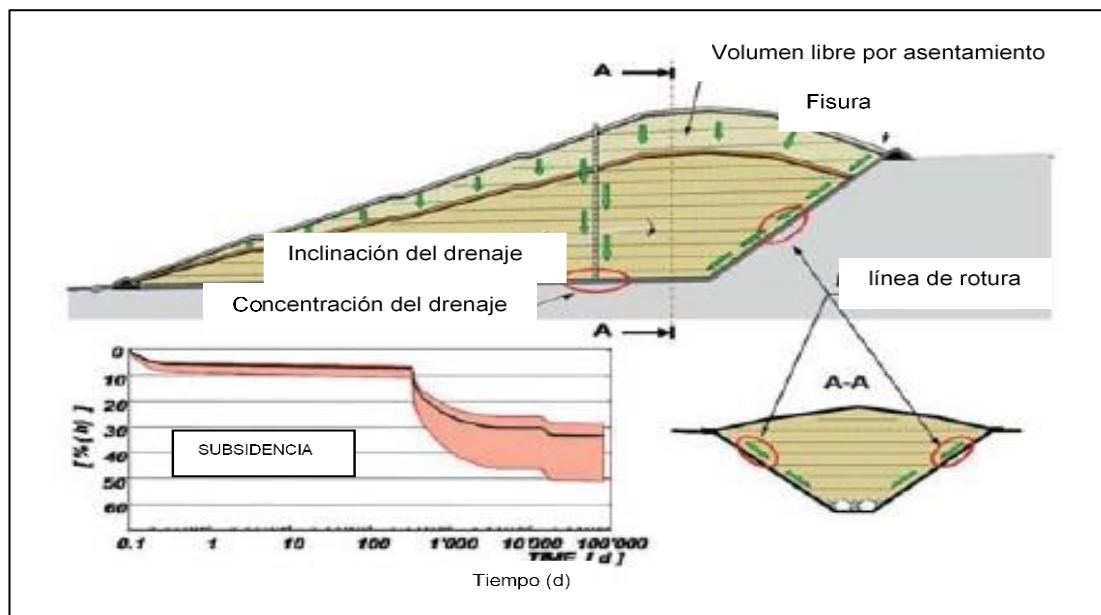
Los asentamientos se producen en dos fases. En la primera, en la que se denominan **asentamientos primarios**, son típicamente operacionales y de carga y se generan de manera más drástica y a corto plazo, durante las operaciones de vertedero o posteriormente por un periodo corto de tiempo después de la clausura. Las medidas de campo demuestran que el 70 - 80% de dichos asentamientos ocurren en los primeros tres meses, los cuales se deben a la compresibilidad volumétrica y las deformaciones elásticas consecuencia de las sobrecargas que se generan sobre la masa de vertido. (Garrido, 2008, p. 204)

La segunda fase ocurre a largo plazo y genera los denominados **asentamientos secundarios**, consecuencia de los complicados fenómenos de descomposición de la materia orgánica biodegradable contenida en los residuos que da lugar al incremento de la relación de vacíos y debilitamiento de las fuerzas estructurales dentro de la masa de residuos, lo que origina una substancial pérdida de volumen. (Garrido, 2008, p. 205)

Otras causas de los asentamientos secundarios son: la disolución de los residuos en lixiviados, la incompleta compactación del residuo, movimientos de pequeñas partículas en grandes huecos creados por cambios biológicos y fisicoquímicos y fuegos superficiales, la consolidación o compresión mecánica debido al adelgazamiento de la basura, el peso o la carga del material de construcción y estructuras erigidas en el vertedero, o una compactación incompleta.



Figura N° 6: Asentamientos de la masa de vertidos



Fuente: Gfeller; Gandolla (2005). *Criterios de planificación de un vertedero de residuos moderno.*

Las investigaciones de Oweis y Khera (1998) recogen una serie de condiciones que pueden observarse en la masa de residuos, en funciones de las cuales podemos conocer el grado de asentamiento. De acuerdo con las actividades de control y prácticas que mejoran el asentamiento, se consideran una serie de criterios que permiten evaluar el asentamiento producido en un vertedero. En base a ello se clasifican en:

- Asentamiento **muy bajo** si se cumplan las siguientes situaciones:
 - a) Existen métodos in situ para aceleración de la degradación de la masa de residuos con afección de las estructuras del vertedero.
 - b) Existen controles geotécnicos anuales, un mínimo de uno anual
 - c) No se observan depresiones en la cobertura final
 - d) No se observan daños en los sistemas de drenaje superficiales, de recogida de gases y/o de recogida de lixiviados.
 - e) Se observa el adelgazamiento del espesor original.
 - f) No se detecta la incompleta compactación del residuo.



- Asentamiento **bajo** si se cumplen todas las situaciones de la lista anterior, a excepción de la “a”.
- Asentamiento **medio** si se cumplen tres de las situaciones “c”, “d”, “e” y “f”, independientemente del cumplimiento de las dos primeras.
- Asentamiento **alto** si se cumplen dos de las situaciones c), d), e) y f), independientemente del cumplimiento de las dos primeras
- El asentamiento **muy alto** si se cumplen sólo una o ninguna de las situaciones “c”, “d”, “e” y “f”, independientemente del cumplimiento de las dos primeras.

Se asigna una ponderación máxima de 2 para el componente ambiental “suelo” por afectarlo directamente, para los demás componentes o elementos (agua superficial, subterránea, atmósfera, fauna, flora y salud) que no se encuentran relacionados se asigna una ponderación mínima de 1.

Cuadro N° 32: Condición, clasificación y ponderación de la variable “asentamiento de la masa de residuos”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Asentamiento de la masa de residuos | Muy bajo | Muy bajo | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | Bajo | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Medio | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Alto | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Muy alto | Muy alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia

2. Cobertura diaria

El material extraído de la base del suelo es usado como cobertura diaria en botaderos de residuos urbanos con la finalidad de minimizar su impacto ambiental. Esta actuación permite reducir la infiltración de agua a la masa de residuos y la consiguiente



producción de lixiviado y biogás, evitar el escape de gases, coadyuvar a estabilizar la masa de residuos, minimizar la presencia de animales y finalmente evitar el traslado de elementos livianos por acción del aire. (Tchobanoglous, Theisen, y Vigil, 1994)

Según el “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” aprobado por el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, el 21 de diciembre del 2017; la cobertura diaria de los residuos debe realizar con material que permita el correcto confinamiento de los mismo, con una compactación diaria de la celda en capas de espesor no menor de 0.20 m. Una vez colocado el material de cobertura sobre los residuos sólidos vertidos, este deberá ser debidamente compactado de manera de obtener un grado de compactación cercano al óptimo, pasando al menos 2 veces la maquinaria por cada punto de la cobertura. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 115)

Por lo tanto, de acuerdo con lo establecido en la citada normativa y según lo propuesto por Palma (2001) se considerará que un material de cobertura es adecuado si se cumplen todos los requisitos siguientes:

- Tipología de suelo es GC (mezcla de gravas con arcilla) y GM (mezcla de grava con limos) que corresponde a suelos que poseen un porcentaje superior al 12% de finos que pasan por el tamiz N° 200 ASTM (0,074 mm).
- Coeficiente de permeabilidad cercano a 10^{-5} m/s
- Homogeneidad granulométrica. No tener más de un 10% de partículas entre 2 y 3'' de diámetro.
- Espesor de la capa de recubrimiento es mayor a 0.20 m.

Se considerará material de cobertura media si se cumplen dos requisitos establecidos, y material no adecuada si se cumple uno o ninguno de ellos.



El relleno sanitario debe ser en lo posible lo más autosuficiente en material de cobertura (tierra) para su construcción. Se considerará la puesta en obra del material de cobertura satisfactoria cuando se cumplan todos los requisitos citados a continuación:

- Su frecuencia es adecuada, es decir con periodicidad diaria.
- Se mantienen pendientes hacia el exterior del vertedero aprox. de un 1%.
- Se realiza compactación de este con un mínimo de cuatro pasadas por celda.

Se considerará que la puesta en obra del material de cobertura es medio si se cumplen dos requisitos, y no satisfactoria si se cumple sólo uno o ninguno.

La clasificación de la variable combina los criterios y requisitos relacionados con las características del material de cobertura y su puesta en obra, considerando la clasificación de la siguiente manera:

- La cobertura diaria será **muy satisfactoria** si el material utilizado es adecuado con su puesta en obra satisfactoria.
- La cobertura diaria será **satisfactoria** si el material utilizado es adecuado con puesta en obra media, o el material de cobertura es medio con puesta en obra satisfactoria.
- La cobertura diaria será **regular** si el material utilizado es adecuado con puesta en obra deficiente, o material de cobertura no adecuado con puesta en obra satisfactoria.
- La cobertura diaria será **deficiente** si el material utilizado es medio con puesta en obra no satisfactoria, o si el material es no adecuado con puesta en obra media.
- La cobertura diaria será **inadecuada** si el material utilizado no es adecuado con puesta en obra no satisfactoria o material de cobertura inexistente.



Según Calvo (2003) se asigna un valor máximo de 2 a la variable “cobertura diaria” por estar directamente relacionada con el elemento estructural humedad y por afectar a todos los elementos del medio o componentes. En el cuadro N° 33 se presenta la condición, clasificación y ponderación.

Cuadro N° 33: Condición, clasificación y ponderación de la variable “cobertura diaria”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Cobertura diaria | Muy satisfactorio | Muy bajo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Satisfactorio | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Regular | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Deficiente | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Inadecuado | Muy alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia

3. Cobertura Final

Cuando parte del relleno alcanza la altura destinada se coloca una cobertura final la cual proporciona un sello a largo plazo, para aislar los residuos de las aguas superficiales, impedir la liberación de los olores y los lixiviados. Es importante señalar que un buen manejo de los rellenos sanitarios considera una buena cobertura final. Esto se conoce como “la restauración progresiva”, por lo tanto, las operaciones de rutina, después de unos años, inevitablemente se debe concluir con la colocación de una capa gruesa de cubierta final.

Según el “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” aprobado por el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, el 21 de diciembre del 2017, la cobertura final debe ser con material de un espesor no menor a 0.50 metros. Así mismo, en la “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos”, se propone un conjunto de pautas para asegurar una adecuada cobertura final:



- a) *Residuos sólidos compactos antes de aplicar el material de cobertura.*
- b) *Material de cobertura de operación normal, se coloca una capa superior a 0,2 m*
- c) *Sistema de drenaje de gases, construido con grava arenosa o escombros de construcción; este material tiene una buena permeabilidad y se debe compactar bien; se recomienda su uso cuando los residuos sólidos depositados han superado los 6 m.*
- d) *Capa de sello para colocar una barrera de baja permeabilidad; en este caso se deben colocar dos capas de material arcilloso de 0,2 m cada una con una permeabilidad de 1×10^{-6} cm.*
- e) *Segunda cubierta de material grueso de 0,2 m de espesor mínimo para que actúe como una capa de drenaje de aquellos líquidos (agua pluvial) que pasen de la cubierta superior. Se requiere para aquellos sitios cuya conformación final tenga pendientes mayores o iguales a 3%.*
- f) *Geotextil después de la capa de drenaje con el fin de evitar la saturación de los poros de la capa permeable y minimizar la erosión.*
- g) *Cubierta de tierra vegetal para proteger las capas inferiores del daño mecánico y de la erosión. El espesor de esta capa dependerá del material disponible y del uso final que se planee dar al sitio. En cualquier caso, el espesor mínimo recomendado es de 0,2 m. Si se ha planificado la plantación de árboles y arbustos se puede requerir hasta espesores de un metro. Debe evitarse que las raíces penetren y dañen las capas de clausura que se encuentran más abajo.*

Por lo tanto, al analizar el Decreto 1/97 de Cataluña, el “D.S. 014-2017-MINAM: Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” y la “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos”, se concluye que ambos



tienen el mismo criterio técnico restrictivo, variando solamente en las características deseadas para cada una de las capas del material de cobertura final, en las que se modifica el espesor y el coeficiente de permeabilidad.

De conformidad a lo establecido en las normas técnicas citadas anteriormente, la variable “cobertura final” queda clasificada de la siguiente manera:

- La cobertura final se considerará **muy adecuada** cuando se cumplen estos requisitos:
 - Capa de asentamiento u homogeneización de espesor mínimo de 0.50 m
 - Capa drenante de gases. Es recomendada pero no exigida.
 - Capa mineral impermeable (capa arcillosa $k < 10^{-9}$ m/s) y con espesor mínimo de 0.9 m.
 - Nivel drenante continuo protegido por un geotextil filtrante o por una capa de material granular, de un grosor mínimo de 30 cm. con gravas $k \geq 10^{-3}$ m/s.
 - Capa de tierra de 50 cm. de grosor para soportar la vegetación.
 - Capa vegetal de 50 cm. convenientemente abonada. La profundidad establecida es para evitar que las raíces penetren y dañen las capas de clausura que se encuentran más abajo.
 - Pendiente final de la capa de sellado del 2% hacia el exterior del vertedero.

En el caso de no existir aún frentes completos se considerará también muy adecuada la condición de esta variable.

- La cobertura final será **adecuada**, si se cumplen todas las exigencias, excepto la existencia de capa drenante de gases.



- La cobertura final será **media** si se cumplen los requisitos relativos a la capa mineral impermeable, así como los del nivel drenante, pero no se cumplen todos los relativos al resto de las capas.
- La cobertura final será **deficiente**, si no se cumplen los requisitos relativos a la capa mineral impermeable, y/o los del nivel drenante, pudiendo o no cumplirse los relativos al resto de las capas.
- La cobertura final será **inexistente**, cuando no se tiene capa de cobertura final.

Por lo indicado, la modificación de esta variable solo afectó a la condición muy adecuada. Según Calvo (2003), esta variable está directamente relacionada con el elemento estructural humedad, por lo tanto, se asigna una ponderación máxima (2) para todos los elementos del medio o componentes socioambientales.

En el cuadro N° 34 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “cobertura final”.

Cuadro N° 34: Condición, clasificación y ponderación de la variable “cobertura final”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Cobertura final | Muy adecuada | Muy bajo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Adecuada | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Media | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Deficiente | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Inexistente | Muy alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia



4. Compactación

La compactación es una práctica habitual en los rellenos sanitarios, la cual consiste en presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. Se debe de asegurarse una correcta compactación la cual mejorara también la capacidad del relleno. Este procedimiento reduce la cantidad de aire remanente en los depósitos de residuos sólidos (el cual puede acelerar la descomposición, incrementar el olor, la propagación de superficie inflamable y la contaminación de agua), también se previene los espacios vacíos los cuales reducen la estabilidad de los residuos pudiendo provocar un colapso.

Sandoval (2013) establece que “logrando una buena compactación se reduce la probabilidad de problemas futuros. En la mayoría de rellenos se hace uso de maquinaria “tractor oruga” para la operación de colocación y compactación; la técnica recomendada es diseñada para la compactación efectiva de residuos sólidos manteniendo pequeñas áreas de trabajo”. (p. 108)

La variable “compactación” afectará a todos los elementos del medio o componentes socioambientales: aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, atmósfera, flora, fauna, salud y sociedad; ya que una inadecuada compactación puede tener como consecuencia diversos impactos como mayor producción de lixiviados, mayor riesgo de explosiones, baja estabilidad de la masa de residuos, entre otros. Para clasificar la variable “compactación” se ha tomado como referencia la clasificación propuesta por Garrido (2008), la cual combina el tipo de vertedero en función de su grado de compactación con la clasificación establecida en la metodología EVIAVE original por Calvo (2003).



La clasificación de esta variable se establece en cinco categorías:

- La compactación se considerará **muy alta** si en el vertedero es de balas y/o se realiza una explotación adecuada, cumpliendo lo siguiente:
 - No existen balsas superficiales
 - No hay grietas
 - No hay asentamientos pronunciados,
 - No se observa inclinación de chimeneas de extracción de gas
 - No hay rebusca de aves
 - La maquinaria no encuentra dificultad de movimiento.
- La compactación será **alta** si el vertedero es de balas, pero la explotación se considera regular porque no se cumplen todos los requisitos de explotación adecuada, pero al menos se cumplen la mitad de ellos; o el vertedero es de alta compactación con buena explotación.
- La compactación será **media** si el vertedero es de balas, pero la explotación es deficiente ya que no se cumple al menos la mitad de los requisitos de explotación adecuada, o el vertedero es de alta densidad con una explotación regular, o el vertedero es de media densidad con una adecuada explotación.
- La compactación será **baja** si el vertedero es de alta densidad con una explotación deficiente, o el vertedero es de media densidad con una explotación regular, o el vertedero es de baja densidad con una adecuada explotación.
- La compactación será **muy baja** si el vertedero es de media densidad con una explotación deficiente, o el vertedero es de baja densidad con una explotación regular, o el vertedero no tiene compactación alguna.



Se asigna una ponderación máxima (2) para los elementos del medio: *agua superficial, agua subterránea, atmosfera, suelo, fauna y salud y sociedad*, al encontrarse directamente relacionados con el elemento estructural densidad. Además, se asignó un valor de (1) al elemento *flora*, ya que no está relacionado de manera directa.

En el cuadro N° 35 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “compactación”.

Cuadro N° 35: Condición, clasificación y ponderación de la variable “compactación”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|--------------|-----------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Compactación | Muy alta | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | Alta | Baja | 2 | | | | | | | |
| | Media | Media | 3 | | | | | | | |
| | Baja | Alta | 4 | | | | | | | |
| | Muy baja | Muy alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia

5. Control de gases

La recuperación de biogás se instituye en los rellenos sanitarios por dos razones, una razón se basa en la recuperación para controlar el gas; por ejemplo, para el control ambiental, los métodos de control ambiental incluyen el quemado y la simple dilución y dispersión. El control ambiental es esencial para la operación de los rellenos sanitarios grandes y modernos. La segunda razón para la recuperación de gas se basa en el aprovechamiento del contenido de energía del gas para su utilización. (Sandoval, 2013, p. 89)



El MINAM (2017) establece en el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos lo siguiente: los rellenos sanitarios que manejen más de 200 toneladas de residuos sólidos diarios, deben implementar progresivamente la captura y quema centralizada de gases. En caso de que sean menores a las 200 toneladas diarias, deben implementarse captura y quema convencional de gases u otra medida orientada a la mitigación de gases de efecto invernadero. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 114)

Según el CONAM (2004) en su Guía Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos, indica la técnica más empleada en el manejo apropiado del biogás es el de chimeneas o pozos de venteo pasivos. (p. 48)

En el cuadro N° 36 se presentan los controles activos y pasivos de un sistema de recogida de gases más conocidos.

Cuadro N° 36: Controles activos y pasivos de un sistema de recogida de gases

| Control pasivo | Control activo |
|--|---|
| Ventilación para rebajar la presión/quemadores en la cobertura del vertedero | Chimeneas perimétricas para extracción del gas y control de olores |
| Zanjas perimetrales de intercepción | Zanjas perimétricas para extracción del gas (en vertederos poco profundos de > 8 m) |
| Zanjas perimétricas barrera | Chimeneas perimétricas con inyección de aire (en vertedero de profundidad de < 7 m) |
| Barrera impermeable dentro de vertederos | Chimeneas verticales para extracción del gas (en vertederos antiguos ya llenos) |
| Barrera absorbente para oligogases. | Chimeneas horizontales para extracción del gas (en vertedero donde se hayan completado 2 o más niveles) |
| | Gestión del condensado para recuperación de gas. |

Fuente: (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)



La metodología EVIAVE, toma en cuenta los criterios establecidos en la R.D. 1481/2001 y en el Decreto 1/97 de Cataluña, donde se establecen las medidas para controlar la acumulación y emisiones de gases de vertedero. En Perú la normativa ambiental vigente indica diversos sistemas de control y monitoreo de biogás, pero no señalan la frecuencia con la que se debe realizar. Por lo tanto, las condiciones consideradas en la metodología EVIAVE para la clasificación de la variable, no sufre modificación alguna.

La clasificación de la variable se encuentra establecida de la siguiente manera (Garrido, 2008):

- El control de gases se considerará **muy adecuado** si el vertedero posee y está en buen estado al menos uno de los controles pasivos y uno de los activos; además los gases se tratarán y se aprovecharán para energía, y si no pueden aprovecharse se quemará antes de su salida al exterior; la frecuencia de medición y control será la siguiente: emisiones potenciales de gas y presión atmosférica CH₄, CO₂, O₂, H₂S, H₂, etc. mensualmente.
- El control de gases será **adecuado** si se cumplen con las indicaciones del caso anterior, excepto que no exista tratamiento de los gases ni recuperación de energía ni quemadores.
- El control de gases será **regular** si los controles activos y pasivos existen, pero no están en buen estado o bien no existe medición en la frecuencia que establece el punto muy adecuado.
- El control de gases será **bajo** si existe déficit en la recogida y en la frecuencia de medición de gases, pudiendo existir o no aprovechamiento de energía.



- El control de gases será **nulo** si no existen controles de gases; no hay recogida, aprovechamiento ni tampoco mediciones.

Siguiendo el criterio establecido por Calvo (2003) se asigna una ponderación máxima (2) para el elemento del medio *atmósfera, fauna y flora*, mientras que para los elementos del medio aguas subterráneas, suelo, y salud y sociedad alcanza valor mínimo (1) por no tener relación directa con los mismos, ver cuadro N° 37.

Cuadro N° 37: Condición, clasificación y ponderación de la variable “control de gases”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | |
|------------------|--------------|--------------------|---|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Control de Gases | Muy adecuado | Muy baja | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | Adecuado | Baja | 2 | | | | | | |
| | Medio | Media | 3 | | | | | | |
| | Bajo | Alta | 4 | | | | | | |
| | Nulo | Muy alta | 5 | | | | | | |

Elaboración propia

6. Control de lixiviados

El lixiviado es el líquido que percola a través de los residuos sólidos y que acarrea materiales disueltos o suspendidos, estos se generan como resultado de la degradación microbiana, procesos de solución/precipitación de constituyentes y reacciones de absorción/desorción producido en la descomposición de la fracción orgánica y putrescible de los residuos.

La infiltración de agua de lluvia es el principal generador de lixiviados en los rellenos sanitarios o en los botaderos, además existen otros contribuyentes como son el contenido de humedad propia de los residuos sólidos y el agua de escorrentía que entra en contacto con los residuos sólidos.



Según Sandoval (2013) en su **“Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizados”** afirma que la finalidad central de una instalación para la colección de lixiviado es captar, tan rápido como sea posible, el lixiviado en el relleno sanitario. La cantidad de lixiviado dentro del relleno sanitario debe mantenerse al mínimo porque la presión de agua puede forzar el lixiviado a través de un revestimiento permeable o a través de cualquier imperfección en el revestimiento, y puede afectar de manera negativa la integridad y las propiedades del revestimiento. (p. 81)

El diseño debe hacerse de modo tal que el sistema de colección de lixiviado funcione como una unidad eficaz de drenaje y debe prevenirse, en todo momento, la obstrucción de sus componentes. El sistema de drenaje desempeña una función importante en el funcionamiento del sistema de colección de lixiviado y realiza dos funciones claves (Sandoval, 2013, p.81):

- a) Proporciona una ruta para que el lixiviado migre fácilmente y de preferencia hacia las tuberías para la colección.
- b) Ofrece protección al revestimiento de la base contra los residuos sólidos depositados en la primera franja y contra el equipo pesado.

Sandoval (2013) manifiesta que el material más apropiado para usarse como capa de drenaje es la grava, ya que la tendencia es usar materiales permeables. También puede usarse arena gruesa o una mezcla de arena y grava.

El método para manejar el lixiviado de un relleno sanitario determinará el riesgo asociado con la contaminación de acuíferos subterráneos. Hay varias alternativas para manejar el lixiviado. Algunas de las alternativas son (Sandoval, 2013, p.84):



- a) La descarga a un sistema de tratamiento de aguas residuales fuera del sitio.
- b) La evaporación (natural o inducida).
- c) La recirculación o el reciclaje.
- d) El tratamiento en el terreno.

El “Reglamento para el diseño, operación y mantenimiento de infraestructura de disposición final: rellenos sanitarios”, la “Guía Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos” y la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizados” establecen diversos criterios para la correcta gestión del lixiviados, las cuales incluyen un diseño de sistema de drenaje, almacenamiento, tratamiento y sistema de control y monitoreo (incluye el diseño y técnicas de muestreos). Pero a diferencia de la normativa europea, el marco técnico legal peruano no establece la frecuencia del control de volumen y composición del lixiviado.

La Real Decreto 1481/2001, normativa europea que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertederos, establece que deberán recogerse muestras de lixiviados si los hay en puntos representativos; cumpliendo con la frecuencia establecida según lo presentado en el cuadro N° 38.

Cuadro N° 38: Frecuencia de muestreo en diferentes fases

| | Fase de explotación | Fase de mantenimiento |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Volumen de los lixiviados | Mensualmente | Semestralmente |
| Composición de los lixiviados | Trimestralmente | Semestralmente |

Fuente: R.D. 148/2001



De conformidad a lo establecido por Garrido (2008) la variable “control de lixiviado” se clasifica en:

- Control de lixiviados **muy adecuado** cuando existe control del volumen mensual y de la composición del lixiviado, los sistemas de drenaje están en buen estado, existen balsas de almacenamiento y hay tratamiento de los lixiviados excluyéndose la recirculación.
- Control de lixiviados **adecuado** si existe control del volumen y composición del lixiviado con las frecuencias indicadas, los sistemas de drenaje están en buen estado, existen balsas de almacenamiento adecuadas y en buen estado de conservación y el tratamiento de los lixiviados es de recirculación.
- Control de lixiviados **regular** si existe sistema de drenaje y almacenamiento con tratamiento o recirculación en los que se observan problemas de diseño y/o conservación; el control del volumen y composición se realiza, pero no correctamente.
- El control de lixiviados será **bajo** si existe sistema de drenaje y almacenamiento con o sin recirculación, pero con mal diseño y conservación; no existe control del volumen y composición de los lixiviados.
- El control de lixiviados será **nulo** si no existe control, ni drenaje de lixiviados, ni almacenamiento ni tratamiento.

El impacto del lixiviado en la flora, la fauna, las aguas superficiales, subterráneas y el suelo es muy alto y está gobernado por algunos factores como la alta cantidad de materia orgánica, metales pesados, alto contenido en nitrógeno y flujo de masa de contaminantes. Por lo tanto, la ponderación asignada a los elementos del medio que se ven afectados directamente, es máxima con un puntaje de 2, ver cuadro N° 39.



Cuadro N° 39: Condición, clasificación y ponderación de la variable “control de lixiviados”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | |
|-----------------------|--------------|--------------------|---|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Control de Lixiviados | Muy adecuado | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Adecuado | Baja | 2 | | | | | | |
| | Medio | Media | 3 | | | | | | |
| | Bajo | Alta | 4 | | | | | | |
| | Nulo | Muy alta | 5 | | | | | | |

Elaboración propia

7. Distancia a infraestructuras

Calvo (2003) justificó la necesidad de localizar los vertederos fuera del radio de afección a las diferentes infraestructuras, para lo cual clasificó a esta variable como variable de ubicación. La metodología EVIAVE ha considerado varios criterios para establecer que infraestructuras se pueden ver afectadas, así como las distancias que deben existir entre ellas y el sitio de disposición final, para ello se consideraron diversos estudios como: Criterios de ubicación de vertederos respecto a captaciones subterráneas (Kontos et al., 2005), Estudio de localización de vertederos en la V Región de Valparaíso (Szanto et al., 1997), entre otros.

Todas las infraestructuras consideradas susceptibles por la presencia de un vertedero, se ha agrupado en dos niveles; en el primer nivel se han incluido aquellas infraestructuras que afectan un número elevado de individuos; en el segundo nivel se han incluido a aquellas que por su presencia suponen una molestia o pueden estar relacionadas con riesgos de accidentes laborales y dificultad en las labores de operación si están situadas en las proximidades de los vertederos. En el cuadro N° 40 se presenta las infraestructuras y los criterios de distancia establecidos para cada uno.



Cuadro N° 40: Infraestructuras y criterios de distancia establecidos

| | Infraestructura | Distancia mínima a punto de vertido |
|---------|---|---|
| Tipo I | Aeropuertos | > 3000 m |
| | Aeródromos | > 1500 m |
| | Estaciones eléctricas | >1000 m |
| | Conducciones y redes de abastecimiento de aguas | > 100 m |
| | Pozos, fuentes y manantiales | > 2000 m en dirección aguas arriba del flujo > 500 m. en dirección aguas abajo del flujo |
| | Oleoductos | > 100 m |
| | Gaseoductos | |
| Tipo II | Redes de alta tensión | > 100 m |
| | Vías nacionales y provinciales | > 1000 m |
| | Vías comarcales | > 500 m |

Fuente: Paolini Méndez (2007)

El D.S. 014-2017-MINAM: Reglamento del D.L. N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, no establece distancias mínimas a infraestructuras que pueden verse afectada por la ubicación y operación de un relleno sanitario. Por lo tanto, los criterios establecidos en la metodología EVIAVE original, son más restrictivos.

De conformidad a lo establecido en la metodología EVIAVE, se clasifican en:

- **Infraestructuras con afección nula, si** no existe afección porque se encuentran alejadas, teniendo en cuenta como distancia mínima de referencia establecida.
- **Infraestructuras con baja afección, si** se cumplen todas las condiciones de distancia mínima de referencia para las infraestructuras del Tipo I, pero no se cumplen 1 o 2 de las del Tipo II.
- **Infraestructuras con afección media, si** se cumplen todas las condiciones de distancia mínima de referencia para las infraestructuras del Tipo I, pero no para 3 o más de las del Tipo II.



- **Infraestructuras con afección alta**, si no se cumplen las distancias mínimas de referencia para una de las infraestructuras del Tipo I, independientemente del número de infraestructuras afectadas del Tipo II.
- **Infraestructuras con afección muy alta** si no se cumplen las distancias mínimas para dos o más de las infraestructuras del Tipo I, independiente del número de infraestructuras afectadas del Tipo II.

Según Calvo (2003) esta variable tendrá ponderación máxima (2) para el elemento del medio al que afecta, “*salud y sociedad*”, ya que está relacionada directamente. En el cuadro N° 41 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable.

Cuadro N° 41: Condición, clasificación y ponderación de la variable “distancia a infraestructuras”

| Variable | Condición | Clasificación (C _j) | | Ponderación (P _j) |
|--------------------------------------|--|---------------------------------|---|-------------------------------|
| | | | | Salud y Sociedad |
| Distancias a Infraestructuras | Infraestructuras con afección nula | Muy Bajo | 1 | 2 |
| | Infraestructuras con baja afección | Bajo | 2 | |
| | Infraestructuras con afección media | Medio | 3 | |
| | Infraestructuras con afección alta | Alto | 4 | |
| | Infraestructuras con afección muy alta | Muy alto | 5 | |

Elaboración propia

8. Distancia a cuerpos de aguas superficiales

La contaminación de aguas superficiales por los lixiviados generados en el punto de vertido es uno de los riesgos más importantes, debido al incremento de las cargas orgánicas, disminución del oxígeno disuelto, aumento de los nutrientes, nitrógeno y fósforo, lo que ocasiona el crecimiento descontrolado de algas que dan lugar a los procesos de eutrofización. Como resultado se produce una afección a la calidad del agua superficial y la afectación de la fauna y flora existente.



El MINAM (2017) en el “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” establece que las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos no deben estar ubicadas a distancias menores de 500 metros de fuentes de aguas superficiales. Así mismo, no debe estar ubicada en zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 110)

La variable “distancia a cuerpos de aguas superficiales” queda establecida de la siguiente manera:

- La distancia a cuerpos de aguas superficiales será considerada **muy baja cuando** están situadas a menos de 50 m o bien los residuos están en contacto directo con las aguas superficiales.
- La distancia a cuerpos de aguas superficiales se considerará **baja** si se encuentra situada entre 50 y 300 m.
- La distancia a cuerpos de aguas superficiales se considerará **media** si las aguas superficiales están situadas a distancias comprendidas entre 300 – 700 m.
- La distancia a cuerpos de aguas superficiales se considerará **alta** si las aguas superficiales están situadas a distancias comprendidas entre 700 – 1000 m.
- La distancia a cuerpos de aguas superficiales se considerará **muy alta** si las aguas superficiales están situadas a distancias superiores de 1000 m.

Según Calvo (2003) la variable relativa a la “distancia a cuerpos de aguas superficiales” tiene una ponderación máxima (2), a pesar de no estar relacionada directamente con ninguno de los tres elementos estructurales definidos, influye directamente en la contaminación de los cuerpos de agua superficial.



En el cuadro N° 42 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “distancia a cuerpos de agua superficiales”.

Cuadro N° 42: Condición, clasificación y ponderación de la variable “distancia a cuerpos de aguas superficiales”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | |
|--|-----------|--------------------|---|------------------|-------|-------|
| | | | | A. Superficial | Fauna | Flora |
| Distancia a cuerpos de aguas superficiales | Muy alta | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | Alta | Baja | 2 | | | |
| | Media | Media | 3 | | | |
| | Baja | Alta | 4 | | | |
| | Muy Baja | Muy alta | 5 | | | |

Elaboración propia

9. Distancia a núcleos poblados

La población cercana al sitio de disposición final de residuos sólidos está expuesta a contaminantes que pueden llegar a ellos por acción del viento, el agua o el suelo. En la contaminación del aire incluye la migración de gases, polvo y productos químicos, especialmente durante la explotación. Las aguas superficiales y subterráneas se pueden contaminar por infiltración de lixiviados o por las prácticas inadecuadas del manejo de residuos, vertiendo estos en fuentes hídricas, llegando a afectar a fuentes públicas para abastecimiento o bien a aguas con fines recreativos.

El D.S. 014-2017-MINAM: “Reglamento del D.L. N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, establece que las infraestructuras de disposición final deben ubicarse a una distancia no menor a 500 m. de poblaciones, así como de granjas porcinas, avícolas, entre otras. Con base a los criterios mencionados, se propone una clasificación que establece un perímetro de protección más estricta, alrededor de los núcleos de 500 metros, ya que es la distancia utilizada en el Perú.



- La distancia a núcleos de población se considerará **muy cercana** cuando la infraestructura se ubique en un perímetro de protección menor a 500 metros.
- La distancia a núcleos de población se considerará **cercana** si la infraestructura de disposición final está localizada entre 500 a 700 metros del vertedero.
- La distancia a núcleos de población se considerará **media** cuando hay existencia de una zona urbana próxima entre 700 a 1 km.
- La distancia a núcleos de población se considerará alejada si la infraestructura se localiza a una distancia entre 1 a 1.2 km
- La distancia a núcleos de población se considerará **muy alejada** si la infraestructura se ubica a más de 1.2 km.

La ponderación de esta variable está relacionada directamente con el elemento del medio a que afecta, *salud y sociedad*, ya que está relacionada directamente con la afección a la salud de los habitantes de los núcleos de población, así como al rechazo social que su ubicación suele plantear, por lo tanto, adquiere un valor máximo de 2. En el cuadro N° 43 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “distancia a núcleos poblados”.

Cuadro N° 43: Condición, clasificación y ponderación de la variable “distancia a núcleos poblados”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) |
|----------------------------------|-------------|--------------------|---|------------------|
| | | | | Salud y sociedad |
| Distancia a núcleos de población | Muy Alejada | Muy bajo | 1 | 2 |
| | Alejada | Bajo | 2 | |
| | Media | Medio | 3 | |
| | Cercana | Alto | 4 | |
| | Muy cercana | Muy alto | 5 | |

Elaboración propia



10. Edad del vertedero

Según Garrido (2008) la materia orgánica presente en un vertedero sufre un proceso de degradación, hasta su total estabilización, por ello el vertedero puede considerarse como un biorreactor cuya vida varía en función de los residuos depositados, así como las condiciones del mismo, oscilando entre 10 a 20 años e incluso llegar a alcanzar los 100 años. Como consecuencia, y a medida que la materia orgánica se va degradando, se observan diferencias en el poder contaminante entre vertederos jóvenes y antiguos, siendo los segundos los menos agresivos con el medioambiente. (p. 253)

En el cuadro N° 44 se presenta la composición del lixiviado en un vertedero joven y en uno antiguo, en el cual se evidencia las variaciones en las concentraciones obtenidas.

Cuadro N° 44: Composición de lixiviados en distintas etapas

| Parámetro | Lixiviado de residuos recientes | Lixiviado de residuos antiguos |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| pH | 6,2 | 7,5 |
| DQO | 23800 mg/l | 1160 mg/l |
| DBO | 11900 mg/l | 260 mg/l |
| Ácidos grasos | 5688 mg/l | 5 mg/l |
| Nitrógeno amoniacal | 790 mg/l | 370 mg/l |
| Oxidantes | 3 mg/l | 1 mg/l |
| Fosfato | 0,73 mg/l | 1,4 mg/l |
| Cloruro | 1315 mg/l | 2080 mg/l |
| Magnesio | 252 mg/l | 185 mg/l |
| Potasio | 780 mg/l | 590 mg/l |
| Calcio | 1820 mg/l | 250 mg/l |
| Manganeso | 27 mg/l | 2,1 mg/l |
| Hierro | 540 mg/l | 23 mg/l |
| Níquel | 0,6 mg/l | 0,1 mg/l |
| Cobre | 0,12 mg/l | 0,3 mg/l |
| Zinc | 21,5 mg/l | 0,4 mg/l |
| Plomo | 8,4 mg/l | 0,14 mg/l |

Fuente: Bell, 1999



El lixiviado generado en un vertedero cambia su composición a lo largo del tiempo, normalmente en los vertederos jóvenes, hasta los 5 años aproximadamente, la concentración de la materia orgánica (DBO₅ y DQO) es mayor, y posteriormente se va reduciendo gradualmente con la edad. (Garrido, 2008, p. 254)

La metodología EVIAVE considera intervalos de 5 años, por lo cual la clasificación de la variable queda definida de la siguiente manera:

- Un vertedero será considerado **joven** si tiene hasta 5 años
- Un vertedero será considerado de **edad media** si tienen entre 5 y 10 años
- Un vertedero será considerado **maduro** si la edad está entre 10 y 15 años
- Un vertedero será considerado **viejo** si la edad se encuentra entre 15 y 20 años
- Un vertedero será considerado muy **viejo** si el vertedero posee más de 20 años

Tal y como justificó Calvo (2003), la ponderación de esta variable tiene valor mínimo (1) para todos los elementos del medio, ya que no afecta directamente a ninguno de los elementos estructurales, ni tampoco influye directamente en los elementos del medio. En el cuadro N° 45 se presenta la condición, clasificación y ponderación para la variable “edad del vertedero”.

Cuadro N° 45: Condición, clasificación y ponderación de la variable “edad del vertedero”

| Variable | Condición | Clasificación (C _j) | | Ponderación (P _j) | | | | | | |
|--------------------|------------|---------------------------------|---|-------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Edad del vertedero | Muy viejo | Muy bajo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Viejo | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Maduro | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Edad Media | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Joven | Muy Alto | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia



11. Erosión

Según Hudson (1992) afirma que la erosión es esencialmente un proceso de suavización o nivelación en el que el material puede ser transportado, rodado y arrastrado por la fuerza de la gravedad. Los principales agentes que intervienen en la disolución y ruptura de las partículas son el viento y el agua. Se consideran dos tipos de erosión:

- **Erosión hídrica**, que se entiende como el proceso de disgregación y transporte de las partículas del suelo por la acción de las aguas en movimiento, y en ella se incluyen la erosión laminar, erosión por golpeteo o salpicadura y erosión en surcos y cárcavas. (Jiménez, 2000)
- **Erosión eólica**, que produce el arrastre de la capa superior u horizontal por acción del viento aumentando así la aridez y la desertización, con las consecuencias negativas que este efecto tiene para el medioambiente. (Ledesma, 2000)

La normativa peruana vigente no hace referencia a la erosión producida por las diversas actividades de los vertederos o infraestructuras de disposición final, razón por la cual se mantiene la clasificación de la metodología EVIAVE original, clasificándola de la siguiente manera:

- La erosión se considera **muy baja** (laminar), cuando existen diminutos surcos ocasionalmente presentes.
- La erosión se considera **baja**, cuando existen surcos de hasta 15 cm. de profundidad.
- La erosión se considera **media** (inicial en surcos), cuando existen numerosos pequeños surcos de 15 a 30 cm. de profundidad.



- La erosión se considera **marcada**, si se observan numerosos surcos de 30 a 60 cm de profundidad que no impiden, aunque afectan al uso de maquinaria pesada.
- La erosión se considera **avanzada**, cuando existen surcos de más de 60 cm de profundidad que impiden el uso de maquinaria pesada, pero afectan poco al uso de maquinaria ligera y de tracción animal.

La ponderación de esta variable alcanzara valor máximo (2) para el elemento del medio suelo debido a tener una relación directa con la contaminación de dichos elementos; y para fauna y flora una ponderación mínima de (1) por estar relacionado indirectamente.

En el cuadro N° 46 se presenta la condición, clasificación y ponderación para la variable “erosión”.

Cuadro N° 46: Condición, clasificación y ponderación de la variable “erosión”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | |
|----------------|-----------|--------------------|---|------------------|-------|-------|
| | | | | Suelo | Fauna | Flora |
| Erosión | Muy baja | Muy baja | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | Baja | Baja | 2 | | | |
| | Media | Media | 3 | | | |
| | Marcada | Alta | 4 | | | |
| | Avanzada | Muy alta | 5 | | | |

Elaboración propia

12. Estado de caminos internos

Los caminos internos y de acceso al botadero son focos de producción de ruido, polvo y material particulado debido al tránsito de los vehículos de recolección, transferencia o maquinaria de operación en vertedero.



Según Garrido (2008), el material particulado es desplazado por el viento a distancias considerables del perímetro del vertido causando impacto sobre las plantas, recurso hídrico, personal del botadero y poblaciones cercanas; además de accidentes por falta de visibilidad e incluso dificultan el tránsito de los propios vehículos que transportan los residuos que puede eliminarse con un adecuado diseño.

Se considerará que los caminos internos están adecuadamente diseñados y utilizados, si se cumplen las siguientes condiciones (Garrido, 2008):

- Existen drenaje para la evacuación de las aguas de lluvia o esorrentía.
- Existe conservación de los caminos, limpieza de materiales ligeros acumulados en las cunetas, en el carril o en los alrededores.
- Todo el camino estará hormigonado o alquitranado hasta la zona de depósito, o al menos hasta la caseta del guardabarrera. Las vías temporales estarán hechas con restos de construcción compactados que eviten la formación de baches y asentamientos. Las calles para los compactadores deben estar hechas con pavimento de piedra o gravilla debido a los dientes de acero que tienen en las ruedas.
- En zonas habituales de viento existirán pantallas vegetales o pantallas móviles que capten el polvo morigerando su efecto.

La normativa ambiental peruana y las guías establecidas en relación con los sitios de disposición final de residuos sólidos no indican los requisitos para el adecuado diseño y mantenimiento de los caminos internos de las infraestructuras de disposición final, por ello se considera los criterios establecidos por Garrido (2008) en la metodología EVIAVE, para clasificar la variable “estado de los caminos internos”.



De conformidad a lo establecido la variable “estado de los caminos internos” se clasifica en:

- Estado de los caminos internos **muy adecuado** si se encuentra cerrado y no existe posibilidad de acceso al mismo ya que, en este caso, se estima que la probabilidad de afección de esta variable sobre el medio es muy baja por no existir tráfico de vehículos.
- Estado de los caminos internos **adecuado** si se cumplen todas las condiciones establecidas para el caso de muy adecuados, excepto que las vías temporales están hechas con restos de construcción compactados y que las calles para los compactadores estén hechas con pavimento de piedra o gravilla.
- Estado de los caminos internos **regular** si existe conservación de los caminos internos, o no poseen drenaje de la escorrentía, o el camino no está hormigonado o alquitranado hasta la zona de depósito.
- Estado de los caminos internos **deficiente** si no existen pantallas vegetales o móviles ni tampoco drenajes, pero si existe conservación de los caminos internos del vertedero.
- Estado de los caminos internos **inadecuado** cuando no se cumplen ninguna de las condiciones establecidas en el correcto diseño y explotación de los caminos internos.

La ponderación de esta variable alcanzará un valor mínimo para los elementos del medio: agua superficial, atmosfera, suelo y salud y sociedad, ya que tiene una relación indirecta con la contaminación de dichos elementos.



En el cuadro N° 47 se establece a manera de resumen la condición, clasificación y ponderación de la variable “estados de los caminos internos”.

Cuadro N° 47: Condición, clasificación y ponderación de la variable “estado de los caminos internos”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|---|------------------|-----------|-------|------------------|
| | | | | Agua superficial | Atmósfera | Suelo | Salud y Sociedad |
| Estado de los caminos internos | Muy adecuado o inoperativo | Muy baja | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Adecuado | Baja | 2 | | | | |
| | Regular | Media | 3 | | | | |
| | Deficiente | Alta | 4 | | | | |
| | Inadecuado | Muy alta | 5 | | | | |

Elaboración propia

13. Fallas

Las fallas son superficies de fractura a lo largo de las cuales se desplazan los lechos de material, con movimientos relativos entre las dos secciones fracturadas, pudiendo ser desplazamiento de tan sólo pocos centímetros o bien de muchos kilómetros. La localización de los puntos de vertido en zonas donde existan fallas es un riesgo ambiental que afecta a la posible contaminación de aguas subterráneas, por ser estas líneas preferenciales de escurrimiento de los perfilados.

Según el MINAM (2017) en su “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” se establece que la zona destinada a la implementación de una infraestructura de disposición final no debe presentar fallas geológicas, ni ubicarse en lugares inestables. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 110)

Una de las reglamentaciones de la Environmental Protection Agency (EPA), sobre la localización de vertederos, establece que los vertederos no deben localizarse a menos de 60 metros de una falla la cual haya tenido desplazamientos durante la época del Holoceno (EPA, 2000).



Este fue el criterio considerado por Calvo (2003) para clasificar la variable, pero sin tener en cuenta el grado de actividad de las fallas. Por lo tanto, se estableció los siguientes casos:

- Existente en el mismo vaso (fallas en un radio inferior a 60 m del vertido)
- Si hay fallas en un radio inferior a 60 m del punto de vertido, pero escasas.
- No hay fallas en un radio inferior a 60 m del punto de vertido

Teniendo en cuenta los criterios indicados se establece la clasificación de la variable de la siguiente manera:

- Se considerará que las fallas **no existen** cuando no existen fallas o están ubicadas a más de 60 m del vaso de vertido y fuera del perímetro del vertedero.
- Se considerará que las fallas **existen en el entorno del vaso de vertido, pero son de baja actividad**, cuando existen fallas a más de 60 m del vaso, dentro del perímetro del vertedero, pero están inactivas desde la época del Terciario y anteriores (más de 1.650.000 años).
- Se considerará que las fallas **existen en el entorno del vaso de vertido con actividad media**; cuando las fallas estén activas a más de 60 m del vaso, dentro del perímetro del vertedero (se han movido durante el Holoceno, en los últimos 10.000 años) o pueden estar potencialmente activas porque se han movido durante el Cuaternario (10.000 - 1.650.000 años).
- Se considerará en **el vaso de vertido, pero inactivas** cuando existen fallas en el vaso de vertido, inactivas (no se han movido durante el Terciario) o potencialmente activas (no se han movido durante el Cuaternario). La condición fallas **en el vaso de vertido** ocurre cuando existen fallas activas en el vaso de vertido (se han movido durante el Holoceno).



La ponderación de esta variable para el único elemento del medio que afecta, aguas subterráneas, alcanza un valor mínimo ya que no está directamente relacionada con los elementos estructurales o con el elemento del medio considerado.

En el cuadro N° 48 se presenta las condiciones, clasificaciones y ponderaciones para la variable “fallas”.

Cuadro N° 48: Condición, clasificación y ponderación de la variable “fallas”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) |
|----------|---|--------------------|---|--------------------|
| | | | | Aguas subterráneas |
| Fallas | No existen | Muy baja | 1 | 1 |
| | Existen en el entorno del vaso de vertido, pero son de baja actividad | Baja | 2 | |
| | Existen en el entorno del vaso de vertido con actividad media | Media | 3 | |
| | En el vaso de vertido, pero inactivas | Alta | 4 | |
| | En el vaso de vertido | Muy alta | 5 | |

Elaboración propia

14. Impermeabilización del punto de vertido

La impermeabilización de un vertedero consiste en un recubrimiento, con materiales naturales y/o artificiales, con la finalidad de evitar la migración del lixiviado y del biogás generado a consecuencia de la descomposición de los residuos, el cual se conseguirá combinando una barrera geológica natural con un revestimiento artificial estanco bajo la masa de residuos.

Se considera que existirá una barrera geológica natural adecuada cuando las condiciones geológicas e hidrogeológicas subyacentes, y en las inmediaciones, tengan capacidad de atenuación suficiente para impedir un riesgo potencial para el suelo y las aguas subterráneas.



El D.S. N° 014-2017-MINAM: Reglamento del D.L. 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece que las instalaciones del relleno sanitario deben cumplir como mínimo con Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y en un espesor mínimo de 0.40 m); salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente. De no cumplir con las condiciones antes descritas, la impermeabilización de la base y los taludes del relleno deben considerar el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2. mm y el uso de geotextil entre la geomembrana.

La condición de la clasificación de esta variable en la metodología EVIAVE original se basa en las exigencias del Real Decreto 148/2001 y del Decreto 1/97 de Cataluña en los que se establece que la impermeabilización debe considerar una berrera geológica natural con permeabilidad $< 10^{-9}$ m/s y espesor de 2 metros. Si estos condicionantes no se cumplen se podrá instalar una capa minera > 0.9 m y de permeabilidad $< 5 \times 10^{-10}$ m/s cuando no sean materiales consolidados con elevada permeabilidad, sean materiales porosos no consolidados o cuando se trate de una zona inundable por las crecidas de un curso de agua relativas sobre todo el vaso y sobre los flancos laterales o los muros de contención que deben tener pendiente de 2:1 Debe tener un grosos $> 1,5$ mm.

Al analizar la normativa peruana y española, en referencia a los requisitos mínimos para la impermeabilización de los sitios de disposición final, se concluye que la normativa española es más exigente en relación con la profundidad o espesor de la capa mineral. Por lo tanto, la clasificación de la variable queda definida de la siguiente manera:



- La impermeabilización del punto de vertido tendrá la condición de **muy alta**, si existe una barrera geológica natural con permeabilidad menor a 10^{-9} m/s y espesor de 2 m. Si esto no se cumplen se podrá instalar una capa mineral menor 0,9 m y permeabilidad menor a 5×10^{-10} m/s, cuando no sean materiales consolidados con elevada permeabilidad, materiales porosos no consolidados (depósitos aluviales y llanuras costeras actuales, terrazas y depósitos aluviales antiguos poco cimentados), capas de alteración superficial de materiales originalmente poco permeables (margas, rocas ígneas, etc.) o zona inundable por las crecidas de un curso de agua relativas a un periodo de retorno de 500 años. Revestimiento artificial colocado sobre todo el vaso menor a 1,5 mm de grosor y sobre los flancos laterales o los muros de contención de 2:1.
- La impermeabilización será **alta**, en la base y los lados del vertedero si se dispone de una capa mineral con condiciones de permeabilidad y espesor menor a 10^{-9} m/s y 1 m respectivamente. Cuando la barrera geológica natural no cumpla las condiciones se completa con una barrera geológica artificial formada por una capa mineral de espesor menor 0,5 m y permeabilidad mayor a 5×10^{-10} m/s.
- La impermeabilización será **regular**, cuando la impermeabilización natural en el vaso y en los laterales está en buen estado, así la impermeabilización artificial presenta desperfectos.
- La impermeabilización será **baja**, cuando la impermeabilización natural del vaso y de los laterales no cumple los requisitos establecidos en el punto de impermeabilización alta, pero si las especificaciones de impermeabilización artificial.



- La impermeabilización será **muy baja**, cuando no se cumplen ninguno de los requisitos de impermeabilización natural y artificial para el vaso y los laterales del punto de vertido establecidos en el punto de impermeabilización alta.

La ponderación de esta variable para los elementos del medio *aguas superficiales*, *aguas subterráneas*, *flora* y *fauna* alcanza un valor máximo (2) debido que posee una relación directa con la contaminación producida por los lixiviados. Así mismo, para el elemento *suelo* toma un valor mínimo (1) ya afecta indirectamente al componente y no está directamente relacionada con ninguno de los elementos estructurales, ver cuadro N° 49.

Cuadro N° 49: Condición, clasificación y ponderación de la variable “impermeabilización del punto de vertido”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | |
|---|-----------|--------------------|---|------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Suelo | Fauna | Flora |
| Impermeabilización del punto de vertido | Muy alta | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | Alta | Baja | 2 | | | | | |
| | Regular | Media | 3 | | | | | |
| | Baja | Alta | 4 | | | | | |
| | Muy baja | Muy alta | 5 | | | | | |

Elaboración propia

15. Morfología a cauces superficiales

La variable morfología se puede ver afectada por el arrastre de materiales, en los que unas altas pendientes favorecen el drenaje de lixiviados a cuerpos de aguas y causar así su contaminación. Para solventar esta dificultad, algunos autores establecen la necesidad de compactar, minimizar la infiltración de aguas de lluvia y elevar el rendimiento de residuos dispuestos por unidad de superficie, lo que obliga siempre a producir elevaciones en el terreno natural. La cantidad de agua retenida por los



residuos en el vertedero dependerá en la capacidad de campo de la masa en la que el exceso se emitirá en forma de lixiviado. (Garrido Vegara, 2008)

La metodología EVIAVE clasifica la variable, tomando en consideración lo establecido por Fortuna (2002) y Glysson (2003), de la siguiente manera:

- La morfología se considerará **muy apropiada** si la pendiente hacia los cauces esta entre 1 y 20% y existe bajo potencial de escorrentía.
- La morfología se considerará **apropiada** cuando la pendiente oscile entre 1 y 20% y el suelo posee moreda velocidad de infiltración, o cuando la pendiente es inferior al 1% o superior al 20% y el suelo es de bajo potencial de escorrentía.
- La morfología se considerará **media** si la pendiente oscila entre 1 y 20% y el suelo posee baja velocidad de infiltración, o la pendiente es inferior al 1% o superior al 20% y el suelo posee velocidad de infiltración moderada.
- La morfología se considerará **inapropiada** si la pendiente oscila entre 1 y 20% y el suelo posee elevado potencial de escorrentía, o con pendiente inferior al 1% o superior al 20% y el suelo posee baja velocidad de infiltración
- La morfología se considerará **muy inadapropiada** si la pendiente inferior al 1% o superior al 20% y los suelos tienen elevado potencial de escorrentía.

Esta variable puede afectar a las aguas superficiales, subterráneas y al suelo, sin embargo, en su justificación sólo se ha considerado la formulación de esta variable para el elemento del medio aguas superficiales ya que para definir sus efectos en las aguas subterráneas se ha definido la variable “vulnerabilidad a los acuíferos”, y para el caso del suelo se ha definido la variable “erosión”.



La ponderación de la variable “morfología a cauces superficiales” adquiere un valor máximo de 2 para los elementos agua superficial, fauna y flora, al estar relacionada directamente con estos elementos del medio, ver cuadro N° 50.

Cuadro N° 50: Condición, clasificación y ponderación de la variable “morfología a cauces superficiales”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | |
|-----------------------------------|-----------|--------------------|---|---------------------|-------|-------|
| | | | | Aguas Superficiales | Fauna | Flora |
| Morfología a cauces superficiales | Muy baja | Muy apropiada | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | Baja | Apropiada | 2 | | | |
| | Media | Media | 3 | | | |
| | Alta | Inapropiada | 4 | | | |
| | Muy alta | Muy inapropiada | 5 | | | |

Elaboración propia

16. Precipitación

La precipitación se define como el agua, tanto en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve, granizo), que cae de la atmósfera sobre la superficie de la tierra. Además, es el principal factor que condiciona el ciclo hidrológico, la ecología y los usos del suelo en una región. Según Garrido (2008) el exceso de lluvia es uno de los riesgos de operación en los vertederos, debido a que incrementa la producción de lixiviados, que pueden afectar a diferentes elementos del medio.

En lugares donde la pluviometría es escasa se han encontrado vertederos que carecen de un contenido en humedad suficiente para producir lixiviados y se encuentran inactivos respecto a las reacciones bioquímicas. Sin embargo, la mayor humedad, provocada por precipitaciones altas, supone un incremento de los lixiviados en periodos de tiempo más largos, repercutiendo directa o indirectamente en todos los elementos del medio (Calvo, 2003).



La normativa ambiental peruana vigente no establece indicaciones en referencia a la ubicación de una infraestructura de acuerdo a la precipitación registrada, por lo tanto, se toma en consideración lo propuesto en la metodología EVIAVE original, la cual considera la variable como de ubicación y la clasifica del siguiente modo:

- La precipitación se considerará **muy baja** si la precipitación media multianual es menor de 300 mm.
- La precipitación se considerará **baja** si se encuentre entre 300 y 600 mm.
- La precipitación se considerará **media** si se encuentra entre 600 y 800 mm.
- La precipitación se considerará **alta** si se encuentra entre 800 y 1000 mm
- La precipitación se considerará **muy alta** si es superior a 1000 mm.

La variable “precipitación” afecta directamente a los elementos del medio: agua superficial, subterránea, atmosfera, suelo, salud y sociedad; por lo tanto, se asigna una ponderación máxima (2), ya que está relacionada con el elemento estructural humedad. Y afecta indirectamente a los elementos *fauna* y *flora*, por lo tanto, se asigna una ponderación mínima (1), ver cuadro N° 51.

Cuadro N° 51: Condición, clasificación y ponderación de la variable “precipitación”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|---------------|-----------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Precipitación | Muy baja | Muy bajo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Baja | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Media | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Alta | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Muy alta | Muy Alto | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia



17. Punto situado en zona inundable

La construcción de una infraestructura de disposición final debe tener en consideración los procesos fluviales. De este modo se pueden evitar impactos considerables como: arrastre de residuos hacia cauces superficiales, generación de líneas preferenciales para el flujo de lixiviados hacia cauces superficiales, daños económicos cuantiosos, saturación de la capacidad de campo del vertedero, inestabilidades de las obras y entrada de agua en la masa de residuos, especialmente por flujo sub-superficial de las zonas inundadas hacia la masa de residuos con la consiguiente generación de lixiviados y saturación de la capacidad de campo del vertedero.

La metodología EVIAVE original propone la clasificación de la siguiente manera:

- La clasificación será **muy baja**, si el vertedero está situado en la zona de riesgo bajo, donde la avenida de los 500 años produciría impactos en viviendas aisladas, y las avenidas consideradas en los mapas de inundación; ocurren daños pequeños a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.
- La condición será **baja**, si la ubicación del vertedero corresponde con la zona de riesgo significativo, en donde la avenida de los 100 años produciría impactos en viviendas aisladas, y las avenidas de periodo de retorno mayor a los 100 años; ocurren daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.
- La condición será **media**, si el vertedero está ubicado en la zona de riesgo alto excepcional, son zonas en las que la avenida de 500 años produciría graves daños a núcleos urbanos, impactos a viviendas aisladas o daños importantes a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos



- La condición será **alta**, si la ubicación corresponde con la zona de riesgo alto ocasional, en las que la avenida de 100 años produciría graves daños a núcleos urbanos, impactos a viviendas aisladas o daños importantes a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos
- La condición será **muy alta**, si corresponde a la zona de riesgo alto frecuente, en las que la avenida de 50 años produciría graves daños a núcleos urbanos. También se considerarán zonas de riesgo máximo aquellas en las que la avenida de 50 años produciría impactos a viviendas aisladas, o daños importantes a instalaciones comerciales o industriales y/o a los servicios básicos.

Según Calvo (2003) esta variable tendrá una ponderación máxima (2) para los elementos del medio a los que afectan *aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, fauna y flora*, ya que está directamente relacionada con su contaminación.

En el cuadro N° 52 se presenta la condición, clasificación y ponderación para la variable “punto situado en zona inundable”.

Cuadro N° 52: Condición, clasificación y ponderación de la variable “punto situado en zona inundable”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------------------|---|------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Suelo | Fauna | Flora |
| Punto situado en zona inundable | Muy bajo | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Bajo | Baja | 2 | | | | | |
| | Medio | Media | 3 | | | | | |
| | Alto | Alta | 4 | | | | | |
| | Muy alto | Muy alta | 5 | | | | | |

Elaboración propia



18. Riesgo sísmico

La estabilidad mecánica de un vertedero está determinada por un factor de seguridad que representa la relación entre fuerzas que tienden al movimiento gravitacional de la masa de relleno y las fuerzas resistentes propias del material que conforma el relleno.

Según Calvo (2003) entre las fuerzas que inducen el movimiento gravitatorio de la masa del relleno se encuentran las provocadas por las vibraciones sísmicas que pueden afectar a los sistemas de recogida de lixiviados, el riesgo potencial de deslizamiento de la masa de vertido, los sistemas de captación de aguas superficiales, captación de gases, la cobertura, etc. Es por ello que las infraestructuras deben resistir aceleraciones horizontales máximas.

De acuerdo a la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado” se establece que en zonas sísmicas el relleno sanitario no deberá ubicarse, por existir lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operación del relleno. (Sandoval, 2013)

Esta variable se ha considerado de ubicación, y está relacionada con todos los elementos del medio, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo, atmósfera y salud y sociedad, ya que afectaría a diferentes infraestructuras relacionadas con la minimización del riesgo ambiental sobre los cuatro primeros, así como a la pérdida de estabilidad de la masa de residuos, afectando por ello a la población.

En Perú, los estudios sísmicos consideran la intensidad (Escala Modificada de Mercalli) y la magnitud (Escala de Richter), por ellos esta variable se ha clasificado en relación con estos dos factores, quedando establecida de la siguiente manera:



- El riesgo sísmico se considerará **muy alto** si el vertedero se ubica en una zona cuya intensidad sísmica se encuentra entre el nivel X – XII (Escala de Mercalli) o si la magnitud registrada es mayor de 8,5 (Escala de Richter).
- El riesgo sísmico se considerará **alto** si la zona se ubica entre el nivel VIII y IX (Escala Mercalli) o si la magnitud registrada esta entre 6,0 y 8,5 (Escala Richter).
- El riesgo sísmico se considerará **medio** si la zona se ubica entre el nivel VI y VIII (Escala Mercalli) o si la magnitud registrada este entre 4,5 y 6,0 (Escala Richter).
- El riesgo sísmico se considerará **bajo** si la zona se ubica entre el nivel III y VI (Escala Mercalli) o si la magnitud registrada esta entre 2,5 y 4,5 (Escala Richter).
- El riesgo sísmico se considerará **muy bajo** si la zona se ubica entre el nivel I - III (Escala Mercalli) o si magnitud registrada es igual o menor a 2,5 (Escala Richter).

Esta variable no está relacionada con los elementos estructurales y no afecta directamente a los elementos del medio por lo tanto se asigna un valor mínimo (1) para todos. En el cuadro N° 53 se presenta la condición, clasificación y ponderación para la variable “riesgo sísmico”.

Cuadro N° 53: Condición, clasificación y ponderación de la variable “riesgo sísmico”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|----------------|-----------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Riesgo sísmico | Muy bajo | Muy baja | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Bajo | Baja | 2 | | | | | | | |
| | Medio | Media | 3 | | | | | | | |
| | Alto | Alta | 4 | | | | | | | |
| | Muy alto | Muy alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia



19. Seguridad

La inadecuada gestión de los residuos sólidos domiciliarios, específicamente en la fase de la recolección y disposición final, conlleva al desarrollo de diversos problemas de salud para los trabajadores y pobladores del área de influencia. La salud y la seguridad de los trabajadores en los vertederos son por tanto cruciales en la explotación de los vertederos. Existen normas, como las Occupational Safety and Health Administration (OSHA), que son desarrolladas mediante programas en diferentes países.

Según Garrido (2008) los problemas de salud más frecuente entre los trabajadores son: insuficiencia respiratoria debido a la presencia de virus, bacterias, hongos y partículas en suspensión que además pueden pasar al torrente circulatorio; obstrucciones pulmonares, bronquitis y tos crónica; irritación en los ojos y la piel y problemas gastrointestinales debido a la presencia de altos niveles de parásitos intestinales así como un amplio espectro de patógenos humanos y huevos de helmintos, alteraciones sistémicas que incluyen síntomas neurológicos, debidos en la mayor parte de los casos a la presencia de sólidos en suspensión.

La R.M. 109.2006-MINSA: “Reglamento para el diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal: rellenos sanitarios”, establece que el operador o administrador deberá resguardar la seguridad y salud de sus empleados para lo cual aplicará como mínimo las siguientes medidas:

- Asegurar la vacunación al personal que labora en la infraestructura y el respectivo registro.



- Aplicar normas de seguridad del trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso de la maquinaria y equipos.
- Proveer al personal de un local para vestuario y duchas donde asearse y cambiarse de ropa después de la jornada de trabajo.
- Establecer un programa de exámenes médicos anualmente.
- Dotar a los trabajadores de la indumentaria e implementos de protección personal como guantes, botas, casco, respiradores y al menos de dos uniformes al año.
- Contar con un programa de capacitación al personal concordante con el análisis de riesgos ocupacionales, ambientales y sanitarios de las actividades de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos.
- Organización de un comité de respuesta para situaciones de emergencia; y
Cualquier otra medida que exija la autoridad de salud.

Al analizar las condiciones establecidas en la metodología EVIAVE y en la normativa peruana, es necesario complementar dichas condiciones, quedando resumidas de la siguiente manera:

- Los trabajadores contarán con equipos de protección personal (EPP's) tales como uniformes, guantes a prueba de pinchazos, botas protectoras, cascos y respiradores; los cuales deberán ser renovados según evaluación.
- Establecer un programa de exámenes médicos anualmente.
- Instalaciones adecuadas para los trabajadores de la infraestructura de disposición final: número adecuado de baños, duchas y vestuarios, así como sistema de agua y desagüe.
- Asegurar la vacunación al personal que labora en la infraestructura y el respectivo registro.



- Accesos restringidos (vallados y señalizados con prohibiciones de paso y advertencias) en todo el perímetro del vertedero.
- Aplicar normas de seguridad del trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso de la maquinaria y equipos.
- Existencias de cámaras de seguridad para supervisar el funcionamiento y acceso del vertedero.
- Contar con un programa de capacitación al personal concordante con el análisis de riesgos ocupacionales, ambientales y sanitarios de las actividades de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos.
- Organización de un comité de respuesta para situaciones de emergencia; y Cualquier otra medida que exija la autoridad de salud.
- Prohibición del consumo de alimentos durante la jornada laboral.
- No se observan vectores contaminantes como roedores, aves, perros, etc.

Con base a la modificación de las condiciones establecidas, se considerará la clasificación de la variable “seguridad”, tal y como se describe a continuación:

- La seguridad será **muy alta** si se cumplen todos los aspectos mencionados en la lista anterior.
- La seguridad será **alta** cuando se cumplen todos los aspectos mencionados anteriormente excepto dos, pero queda excluida la inexistencia o mal estado de EPP’s.
- La seguridad será **regular** si se cumplen todas excepto tres de los aspectos mencionado, quedando excluida la inexistencia o mal estado de los EPP’s.
- La seguridad será **baja** cuando no se cumplen cuatro de los requisitos establecidos en el listado de forma completa o en algunos aspectos descritos.



- La seguridad será **muy baja** si no se cumple cinco o más de los condicionantes establecidos.

La ponderación de esta variable, en relación con el elemento del medio salud y sociedad, se le asigna un valor máximo (2), ya que está directamente relacionada con la misma, ver cuadro N° 54.

Cuadro N° 54: Condición, clasificación y ponderación de la variable “seguridad”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) |
|------------------|-----------|--------------------|---|------------------|
| | | | | Salud y Sociedad |
| Seguridad | Muy alta | Muy baja | 1 | 2 |
| | Alta | Baja | 2 | |
| | Regular | Media | 3 | |
| | Baja | Alta | 4 | |
| | Muy baja | Muy alta | 5 | |

Elaboración propia

20. Sistema de drenaje superficial

El sistema de drenaje superficial en un vertedero es el conjunto de infraestructuras diseñadas y construidas con el objetivo de recoger las aguas de escorrentía, para evitar su entrada en la masa de residuos, minimizando su infiltración y la consecuente generación de lixiviados. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

Según el MINAM (2017) en el “Reglamento de la Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos”, establece que las instalaciones del relleno sanitario deben de tener canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial. (D.S. 014-2017-MINAM, art. 114)

Considerando los criterios existentes de diseño y mantenimiento de un sistema de drenaje superficial, y en base a los criterios establecidos por Calvo (2003), Glysson (2003) y Tchobanoglous (1994) se formuló una clasificación general, los cuales son:



- El sistema de drenaje recoge las aguas de escorrentía que penetran en el punto de vertido, tiene dimensiones y pendientes adecuadas para acumular y evacuar la escorrentía de la cuenca del vertedero y está diseñado de acuerdo con las precipitaciones locales.
- El estado de conservación es adecuado en lo que se refiere a limpieza y control de desperfectos.
- Existen canales interceptores que dirigen el flujo hacia un canal principal grande.
- El vertedero cuenta con estanques para contener los flujos desviados del agua pluvial, minimizando así las inundaciones río abajo.
- Normalmente, se deben recoger las aguas pluviales tanto en las proporciones completadas del vertedero como en las zonas aún no rellenas.

Teniendo en cuenta ello, la metodología EVIAVE clasificó la variable de la siguiente manera:

- Un sistema de drenaje superficial será **muy adecuado** cuando existen canales interceptores y canales principales con dimensiones y pendientes adecuadas para acumular y evacuar la escorrentía de la cuenca, de acuerdo con las precipitaciones locales, su estado de conservación es adecuado en lo que se refiere a limpieza y control de desperfectos y el vertedero cuenta con estanques de contención de pluviales.
- Un sistema de drenaje superficial será **adecuado** cuando existan canales interceptores y principales con dimensiones y pendientes adecuadas, de acuerdo con las precipitaciones locales y su estado de conservación es adecuado, pero no poseen estanques de contención de pluviales.



- Un sistema de drenaje superficial será **regular**, si existe un sistema de drenaje superficial con canales interceptores y principales con dimensiones y pendientes adecuadas, pero su limpieza y control de desperfectos no es el más idóneo, ni existe estanque para la contención de pluviales.
- Un sistema de drenaje superficial será **deficiente**, si existe un sistema de drenaje superficial muy básico, no diseñado específicamente de acuerdo con las precipitaciones locales, independientemente del estado de conservación y sin estanque para la contención de pluviales.
- Un sistema de drenaje superficial será **muy deficiente**, si no existe un sistema de drenaje superficial.

Esta variable está considerada de diseño y explotación, ya que está relacionada directamente con el *agua superficial y subterránea*, asignando una ponderación máxima (2). Además, afectara indirectamente a los elementos *fauna y flora*, por lo tanto, se asigna un valor mínimo de 1, ver cuadro N° 55.

Cuadro N° 55: Condición, clasificación y ponderación de la variable “sistema de drenaje superficial”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | |
|--------------------------------|----------------|--------------------|---|------------------|--------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Fauna | Flora |
| Sistema de drenaje superficial | Muy adecuado | Muy baja | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Adecuado | Baja | 2 | | | | |
| | Regular | Media | 3 | | | | |
| | Deficiente | Alta | 4 | | | | |
| | Muy deficiente | Muy alta | 5 | | | | |

Elaboración propia



21. Taludes

Según Fortuna (2002), la colocación de los residuos y la formación de taludes se consideran esenciales para la estabilidad del vertedero, en particular para evitar deslizamientos, razón por la cual se realizan análisis paramétricos de distintas conformaciones geométricas con el objetivo de establecer inclinaciones de taludes de residuos urbanos estables, que a su vez optimicen la capacidad de deposición en rellenos sanitarios.

Según Glysson (2003) la presencia de pendientes inestables genera costos adicionales de mantenimiento para conseguir una estabilidad adecuada del sistema. Cuanto mayor sea la pendiente de los taludes laterales menor será la relación área superficial/volumen, con el consiguiente ahorro de material. Se trata por tanto de una variable relacionada con el diseño y explotación del punto de vertido.

La metodología EVIAVE clasifica esta variable tomando como referencia los criterios establecidos por diversos autores en referencia a la estabilidad de los taludes, clasificando del siguiente modo:

- **Muy adecuada** si la pendiente de talud es inferior a 4:1 (Horizontal: Vertical)
- **Adecuada** si la pendiente de talud está comprendida entre 4:1 y 3:1.
- **Media** cuando la pendiente de talud está comprendida entre 3:1 y 2:1.
- **Baja** si la pendiente de talud se encuentra comprendida entre 2:1 y 1,5:1
- **No adecuada** si la pendiente de talud es superior a 1,5:1.

La ponderación para esta variable es máxima (2) para el elemento del medio suelo, ya que está directamente relacionada con el elemento estructural: porcentaje de materia orgánica en el vertedero. Así mismo se aplica una ponderación mínima (1), para los otros elementos del medio, ya que no están relacionados directamente con los elementos estructurales, pero existe afección; ver cuadro N° 56.



Cuadro N° 56: Condición, clasificación y ponderación de la variable “taludes”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|----------|------------------------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Taludes | Pendiente muy adecuada | Muy baja | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | Pendiente adecuada | Baja | 2 | | | | | | | |
| | Pendiente media | Media | 3 | | | | | | | |
| | Pendiente baja | Alta | 4 | | | | | | | |
| | Pendiente no adecuada | Muy Alta | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia

22. Tamaño del vertedero

Para llevar a cabo la clasificación de la variable “tamaño del vertedero” se consideró la cantidad de residuos depositados anualmente en las infraestructuras de disposición final. Lógicamente esta cantidad es proporcional a la población servida por la instalación, sin embargo, las tasas de generación de residuos pueden variar considerablemente de unos núcleos a otros, así como de las prácticas de recuperación de los mismos. Para ello se consideró los diferentes estudios encontrados sobre la generación de residuos sólidos municipales en Perú y la estimación de la población por cada región.

Según la Organización Panamericana de Salud (OPS), la Generación Per Cápita (GPC) de residuos varia de una población a otra, de acuerdo con el grado de urbanización, tamaño de la localidad, nivel socioeconómico de la población, del tipo y cantidad de los recursos económicos y tecnológicos con que se cuenta para reciclarlos, tratarlos y/o aprovecharlos, así como de las capacidades de gestión institucional y de sus niveles de eficiencia.



La información respecto a los valores de generación per cápita (GPC) de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal, ha sido analizada considerando el valor promedio ponderado de la región según año de reporte. En el cuadro N° 69, se presentan los datos considerados para la clasificación de la variable, los cuales fueron publicados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

Cuadro N° 57: Generación Per Cápita (GPC) domiciliaria según región

| Región | Población urbana | Residuos sólidos generados (kg/día) | Residuos sólidos generados (Ton/año) |
|---------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Lima | 9,614,115 | 5,684,258 | 2,074,754 |
| Piura | 1,385,306 | 811,543 | 296,213 |
| La Libertad | 9,959,775 | 780,558 | 284,904 |
| Callao | 1,065,838 | 698,717 | 255,032 |
| Arequipa | 1,192,139 | 581,062 | 212,088 |
| Lamba | 1,444,172 | 490,205 | 178,925 |
| Junín | 939,876 | 478,785 | 174,757 |
| Cusco | 755,563 | 451,474 | 164,788 |
| Ancash | 72,757 | 397,345 | 145,031 |
| Ica | 74,145 | 388,763 | 141,898 |
| Puno | 797,231 | 374,372 | 136,646 |
| Loreto | 624,214 | 345,127 | 125,971 |
| San Martín | 569,624 | 312,272 | 113,979 |
| Cajamarca | 542,885 | 291,413 | 106,366 |
| Ucayali | 396,209 | 261,571 | 95,473 |
| Huánuco | 397,173 | 196,999 | 71,905 |
| Tacna | 284,697 | 140,065 | 51,124 |
| Apurímac | 223,269 | 129,033 | 47,097 |
| Amazonas | 203,597 | 106,286 | 38,794 |
| Tumbes | 206,177 | 94,306 | 34,422 |
| Pasco | 206,618 | 88,573 | 32,329 |
| Moquegua | 155,426 | 60,741 | 22,170 |
| Madre de Dios | 108,112 | 48,176 | 17,584 |
| Ayacucho | 444,737 | 23,068 | 8,420 |
| Huancavelica | 176,268 | 8,669 | 3,164 |

Fuente: Estudio de Caracterización de residuos sólidos reportada al SIGERSOL - 2014



Esos datos se han clasificado en cinco grupos homogéneos, siguiendo las directrices utilizadas en la metodología EVIAVE, permitiendo así modificar las condiciones de la variable “tamaño del vertedero” en función de los intervalos de la cantidad de residuos generados, quedando establecida de la siguiente manera:

- El vertedero se considerará de **muy baja capacidad** cuando la cantidad de residuos depositados sea menor de 10 000 t/año.
- El vertedero se considerará de **baja capacidad** cuando se disponen entre 10 000 y 100 000 t/año.
- El vertedero se considerará de **capacidad media** cuando se disponen entre 100 000 y 500 000 t/año.
- El vertedero se considerará de **alta capacidad** cuando se disponen entre 500 000 y 1 000 000 t/año.
- El vertedero se considerará de **gran capacidad** cuando la cantidad de residuos depositados sea mayor de 1 000 000 t/año.

La ponderación de esta variable toma un valor máximo (2) para los elementos del medio: agua superficial, subterránea, suelo, atmosfera, salud y sociedad, debido a la afectación directa. Asimismo, para los elementos fauna y flora, se le asigna una ponderación mínima (1) por la afección indirecta.

En el cuadro N° 58 se presenta la condición, clasificación y ponderación establecida para la variable “tamaño del vertedero”.



Cuadro N° 58: Condición, clasificación y ponderación de la variable “tamaño del vertedero”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------------------|---|------------------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Tamaño del vertedero | Muy baja capacidad | Muy bajo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Baja capacidad | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Capacidad media | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Alta capacidad | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Gran capacidad | Muy alto | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia

23. Tipo de residuo

El conocimiento del origen y el tipo de residuo sólido, así como los datos sobre la composición y las tasas de generación, es básico para el diseño y la operación de los elementos funcionales asociados con la gestión de residuos sólidos, y para el análisis de riesgo de contaminación (toxicidad del lixiviado y producción de biogás). Según Garrido Vegara (2008), el conocimiento del porcentaje de materia orgánica en el residuo es importante ya que esta fracción es biodegradable y se transforman mediante procesos microbiológicos (fases aerobias, ácida y metanogénica) produciendo lixiviados, biogás, presencia de animales, asentamientos diferenciales y olores.

De acuerdo a lo establecido por Calvo (2003) en la metodología EVIAVE original, y teniendo en cuenta los tipos de residuos dispuestos y el porcentaje de materia orgánica, se clasifica la variable de la siguiente manera:

- La condición **poder contaminante muy bajo** se dará en vertederos de residuo no peligrosos. Subcategoría para residuos con elevado grado de separación previa y presencia fundamental de fracción de rechazo con baja presencia de materia orgánica.



- La condición **poder contaminante bajo**, ocurre en vertederos de residuos no peligrosos. Subcategoría para residuos con bajo grado de separación previa y presencia fundamental de fracción de rechazo con presencia de materia orgánica.
- La condición **poder contaminante medio**, ocurre si en el vertedero se disponen un elevado porcentaje de materia orgánica procedente de residuos no sometidos a tratamiento previo para separación de la fracción orgánica con presencia residuos inertes.
- La condición **poder contaminante alto**, ocurre si en el vertedero se disponen un elevado porcentaje de materia orgánica procedente de residuos no sometidos a tratamiento previo para separación de la fracción orgánica con presencia residuos inertes y algunos residuos de naturaleza peligrosa.
- La condición **poder contaminante muy alto**, se tiene cuando en el vertedero se disponen un elevado porcentaje de materia orgánica procedente de residuos no sometidos a tratamiento previo para separación de la fracción orgánica con presencia importante de residuos de naturaleza peligrosa.

Se asigna una ponderación máxima (2) a esta variable al estar relacionada directamente con todos los elementos del medio, ver cuadro N° 59.

Cuadro N° 59: Condición, clasificación y ponderación de la variable “tipo de residuo”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------------|---|------------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | A. Sub. | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Tipo de residuo | Muy bajo | Muy bajo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Bajo | Bajo | 2 | | | | | | | |
| | Medio | Medio | 3 | | | | | | | |
| | Alto | Alto | 4 | | | | | | | |
| | Muy alto | Muy alto | 5 | | | | | | | |

Elaboración propia



24. Viento

El viento es uno de los criterios que deben considerarse a la hora de estudiar la idoneidad de ubicación de un vertedero, evitándose la elección de zonas en las que sea frecuente; contribuye a una mayor o menor dispersión de la contaminación para los elementos del medio atmósfera y salud y sociedad.

La metodología EVIAVE clasifico esta variable considerando el análisis realizado sobre la dirección y frecuencia de exposición de los vientos predominantes para el ámbito territorial que abarca las provincias de Andalucía. Por lo tanto, se modificó la clasificación de la variable “viento”, en función de la información publicada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en relación con la velocidad del viento.

La modificación de la metodología EVIAVE para su adaptación y posterior aplicación en botaderos en el Perú, solo considero la intensidad o velocidad del viento, y empleo la clasificación propuesta por Ledesma (2000), por el número de intervalos considerados, complementada con la escala de Beaufort, la cual es útil para aquellos casos en los que no existan registro de velocidad del viento en la zona, observando los efectos del viento sobre el entorno se puede estimar la velocidad del viento.

Cuadro N° 60: Clasificación del viento

| Denominación | Velocidad media del viento |
|--------------|--|
| Calma | Velocidad media menor o igual a 5 km/h |
| Flojo | Velocidad media comprendida entre 6 y 20 km/h |
| Moderado | Velocidad media comprendida entre 21 y 40 km/h |
| Fuerte | Velocidad media comprendida entre 41 y 70 km/h |
| Muy fuerte | Velocidad media comprendida entre 71 km/h |
| Huracanado | Velocidad media mayor a 120 km/h |

Fuente: Ledesma (2000)



Cuadro N° 61: Escala de Beaufort

| Nivel de Beaufort | Descripción | Efectos del viento en tierra firme |
|-------------------|-----------------|--|
| 0 | Calma | Viento en calma, el humo asciende en vertical. |
| 1 | Ventolina | La dirección del viento solo se detecta en el humo, pero no en veletas. |
| 2 | Brisa muy débil | El viento se nota en la cara, las hojas susurran, la veleta se mueve. |
| 3 | Brisa débil | Se mueven las hojas y las ramas finas, el viento extiende un banderín. |
| 4 | Brisa moderada | Se levanta polvo y papeles sueltos, se mueven las ramas y los troncos más finos. |
| 5 | Brisa fresca | Los árboles pequeños de copa ancha empiezan a cimbreadse. |
| 6 | Brisa fuerte | Se mueven ramas grandes, silbidos en líneas telegráficas, dificultad para usar paraguas. |
| 7 | Viento fuerte | Se mueven todos los árboles, dificultad para avanzar contra el viento. |
| 8 | Viento duro | Se rompen ramas de los árboles, gran dificultad para desplazarse a descubierto. |
| 9 | Muy duro | Daños menores en vivienda (caída de chimeneas y tejados) |
| 10 | Temporal | Árboles arrancados de raíz, daños importantes en construcciones. |
| 11 | Borrasca | Daños de tempestad garantizados (muy inusual en zonas del interior) |
| 12 | Huracán | Estragos graves. |

Fuente: Ledesma (2000)

La clasificación de la variable “viento”, de acuerdo a la velocidad, queda definida de la siguiente manera:

Cuadro N° 62: Clasificación de acuerdo con la velocidad del viento

| Denominación | Velocidad | | Clasificación |
|-------------------------|------------|-----------------------|---------------|
| Calma | < 5 km/h | Nivel de Beaufort 0 | 1 |
| Flojo | 6-20 km/h | Nivel de Beaufort 1-2 | 2 |
| Moderado | 21-40 km/h | Nivel de Beaufort 3-4 | 3 |
| Fuerte | 41-70 km/h | Nivel de Beaufort 5-6 | 4 |
| Muy fuerte y huracanado | > 71 km/h | Nivel de Beaufort > 7 | 5 |

Fuente: Garrido Vegara (2008)



- **Zona muy idónea de ubicación con respecto al viento**, si la intensidad del viento es <5 km/h o si de acuerdo a los efectos del viento generados en el entorno, pertenece al nivel de Beaufort 0.
- **Zonas idóneas de ubicación con respecto al viento**, si la intensidad del viento esta entre 6-20 km/h o si de acuerdo a los efectos del viento generados en el entorno, pertenece al nivel de Beaufort 1 o 2.
- **Zonas con idoneidad media de ubicación con respecto al viento** si la intensidad del viento esta entre 21-40 km/h o si de acuerdo con los efectos del viento generados en el entorno, pertenece al nivel de Beaufort 3 o 4.
- **Zonas de baja idoneidad de ubicación con respecto al viento**, si la intensidad del viento esta entre 41-70 km/h o si de acuerdo con los efectos del viento generados en el entorno, pertenece al nivel de Beaufort 5 o 6.
- **Zona de muy baja idoneidad con respecto al viento**, si la intensidad del viento es mayor a 71 km/h o si de acuerdo con los efectos del viento generados en el entorno, pertenece a los niveles de Beaufort 6 – 12.

Esta variable está directamente relacionada con el elemento del medio atmósfera y fauna, por lo tanto, tendrá una ponderación máxima (2). Con respecto a las variables aguas superficiales, suelo, flora, salud y sociedad su incidencia es de manera indirecta y no a través de los elementos estructurales, por lo que su ponderación será mínima.

En el cuadro N° 63 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “viento”.



Cuadro N° 63: Condición, clasificación y ponderación de la variable “viento”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) | | | | | |
|----------|--|--------------------|---|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | A. Sup | Atm. | Suelo | Salud | Fauna | Flora |
| Viento | Zona muy idónea de ubicación con respecto al viento | Muy bajo | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Zona idónea de ubicación con respecto al viento | Bajo | 2 | | | | | | |
| | Zona con idoneidad media de ubicación con respecto al viento | Medio | 3 | | | | | | |
| | Zona de baja idoneidad de ubicación con respecto al viento | Alto | 4 | | | | | | |
| | Zona de muy baja idoneidad de ubicación con respecto al viento | Muy alto | 5 | | | | | | |

Elaboración propia

25. Visibilidad

La apariencia de la infraestructura del sitio de disposición final influye en la aceptación de la población para su operación o explotación, razón por la cual se considera como variable para la ubicación de puntos de vertidos. Algunas medidas establecidas para mejorar la apariencia del lugar de vertido son la plantación de vegetación, ocultación de áreas de operación, limpieza de instalaciones, señalización e iluminación.

Esta variable está basada en las distancias radiales a áreas urbanas y carreteras principales, basada en los criterios de visibilidad utilizados por Kontos *et al.* (2005) en la metodología de ubicación de vertederos que combina el uso de técnicas GIS y Métodos de Análisis Multivariante (MCA) en el que se tiene en cuenta el criterio de visibilidad. Dicho criterio no corresponde con ninguna restricción legal, sino a la protección estética de áreas no habitadas que previenen la oposición pública causada por la visibilidad del sitio.



La clasificación ha sido adaptada para homogeneizar los datos en una clasificación de cinco variables, tal y como se ha hecho con todas las variables contempladas en la presente metodología.

- La visibilidad se considerará como **muy baja**, cuando el vertedero no sea visible.
- La visibilidad se considerará **baja** cuando el vertedero sea visible desde zonas urbanas a más de 2.000 m y/o desde carreteras principales a una distancia de 500 - 2000 m.
- La visibilidad se considerará **medio** cuando el vertedero sea visible desde zonas urbanas a 1000 – 2000 m y/o desde carreteras principales a una distancia menor a 500 m.
- La visibilidad se considerará **alta** cuando el vertedero sea visible desde zonas urbanas a una distancia entre 500 – 1000 m.
- La visibilidad se considerará **muy alto** cuando el vertedero sea visible desde zonas urbanas a menos de 500 m.

Esta variable posee ponderación máxima para el elemento del medio salud y sociedad por su afección directa a este elemento, ver cuadro N° 64.

Cuadro N° 64: Condición, clasificación y ponderación de la variable “visibilidad”

| Variable | Condición | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) |
|-------------|-----------|--------------------|---|------------------|
| | | | | Salud y sociedad |
| Visibilidad | Muy baja | Muy baja | 1 | 2 |
| | Baja | Baja | 2 | |
| | Media | Media | 3 | |
| | Alta | Alta | 4 | |
| | Muy alta | Muy alta | 5 | |

Elaboración propia



26. Vulnerabilidad de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son aquellas aguas que se encuentran saturando los poros, grietas, cavidades del material consolidado y no consolidado, ubicado bajo la superficie terrestre. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración.

Existen diversas metodologías para cuantificar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, las cuales a partir de factores tales como la profundidad de la superficie freática, características litológicas e hidráulica de la zona subsaturada, espesor y tipo de suelo, magnitud de recarga, litología y tipo de acuífero; establecen la vulnerabilidad del acuífero mediante índices de vulnerabilidad.

Debido a que, en los diferentes ámbitos territoriales, no siempre existen datos disponibles para su aplicación como es el caso de Perú, se optó por utilizar la metodología GOD, la cual está desarrollada específicamente para zonas cuya información acerca del subsuelo y sistemas de aguas subterránea es escasa. El método determina la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en consideración el tipo de contaminante.

El método GOD, establece la vulnerabilidad del acuífero como una función de: la profundidad de la capa freática o techo del acuífero confinado, el tipo de ocurrencia del agua subterránea y las características, en términos de litología y grado de consolidación, de los estratos encima de la zona saturada.

A partir de estos factores se calcula el Índice de Vulnerabilidad (I.V), calculado como el producto de los tres parámetros identificados:

$$I.V = G \times O \times D$$



Donde:

G: índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (Groundwater occurrence).

O: índice del substrato litológico en términos de grado de consolidación y características litológicas (Overall aquifer class).

D: índice de profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado (Depth).

Cuadro N° 65: Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G)

| Ocurrencia del agua subterránea | Índice |
|--|--------|
| Ninguno | 0,0 |
| Surgente o artesiana | 0,0 |
| Confinada | 0,2 |
| Semi-confinada | 0,4 |
| Libre o freática (no confinado) | 0,6 |
| Subálvea o freática aflorante (no confinado) | 1,0 |

Fuente: Metodología de GOD.

Cuadro N° 66: Características litológicas y grado de consolidación de los estratos encima de la zona saturada (O)

| Estratos sobre yacentes | | | Índice |
|--|-------------------------------|---|--------|
| No consolidadas (sedimentos) | Consolidadas | | |
| | Rocas porosas | Rocas densas | |
| Argil | - | - | 0,3 |
| Suelos residuales | - | - | 0,4 |
| Limos aluviales, loess, till glacial | Arcillas, Lutitas, pizarras | - | 0,5 |
| Arenas y gravas aluviales y fluvio-glaciales | Limolitas, tobas volcánicas | Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas | 0,6 |
| Arena eólica | Areniscas, tobas volcánicas | Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas | 0,7 |
| Gravas coluviales | Calizas blandas, calcarenitas | Lavas recientes | 0,8 |
| | Calizas blandas, calcarenitas | Caliche y otras y calizas duras | 0,9 |
| | | Caliche y otras y calizas duras | 1,0 |

Fuente: Metodología de GOD.



Cuadro N° 67: Profundidad del agua subterránea (D)

| Profundidad | Índice |
|-------------------------|--------|
| Mayor a 100 m | 0,60 |
| Entre 20 y 100 m | 0,70 |
| Entre 5 y menos de 20 m | 0,80 |
| Menor a 5 m | 0,90 |

Fuente: Metodología de GOD.

El producto de los tres componentes representa la variación espacial del Índice de Vulnerabilidad; una vez efectuados los cálculos del Índice de Vulnerabilidad se establece la clasificación:

- Clasificación GOD **muy alta**, si el índice de vulnerabilidad (IV) toma valores mayores de 0,7.
- Clasificación GOD **alta**, con valores del IV entre 0,5 y 0,7.
- Clasificación GOD **media**, con valores del IV entre 0,3 y 0,5.
- Clasificación GOD **baja**, con valores del IV entre 0,1 y 0,3.
- Clasificación GOD **muy baja**, si IV alcanza valores inferiores a 0,1.

En el cuadro N° 68 se presenta la condición, clasificación y ponderación de la variable “vulnerabilidad de las aguas subterráneas” para el único elemento del medio relacionado directamente.

Cuadro N° 68: Condición, clasificación y ponderación de la variable “vulnerabilidad de las aguas subterráneas”

| Variable | Condición | | Clasificación (Cj) | | Ponderación (Pj) |
|--|-----------|-----------------------------|--------------------|---|-------------------|
| | | | | | Aguas subterránea |
| Vulnerabilidad de las aguas subterráneas | Muy baja | GOD ($IV \leq 0,1$) | Muy baja | 1 | 2 |
| | Baja | GOD ($0,1 \leq IV < 0,3$) | Baja | 2 | |
| | Media | GOD ($0,3 \leq IV < 0,5$) | Media | 3 | |
| | Alta | GOD ($0,5 \leq IV < 0,7$) | Alta | 4 | |
| | Muy alta | GOD ($IV \geq 0,7$) | Muy alta | 5 | |

Elaboración propia



5.1.2.2. Descriptores Ambientales

Los descriptores ambientales se definen como aspectos del entorno que pueden verse afectados por la operación de una infraestructura de disposición final. En las metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se realiza la valoración de los diferentes elementos del ambiente mediante los descriptores ambientales.

Se ha identificado una serie de descriptores ambientales para cada elemento del medio, las cuales definen y cuantifican las características del elemento del medio, susceptible de verse afectado por la presencia de la infraestructura de disposición final. (Zamorano et al, 2005)

Así mismo, en el ítem 5.1.1 se analizó los elementos del medio ya propuestos en la metodología original y se determinó que es conveniente proponer la inclusión de dos nuevos elementos: la fauna y la flora, ya que estos pueden ser afectados negativamente por la disposición final inadecuada de los residuos.

La metodología EVIAVE, para definir los descriptores ambientales tomo como referencia la normativa española y europea, razón por la cual se revisa cada una de ellas y se modifica bajo el marco técnico legal del Perú, con la finalidad de aplicar la metodología en los diversos puntos de vertido a nivel nacional.

En el cuadro N° 69 se presenta la normativa considerada en la metodología EVIAVE original para el establecimiento de los descriptores ambientales y la posterior cuantificación del valor ambiental.



Cuadro N° 69: normativa española y europea considera para los descriptores ambientales

| Descriptor ambiental | Normativa considerada |
|---|---|
| Usos del agua | <ul style="list-style-type: none"> - RD 927/1988: Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica - Anexo IV Zonas Protegida de la Directiva marco de aguas 2000/60/ CE |
| Tipo de curso de agua superficial | <ul style="list-style-type: none"> - Clasificación considera por Calvo(2003) - Directiva marco de agua 2000/60/CE - Directiva 91/676/CEE - Directiva 91/271/CEE |
| Presencia de especie animales o vegetales asociadas a calidad de aguas | <ul style="list-style-type: none"> - Directiva marco de agua 2000/60/CE - Directiva 74/440/CEE - Directiva 76/160/CEE - Directiva 78/659/CEE - RD 927/1988 - RD 140/2003 sobre el Reglamento técnico sanitario para la clasificación de la calidad del agua para consumo y abastecimiento humano - RD 1541/1994 - Directa Marco de las Aguas 2000/60/CE |
| Usos del agua subterránea | <ul style="list-style-type: none"> - RD 927/1988: Reglamento de la Administración Publica del Agua y de la Planificación Hidrológica - Anexo IV Zonas Protegida de la Directiva marco de aguas 2000/60/ CE |
| Calidad de las aguas subterránea | <ul style="list-style-type: none"> - RD 140/2003 - RD 1138/1990 - Directa Marco de las Aguas 2000/60/CE |
| Calidad de la atmosfera | <ul style="list-style-type: none"> - Índice de Calidad del Aire (ICA) recogido en la normativa comunitaria vigente del Pollution Standar Index (PSI) utilizada por la EPA de los EEUU. |
| Usos del suelo | <ul style="list-style-type: none"> - Marco legal en materia de ordenamiento del territorio de Espala y el de diferentes Comunidades Autónomas. |

Fuente: Adaptado de Calvo, Zamorano, Moreno & Ramos (2004). Metodología de diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos.

a) Aguas superficiales

Usos del agua

Según la Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos, el uso del agua se encuentra condicionado a su disponibilidad y debe realizarse en forma eficiente, promoviendo que se mantengan o mejoren las características fisicoquímicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

En la ley N° 29338 se establecen las siguientes clases de uso de agua:



- El **uso primario** consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales. (Ley N° 29338, 2009, art. 36)
- El **uso poblacional** consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional. (Ley N° 29338, 2009, art. 39)
- El **uso productivo del agua** consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional. Son tipos de usos de usos productivos: agrario, acuícola y pesquero, energético, industrial, medicinal, minero, recreativo, turístico y de transportes. (Ley N° 29338, 2009, art. 42)

El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.

De acuerdo con los usos del agua definidos en la Ley de Recursos Hídricos, se clasifica a este descriptor ambiental de la en cinco categorías, las cuales se presentan en el cuadro N° 70.



Cuadro N° 70: Clasificación del descriptor ambiental usos del agua (A₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---------------------------------|--------------------------------|------------|
| Usos del agua (A ₁) | Otros usos | 1 |
| | Uso industrial | 2 |
| | Uso energético | 3 |
| | Uso agrario y acuícola | 4 |
| | Uso poblacional y recreacional | 5 |

Elaboración propia

Tipo de curso de agua superficial

La clasificación del descriptor ambiental “*tipo de cursos de agua superficial*” se realizó de acuerdo la clasificación de cuerpos naturales de agua en función de sus características naturales y los usos que se destinan, establecida en la Ley N° 29338: Ley de Recursos Hídricos.

En el cuadro N° 71 se presenta la clasificación para el descriptor ambiental “tipo de cursos de agua superficial”.

Cuadro N° 71: Clasificación para los tipos de cursos de agua superficial (A₂)

| Descriptores Ambientales | Clasificación | Valoración |
|---|---|------------|
| Tipo de curso de agua superficial (A ₂) | Canales, acequias y estantes | 1 |
| | Riachuelos y quebradas | 2 |
| | Lagos, lagunas y manantiales | 3 |
| | Mares y ríos | 4 |
| | Cabeceras de cuencas Agotamiento de la fuente natural, zona de veda, zona de protección Bofedales y humedales | 5 |

Elaboración propia



Calidad de las aguas superficiales

La metodología EVIAVE clasifica al descriptor ambiental “*calidad de aguas superficiales*” de acuerdo con las características organolépticas del agua que pueden verse alteradas como consecuencia del grado de contaminación, la presencia de especies animales o vegetales normalmente asociadas con el tipo de cuerpo de agua superficial y los valores obtenidos de los indicadores de calidad de agua.

El MINAM (2017) en la normativa promulgada “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua” clasifica los cuerpos de aguas, en función del uso que se le vaya a dar, en cuatro categorías, cada una de las categorías establecidas posee una serie de parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y orgánicos, los cuales deben estar dentro del límite o rango establecido. (D.S. 004-2017-MINAM)

A diferencia de la metodología EVIAVE, el criterio establecido por la normativa peruana no considera la presencia de especie en los diversos tipos de aguas superficiales. En Perú no se cuenta con suficiente información acerca de las características de los cuerpos de aguas, a pesar de que existe la normativa que lo regula, y tampoco se tiene una clasificación de los cuerpos de agua según el tipo y cantidad de microorganismos presentes o según índices bióticos o índices de diversidad que representen la riqueza ecológica.

Por lo tanto, este descriptor ambiental se modifica basándose en las características organolépticas de las aguas, debido a su sencillez para su aplicación, lo cual facilita la asignación del valor más adecuado en función de la información disponible.

La clasificación de este descriptor ambiental se presenta en el cuadro N° 72.



Cuadro N° 72: Clasificación del descriptor ambiental calidad del agua (A₃)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|------------------------------------|--|------------|
| Calidad del agua (A ₃) | Aguas de calidad deficiente o mala: aguas negras con fermentaciones y olores. | 1 |
| | Aguas en estado aceptable: aguas con apariencia de contaminación y dolor. | 2 |
| | Aguas en buen estado: aguas ligeramente coloreadas, con espumas y ligera turbidez. | 3 |
| | Aguas en muy buen estado sin especies (flora y/o fauna) protegidas: aguas claras sin aparente contaminación. | 4 |
| | Aguas en muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas | 5 |

Elaboración propia

b) Aguas subterráneas

Usos del agua subterránea

Las aguas subterráneas son clasificadas de acuerdo con el uso que se le vaya a destinar, por lo tanto, las condiciones establecidas para este descriptor ambiental quedan definidos según lo presentado en el cuadro N° 73.

Cuadro N° 73: Clasificación del descriptor ambiental usos de las aguas subterráneas (B₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---------------------------------|-----------------------------|------------|
| Usos del agua (B ₁) | Sin uso para el hombre | 1 |
| | Uso pecuario | 2 |
| | Uso industria | 3 |
| | Uso agrícola | 4 |
| | Uso doméstico – poblacional | 5 |

Elaboración propia

Calidad de las aguas subterráneas

Actualmente no existe normativa establecida para los estándares de calidad ambiental para aguas subterráneas, por lo tanto, para el descriptor calidad de aguas subterráneas se tomará la clasificación original de la metodología EVIAVE, donde se establece que la calidad estará en función a una combinación de valores establecidos entre las concentraciones de nitratos y cloruros; ver cuadro N° 74.



Cuadro N° 74: Clasificación del descriptor ambiental calidad de las aguas subterráneas (B1)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---|--|------------|
| Calidad de las aguas subterráneas (B ₂) | Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l | 1 |
| | Aguas deficientes o malas: Cloruros 25 – 250 mg/l y Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l | 2 |
| | Aguas en estado aceptable: Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l Cloruros > 250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l Cloruros < 25 mg/l y Nitratos > 50 mg/l | 3 |
| | Aguas en buen estado: Cloruros < 25 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l | 4 |
| | Aguas en muy buen estado: Cloruros < 25 mg/l y Nitratos < 25 mg/l | 5 |

Fuente: Garrido Vegara (2008)

c) **Atmósfera**

Calidad del aire

La metodología EVIAVE consideró para la clasificación de este descriptor ambiental el Índice de Calidad del Aire (ICA) desarrollado por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos (EPA). El ICA incorpora los niveles de concentración de cinco agentes contaminantes Ozono (O₃), Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Sulfuro (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Para cada uno de esos agentes la EPA ha establecido estándares de calidad del aire para proteger la salud pública.

La metodología EVIAVE incorpora, para aquellos casos en los que no se disponga de datos para calcular el ICA, los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud en materia de efectos sobre el hombre relacionados con la pureza del aire, según la concentración y la duración de la exposición a la acción de los contaminantes, así como una clasificación teniendo en cuenta criterios relacionados con una escala de afección de las molestias producidas por el dolor.



El MINAM (2017) en la normativa aprobada “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire” establece los estándares o límites permisibles, como referentes obligatorios, aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones atmosféricas de las actividades productivas, extractivas y de servicios. (D.S. 003-2017-MINAM, art. 2).

En el cuadro N° 75 se presentan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire aprobado por según D.S. 003-2017-MINAM.

Cuadro N° 75: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire

| Parámetros | Periodo | Valor (ug/m ³) |
|---|----------|----------------------------|
| Benceno (C ₆ H ₆) | Anual | 2 |
| Dióxido de Azufre (SO ₂) | 24 horas | 250 |
| Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 |
| | Anual | 100 |
| Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5}) | 24 horas | 50 |
| | Anual | 25 |
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀) | 24 horas | 100 |
| | Anual | 50 |
| Mercurio Gaseoso Total (Hg) | 24 horas | 2 |
| Monóxido de Carbono (CO) | 1 hora | 30000 |
| | 8 horas | 10000 |
| Ozono (O ₃) | 8 horas | 100 |
| Plomo (Pb) en PM10 | Mensual | 1,5 |
| | Anual | 0,5 |
| Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) | 24 horas | 150 |

Fuente: D.S. 003-2017-MINAM

La clasificación de las condiciones del descriptor ambiental “calidad del aire”, ha mantenido los ICA desarrollados en la metodología inicial complementándolo con las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀),



Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂), establecidos en los ECA para Aire (D.S. 003-2017-MINAM).

En el cuadro N° 76 se presenta la clasificación del descriptor ambiental “Calidad del aire” con sus respectivas modificaciones.

Cuadro N° 76: Clasificación del descriptor calidad del aire (C₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---|--|------------|
| Calidad del aire (C₁) | <p>Calidad del aire muy mala:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Índice de Calidad del Aire (ICA): 201-300 – PM10: >100 ug/m³, CO: > 10000 ug/m³, NO₂:>200 ug/m³ SO₂: >250 ug/m³. – Olor cuya intensidad en el aire lo hace absolutamente desapropiados respirar. – En estos valores y superiores se dispara la alerta y pueden producirse graves efectos de salud en la población. | 1 |
| | <p>Calidad del aire mala:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Índice de Calidad del Aire (ICA): 151 – 200 – Olor que llama la atención y que lo hace muy desagradable. – Se observan efectos nocivos. Miembros de los grupos sensibles pueden sufrir serios efectos en la salud. | 2 |
| | <p>Calidad del aire regular:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Índice de Calidad del Aire (ICA): 101 – 150 – Olor tan débil que una persona normal podría detectarlo si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta. – Se ven afectados con alto riesgo aquellos enfermos de pulmón por las concentraciones de ozono, y enfermos coronarios por exposición a partículas respiratorias. La población general no se ve afectada. | 3 |
| | <p>Calidad del aire buena:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Índice de Calidad del Aire (ICA): 50 – 100 – Olor que ordinariamente podía no notarse por una persona normal, pero si serían detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible. – Se pueden ver afectados algunos habitantes con síntomas de afección respiratoria por sensibilidad al ozono. | 4 |



| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|----------------------|---|------------|
| | <p>Calidad del aire muy buena:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Índice de Calidad del Aire (ICA): 50 – 0 – Olor no detectable. – Calidad del aire satisfactoria. No existe riesgo de contaminación. | 5 |

Elaboración propia

d) Suelo

Usos del suelo

El impacto ambiental producido por la operación de una infraestructura de disposición final al suelo, depende de los usos que tenga el mismo. Las actividades que se desarrollen sobre el suelo pueden generar efectos que condicionen de forma irreversible, dependiendo de los contaminantes y las actividades desarrolladas.

La metodología EVIAVE define al uso del suelo como la capacidad que tiene de funcionar como sustrato, a los diferentes usos que sea destinado para las actividades humanas a la hora de ser reinsertado a la colectividad. Por lo tanto, el valor ambiental del suelo se determina en función del entorno edáfico del punto de vertido y de sus características ambientales, tal como lo estableció Calvo (2003).

Según el D.S. 014-2017-MINAM: Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos – Artículo N° 113, queda prohibida la habilitación urbana y la construcción de edificaciones de cualquier naturaleza en lugares que fueron utilizados como infraestructuras de residuos sólidos o áreas degradadas por los mismos.

La normativa peruana clasifica el uso del suelo en tres categorías o grupos: suelo agrícola, suelo residencial – parques y suelo comercial - industrial y extractivo. El uso del suelo tiene un valor fundamental en el ordenamiento territorial, estos deben reflejar un equilibrio entre el ambiente, la población y las actividades económicas.



De acuerdo a los usos del suelo y teniendo en cuenta los criterios establecidos por la metodología EVIAVE original, la clasificación del descriptor ambiental uso del suelo (D₁) se modifica y se presenta en el cuadro N° 77.

Cuadro N° 77: Clasificación del descriptor ambiental usos del suelo (D₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|----------------------------------|-------------------------|------------|
| Usos del suelo (D ₁) | Suelo no urbanizable | 1 |
| | Suelo urbano industrial | 2 |
| | Suelo urbano comercial | 3 |
| | Suelo residencial | 4 |
| | Suelo agrícola | 5 |

Elaboración propia

e) Flora

Tipos de cobertura vegetal

El MINAM (2015) en su documento “Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva” afirma que el Perú es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas del mundo, los cuales se caracterizan por su gran complejidad vegetal, climática, geomorfológica y edáfica. La flora y vegetación se encuentran representadas por variedad de formas de vida vegetal o formas de crecimiento, distribuidas en paisajes que van desde las llanuras desérticas y semidesérticas, así como las llanuras aluviales con bosques lluviosos, hasta los paisajes colinosos y montañosos (p. 10). El Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florísticos. El Mapa Nacional de Cobertura Vegetal está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios



geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florísticos. La memoria descriptiva del mapa muestra la distribución geográfica, superficie y características biofísicas generales de los diversos tipos de cobertura vegetal que cubren el país. (MINAM, 2015, p. 10)



Cuadro N° 78: Clasificación de la cobertura vegetal

| Región natural | Macroprovincia de humedad | Formación vegetal | Tipo de cobertura vegetal | Superficie | |
|-----------------------------------|---------------------------|---|---|--|---------|
| | | | | Ha | % |
| Amazonia Tropical (selva baja) | Perhúmedo | Bosque | Bosque inundable de palmeras (aguajal) | 5 570 736 | 4,33 |
| | | | Bosque de terraza inundable por agua negra | 1 215 814 | 0,95 |
| | | | Bosque de llanura meándrica | 2 117 010 | 1,65 |
| | | | Bosque de terraza baja | 7 091 445 | 5,52 |
| | | | Bosque de terraza baja con castaña | 20 497 | 0,02 |
| | | | Bosque de terraza alta | 3 983 722 | 3,10 |
| | | | Bosque de terraza alta con castaña | 854 502 | 0,66 |
| | | | Bosque de colina baja con siringa | 148 428 | 0,12 |
| | | | Bosque de colina baja con castaña | 204 329 | 0,16 |
| | | | Vegetación esclerófila de arena blanca (varillal) | 54 370 | 0,04 |
| | | | Bosque de colina baja | 23 991 362 | 18,67 |
| | | | Bosque de colina alta | 1 975 221 | 1,54 |
| | | | Bosque de colina alta del Divisor | 375 624 | 0,29 |
| | | | Bosque de montaña | 3 658 450 | 2,85 |
| | Herbazal y sabana | Herbazal hidrofítico (pantano herbáceo) | 814 212 | 0,63 | |
| | | Sabana hidrofítica de palmeras | 6 585 | 0,01 | |
| | Bosque con bambú | Bosque de terraza baja con paca | 157 382 | 0,12 | |
| | | Bosque de terraza alta con paca | 92 377 | 0,07 | |
| | | Bosque de colina baja con paca | 3 784 671 | 2,94 | |
| | | Bosque de colina alta con paca | 716 719 | 0,56 | |
| Bosque de montaña con paca | | 3 495 | 0,003 | | |
| Bambusal | Pacal | 29 444 | 0,02 | | |
| Sub húmedo | Bosque | Bosque semideciduo de montaña | 18 473 | 0,01 | |
| Yunga | Perhúmedo - Semisaturado | Bosque | Bosque de terraza baja basimontano | 3 116 | 0,002 |
| | | | Bosque inundable de palmeras basimontano | 4 884 | 0,004 |
| | | | Bosque de terraza alta basimontano | 370 | 0,0003 |
| | | | Bosque de montaña basimontano | 7 650 282 | 5,95 |
| | | | Bosque de montaña montano | 3 072 387 | 2,39 |
| | | | Bosque de palmeras de montaña montano | 13 697 | 0,01 |
| | | | Bosque de montaña altimontano | 831 825 | 0,65 |
| | | | Bosque con bambú | Bosque de montaña basimontano con paca | 136 356 |
| | Húmedo - Semisaturado | Matorral | Matorral esclerófilo de montaña montano | 2 508 | 0,002 |



| Región natural | Macroprovincia de humedad | Formación vegetal | Tipo de cobertura vegetal | Superficie | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|--|----------------------|--------|------|
| | | | | Ha | % | |
| | | | Matorral arbustivo altimontano | 26 227 | 0,02 | |
| Andina (Vertiente Occidental Andina e Interandina y Puna) | Semiárido | Sabana | Sabana xérica interandina | 116 762 | 0,09 | |
| | | Bosque | Bosque xérico interandino | 441 182 | 0,34 | |
| | | | Bosque relicto mesoandino | 27 478 | 0,02 | |
| | | | Bosque relicto mesoandino de coníferas | 1 160 | 0,001 | |
| | | | Bosque montano occidental andino | 90 002 | 0,07 | |
| | | | Bosque relicto altoandino (queñoal) | 101 533 | 0,08 | |
| | Subhúmedo - superhúmedo | Herbazal y otras | Jalca | 153 674 | 0,12 | |
| | | | Páramo | 85 495 | 0,07 | |
| | | | Pajonal andino | 18 192 418 | 14,16 | |
| | | | Bofeda | 544 562 | 0,42 | |
| | Árido - superhúmedo | Matorral | Matorral arbustivo | 7 496 882 | 5,83 | |
| | | | Cardonal | 2 564 734 | 2,00 | |
| | Costa | Desecado - árido | Herbazal y otras | Tillandsial | 7 182 | 0,01 |
| Loma | | | | 256 901 | 0,20 | |
| Superárido - semiárido | | Bosque | Bosque | Bosque seco ribereño | 30 235 | 0,02 |
| | | | Bosque seco tipo sabana | 1 409 839 | 1,10 | |
| | | | Bosque seco de piedemonte | 157 036 | 0,12 | |
| | | | Bosque seco de lomada | 33 267 | 0,03 | |
| | | | Bosque seco de colina baja | 454 285 | 0,35 | |
| | | | Bosque seco de colina alta | 300 391 | 0,23 | |
| | | | Bosque seco de montaña | 1 279 156 | 1,00 | |
| | | | Manglar | 5 644 | 0,004 | |
| Subhúmedo | Bosque | Bosque subhúmedo de montaña | 34 747 | 0,03 | | |

Fuente: Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: Memoria descriptiva / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural – Lima: MINAM, 2015.



El descriptor ambiental “tipo de cobertura vegetal” se fundamenta en dos criterios de clasificación establecidos por Villalobos (2001), los usos del suelo y la vegetación, que incluye erial, cultivo seco, cultivo de regadío o seco con árboles aislados, montes de repoblación joven y monte autóctono o de repoblación bien asentada y la fauna, diferenciando en este segundo caso: seco, pastizal, matorral, erial, montes de repoblación joven, maduros o bosques autóctonos. En el cuadro N° 79 se presenta la clasificación de descriptor en cinco (05) categorías.

Cuadro N° 79: Clasificación del descriptor tipo de cobertura vegetal (F₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---|--|------------|
| Tipo de cobertura vegetal (F ₁) | Espacios abiertos con escasa cobertura vegetal o erial. | 1 |
| | Formación arbustiva y herbácea sin árboles o cultivos de seco. | 2 |
| | Formación herbácea arbórea, cultivos de regadío o seco con árboles aislados. | 3 |
| | Formación de matorral arbórea, montes de repoblación joven. | 4 |
| | Formación arbórea densa, monte autóctono o de repoblación bien asentado. | 5 |

Elaboración propia

Densidad de cobertura vegetal

La metodología EVIAVE, considera como descriptor ambiental la densidad de cobertura vegetal para el elemento suelo, debido a la importancia que tiene para la estabilidad de los suelos y para reducir las amenazas de erosión y deslizamientos.



Para clasificar este descriptor se ha considerado lo propuesto por Braun-Blanquet (1979) el cual unifica la clasificación en cinco niveles, de acuerdo con las densidades de cubiertas vegetales para determinar las estructuras de las unidades forestales y naturales. La clasificación y su respectiva valoración para este descriptor ambiental se presentan en el cuadro N° 80.

Cuadro N° 80: Clasificación del descriptor ambiental densidad de cobertura vegetal (F₂)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|--|-----------------------|------------|
| Densidad de cobertura vegetal (F₂) | 1 - 5 % individuos | 1 |
| | 6 - 25 % individuos | 2 |
| | 26-50 % individuos | 3 |
| | 51-75 % individuos | 4 |
| | 76 – 100 % individuos | 5 |

Elaboración propia

Especies Amenazadas de Flora

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2006) en la normativa promulgada “Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre” establecen las principales categorías de amenazas de flora, las cuales se fundamenta en la propuesta de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), de usar como indicador el Índice de la Lista Roja (ILR). (D.S. N° 043-2006-AG)

El ILR es considerado como el sistema más autorizado y objetivo para la clasificación de las especies por su riesgo de extinción y su inclusión en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y ha sido respaldado por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) para evaluar el progreso en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas. En el cuadro N° 81 se presenta la clasificación del descriptor ambiental “especies amenazadas de flora”.



Cuadro N° 81: Clasificación del descriptor ambiental especies amenazadas de flora (F₃)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|---|--|-------------------|
| Especies amenazadas de flora (F₃) | Sin amenaza de la flora en el área de influencia | 1 |
| | Especie Casi Amenazado - (NT) | 2 |
| | Especie Vulnerable – VU | 3 |
| | Especie en Peligro - EN | 4 |
| | Especie en Peligro Crítico - CR | 5 |

Elaboración propia

Si existe más de una especie amenazada dentro del área de influencia del sitio de disposición final, se considerará la especie con mayor grado de amenaza.

f) Fauna

Especies amenazadas de fauna

La clasificación del descriptor ambiental “especies amenazadas de fauna”, se ha determinado con base en las categorías establecidas por el MINAGRI (2014) en la normativa “Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas” aprobada según D.S. N° 004-2014-MINAGRI, el 7 de abril del 2014.

Según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2014) se utilizó como base los criterios y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y la información sobre el conocimiento actual de la tendencia de la población, distribución y amenazas recientes o proyectadas de taxones de poblaciones silvestres, dentro de su distribución natural a nivel mundial y a nivel regional para categorizar especies (D.S. N° 004-2014-MINAGRI).



Las categorías establecidas son: Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT) y Datos Insuficientes (DD). Esta última categoría se propuso debido que existen diversas especies que podrían estar en peligro de extinción, lo cual no es posible determinar debido a la falta de información sobre ellas.

En el cuadro N° 82 se presenta la clasificación del descriptor ambiental “especies amenazadas de faunas”.

Cuadro N° 82: Clasificación del descriptor ambiental especies amenazadas de fauna (G₁)

| Descriptor Ambiental | Clasificación | Valoración |
|--|--------------------------------------|------------|
| Especies amenazadas de fauna (G ₁) | Especie con Datos Insuficientes (DD) | 1 |
| | Especie Casi Amenazado (NT) | 2 |
| | Especie Vulnerable (VU) | 3 |
| | Especie en Peligro (EN) | 4 |
| | Especie en Peligro Crítico (CR) | 5 |

Elaboración propia

5.1.3. Probabilidad de Contaminación y Valor Ambiental: Nivel 2

5.1.3.1. Probabilidad de Contaminación (Pbc_i)

La Probabilidad de Contaminación (Pbc_i) de los elementos del medio dependerá del estado de explotación del punto de vertido en el momento de la visita técnica, de las características de los residuos dispuestos en el vertedero y de las características de desplazamiento que poseen las emisiones del punto de vertido al entrar en contacto con el entorno.

Para cuantificar la probabilidad de contaminación de los diferentes elementos del medio se toman en cuenta el Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_j) de cada variable de vertedero y de cada uno de los elementos del medio, definidas anteriormente, y mediante la ecuación N° 3.



Ecuación N° 3: Determinación de la Probabilidad de Contaminación

$$Pbc_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_j - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}}{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \max} - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}} \quad (3)$$

Donde:

n: es el número de variables que afectan a cada elemento del medio.

J: hace referencia a cada variable analizada.

IRC_j: es el Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable.

IRC min e IRC máx.: son los valores mínimos y máximos obtenidos para el Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable.

Para analizar si la contaminación producida por la infraestructura de disposición final se debe a su explotación y/o ubicación, se define la *Probabilidad de Contaminación relacionada con la explotación u operación del punto de vertido (Pbc_O)* y la *Probabilidad de Contaminación relacionada con la ubicación (Pbc_U)*. Para determinar cada una de estas probabilidades de contaminación se utiliza la misma ecuación 2, pero solo se tendrán en cuenta las variables relacionados con la explotación y diseño de la instalación para el cálculo del *Pbc_O* y únicamente las variables relacionadas con la ubicación para el cálculo del *Pbc_U*.

En los cuadros N° 83 se presenta la relación de cada una de las variables relacionadas con la ubicación del punto de vertido o su grado de explotación u operación.



Cuadro N° 83: Relación de las diferentes variables relacionadas con la explotación u operación del punto de vertido

| Variable | Tipo | |
|--|----------------------|-----------|
| | Explotación y diseño | Ubicación |
| Asentamiento de la masa de residuos | ✓ | |
| Cobertura diaria | ✓ | |
| Cobertura final | ✓ | |
| Compactación | ✓ | |
| Control de gases | ✓ | |
| Control de lixiviados | ✓ | |
| Edad del vertedero | ✓ | |
| Estado de caminos internos | ✓ | |
| Impermeabilización del punto de vertido | ✓ | |
| Seguridad | ✓ | |
| Sistema de drenaje superficial | ✓ | |
| Taludes | ✓ | |
| Tamaño del vertedero | ✓ | |
| Tipo de residuos | ✓ | |
| Vulnerabilidad de las aguas subterráneas | | ✓ |
| Distancia a infraestructuras | | ✓ |
| Distancia a núcleos poblados | | ✓ |
| Distancia a masas de aguas superficiales | | ✓ |
| Erosión | | ✓ |
| Fallas | | ✓ |
| Morfología a cauces superficiales | | ✓ |
| Precipitación | | ✓ |
| Punto situado en zona inundable | | ✓ |
| Riesgo sísmico | | ✓ |
| Viento | | ✓ |
| Visibilidad | | ✓ |

Fuente: Zamorano et al. (2006)



Cuadro N° 84: Suma de valores máximos y mínimos de la Probabilidad de Contaminación

| Elemento del medio | Probabilidad de Contaminación (Pbc _i) | | Probabilidad de Contaminación debido a la Ubicación (Pbc- u) | | Probabilidad de Contaminación debido al diseño y Explotación (Pbc-o) | |
|----------------------------|---|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| | Σ IRC min | Σ IRC máx. | Σ IRC min | Σ IRC máx. | Σ IRC min | Σ IRC máx. |
| Aguas superficiales | 30 | 150 | 10 | 50 | 20 | 100 |
| Aguas subterráneas | 28 | 140 | 8 | 40 | 20 | 100 |
| Atmósfera | 21 | 105 | 5 | 25 | 16 | 80 |
| Suelo | 28 | 140 | 8 | 40 | 20 | 100 |
| Salud y Sociedad | 29 | 145 | 10 | 50 | 19 | 95 |
| Fauna | 31 | 155 | 12 | 60 | 19 | 95 |
| Flora | 29 | 145 | 11 | 55 | 18 | 90 |

Fuente: Elaboración propia

Los Probabilidad de Contaminación alcanza valores que fluctúan entre 0 y 1, lo que ha permitido la clasificación presentada en la siguiente tabla, en la cual se distinguen las etiquetas que han clasificación la probabilidad de afección en *Muy baja*, *Baja*, *Media*, *Alta* o *Muy alta* (Ver cuadro N° 85).

Si una determinada variable o elemento del medio posee valor nulo para las distintas probabilidades de contaminación indicará que no existe interacción entre los procesos que se producen en un determinado punto de vertido y el parámetro considerado.



Cuadro N° 85: Clasificación de las Probabilidades de Contaminación para cada uno de los elementos del medio

| Valor de las Probabilidades de Contaminación | Clasificación |
|--|---------------|
| $0 \leq Pbc_i < 0,2$ | Muy baja |
| $0 \leq Pbc_u < 0,2$ | |
| $0 \leq Pbc_o < 0,2$ | |
| $0,2 \leq Pbc_i < 0,4$ | Baja |
| $0,2 \leq Pbc_u < 0,4$ | |
| $0,2 \leq Pbc_o < 0,4$ | |
| $0,4 \leq Pbc_i < 0,6$ | Media |
| $0,4 \leq Pbc_u < 0,6$ | |
| $0,4 \leq Pbc_o < 0,6$ | |
| $0,6 \leq Pbc_i < 0,8$ | Alta |
| $0,6 \leq Pbc_u < 0,8$ | |
| $0,6 \leq Pbc_o < 0,8$ | |
| $0,8 \leq Pbc_i \leq 1$ | Muy Alta |
| $0,8 \leq Pbc_u \leq 1$ | |
| $0,8 \leq Pbc_o \leq 1$ | |

Fuente: Zamorano et al. (2007)

5.1.3.2. Valor Ambiental (Vai)

El **Valor Ambiental (Vai)** pretende identificar y cuantificar la consideración ambiental de cada uno de los elementos del medio (aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad), desde la relación existente entre las características ambientales y sociopolíticas de estos elementos y las emisiones del vertedero; para determinar el valor ambiental que adquieren los elementos del medio se consideran únicamente las características que puedan verse afectadas por la presencia del vertedero en el entorno inmediato.



La valoración de un elemento del medio únicamente tiene sentido en el complejo vector que relaciona la dinámica del punto de vertido y su entorno. Se calcula como media aritmética de los descriptores ambientales para cada elemento del medio considerados en la metodología. (Zamorano Toro, y otros, 2006)

Aguas superficiales

Para identificar el valor ambiental que en el momento de estudio poseen las aguas superficiales cercanas al punto de vertido, es necesario cuantificar los descriptores ambientales del estado hídrico que se encuentren relacionadas con los procesos de la infraestructura de disposición final, utilizando la ecuación 4:

Ecuación N° 4: Determinación del valor ambiental para el elemento “agua superficial”

$$Va_{\text{agua superficial}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \quad (4)$$

Donde:

A1: Usos del agua.

A3: Tipo de curso de agua superficial.

A3: Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas

Si la masa de agua superficial más cercana se encuentra en un radio superior a 500 m, desde el borde de la masa de residuos, directamente se tomará Valor Ambiental igual a 1 sin proceder a aplicar la expresión anterior. Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del medio “aguas superficiales” será máximo, siempre que no se cumpla la condición anterior.

Aguas subterráneas

Cuando se pretende identificar el valor ambiental que en el momento de estudio poseen las aguas subterráneas cercanas al punto de vertido, es necesario cuantificar los



descriptores ambientales que describen las aguas subterráneas y que se encuentren relacionadas con de la infraestructura de disposición final, utilizando la ecuación 5:

Ecuación N° 5: Determinación del valor ambiental para el elemento “agua subterránea”

$$Va_{\text{agua subterranea}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (5)$$

Donde:

B1: Usos del agua.

B2: Calidad de las aguas.

Si la masa de agua subterránea se encuentra en un radio superior a 1.000 m, desde el borde de la masa de residuos, directamente se tomará Valor Ambiental igual a 1 sin proceder a aplicar la expresión anterior. Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del medio aguas subterráneas será máximo, siempre que no se cumpla la condición anterior.

Atmósfera

Para valorar este elemento del medio se ha considerado solo el descriptor ambiental “Calidad del aire”, por lo tanto, el valor ambiental de la atmosfera queda definido a través de la ecuación 6.

Ecuación N° 6: Determinación del valor ambiental para el elemento “atmosfera”

$$Va_{\text{atmosfera}} = C_1 \quad (6)$$

Donde:

C1: calidad del aire



Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento atmósfera obtendrá el valor máximo.

Suelo

La valoración ambiental del suelo donde se encuentra ubicado la infraestructura de disposición final se basa en la interpretación de los descriptores ambientales que confieren aptitud o vulnerabilidad al punto de vertido frente a las actividades humanas a la hora de ser reinsertado al medio. De acuerdo con el uso que tenga el entorno, se puede identificar el uso posible del vertedero, posterior a su clausura, así como identificar el Valor Ambiental del suelo, mediante la ecuación 7:

Ecuación N° 7: Determinación del valor ambiental para el elemento “suelo”

$$\boxed{Va_{suelo} = D_1} \quad (7)$$

Donde:

D₁: Usos del suelo

Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del suelo será máximo.

Salud y Sociedad

Las poblaciones en general se ven afectadas a través de la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, por el estado de la atmósfera, por la capacidad del sustrato edáfico; mientras que los trabajadores formales e informales que manipulan los residuos en el propio punto de vertido son expuestos directamente a las enfermedades o insalubridad.



Por lo tanto, se asigna la máxima importancia; por lo que el elemento que hace referencia a la salud posee la máxima cuantificación del Valor Ambiental y se mantiene constante para todos los vertederos que forman parte del diagnóstico ambiental, debido a que es una situación existente en todos los lugares de vertido.

Fauna

La valoración ambiental de la fauna del área de influencia del punto de vertido se determinó mediante la cuantificación del descriptor ambientales “especies amenazadas de fauna”, que confieren vulnerabilidad a las especies frente a las actividades operativas del vertedero. Para la determinación del valor ambiental se empleó la ecuación N° 8.

Ecuación N° 8: Determinación del valor ambiental para el elemento “fauna”

$$Va_{fauna} = G_1 \quad (8)$$

Donde:

G_1 : *Especies amenazadas de fauna*

Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del medio “fauna” será máximo.

Flora

Cuando se pretende identificar el valor ambiental que en el momento de estudio posee la flora del área de influencia del punto de vertido, es necesario cuantificar los descriptores ambientales que la describen como: tipo y densidad de cobertura vegetal, y especies amenazadas de flora, y que se encuentran relacionadas con el punto de vertido, utilizando la ecuación N° 9:



Ecuación N° 9: Determinación del valor ambiental para el elemento “flora”

$$Va_{Flora} = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3} \quad (9)$$

Donde:

- F1: Tipo de cobertura vegetal.
- F2: Densidad de cobertura vegetal.
- F3: Especies amenazadas de flora

Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del medio “flora” será máximo.

Para la metodología EVIAVE, el Valor Ambiental para cada uno de los elementos del medio pueden alcanzar valores comprendidos entre 1 y 5. Se ha llevado a cabo una clasificación del mismo que lo considerará *Muy bajos, Bajos, Medios, Altos* y *Muy altos* en función de los valores que se presentan en el cuadro N° 86.

Cuadro N° 86: Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio

| Valor Ambiental (V _{ai}) | Clasificación |
|------------------------------------|---------------|
| $1 \leq Va_i < 1,8$ | Muy bajo |
| $1,8 \leq Va_i < 2,6$ | Bajo |
| $2,6 \leq Va_i < 3,4$ | Medio |
| $3,4 \leq Va_i < 4,2$ | Alto |
| $4,2 \leq Va_i \leq 5$ | Muy alto |

Fuente: Zamorano et al. (2007)

5.1.4. Índice de Riesgo de Afección Ambiental: Nivel 3

El **Índice de Riesgo de Afección Ambiental** (IRA_i) pretende conocer cuál es el potencial de afección ambiental que se produce para cada uno de los elementos del medio que componen el entorno inmediato del vertedero, considerando el valor ambiental del mismo. Este factor refleja si existe o no interacción entre los procesos en el punto de vertido y las características de cada uno de los elementos del medio del entorno.



Para la determinación de este índice se utiliza los valores obtenidos previamente en el Nivel 2: Probabilidad de Contaminación y Valor Ambiental, para cada uno de los elementos del medio o componentes medioambientales, utilizando la ecuación N° 10:

Ecuación N° 10: Determinación del Índice de Riesgo Ambiental (IRA)

$$IRA_i = Pbc_i \times Va_i \quad (10)$$

Donde:

i: Representa los elementos del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad, flora y fauna.

Pbc_i: Probabilidad de contaminación para cada elemento del medio (i). Se refiere al estado ambiental del punto de vertido

Va_i: Valor ambiental de los distintos elementos del medio (i), que se refiere a las características de éstos frente a la dinámica del vertedero.

La metodología EVIAVE considera el Índice de Riesgo Ambiental para cada uno de los elementos del medio alcanzan valores comprendidos entre 0 y 5. La clasificación de los mismos se ha fijado en base a cinco etiquetas, *Muy bajo*, *Bajo*, *Medio*, *Alto* o *Muy alto*, los cuales se presenta en el cuadro N° 87.

Cuadro N° 87: Clasificación de los Índices de Riesgo Ambiental para cada uno de los elementos del medio

| Valor del Índice de Riesgo Ambiental (IRA _i) | Clasificación |
|--|---------------|
| $0 \leq IRA_i < 1$ | Muy bajo |
| $1 \leq IRA_i < 2$ | Bajo |
| $2 \leq IRA_i < 3$ | Medio |
| $3 \leq IRA_i < 4$ | Alto |
| $4 \leq IRA_i \leq 5$ | Muy alto |

Fuente: Zamorano et al. (2007)



Si un determinado elemento del medio posee valor nulo para alguno de los Índices de Riesgo Ambiental no indica en ningún caso que este elemento del medio no participe en el ecosistema, sino que no existe interacción entre los procesos que se producen en un determinado punto de vertido y el parámetro considerado.

5.1.5. Índice de Interacción Medio Ambiente–Vertedero: Nivel 4

El **Índice de Interacción Medio Ambiente–Vertedero** pretende valorar la interacción ambiental existente entre el estado ambiental global del punto de vertido y los elementos del medio, evaluando de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio. Este índice permitirá además el establecimiento de un orden de prioridades de actuación en el caso de aplicar la metodología a varios puntos de vertido. (Zamorano et al, 2005)

La ecuación matemática vendrá dado por la suma de los índices que cuantifican la interacción del punto de vertido con los diferentes elementos del medio, utilizando la ecuación 11:

Ecuación N° 11: Determinación del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)

$$IMV = \sum_{i=1}^{i=5} IRA_i \quad (11)$$

Donde:

i: hace referencia a cada uno de los elementos del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad

IRA_i: es el Índice de Riesgo de Afección Ambiental para cada uno de los elementos del medio.



El Índice de Interacción Medio Vertedero, puede alcanzar valores comprendidos entre 0 y 25. Si un determinado vertedero posee valor nulo en su Índice de Interacción medio Vertedero, no indica en ningún caso que los elementos del medio no participan en el ecosistema, sino más bien que no existe interacción entre los procesos que se producen en un determinado punto de vertido y todos los parámetros considerados. Se trataría de la situación ideal en la que un vertedero está ubicado conforme a todas las directrices existentes y, además está explotado o gestionado correctamente.

Cuadro N° 88: Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero

| Valor del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) | Clasificación |
|---|---------------|
| $0 \leq \text{IMV} < 5$ | Muy bajo |
| $5 \leq \text{IMV} < 10$ | Bajo |
| $10 \leq \text{IMV} < 15$ | Medio |
| $15 \leq \text{IMV} < 20$ | Alto |
| $20 \leq \text{IMV} \leq 25$ | Muy alto |

Fuente: Zamorano et al. (2007)

5.2. Descripción de los factores ambientales y sociales

La descripción de los factores ambientales y sociales del entorno donde se emplaza el Botadero de Haquira, es un estudio diagnóstico que caracteriza al área de influencia, lo cual permite cuantificar y monitorear los impactos ocasionados e inferir los cambios que experimentó, experimenta y experimentará el área de influencia, debido a la operación del botadero. En el Capítulo IV: Descripción del Área de Estudio, se presentó a detalle las características del entorno, con la finalidad de identificar, evaluar y cuantificar los impactos ambientales y proponer las medidas necesarias de manejo para la prevención, mitigación y corrección de los mismos.

A continuación, en el cuadro N° 89 se presenta a manera de resumen la descripción de los factores ambientales y sociales.



Cuadro N° 89: Identificación de factores ambientales y sociales en el botadero de Haqira

| Factores ambientales | | |
|----------------------|-------------------------------|---|
| Geología | Formaciones geológicas | Según los boletines geológicos del cuadrángulo 28-r-I (INGEMMET) aflora en el área de estudio en la Era Cenozoica, la formación Ausangate (KsP-au) y formación Quilque (KsP-qu) |
| | Características | La formación Ausangate, se caracterizan por componerse de secuencias pelíticas de limoareniscas y limoarcillas son estratificación laminar intercalado con delgados estratos de areniscas gris de grano medio. La formación Quilque, se caracteriza por una estratificación laminar de arcillas intercalados con lutitas rojas y limoareniscas, limoarcillitas con delgados estratos de areniscas grano medio a fino. |
| | Acuíferos | La quebrada de Jaqira está compuesta por una interrelación de bancos de areniscas feldespáticas y lutitas. Las areniscas están fuertemente fracturadas, este tipo de roca tiene la característica de poseer una porosidad primaria y secundaria por causa de la diagénesis y la tectónica respectivamente, la cual retiene el agua de la precipitación pluvial y de aguas que discurren por la quebrada llamando así Acuífero. El acuífero de Jaqira está siendo contaminado por los lixiviados y las escorrentías de aguas superficiales, siendo está saturada mayormente en la época de precipitación pluvial, y que a la vez generan focos de agua o manantes por distintos lugares de la Quebrada, causando un impacto negativo al suelo, agua, aire, flora, fauna y al medio ambiente. |
| | Distancias a fallas | Las fallas de Rumbo se encuentran hacia el Este del Botadero de Haqira y este paralelo al Rumbo de los estratos del núcleo del anticlinal NS y su Buzamiento es 75° aproximadamente. El espejo de falla muestra algunas estrías y el material originado por la fricción de bloques llamado “panizo”, sellando parcialmente la zona de corrimiento, constituye un control estructural que limita el movimiento de las aguas de escorrentía y lixiviadas hacia la zona NW del Botadero. |
| | Riesgo sísmico | El botadero de Haqira se encuentra ubicado dentro de la Zona Sísmica VII. La magnitud registrada durante el periodo del año 2000 al 2015, fue superficial e intermedia en el rango de 3 a 5 grados de magnitud en la escala de Richter. |
| Geomorfología | Unidades Morfológicas | La altiplanicie disectada son superficies caracterizadas por una topografía ligeramente llana de 15 a 25% de pendiente predominante, ubicadas entre los 3800 y 4800 m.s.n.m. Su origen es variado, algunas originados a partir de superficies rocosas duras de estructura tabular, donde la erosión fluvial ha diseccionado diversas estructuras de suelo y de roca. |
| | Topografías | El área de estudio presenta una pendiente aproximada de 15%. Las laderas de microcuenca de Haqira tienen una pendiente que varía de 15% a 45%. |



| Factores ambientales | | |
|-------------------------------|---|---|
| Hidrología Superficial | Presencia de Aguas Superficiales | El botadero de Haqira se encuentra ubicado en las micro cuencas de Huancaro y Chocco, parte alta de la subcuenca del río Huatanay. En el área de influencia directa e indirecta del Botadero de Haqira, se han identificado manantes que aumentan en la temporada de lluvia. |
| | Riesgo de Inundación | De acuerdo con las características geológicas del área de estudio, esta sobreyace sobre las intercalaciones de estratos de areniscas y lutitas. Los estratos de lutita tienen un comportamiento impermeable y los estratos de areniscas tienen la característica de ser permeables y se comportan como depósitos de agua, los cuerpos de areniscas presentan fracturamiento de medio a alto por lo que contribuye a la filtración de las aguas al subsuelo, siendo contaminadas por la escorrentía superficial de las aguas pluviales y los lixiviados. Por lo tanto, el riesgo de inundación es bajo. |
| | Área de Escorrentía | Las aguas discurren con orientación Oeste a Este. El sistema de drenaje de forma general que presenta la zona es del tipo dendrítico medio a grueso. En los flancos de la quebrada Haqira se observa cauces de escurrimiento superficial en épocas de lluvia, por otra parte, se observa bancos en donde discurre los lixiviados. |
| Hidrología Subterránea | Pozos o Manantes | En la zona del botadero de Haqira, existe dos quebradas una está ubicada al Este del botadero de Haqira llamada Wintaray que filtran escasas filtraciones y la otra ubicada hacia el Oeste de la quebrada de Haqira llamada Quinsaventanayoc de donde aflora fuentes de aguas superficiales. |
| | Permeabilidad del Sustrato | La permeabilidad de las rocas depende del tipo de porosidad en este caso la porosidad primaria de las rocas areniscas y la porosidad secundaria o de fisuramiento y planos de estratificación. La permeabilidad establecida para las rocas del área del botadero de Haqira es: $K = 0,001 \text{ m/día}$. |
| | Importancia Hidrogeológica | <p>La quebrada de Haqira está compuesta por una interrelación de bancos de areniscas feldespáticas y lutitas. Las areniscas están fuertemente fracturadas, este tipo de roca tiene la característica de poseer una porosidad primaria y secundaria por causa de la diagénesis y la tectónica respectivamente, la cual retiene el agua de la precipitación pluvial y de aguas que discurren por la quebrada llamando así Acuífero.</p> <p>El acuífero de Haqira está siendo contaminado por los lixiviados y la escorrentía de aguas superficiales, siendo está saturada mayormente en la época de precipitación pluvial, y que a la vez generan focos de agua o manantes por distintos lugares de la Quebrada, causando un impacto negativo al suelo, agua, aire, flora, fauna y al medio ambiente.</p> |



| Factores ambientales | |
|---|---|
| Clima | <p>Tipo de Clima</p> <p>El tipo de clima en el área de estudio es lluvioso, con otoño e invierno seco, semifrío y húmedo, el cual se ha determinado de acuerdo al “Mapa de Clasificación Climática del País” elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).</p> |
| | <p>Precipitación</p> <p>En la estación Granja Kcayra, durante el periodo comprendido entre 2006 y 2016, se obtuvo un promedio de precipitación mensual, el cual vario entre 145.4 mm (Enero) a 1.9 mm (Junio), se registró la precipitación total de máximo valor en el mes de enero de 2010 (289.0 mm).</p> <p>En la estación Anta Ancachuro, durante el periodo comprendido entre 2006 y 2016, el promedio de la precipitación mensual varió de 138.9 mm (Febrero) a 3.9 mm (Junio), se registró la precipitación total de máximo valor en el mes de enero de 2010 (289.0 mm).</p> |
| | <p>Temperatura</p> <p>En la estación Granja Kcayra, en el periodo comprendido entre 2006 y 2016, el comportamiento de la temperatura media mensual multianual varió de 10 °C (Julio) a 13.9 °C (Enero). La temperatura mínima media mensual reportada en el periodo fue de 4.7 °C (Octubre 2007) y la temperatura máxima media mensual reportada en el periodo alcanzó 15.2 °C (Enero y Febrero 2016).</p> <p>En la Estación Anta Ancachuro, en el periodo comprendido entre 2004 y 2016, el comportamiento de la temperatura media mensual multianual varió de 9.0 °C (Julio) a 13.1 °C (Noviembre). La temperatura mínima media mensual reportada en el periodo fue de 7.7 °C (Julio 2014) y la temperatura máxima media mensual reportada alcanzó 14.8 °C (Enero 2005).</p> |
| | <p>Vientos</p> <p>Durante el periodo comprendido entre 2006 - 2016, en la Estación Granja Kcayra el comportamiento de los vientos registrados, no presentan calma y los vientos que predominan presentan dirección Noreste con una frecuencia de 92.50%.</p> <p>Durante el periodo comprendido entre 2004 - 2016, en la estación Anra Ancachuro, el comportamiento de los vientos registrados, no presentan calma y los vientos que predominan presentan dirección Este-Noreste con una frecuencia de 74.17%.</p> |
| <p>Capacidad de Uso Mayor de Tierras</p> | <p>En el área de estudio se identificó como unidad de capacidad de uso mayor de las tierras a Protección - Pastos de calidad agrologica Baja (P3sec – Xse). Las tierras poseen calidad agrologica baja, no son favorables para cultivo en limpio, ni permanente, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuado o temporal sin deterioro de la capacidad productiva del recurso suelo.</p> |
| <p>Vegetación</p> | <p>Se identificó una (01) zonas de vida en el área de estudio: Bosque húmedo - Montano Subtropical (bh-MS). La flora en el lugar de estudio está determinada fundamentalmente por la presencia de pastos naturales como el Ichu, dentro de las plantaciones tenemos al eucalipto, la agricultura no es económicamente rentable por lo que se siembra productos de pan llevar como la papa, haba, trigo para su consumo y otros tipos de plantas generadas por los microclimas de las pequeñas quebradas. Dentro del área de influencia se ha identificado una especie de flora que estén dentro de la lista de categorización de especies amenazadas de Flora silvestre publicado mediante D.S. 043-2006-AG.</p> |



| Factores ambientales | |
|--|--|
| Fauna | La fauna del lugar se limita a animales domésticos que pastan como el ganado vacuno, ovino y algunos animales menores como los cuyes y aves domésticas. Dentro del área de influencia no se ha identificado algún género de fauna que se encuentre dentro de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, publicada mediante D.S. 004-2014-MINAGRI. |
| Factores Sociales | |
| Áreas de administración especial | El botadero de Haqira, no se encuentra ubicado en zona de administración especial |
| Usos del suelo | Se han identificado terrenos con hortalizas y cultivos, terrenos de praderas naturales, terrenos para ganadería extensiva, terrenos sin uso y/o improductivos y áreas urbanas; cuyas categorías de uso actual del suelo se elaboró con base a los criterios establecidos por la Unión Geográfica Internacional (UGI). |
| Infraestructuras: Accesibilidad, distancia a núcleos poblados, sitios de interés. | El botadero de Haqira se encuentra ubicado en la comunidad de Haqira, al Sur Oeste de la ciudad del Cusco, en el distrito de Santiago, provincia de Cusco; a 7.8 km del tramo de la Carretera Cusco – Ccorca, con acceso vía asfaltada de 2 km y trocha carrozable de 5.8 km. Las distancias al núcleo poblado más cercano: es 300 metros a la comunidad de Haqira. |

Elaboración propia



5.3. Diagnóstico del Botadero de Haqira

El botadero de Haqira entro en funcionamiento en el año 2001 con una vida útil estimada de 7 años, sin cumplir con los requisitos técnicos sanitarios y ambientales establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud (MINSA). Los residuos sólidos que son dispuestos en este botadero son provenientes de los distritos de Ccorcca, Cusco, Poroy, San Jerónimo, Santiago, San Sebastián, Saylla y Wanchaq.

El botadero de Haqira es la infraestructura para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios generados en la provincia de Cusco. Para la aplicación de la metodología EVIAVE (Evaluación de Impacto Ambiental de Vertederos) es necesario realizar un diagnóstico del punto de vertido seleccionado, con el fin de conocer las características actuales con relación al diseño y operación, y los problemas que generados por la explotación del botadero.

Para la descripción de las características fue necesario realizar una visita técnica a las instalaciones del Botadero de Haqira, además se realizaron consultas a instituciones competentes como la Municipalidad Provincial del Cusco (MPC) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), y se entrevistó al Ing. Dante Vargas Rodríguez – Residente del botadero para que nos proporcione mayor información.

Se seleccionó una serie de datos básicos que describen el punto de vertido, entre los que se citan: ubicación, organización, tipo de vertedero, año de inicio de la actividad, infraestructura, operación, control ambiental, entre otros.



5.3.1. Situación Actual

La Municipalidad Provincial del Cusco, en el año 2015 reinició la obra “Mejoramiento y Ampliación de la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Cusco en la localidad de Haqira, distrito de Santiago, provincia de Cusco”, esta obra implica la construcción de un pequeño relleno sanitario auxiliar, ubicado al costado del botadero antiguo. Este proyecto tiene como fuente de financiamiento la Caja Municipal Cusco y el CANON, mediante la modalidad de ejecución de administración directa. El presupuesto total de la obra es de trece millones, seiscientos dieciséis mil novecientos cincuenta y cinco soles con sesenta y tres céntimos (S/. 13 616,955.63) aprobado mediante el Expediente Técnico N° 752-GM-MPC-2012.

Durante las visitas técnicas realizadas al botadero de Haqira durante el año 2016 y 2017, se pudo observar las características actuales de las instalaciones, las cuales se detallan a continuación:

- Se colocó el cerco perimétrico solo en un 30 % del área total de disposición final.
- Se ha soterrado y compactado más de 2 millones de toneladas de residuos sólidos domiciliarios que estaban dispersos por todo el botadero de Haqira, y han sido cubiertos con geomembrana. Sin embargo, no se ha realizado el recubrimiento de la base del área con geomembrana y geotextil. Así mismo, no se ha cumplido con la colocación de dos capas de material arcillosos con permeabilidad 1×10^{-6} cm, con un espesor superior de 0.20 m y una capa de material gruesa de 0.2 m de espesor mínimo para que actué como capa de drenaje.
- Se ha preparado el terreno y se ha colocado en el área nueva de disposición de residuos sólidos impermeabilización artificial (geotextil de 400 gr/m² y geomembrana de 2.0 mm de espesor).



- Se implementó un sistema de drenaje de lixiviados en el área nueva de disposición, los cuales conducen los líquidos generados hasta la poza de captación, la cual no cuenta con las dimensiones necesarias para el almacenamiento.
- Se han instalado chimeneas para el drenaje de gases en el área de disposición de residuos existentes y en la nueva área de disposición.

A pesar de las actividades realizadas para el mejoramiento técnico, actualmente se observa aún problemas ambientales y sociales, debido a la generación de lixiviados y la falta de tratamiento de estos, generando el escurrimiento de los lixiviados hacia la comunidad de Haquira, contaminando de esta manera los terrenos de cultivos, erosionando el suelo y contaminando las aguas superficiales y aguas subterráneas del área de influencia del botadero. Además, se ha observado espacios abiertos entre la geomembrana colocada en el área de disposición de residuos existentes, por donde los animales tratan de retirar algunos residuos.

La población de la comunidad de Haquira está en desacuerdo con la operación del botadero en dicho lugar, durante más de 15 años ha operado sin ningún control, perjudicando la salud (problemas dermatológicos, gastrointestinales y virales) y la económica de los pobladores (contaminación de tierras de cultivo donde se sembraban papa y maíz, y muerte de animales como vacas y corderos). Por ello los pobladores insisten a la Municipalidad Provincial del Cusco el cierre definitivo del botadero de Haquira y la construcción de un relleno sanitario en un lugar adecuado que cumpla con los requisitos establecidos en el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobado según D.S. 014-2017-MINAM.



Fotografía N° 5: Acumulación de los residuos sólidos en el botadero de Haqira, sin considerar las pautas para una adecuada cobertura final



Elaboración propia

Fotografía N° 6: Lixiviados acumulada quebrada abajo del botadero de Haqira



Elaboración propia



Fotografía N° 7: Esguerrimiento de lixiviados generado por el botadero de Haqaira



Elaboración propia

De igual manera, durante en el trabajo de campo y mediante la aplicación de encuestas se identificó dos (02) lugares informales de acopio de residuos: Estela Pilares y María Labra, ambas ubicadas en el sector Belenchaca camino al botadero de Haqaira. El personal encargado de la recolección de los residuos sólidos, clasifican los residuos reaprovechables como metales, chatarra, papeles y plásticos, los cuales son vendidos en estos lugares informales, aprovechando la cercanía al botadero de Haqaira.

En los exteriores del botadero de Haqaira, se identificaron dos (02) lugares de acopio informales: la primera zona de acopio ubicada aproximadamente a unos 100 metros del botadero, donde se observó la disposición inadecuada de gran cantidad de plásticos (botellas de gaseosas y agua mineral, envases de insumos químicos como lejía) y cartón; y la segunda zona de acopio se observó residuos de madera y metales.



Fotografía N° 8: Acopio Informal de residuos aprovechables – Estela Pilares



Elaboración propia

Fotografía N° 9: Segregación de residuos reaprovechables en zonas de acopio informal, camino al botadero de Haquira.



Elaboración propia



Fotografía N° 10: Zona de acopio informal ubicada a 100 m. del botadero



Elaboración propia

Fotografía N° 11: Segregación de residuos de cartón y plásticos, en zona de acopio informal



Elaboración propia



Fotografía N° 12: Zona de acopio informal, ubicada cerca a la comunidad de Haqira (Exteriores del Botadero)




Elaboración propia

5.3.2. Operación u Explotación

La descripción realizada de las características relativas a la explotación u operación del botadero de Haqira, permitió cuantificar la probabilidad de contaminación que el botadero posee hacia los diferentes elementos del medio. Para ello fue necesario realizar inspecciones técnicas al punto de vertido y entrevistar al Dr. Percy Taco Palma - Gerente de Medio Ambiente la Municipalidad Provincial del Cusco, al Ing. Dante Vargas - Residente encargado del Botadero de Haqira y a algunos pobladores. Para el reconocimiento del botadero de Haqira se ha empleado el formato de evaluación o chequeo para puntos de vertidos propuesto por Garrido (2008), en la cual se describen las características de explotación del vertedero seleccionado. En el cuadro N° 90 se presenta la descripción del botadero de Haqira, a manera de resumen, la cual fue realizada mediante la utilización del formato de evaluación.



Cuadro N° 90: Descripción del botadero de Haquira

| Datos generales sobre el punto de vertido | |
|---|---|
| Nombre del Botadero | Botadero de Haquira |
| Fecha de Visitas | 2016 - 2017 |
| Ubicación del Botadero | Distrito de Santiago – Provincia de Cusco |
| Coordenada UTM | E: 0822850 N: 8499898 |
|  | |
| Municipios Servidos | Cusco, Ccorca, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla, Wanchaq. |
| Habitantes | 450 095 – Provincia del Cusco |
| Superficie de vertido | 7 hectáreas |
| Superficie afectada por el vertido | 8 hectáreas |
| Explotación publica/privada | Publica - Municipalidad Provincial del Cusco |
| Edad del vertedero | 17 años – Año 2001 |
| Situación actual en la que se encuentra el vertedero | En funcionamiento |
| Tiene proyecto | Si: “Mejoramiento y Ampliación de la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad del Cusco en la localidad de Haquira, Distrito de Santiago, Provincia de Cusco” |
| Ha sido sometido a Evaluación de Impacto Ambiental | No |
| Cantidad diaria de residuos | 400 TM/día |
| Cantidad anual de residuos | 146 000 TM/año |
| Calificación del suelo | Urbano - Agrícola |

Elaboración propia



Descripción del punto de vertido

Acceso al vertedero

El botadero de Haqira cuenta con un torreón de vigilancia o control, ubicada al ingreso de la infraestructura, donde el receptor presente controla y registra el ingreso de los contenedores de residuos sólidos.

Fotografía N° 13: Torreón de vigilancia e ingreso al botadero de Haqira



El 30% del perímetro de la infraestructura de disposición final encuentra cercado. El cerco está constituido por alambre puido galvanizado de 7 hileras y postes de madera de eucalipto instalados a una altura de 1.70 metros.

Fotografía N° 14: Cerco perimétrico instalado en la parte frontal del botadero



Elaboración propia



Caminos internos y externos

No se ha construido vías internas para la circulación de las unidades vehiculares en el botadero de Haqira.

Fotografía N° 15: Botadero de Haqira, sin la presencia de caminos internos



Camino externo de tierra compactada con un ancho de 8 metros, existencia de material particulado en los laterales de los caminos.

Fotografía N° 16: Vías de acceso externas al botadero de Haqira



Elaboración propia



Señalización

Existe señalización al ingreso del botadero, en las áreas administrativas, en el área de disposición de residuos existentes y en el área nueva de disposición.

Fotografía N° 17: Señalizaciones existentes en el Botadero de Haquira



Servicios Básico

Energía eléctrica

El botadero de Haquira cuenta con el servicio de energía eléctrica, el cual es abastecido a través de la empresa Electro Sur Este S.A.A. – Cusco; así mismo, cuentan con un generador para el área administrativa en caso de caso de alguna contingencia.

Agua y Desagüe

El abastecimiento de agua es través de una cisterna y no se cuenta con una conexión de desagüe, por lo que se emplea baños químicos portátiles.

Sistema de pesaje

El botadero de Haquira no cuenta con un área de pesaje, el cual es necesario para el control de la cantidad de residuos sólidos que son dispuestos aquí. Por lo que es recomendable contar con un sistema de pesaje a través de una balanza electrónica de aproximadamente 18 m de longitud.

El sistema de pesaje permite registrar el peso inicial de la unidad o camión recolector que ingresa a la infraestructura de disposición final y el peso final luego de disponer toda la carga, de esta manera por diferencia se determina el peso neto de la cantidad de residuos sólidos domiciliarios que son dispuestos por cada unidad.

Elaboración propia



Operación de relleno en el botadero

Existen maquinas permanentes para la extensión, compactación, cubrimiento de los residuos, así como el corte y acarreo de material de relleno. Se realizan labores de mantenimiento y limpieza. Existe un personal administrativo, de operación y mantenimiento, el cual esta permanente en el sitio de disposición.

Fotografía N° 18: Compactación de los residuos dispuestos en el botadero



Taludes

La quebrada de Haqira es una estructura geomorfológica con una pendiente aproximada de 15%, siendo la acción erosiva del agua pluvial moderada, relación de pendientes aproximadamente 3:1. Existencia de erosión superficial y cárcavas.

Fotografía N° 19: Corte del talud para fines de soterramiento actual





Material de cobertura

Existe material de cobertura de tierra, obtenida en el mismo lugar. Los residuos en el botadero de Haquira son soterrados (enterrados) tres veces por semana con maquinaria.

Fotografía N° 20: Obtención del material de cobertura en el mismo botadero de Haquira



Fotografía N° 21: Soterrado de los residuos sólidos dispuestos, en el área nueva de disposición final



Elaboración propia



Lixiviados

En el botadero de Haqaira se instaló canales perimetrales de interceptación que conducen las aguas pluviales y los lixiviados hasta los pozos de reserva existentes. Los lixiviados son colectados a través de un sistema de drenaje en los dos pozos de reserva habilitados. Así mismo existen dos pozos de reserva inhabilitados los cuales se encuentra en la parte frontal y dos pozos habilitados en la parte baja del botadero.

Fotografía N° 22: Pozo de reserva de lixiviados inhabilitados



Fotografía N° 23: Pozo de reserva de lixiviados habilitados



Elaboración propia



Así mismo, existe un pozo de almacenamiento para la evaporación y recirculación de los lixiviados generados por el botadero de Haquira.

Fotografía N° 24: Pozo de almacenamiento de lixiviados para su evaporación.



Sistema de recogida de gases

Los gases producidos durante la descomposición de los residuos sólidos (Metano y CO₂), son evacuados mediante chimeneas para su eliminación en los quemadores. Se han instalado chimeneas en el área de disposición de residuos existentes y en el área nueva de disposición.

Fotografía N° 25: Chimeneas instaladas en el área de disposición de residuos existente





Población afectada

La Comunidad de Haqira, es el centro poblado más cercano, ubicado a 300 m. del botadero.

Fotografía N° 26: Vista de la comunidad de Haqira



Residuos Tóxicos y peligrosos

Envases de pintura y solventes, metales, envases de productos químicos, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, dispuestos en el botadero de Haqira.

Fotografía N° 27: Disposición de residuos sólidos peligrosos en las vías





| Voluminosos y neumáticos | | | |
|--|--------|---------------------------------------|-------|
| <p>En el botadero de Haqira se disponen algunos neumáticos, los cuales son reciclados por los segregadores informales que diariamente buscan residuos reaprovechables en el área nueva de disposición. Así mismo, en algunas oportunidades los operarios del botadero reciclan y reutilizan los neumáticos.</p> | | | |
| Residuos de Construcción y Demolición | | | |
| <p>Los residuos de construcción y demolición son dispuestos inadecuadamente en algunas ocasiones en el botadero de Haqira, en un porcentaje mínimo de 2 %.</p> | | | |
| Composición de residuos | | | |
| Residuos orgánicos | 56.8 % | Textiles | 1.7 % |
| Plásticos | 14.4 % | Pilas y baterías | 0.1 % |
| Papel y cartón | 5.1 % | Envases de productos químicos | 0.1 % |
| Vidrio | 4.5 % | Residuos inservibles | 7.4 % |
| Metales | 3.0 % | Otros (cuero, madera, desmonte, etc.) | 6.9 % |
| Clasificación de los residuos que se disponen en el sitio | | | |
| <p>En el Botadero de Haqira, se realiza la clasificación informal de los residuos sólidos domiciliarios, seleccionando los residuos reaprovechables para su comercialización.</p> <p style="text-align: center;">Fotografía N° 28: Recicladores informales ubicados en el área nueva de disposición final</p> | | | |
| | | | |



Vegetación

En el área de influencia del botadero de Haqira, las formaciones principales son pastos naturales como el ichu y plantas como el eucalipto.

Fotografía N° 29: Pajonal andino identificado en el área de influencia del botadero



Animales e insectos

En el punto de vertido se han encontrados diversos animales como perros, ratas y cerdos.

Fotografía N° 30: Animales identificados en el punto de vertido



Elaboración propia







| Tratamiento actual |
|--|
| Actualmente no realiza un tratamiento a los residuos sólidos que son dispuestos en el Botadero de Haqira, ni tampoco se realiza el tratamiento de los lixiviados generados. |
| Impactos evidentes |
| Contaminación de tierras de cultivos / Contaminación de aguas superficiales y subterránea / Contaminación atmosférica / Generación de vectores / Enfermedades gastrointestinales y dérmicas. |





Elaboración propia



Cuadro N° 91: Imágenes satelitales del estado en que se encontraba el Botadero de Haquira, durante el periodo 2002 - 2017

| Año 2002 | Año 2008 |
|---|--|
|  |  |
| Año 2011 | Año 2012 |
|  |  |



| Año 2013 | Año 2014 |
|---|--|
|  |  |
| Año 2016 | Año 2017 |
|  |  |

Elaboración propia



5.4. Aplicación de la Metodología EVIAVE modificada

La aplicación de la metodología EVIAVE tiene como finalidad conocer los impactos ambientales generales por el botadero de Haquira, su idoneidad de su ubicación y los trabajos de explotación; todo esto con la finalidad de ofrecer directrices destinadas a minimizar los problemas ambientales generados en los mismos.

Una vez recopilada y analizada la información del botadero de Haquira, se procede a la aplicación de la metodología EVIAVE modificada, en primer lugar, se determinó la Probabilidades de Contaminación (Pbc_j), a partir de los Índices de Riesgo de Afección Ambiental (IRC_j), también se obtuvo la Probabilidad de Contaminación relacionada con la explotación ($Pbc-o$) y la Probabilidad de Contaminación relacionada con la ubicación de los vertederos ($Pbc-u$).

Al aplicar la metodología EVIAVE modificada, se procedió a analizar los resultados obtenidos, con la finalidad de determinar el grado de afección ambiental, conocer la problemática existente y validar la metodología en los puntos de vertido ubicados en el territorio nacional del Perú.

5.4.1. Nivel 1: Variables y descriptores ambientales

5.4.1.1. Variables de vertedero

Las variables de vertedero definen una serie de características del punto de vertido que tal y como se ya se ha justificado en esta investigación, influyen directa o indirectamente sobre el ambiente, y que se relacionan con su ubicación, diseño y explotación. En el cuadro N° 92 se presentan los valores establecidos, considerando para ello las observaciones en el momento de la visita, así como la toma de datos procedentes de documentos técnicos.



Cuadro N° 92: Valoración (Cj) de las variables del Botadero de Haqira, de acuerdo a la metodología EVIAVE

| Variable | Condición | Clasificación | | Justificación |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|---|--|
| Asentamiento de la masa de residuos | Muy bajo | Alta | 5 | El botadero de Haqira compacta sus residuos con ayuda de la grúa mecánica. No existen métodos in situ para la aceleración de la degradación de la masa de residuos ni controles geotécnicos. Se observan daños en los sistemas de drenaje superficial y recogida de lixiviados. Se aprecia el adelgazamiento del espesor original y depresiones en la cobertura final. |
| | Bajo | | | |
| | Medio | | | |
| | Alto | | | |
| | Muy Alto | | | |
| Cobertura diaria | Muy satisfactorio | Alto | 4 | La puesta en obra del material de cobertura es deficiente debido al incumplimiento de la frecuencia diaria, pendiente hacia el exterior del vertedero de 1% y compactación con un mínimo de 4 pasadas. El material en su mayoría está clasificado como SC (arenas arcillosas). El espesor de la capa de recubrimiento es mayor a 15 cm. |
| | Satisfactorio | | | |
| | Regular | | | |
| | Deficiente | | | |
| | Inadecuado | | | |
| Cobertura final | Muy adecuada | Alta | 4 | Sobre al área de disposición final existente, se ha colocado una capa de asentamiento de espesor de 50 cm, sobre esa capa se ha colocado como protección geomembrana de 2.0 mm de espesor nominal, con una densidad (min) 0.94 gr/ml y geotextil de 400 gr/m ² . No se colocó la capa mineral impermeable, capa de tierra de 50 cm y capa vegetal abonada. |
| | Adecuada | | | |
| | Media | | | |
| | Deficiente | | | |
| | Inexistente | | | |
| Compactación | Muy alta | Muy Alta | 5 | Los residuos son compactados junto con el material de cobertura, mediante la maquinaria permanente en el botadero de Haqira. Se observan en el área de estudio grietas, asentamientos pronunciados y rebusca de animales domésticos. El botadero es de baja densidad con una explotación regular. |
| | Alta | | | |
| | Media | | | |
| | Baja | | | |
| | Muy baja | | | |
| Control de gases | Muy adecuado | Alta | 4 | El control de gases se realiza a través de un sistema de ventilación activo (chimeneas verticales para la extracción del gas) distribuidos sobre las celdas de disposición. No existe tratamiento de gases, ni recuperación de energía ni quemadores. No se realiza la medición y control de gases en la frecuencia establecida. |
| | Adecuado | | | |
| | Medio | | | |
| | Bajo | | | |
| | Nulo | | | |
| Control de lixiviados | Muy adecuado | Alta | 4 | Existe sistema de drenaje y almacenamiento (tres pozas de lixiviados operativas y dos pozas inutilizables) con recirculación, pero con mal diseño y conservación. No existe control del volumen y composición de los lixiviados en frecuencias establecidas. Se ha evidenciado el escurrimiento del lixiviado que contamina las aguas superficiales y subterráneas. |
| | Adecuado | | | |
| | Medio | | | |
| | Bajo | | | |
| | Nulo | | | |



| Variable | Condición | Clasificación | | Justificación |
|--|---|---------------|---|--|
| Distancia a infraestructuras | Infraestructuras con afección nula | Alto | 4 | En el botadero de Haqira se identificaron fuentes de aguas superficiales (manantes); asimismo el punto de vertido se encuentra ubicado al borde de la carretera Cusco – Ccorca. Por lo tanto, no cumplen la distancia mínima de referencia para la infraestructura del Tipo I (Pozos, fuentes y manantes) y tipo II (Vías comarcales) |
| | Infraestructuras con baja afección | | | |
| | Infraestructuras con afección media | | | |
| | Infraestructuras con afección alta | | | |
| | Infraestructuras con afección muy alta | | | |
| Distancias a cuerpos de agua superficiales | Muy alta | Alta | 4 | Aproximadamente a 50 metros del botadero de Haqira existen fuentes de aguas superficiales, que en época de lluvia recogen el escurrimiento superficial proveniente del botadero, por lo tanto, la condición de esta variable se considera baja. |
| | Alta | | | |
| | Media | | | |
| | Baja | | | |
| | Muy Baja | | | |
| Distancia a núcleos poblados | Muy Alejada | Muy Alta | 5 | La distancia a núcleos de población se considera muy baja, ya que el botadero se encuentra ubicado a 300 metros de la comunidad de Haqira. La población se dedica principalmente a la agricultura, ganadería y comercio y se opone a la operación de la explotación del botadero, debido a los impactos generados. |
| | Alejada | | | |
| | Media | | | |
| | Cercana | | | |
| | Muy cercana | | | |
| Edad del vertedero | Muy viejo (> 20 años) | Bajo | 2 | El botadero de Haqira entro funcionamiento en el año 2001, por lo tanto, el botadero es considerado viejo ya que se encuentran dentro del rango de 15 a 20 años. |
| | Viejo (15 – 20 años) | | | |
| | Maduro (10 – 15 años) | | | |
| | Edad Media (5 – 10 años) | | | |
| | Joven (< 5 años) | | | |
| Erosión | Muy baja | Alta | 4 | La erosión se ha intensificado en el área de estudio, formando cárcavas a consecuencia de las aguas pluviales y aguas lixiviadas. La erosión afecta a la capacidad de absorción del suelo y añade sedimentos a las aguas superficiales de la quebrada aledaña. |
| | Baja | | | |
| | Media | | | |
| | Marcada | | | |
| | Avanzada | | | |
| Estado de caminos internos | Muy adecuado o inoperativo | Muy alta | 5 | El botadero de Haqira no cuenta con caminos internos definidos para el transporte o circulación de las unidades vehiculares, por lo tanto, es necesario el adecuado diseño de los mismos, que cuente con drenajes de aguas pluviales, camino hecho de piedras o gravilla y la adecuada explotación y mantenimiento. |
| | Adecuado | | | |
| | Regular | | | |
| | Deficiente | | | |
| | Inadecuado | | | |
| Fallas | No existen | Media | 3 | Las fallas de rumbo se encuentran hacia el Este del Botadero de Haqira y este paralelo al Rumbo de los estratos del núcleo del anticlinal NS y su Buzamiento es 75° aproximadamente. La falla inversa se encuentra en la parte inferior del Botadero de Haqira, su rumbo es N 25°E y buzamiento vertical interceptando a la falla de rumbo en este sector. |
| | Existen en el entorno del vaso de vertido, pero son de baja actividad | | | |
| | Existen en el entorno del vaso de vertido con actividad media | | | |
| | En el vaso de vertido, pero inactivas | | | |
| | En el vaso de vertido | | | |



| Variable | Condición | Clasificación | | Justificación |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|---|---|
| Impermeabilidad del punto de vertido | Muy alta | Alta | 4 | El área de estudio sobreyace sobre intercalaciones de estratos de areniscas con fracturaciones de medio a alto (permeables) y lutitas (impermeables). El área de disposición existente no cumple con los requisitos establecidos para la impermeabilización natural en el vaso y en laderas, sin embargo, cumple con las especificaciones de impermeabilización artificial (geotextil de 400 gr/m ² y geomembrana de 2.0 mm de espesor). |
| | Alta | | | |
| | Regular | | | |
| | Baja | | | |
| | Muy Baja | | | |
| Morfología a cauces superficiales | Muy apropiada | Alta | 4 | La morfología se consideró inapropiada debido a que la pendiente se encuentra en el rango de 1 a 20 % y el suelo posee elevado potencial de escorrentía. |
| | Apropiada | | | |
| | Media | | | |
| | Inapropiada | | | |
| | Muy inapropiada | | | |
| Precipitación | Muy baja (< 300 mm) | Media | 3 | La clasificación de esta variable es media ya que la precipitación media anual se encuentra en el rango de 600 a 800 mm, según la información proporcionada por SENAMHI (20017). |
| | Baja (300 – 600 mm) | | | |
| | Media (600 – 800 mm) | | | |
| | Alta (800 – 1000 mm) | | | |
| | Muy alta (> 1000 mm) | | | |
| Punto situado en zona inundable | Riesgo inundación muy bajo | Muy bajo | 1 | El botadero de Haqira está ubicado en una zona donde no existe riesgo de inundación. |
| | Riesgo inundación bajo | | | |
| | Riesgo inundación medio | | | |
| | Riesgo de inundación alto | | | |
| | Riesgo de inundación muy alto | | | |
| Riesgo sísmico | Muy bajo | Media | 3 | Según el “Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas” elaborado por el IGP (1999), el botadero de Haqira se encuentra en la zona de intensidad sísmica VII en la escala de Mercalli correspondiéndole una alta sismicidad, por lo tanto, la variable tiene una clasificación media. |
| | Bajo | | | |
| | Medio | | | |
| | Alto | | | |
| | Muy alto | | | |
| Seguridad y vectores asociados | Muy alta | Muy Alta | 5 | No existe el número de sanitarios y vestuarios de acuerdo con el número de trabajadores. Existen grupos informales de recicladores de residuos, que no cuentan con EPP’s. Se observan vectores contaminantes como roedores y perros. El acceso al botadero no es totalmente restringido y no hay cámaras de seguridad. No existe un Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo. |
| | Alta | | | |
| | Regular | | | |
| | Baja | | | |
| | Muy baja | | | |
| Sistema de drenaje superficial | Muy adecuado | Alta | 4 | El botadero de Haqira tiene implementado un sistema de drenaje superficial muy básico con canales interceptores, los cuales no están diseñados de acuerdo a las precipitaciones del área de estudio. |
| | Adecuado | | | |
| | Regular | | | |
| | Deficiente | | | |
| | Muy deficiente | | | |



| Variable | Condición | Clasificación | | Justificación |
|--|--|---------------|---|--|
| Taludes | Pendiente muy adecuada | Media | 3 | La quebrada de Haqira es una estructura geomorfológica con una pendiente aproximada de 15%, siendo la acción erosiva del agua pluvial moderada, relación de pendientes aproximadamente 3:1. Existencia de erosión superficial y cárcavas. |
| | Pendiente adecuada | | | |
| | Pendiente media | | | |
| | Pendiente baja | | | |
| | Pendiente no adecuada | | | |
| Tamaño del vertedero | Muy baja capacidad (< 10 000 ton/año) | Medio | 3 | La cantidad de residuos dispuestos en el botadero de Haqira diariamente asciende a 400 toneladas, por lo tanto, supera las 150 000 toneladas de residuos al año, los cuales provienen de ocho (08) distritos de la provincia del Cusco. |
| | Baja capacidad (10 000 – 100 000 ton/año) | | | |
| | Capacidad media (100 000 - 500 000 ton/año) | | | |
| | Alta capacidad (500 000 – 1000 000 ton/año) | | | |
| | Gran capacidad (> 1 000 000 ton/año) | | | |
| Tipo de residuos | Poder contaminante muy bajo | Alta | 4 | En el botadero de Haqira diariamente se dispone un elevado porcentaje de materia orgánica procedente de residuos los cuales no son sometidos a un tratamiento previo para separación de la fracción orgánica. Así mismo se ha evidenciado en el punto de vertido la existencia de residuos peligrosos provenientes de industrias y hospitales. |
| | Poder contaminante bajo | | | |
| | Poder contaminante medio | | | |
| | Poder contaminante alto | | | |
| | Poder contaminante muy alto | | | |
| Viento | Zona muy idónea de ubicación con respecto al viento | Bajo | 2 | No presentan calma y los vientos que predominan presentan dirección Noreste, donde no se encuentran núcleos poblados. |
| | Zona idónea de ubicación con respecto al viento | | | |
| | Zona con idoneidad media de ubicación con respecto al viento | | | |
| | Zona de baja idoneidad de ubicación con respecto al viento | | | |
| | Zona de muy baja idoneidad de ubicación con respecto al viento | | | |
| Visibilidad | Muy baja | Muy Alta | 5 | El botadero de Haqira es visible desde la carretera Cusco – Ccorca, ya que se encuentra ubicado al borde de la vía, en el kilómetro 7.8 de la carretera. Así mismo, desde la zona urbana de la comunidad de Haqira se observa el botadero a una distancia aproximada de 600 metros. |
| | Baja | | | |
| | Media | | | |
| | Alta | | | |
| | Muy alta | | | |
| Vulnerabilidad de las aguas subterráneas | Clasificación GOD muy baja ($IV \leq 0,1$) | Muy baja | 1 | El producto de los tres componentes (confinamiento hidráulico del agua subterránea, profundidad del agua subterránea, características litológicas y grado de consolidación de los estratos encima de la zona saturada) resulta menor a 0,1 por lo tanto el Índice de Vulnerabilidad de la clasificación GOD es muy baja. |
| | Clasificación GOD baja ($0,1 \leq IV < 0,3$) | | | |
| | Clasificación GOD media ($0,3 \leq IV < 0,5$) | | | |
| | Clasificación GOD alta ($0,5 \leq IV < 0,7$) | | | |
| | Clasificación GOD muy alta ($IV \geq 0,7$) | | | |

Elaboración propia



Cuadro N° 93: Valoración del Índices de Riesgo de Contaminación (IRC_j) para el Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE

| Variables | Clasificación (C _j) | IRC j = (C _j) x (P _j) | | | | | | | |
|--|---|---|------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|---|
| | | Aguas sup. | Aguas sub. | Atm. | Suelo | Salud y Soc. | Fauna | Flora | |
| Diseño y Explotación | Asentamiento de la masa de residuos | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| | Cobertura diaria | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Cobertura final | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Compactación | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 |
| | Control de gases | 4 | | 4 | 8 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| | Control de lixiviados | 4 | 8 | 8 | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Edad del vertedero | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Estado de caminos internos | 5 | 5 | | 5 | 5 | 5 | | |
| | Impermeabilización del punto de vertido | 4 | 8 | 8 | | 4 | | 8 | 8 |
| | Seguridad y vectores asociados | 5 | | | | | 10 | | |
| | Sistema de drenaje superficial | 4 | 8 | 8 | | | | 4 | 4 |
| | Taludes | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 |
| | Tamaño | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 |
| | Tipo de residuos | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Ubicación | Distancia a infraestructuras | 4 | | | | | 8 | | |
| | Distancia a cuerpos de agua superficial | 4 | 8 | | | | | 8 | 8 |
| | Distancia a núcleos poblados | 5 | | | | | 10 | | |
| | Erosión | 4 | | | | 8 | | 8 | 8 |
| | Fallas | 3 | | 3 | | | | | |
| | Morfología a cauces superficiales | 4 | 8 | | | | | 8 | 8 |
| | Pluviometría | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 |
| | Punto situado en zona inundable | 1 | 2 | 2 | | 2 | | 2 | 2 |
| | Riesgo sísmico | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Viento | 2 | 2 | | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| | Visibilidad | 5 | | | | | 10 | | |
| Vulnerabilidad a las aguas subterráneas | 1 | | 2 | | | | | | |
| Índice de Riesgo de Contaminación - Σ IRC j | | 108 | 94 | 76 | 100 | 116 | 111 | 104 | |
| Índice de Riesgo de Contaminación debido al diseño y explotación - Σ IRC jo | | 79 | 78 | 63 | 79 | 77 | 75 | 70 | |
| Índice de Riesgo de Contaminación debido a la ubicación - Σ IRC ju | | 29 | 16 | 13 | 21 | 39 | 36 | 34 | |

Elaboración propia



La valoración de las variables de los elementos del medio para el botadero de Haquira, han permitido la determinación de los Índices de Riesgo de Contaminación de cada una de las variables de vertedero (IRC_j), para lo cual se ha tenido en cuenta el Coeficiente de Ponderación (P_j) justificado para cada una de ellas.

5.4.1.2. Descriptores ambientales

La valoración ambiental de los diferentes elementos del medio se lleva a cabo en las metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) mediante los *descriptores ambientales*, definidos en la metodología EVIAVE, como aquellas características del medio ambiente que pueden verse afectadas por la actividad de un proyecto.

En el primer nivel de aplicación de la metodología EVIAVE modificada, se procedió a la recopilación de información del botadero de Haquira, lo que ha permitido la clasificación de cada uno de los descriptores considerados. Para ello ha sido necesaria la valoración de los mismos, lo cual se puede observar en el cuadro N° 94.

La información que ha permitido clasificar a los descriptores ambientales se han obtenido a partir de diversos estudios bibliográficos, proyectos técnicos, y caracterizaciones ambiental en el área de estudio donde se emplaza el punto de vertido, tales como: Proyectos de Inversión Pública y Privada, Planes de Desarrollo Urbano, Planes de Ordenamiento Territorial, Estudios Hidrológicos, Estudios de Impacto Ambiental, Planes de Manejo y Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, Mapas Temáticos, así como los obtenidos durante el trabajo de campo realizado.



Cuadro N° 94: Valoración de los descriptores ambientales para el Botadero de Haquira, de acuerdo a la metodología EVIAVE

| Elementos del medio | Descriptores Ambientales | | Características | Valor |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|-------|
| Aguas Superficiales | A1 | Usos del agua | Otros usos | 5 |
| | | | Generación de energía eléctrica | |
| | | | Industrial | |
| | | | Agrícola | |
| | | | Poblacional y Recreacional | |
| | A2 | Tipo de curso de agua superficial | Cursos de agua artificial: canales, acequias y estanques | 2 |
| | | | Ríos de 3 ^{er} orden o más y cursos estacionales: ríos y arroyos | |
| | | | Aguas estacionales: lagos, lagunas y manantiales | |
| | | | Aguas marinas y ríos de 1 ^{er} y 2 ^{do} orden | |
| | | | Cabecera de cuenca, agotamiento de fuente natural, zona de protección, bofedales y humedales | |
| | A3 | Calidad del agua | Deficiente o mala: aguas negras con fermentaciones y olores. | 2 |
| | | | Estado aceptable: aguas con apariencia de contaminación y olor. | |
| | | | Buen estado: aguas ligeramente coloreadas, con espumas y ligera turbidez. | |
| | | | Muy buen estado sin especies (flora y/o fauna) protegidas: aguas claras sin aparente contaminación. | |
| | | | Muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas | |
| Aguas Subterráneas | B1 | Usos del agua | Sin uso para el hombre | 1 |
| | | | Otros usos no contemplados | |
| | | | Uso Industrial | |
| | | | Uso agrícola | |
| | | | Uso para abastecimiento humano | |
| | B2 | Calidad del agua | Aguas muy deficientes | 3 |
| | | | Aguas deficientes o malas | |
| | | | Aguas en estado aceptable | |
| | | | Aguas en buen estado | |
| | | | Aguas en estado muy bueno | |



| Elementos del medio | Descriptorios Ambientales | | Características | Valor |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|-------|
| Atmosferas | C1 | Calidad del aire | Muy mala | 3 |
| | | | Mala | |
| | | | Regular | |
| | | | Buena | |
| | | | Muy buena | |
| Suelo | D1 | Usos del suelo | No Urbanizable | 5 |
| | | | Suelo urbano industrial | |
| | | | Suelo urbano comercial | |
| | | | Suelo residencial | |
| | | | Suelo agrícola | |
| Flora | F1 | Tipo de cobertura vegetal | Espacios abiertos con escasa cobertura vegetal o erial. | 4 |
| | | | Formación arbustiva y herbácea sin árboles o cultivos de secano. | |
| | | | Formación herbácea arbórea, cultivos de regadío o secano con árboles aislados. | |
| | | | Formación de matorral arbórea, montes de repoblación joven. | |
| | | | Formación arbórea denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado. | |
| | F2 | Densidad de cobertura vegetal | < 5 % | 4 |
| | | | 6-25 % | |
| | | | 26-50 % | |
| | | | 51-75 % | |
| | | | > 75 % | |
| | F3 | Especies amenazadas de flora | Sin amenaza de la flora en el área de influencia | 3 |
| | | | Especie Casi Amenazado (NT) | |
| | | | Especie Vulnerable (VU) | |
| | | | Especie en Peligro (EN) | |
| Especie en Peligro Crítico (CR) | | | | |



| Elementos del medio | Descriptorios Ambientales | | Características | Valor |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------|
| Fauna | G1 | Especies amenazadas de fauna | Especie con Datos Insuficientes (DD) | 1 |
| | | | Especie Casi Amenazado (NT) | |
| | | | Especie Vulnerable (VU) | |
| | | | Especie en Peligro (EN) | |
| | | | Especie en Peligro Crítico (CR) | |

Elaboración propia



5.4.2. Nivel 2: Probabilidades de Contaminación y Valores Ambientales

En el nivel 2, se procede a la determinación de los índices ambientales que nos da información relativa del estado ambiental del punto de vertido, mediante la *Probabilidad de Contaminación* y el *Valor Ambiental*, para cada uno de los elementos del medio considerados. En los siguientes ítems se presentan los resultados obtenidos en la aplicación al Botadero de Haquira.

5.4.2.1. Probabilidad de Contaminación



La *Probabilidad de Contaminación* (Pbc_j) de los diferentes elementos del medio se cuantificó a partir de los *Índices de Riesgo de Contaminación* (*IRC*) de cada variable del botadero, determinado en el nivel anterior, mediante la aplicación de la ecuación N° 3. Los resultados obtenidos de la PBC_j se presentan en el cuadro N° 95.

Gracias al Índice de Riesgo Ambiental (IRA), la metodología EVIAVE modificada, proporciona información y describe la posible interacción del punto de vertido aplicado, con el entorno inmediato, es decir sobre cada uno de los elementos del medio, todo ello en el momento de la evaluación, permitiendo además una cuantificación de la misma.

Según Kontos *et al.* (2005), la metodología permite además desglosar la cuantificación en función de dos aspectos del vertedero que afectan en su posible acción ambiental: características de ubicación y características de su diseño y explotación. Para ello en cada caso, se consideran únicamente las variables relacionados con los citados aspectos, obteniéndose así, también para cada elemento del medio, la *Probabilidad de contaminación* debido a la *ubicación* ($Pbc-u$) y la *Probabilidad de contaminación* debido a la *explotación y al diseño* ($Pbc-o$).



Cuadro N° 95: Probabilidad de Contaminación (Pbc) para cada elemento del medio en el botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE

| Elemento del medio | Pbc j (*) | | Pbc-o (**) | | Pbc – u (***) | |
|---------------------|-----------|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| | Valor | Clasificación | Valor | Clasificación | Valor | Clasificación |
| Aguas superficiales | 0.65 | Alta | 0.74 | Alta | 0.48 | Media |
| Aguas subterráneas | 0.59 | Media | 0.73 | Alta | 0.25 | Baja |
| Atmósfera | 0.65 | Alta | 0.73 | Alta | 0.40 | Media |
| Suelo | 0.64 | Alta | 0.74 | Alta | 0.41 | Media |
| Salud y Sociedad | 0.75 | Alta | 0.76 | Alta | 0.73 | Media |
| Fauna | 0.65 | Alta | 0.74 | Alta | 0.50 | Media |
| Flora | 0.65 | Alta | 0.72 | Alta | 0.52 | Media |

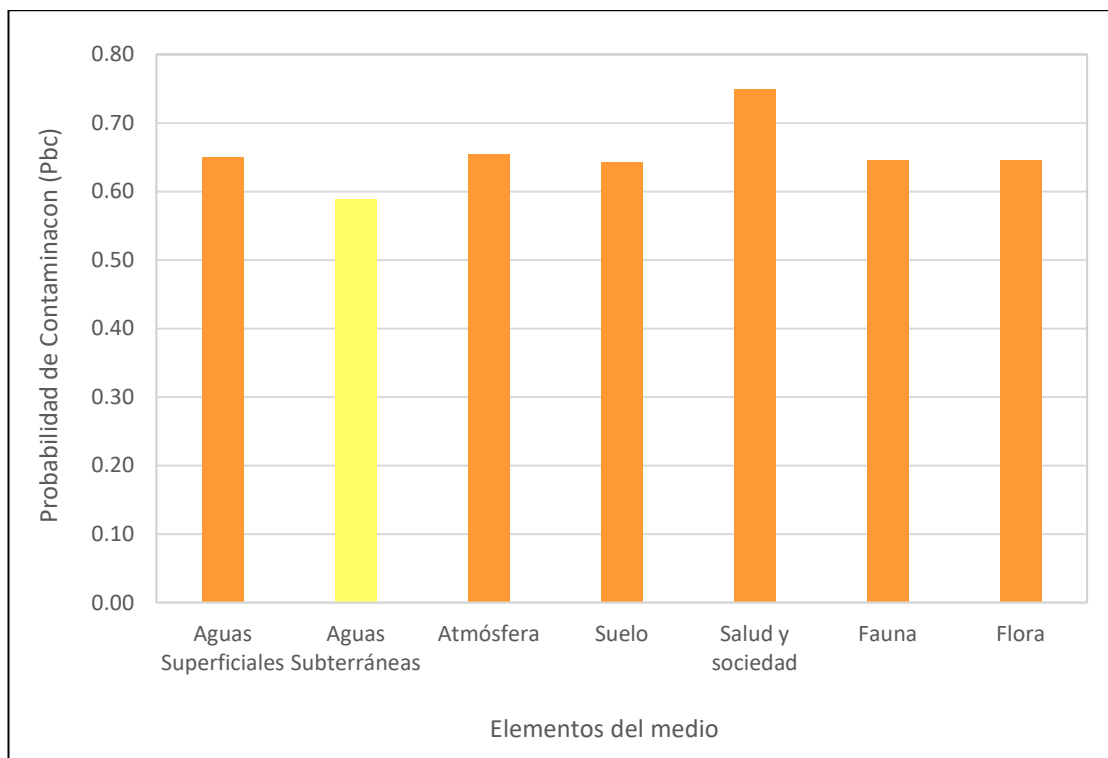
(*) Probabilidad de contaminación

(**) Probabilidad de contaminación debido a la explotación y al diseño (Pbc-o).

(***) Probabilidad de contaminación debido a la ubicación (Pbc-u)

Elaboración propia

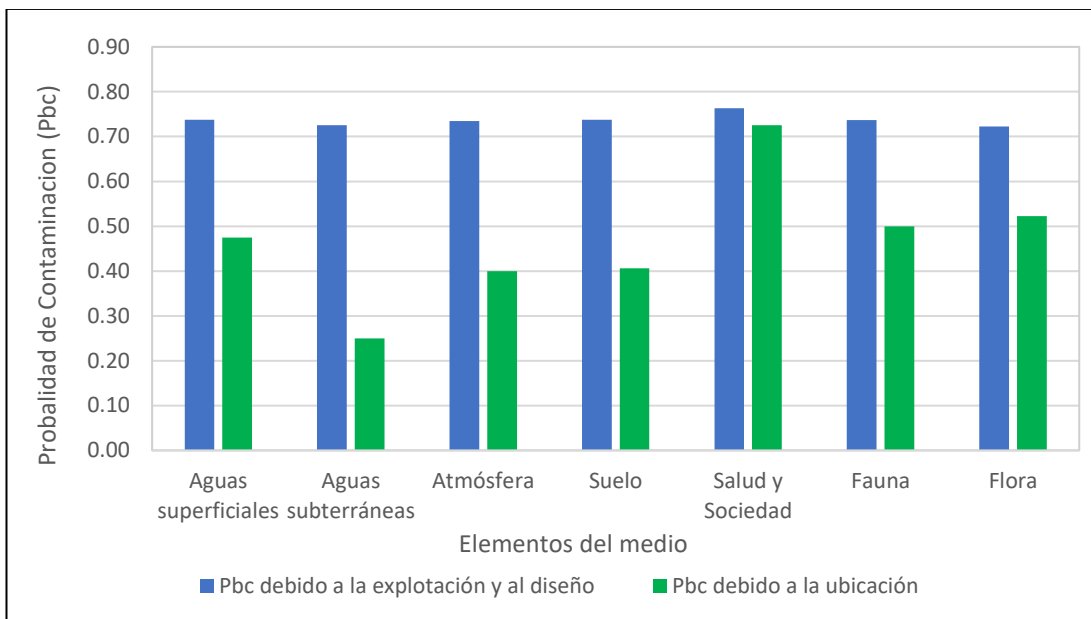
Gráfico N° 9: Probabilidad de contaminación de los diferentes elementos del medio para el Botadero de Haquira



Elaboración propia



Gráfico N° 10: Probabilidad de contaminación debido a la ubicación y Probabilidad de contaminación debido al diseño y explotación para el Botadero de Haquira



Elaboración propia

5.4.2.2. Valores ambientales

Se realizó la cuantificación y clasificación el *Valor Ambiental* para cada uno de los elementos del medio, mediante los descriptores ambientales ya determinados y las expresiones matemáticas N° 4, 5, 6, 7, 8 y 9 formuladas. Este índice permite tener en cuenta la consideración ambiental de cada uno de los componentes medioambientales. En el cuadro N° 96 se presentan el valor ambiental para cada elemento del medio.

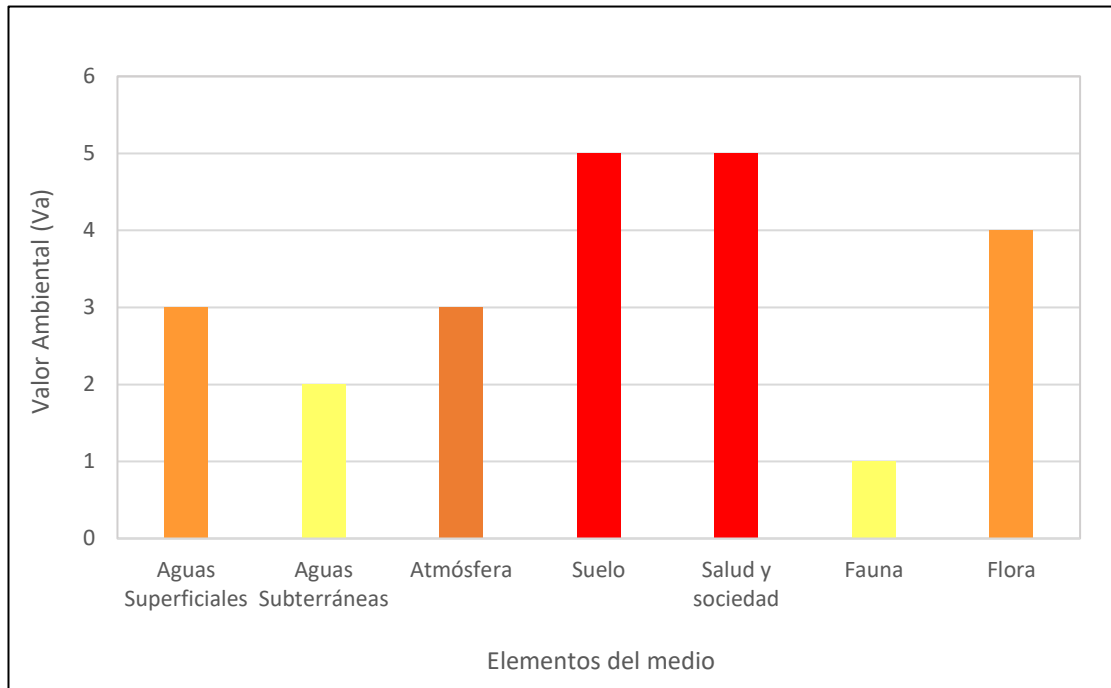
Cuadro N° 96: Valores ambientales para cada uno de los elementos del medio del Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE

| Elemento | Valor | Clasificación |
|---------------------|-------|---------------|
| Aguas superficiales | 3,00 | Medio |
| Aguas subterráneas | 2,00 | Bajo |
| Atmósfera | 3,00 | Medio |
| Suelo | 5,00 | Muy Alto |
| Salud y Sociedad | 5,00 | Muy alto |
| Flora | 4,00 | Alto |
| Fauna | 1,00 | Muy bajo |

Elaboración propia



Gráfico N° 11: Valores ambientales para cada uno de los elementos del medio del Botadero de Haqira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE



Elaboración propia

5.4.3. Nivel 3: Índice de Riesgo Ambiental

La *Probabilidad de Contaminación* permite cuantificar la posible interacción del punto de vertido con los diferentes elementos del medio, finalmente ésta dependerá del Valor Ambiental; razón por la cual, ha sido necesario considerar los dos índices determinados en el nivel anterior, dando como resultado el *Índice de Riesgo Ambiental (IRA)*.

Para la determinación del Índice de Riesgo Ambiental (IRA) se empleó la ecuación N° 10, los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología EVIAVE modificada en el botadero de Haqira se presentan en el cuadro N° 97.



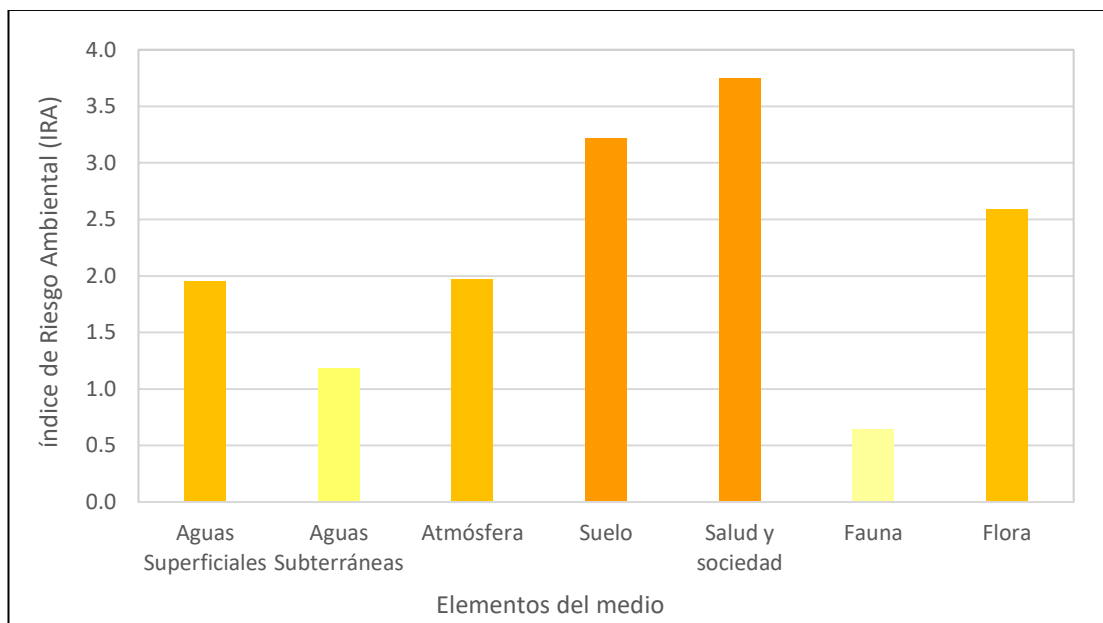
Cuadro N° 97: Índice de Riesgo Ambiental (IRA) para cada elemento del medio, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE en el Botadero de Haqira

| Elementos | Índice de Riesgos Ambientales (IRA) | |
|---------------------|-------------------------------------|---------------|
| | Valor | Calcificación |
| Aguas superficiales | 2.0 | Medio |
| Aguas subterráneas | 1.2 | Bajo |
| Atmósfera | 2.0 | Medio |
| Suelo | 3.2 | Alto |
| Salud y Sociedad | 3.8 | Alto |
| Flora | 2.6 | Medio |
| Fauna | 0.6 | Muy bajo |

Elaboración propia

De los resultados obtenidos para cada elemento del medio, se observa que los mayores valores de Índice de Riesgo Ambiental (IRA) son los correspondientes a los elementos “suelo” y “salud y sociedad” clasificados como alto; mientras que los elementos “agua superficial”, “atmósfera” y “flora”, el IRA se clasifica como riesgo ambiental medio; para el elemento “agua subterránea” el IRA es clasificado como riesgo ambiental bajo, y para el elemento “fauna” el IRA es clasificado como riesgo ambiental muy bajo.

Gráfico N° 12: Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio para cada elemento del medio, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE en el Botadero de Haqira



Elaboración propia



Estos resultados pueden justificarse por la deficiente explotación del botadero de Haqira, manifestando el riesgo de afección al hombre originado por la inadecuada explotación y diseño de la infraestructura de disposición final y la proximidad de núcleos poblados al punto de vertido. La comunidad de Haqira está ubicado a aproximadamente 300 metros del botadero, y sus pobladores son los más susceptibles de ser afectados por las emisiones atmosféricas y escurrimiento de lixiviados del punto de vertido.

Asimismo, los recicladores informales, son los más expuestos ya que están en contacto directo diariamente con los residuos domiciliarios, comerciales, industriales y establecimientos de salud que se disponen en el botadero de Haqira. Estos recicladores informales son los propagadores de enfermedades al entrar en contacto con otras personas y no cuentan con los equipos de protección personal adecuados, ni toman en consideración las normas de seguridad y salud ocupacional vigentes.

5.4.4. Nivel 4: Índice de Interacción Medio - Vertedero

La metodología EVIAVE, realiza la descripción y cuantificación de la afección global del punto de vertido al medio, para lo cual considera los Índices de Riesgo de Contaminación para cada uno de los elementos del medio. El Índice de Interacción Medio – Vertedero, evalúa de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio considerado y pretende ser representativo del estado ambiental en la interacción punto de vertido – entorno ambiental.

Para la determinación del Índice Medio Vertedero (IMV) se ha utilizado la expresión matemática N° 11, en el cuadro N° 98 se presentan los resultados.



Cuadro N° 98: Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) para el Botadero de Haqira, mediante la aplicación de la metodología EVIAVE

| Vertedero | Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) | |
|--------------------|---|---------------|
| | Valor | Clasificación |
| Botadero de Haqira | 15,3 | Alta |

Elaboración propia

El valor obtenido del Índice de Interacción del Medio – Vertedero (IMV) para el Botadero de Haqira fue de 15,3. Este resultado muestra una afección ambiental calificada como alta, debido a la problemática ambiental existe aún en el punto de vertido, pese a las mejoras técnicas realizadas, corroborando el deficiente sistema de drenaje de lixiviados, el inexistente tratamiento de los lixiviados generados, los asentamientos producidos en el área de disposición de residuos existentes y el incumplimiento de la cobertura final de dicha área, la falta de compactación y cobertura diarios de los residuos dispuestos y la presencia de personas dedicadas a la recuperación informal de materiales en los sitios de disposición final.



5.5. Formulación de alternativas de solución

En el presente ítem se presentan alternativas de solución, las cuales surgen de la identificación y evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos generados por las actividades operativas del Botadero de Haqira, priorizando los componentes ambientales y la comunidad afectada, para ello se presentan las medidas de manejo ambiental y social que se requieren para evitar la manifestación de los posibles impactos. Cabe indicar, que teniendo como resultado de la evaluación de impactos un nivel de afección global considerada como ALTO, se plantea a continuación los proyectos y programas de manejo aplicables.

5.5.1. Mejoras técnicas de las infraestructuras del Botadero de Haqira

El proyecto “Mejoras técnicas de las infraestructuras del botadero de Haqira” se plantea con base a los resultados obtenidos del diagnóstico actual, mediante el cual se determinó que los impactos producidos a los diferentes elementos del medio son debidos principalmente al inadecuado diseño y operación del botadero. Las principales fallas identificadas en el diseño son:

- Inadecuado sistema de drenaje de lixiviados y dimensión de la poza de almacenamiento
- Inexistente sistema de tratamiento de lixiviados
- Deficiente sistema de evacuación de agua de escorrentía superficial
- Inexistente sistema de captación y quema de gases.
- Inadecuada cobertura final del área de disposición de residuos existentes.

Por lo tanto, se plantea mediante la presente propuesta las mejoras técnicas para las infraestructuras deficientes o inexistentes, con la finalidad de optimizar la operación del botadero.



En el Anexo N° 4 se presenta el presupuesto total que implica el mejoramiento técnico del botadero de Haqira, el cual incluye las cantidades de mano de obra, material y equipo que es necesaria para la misma. Este presupuesto calcula otros parámetros como gastos generales, tiempos de duración de las actividades, etc.

5.5.1.1. Diseño del sistema de drenaje de lixiviados y tratamiento

La implementación de un sistema de colección y tratamiento de lixiviados en el diseño del botadero de Haqira es una decisión importante que acarrea un compromiso de fondos adicionales para el diseño, construcción, operación y mantenimiento, por parte de la Municipalidad Provincial del Cusco. La puesta en marcha de un sistema de colección y tratamiento de lixiviados incluye los siguientes pasos:

- a) La identificación y selección del tipo de revestimiento.
- b) La preparación de un plan de nivelación del sitio, incluyendo la ubicación de los canales y las tuberías para la colección y remoción del lixiviado.
- c) El diseño de las instalaciones para la colección, la remoción y el almacenamiento de lixiviado.
- d) La selección y el diseño del sistema de manejo (por ejemplo, tratamiento) de lixiviado.

Sistema de colección

El sistema de drenaje desempeña una función importante en el funcionamiento del sistema de colección de lixiviado y realiza dos funciones claves: proporciona una ruta para que el lixiviado migre fácilmente y de preferencia hacia las tuberías para la colección, y ofrece protección al revestimiento de la base contra los residuos sólidos depositados en la primera franja y contra el equipo pesado.



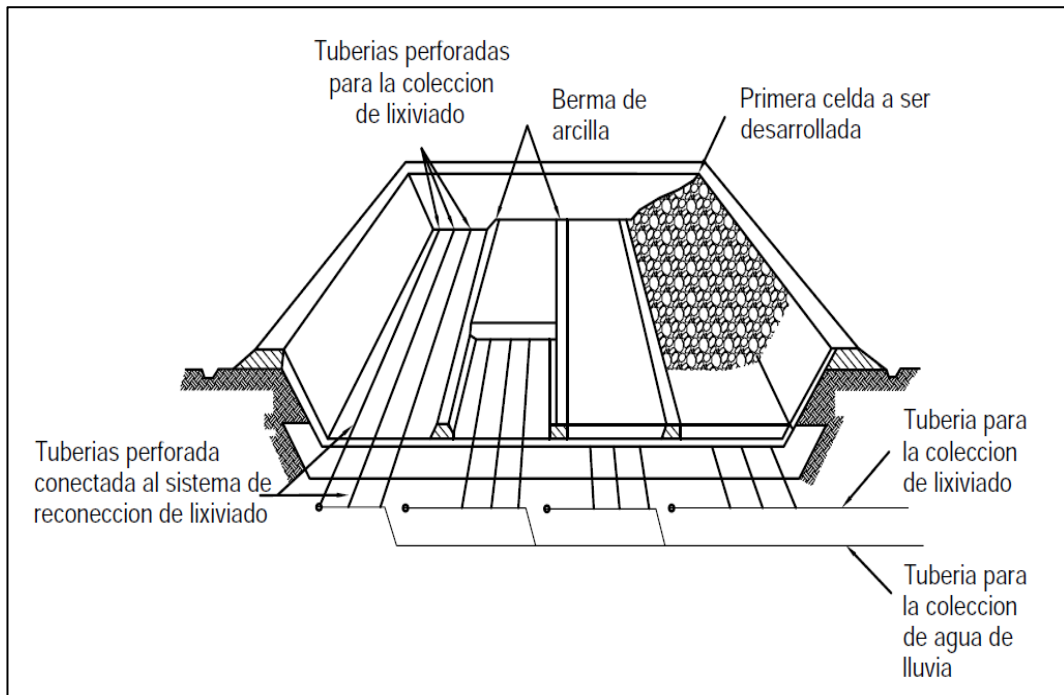
El sistema de colección de lixiviado con tuberías en la base del relleno sanitario incluye la colocación de barreras de arcilla (u otro material de revestimiento adecuado) y de tuberías perforadas para la colección de lixiviado en la base del relleno sanitario. Las barreras toman la forma de un rectángulo que tiene un ancho similar a una celda del relleno sanitario. En los países industrializados, se coloca una capa de geomembrana sobre la arcilla, una vez que las barreras están en orden (arcilla y geomembrana), se coloca una serie de tuberías perforadas de colección de lixiviado, directamente sobre la geomembrana. Comúnmente, las tuberías para la colección de lixiviado son perforadas y tienen un diámetro de 10 cm. Las perforaciones deben ser cortadas de manera muy precisa (a través de rayos láser), de manera tal que su tamaño es similar al del grano más pequeño de arena (cerca de 0.00025 cm). (Sandoval, 2013, p. 81)

El espacio entre las tuberías para la colección de lixiviado es de 10 a 20 m y ellas están cuidadosamente cubiertas con una capa de arena o grava (capa de drenaje). El espacio entre las tuberías determina la profundidad del lixiviado que se permitirá acumular en la base del relleno sanitario. En general, la capa de drenaje tiene 60 cm de espesor y se coloca en las tuberías antes que cualquier residuo sólido sea dispuesto en el sitio. Se puede colocar tela de filtro sobre la capa de drenaje para evitar obstrucciones. (Sandoval, 2013, p. 82)

Generalmente, la primera capa de residuos sólidos (cerca de 1 m de espesor) colocada sobre la capa de drenaje no se compacta. La base de relleno sanitario se inclina entre 1% y 2% para promover el flujo del lixiviado hacia los puntos de colección. Las tuberías para la colección de lixiviado deben estar instaladas de manera tal que sean drenadas por gravedad. (Sandoval, 2013, p. 82)

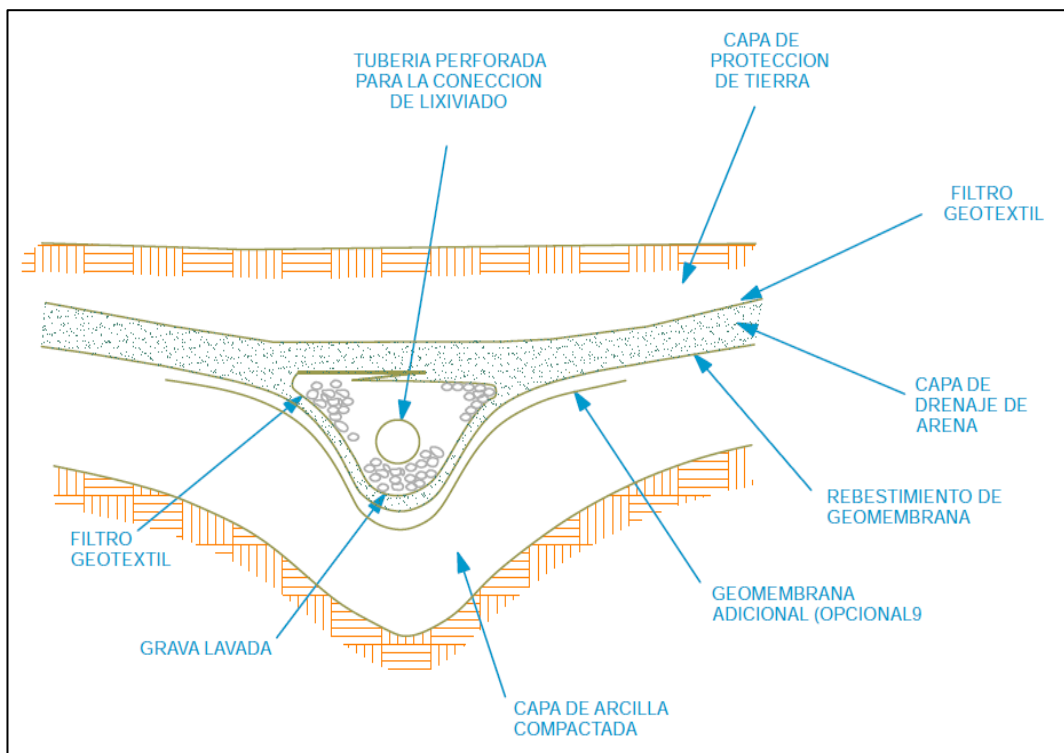


Figura N° 7: Diagrama del diseño con tuberías en la base del relleno sanitario.



Fuente: Sandoval Alvarado (2013) - Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

Figura N° 8: Detalle de la tubería para colección de lixiviado



Fuente: Sandoval Alvarado (2013) - Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.



Este método también permite el uso de tuberías para la colección de lixiviado para eliminar el agua proveniente de las lluvias en la porción de relleno sanitario que no recibe residuos sólidos. En esta forma, las tuberías para la colección de lixiviado están conectadas directamente a las tuberías para la colección del agua proveniente de las lluvias. Una vez que la porción del relleno sanitario empieza a funcionar, las tuberías simplemente se desconectan del sistema de aguas pluviales y se unen al sistema de colección de lixiviado.

Tratamiento de lixiviados

Según Sandoval (2013) la calidad y cantidad de los lixiviados varían dependiendo de factores como el cambio de clima y la edad del relleno sanitario. Un diseño tipo para el tratar el lixiviado incluirá tres etapas:

1. Pretratamiento
2. Tratamiento biológico
3. Tratamiento físico y químico.

En general, el pretratamiento incluye el tamizado, la sedimentación y el ajuste de pH. El tratamiento biológico está diseñado para eliminar principalmente la DBO₅, la DQO y algunos de los nutrientes. Los métodos más comunes de tratamiento biológico incluyen: las lagunas de oxidación, las lagunas aireadas, los lodos activados y otros. La etapa final puede incluir una serie de procesos diseñados principalmente para eliminar el color, los sólidos en suspensión, los metales pesados y cualquier DQO restante. Los procesos que pueden usarse en esta etapa incluyen, entre otros, la sedimentación, la oxidación con ozono, la filtración con arena y la floculación. (Sandoval, 2013, p. 129)



Un sistema simple de tratamiento biológico podría ser una alternativa razonable para el tratamiento de lixiviado, especialmente si los residuos sólidos son predominantemente de origen doméstico, putrescibles y con un alto contenido de celulosa. En tales situaciones, los sistemas aerobios o anaerobios podrían constituir formas adecuadas de tratamiento. Los sistemas simples de aireación (por ejemplo, lagunas con aireación, lagunas de oxidación, etc.) con residencia hidráulica de entre 30 y 60 días, podrían funcionar bien, dependiendo principalmente del DBO₅ del lixiviado. (Sandoval, 2013, p. 129)

En el Anexo N° 5 se presentan los planos del diseño para la implementación de un sistema de tratamiento de lixiviados para el Botadero de Haquira.

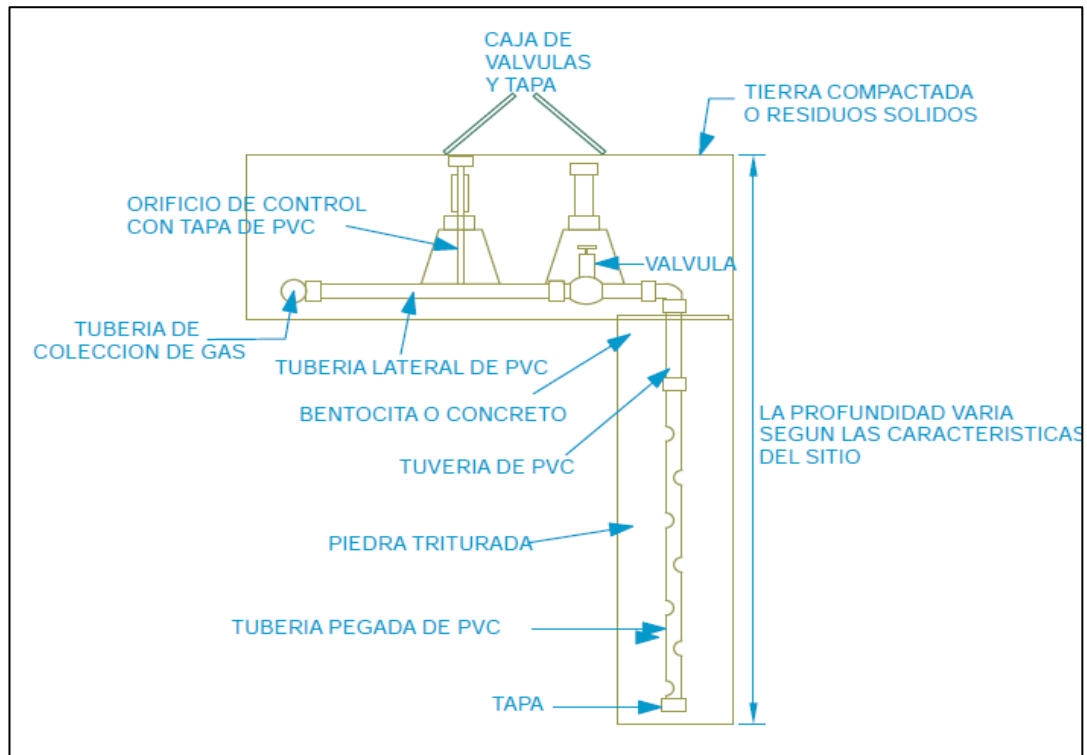
5.5.1.2. Diseño básico del sistema de extracción de gases

La colección de gases del relleno sanitario se realizará mediante una red de pozos espaciados estratégicamente con materiales permeables a través de los cuales el gas puede pasar fácilmente e introducirse al sistema de tubería. El gas se extraerá de los pozos a través de un sistema de tuberías y se usará una bomba de succión para extraer el gas del relleno sanitario tal como se muestra en la figura N° 10.

Es necesario incluir en el diseño el uso de aspersores para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema de colección de gases, estos aumentan el flujo del gas del relleno sanitario y expande el área eficaz del relleno sanitario atendida por cada pozo de extracción de gas. Los aspersores operan creando un vacío en el sistema de llaves y colección y, en consecuencia, el gas se extrae del relleno sanitario.



Figura N° 9: Pozo para colección de gas



Fuente: Sandoval Alvarado (2013) - Guia de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

Según Sandoval (2013) los pozos para la extracción de gas generalmente se extienden hasta el 60% o 90% de la profundidad de los residuos sólidos y son perforados hasta aproximadamente del 50% al 60% de la parte inferior si ellos se van a usar para la colección y el uso del gas. (p. 91)

Los pozos se construyen de manera progresiva, colocando grava alrededor de la tubería de colección de gas. La grava (o un sustituto) sirve como zona de colección sumamente permeable por la cual el gas fluye hacia la tubería de colección para su posterior remoción del pozo. El área de grava está cubierta con un sello ajustado de gas y una barrera de suelo para impedir la entrada del aire externo en el pozo. (Sandoval, 2013, p. 91)



5.5.1.3. Mejoramiento de la cobertura final, cierre y sellado del área de disposición

Los residuos generados en la provincia del Cusco fueron dispuestos por más de 15 años en el Botadero de Haqira, sin tener ninguna consideración técnica. Estos residuos acumulados estaban obstaculizando la carretera Cusco - Ccorcca, impactando al medio ambiente y a la población cercana al botadero, razón por la cual todos los residuos fueron acumulados en una sola área denominada “área de disposición de residuos existentes”. La cobertura final para el cierre del área de disposición de residuos existentes no se realizó según lo establecido en la normativa ambiental vigente, por lo tanto, se plantea las actividades para una adecuada cobertura final, cierre y sellado.

Según la “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos”, elaborado por el CONAM, MINSA-DIGESA, OPS/CEPIS en el año 2010, se propone un conjunto de pautas para asegurar una adecuada cobertura final:

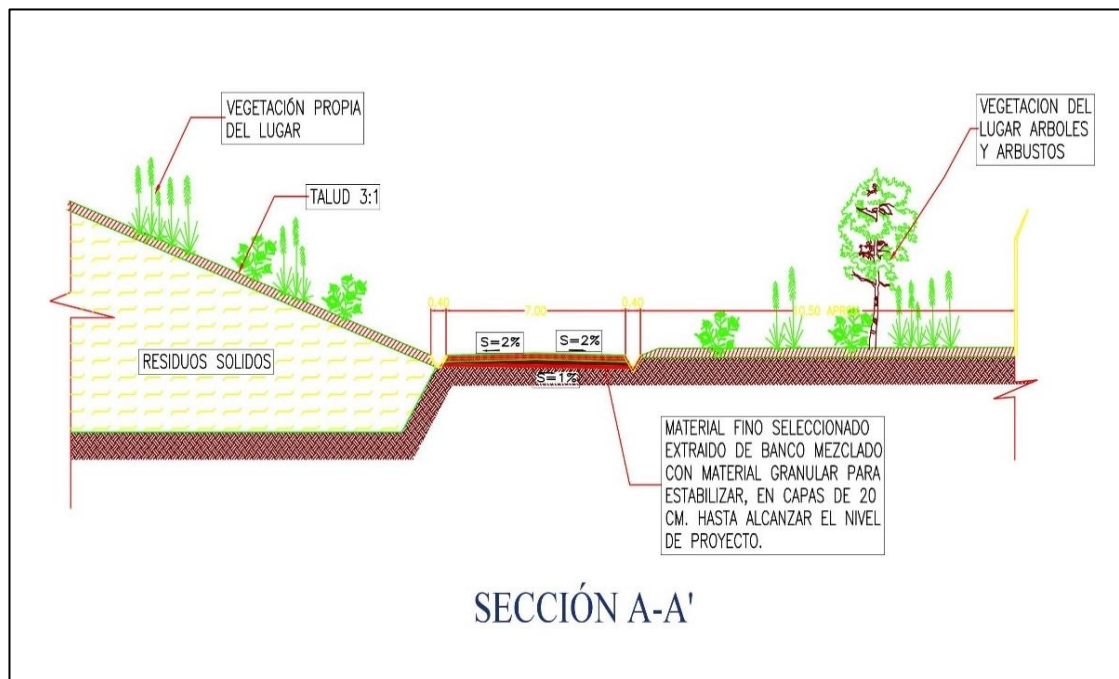
- a) Los residuos sólidos se deben compactar antes de aplicar el material de cobertura.
- b) Colocar una capa superior a los 0.20 m de material de cobertura.
- c) Implementar un sistema de drenaje de gases, construido con grava arenosa o escombros de construcción; este material tiene una buena permeabilidad y se debe compactar bien.
- d) Colocar dos capas de material arcilloso de 0,2 m cada una con una permeabilidad de 1×10^{-6} cm.
- e) Colocar una segunda cubierta de material grueso de 0,2 m de espesor mínimo para que actúe como una capa de drenaje de aquellos líquidos (agua pluvial).



- f) Colocar un geotextil después de la capa de drenaje con el fin de evitar la saturación de los poros de la capa permeable y minimizar la erosión.
- g) Instalar una cubierta de tierra vegetal para proteger las capas inferiores del daño mecánico y de la erosión. El espesor mínimo recomendado es de 0,2 m. Si se ha planificado la plantación de árboles y arbustos se puede requerir hasta espesores de un (01) metro, cuya vegetación será propia del lugar.

Así mismo es necesario que se implemente un cerco perimétrico de material noble y una barrera natural y /o artificial en todo el perímetro del Botadero de Haquira. Para ello se ha determinado la implementación de una zona de amortiguamiento de un ancho de 10.50 metros en el cual se colocarán árboles y arbustos propios del lugar (Ver Figura N° 12).

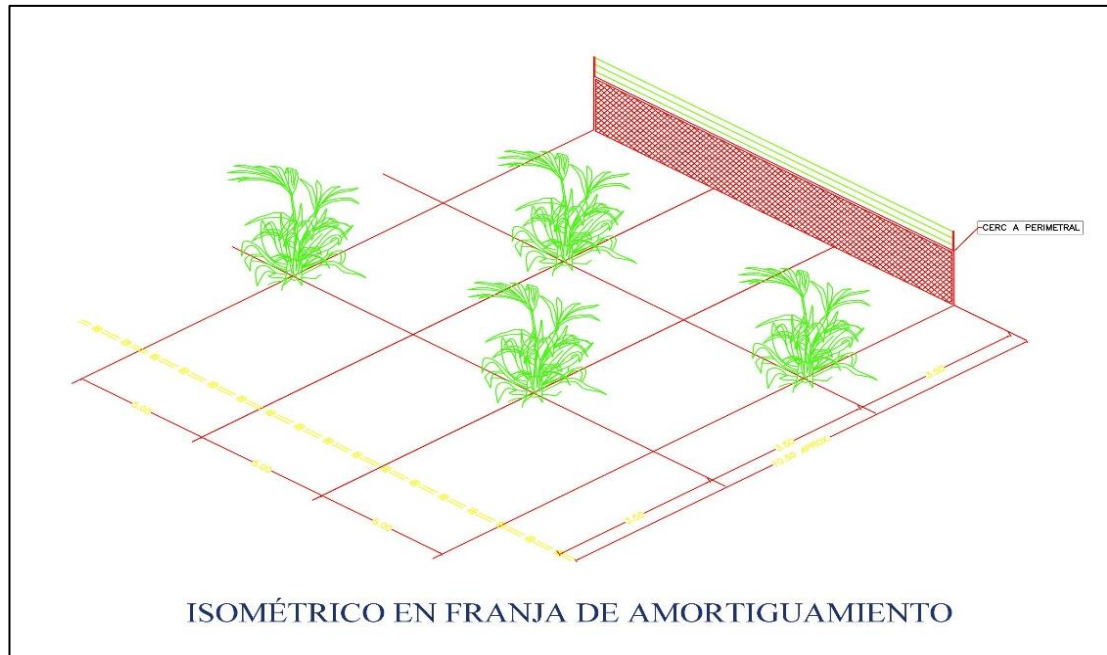
Figura N° 10: Sección transversal del diseño para la cubierta de tierra vegetal



Elaboración propia



Figura N° 11: Sección transversal del diseño para la cubierta de tierra vegetal



Elaboración propia

5.5.1.4. Cálculo de la vida útil

Se considera para la determinación de la vida útil del Botadero de Haqira, el volumen disponible de las celdas, la cantidad de residuos sólidos a disponer (se estima un ingreso promedio de 400 toneladas diarias), la densidad de los residuos y del método de operación.

Cuadro N° 99: Cálculo de tiempo de vida útil de la disposición de los residuos

| | |
|---------------------------------|--|
| ÁREA N° 1 | |
| Ancho de la trinchera: | 60 m |
| Área de Sección Longitudinal: | 1721.9 m ² |
| Volumen N° 1: | 103 314 m ³ |
| ÁREA N° 2 | |
| Ancho de la trinchera: | 90 m |
| Área de Sección Longitudinal: | 3319.16 m ² |
| Volumen N° 2: | 298 724.4 m ³ |
| DENSIDAD DE LOS RESIDUOS | 600 kg/m³ |
| VOLUMEN TOTAL: | 402 038.40 m³ |
| PESO: | 241 223 040 kg / 241 223. 04 TM |
| DISPOSICIÓN DIARIA: | 400 TM |
| TIEMPO DE VIDA ÚTIL: | 603.1 días / 19 meses / 1 año 7 meses |

Elaboración propia



5.5.2. Estudio de sitio para la ubicación de un relleno sanitario

El estudio del sitio se debe realizar mediante un análisis multicriterio en base a la caracterización del aspecto ambiental, socioeconómico, arqueológico y predial para la optimización y alternativa de ubicación para un relleno sanitario en la provincia del Cusco.

El diagnóstico se debe realizar tomando como referencia la *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos* (D.L N° 1278) y su Reglamento (D.S. 014-2017-MINAM), el *Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal: Rellenos Sanitarios* (RM N° 109-2006/MINSA) y la *Guía para la opinión técnica favorable del estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposición final de residuos sólidos*, del Ministerio de Salud. Con base en ello se han desarrollado tres fases (03) las mismas que se describen a continuación:

Fase I: Inicial

La Fase I es la etapa inicial del diagnóstico y contempla el desarrollo de las actividades de recopilación, procesamiento, evaluación y análisis preliminar de información básica y temática (cartográfica y alfanumérica) a nivel departamental y/o provincial (Cusco).

Fase II: Aplicación de criterios de selección

Consiste fundamentalmente en tener un panorama global del departamento de Cusco mediante la integración de información de los criterios recopilados en la Fase I. Para la pre-elección y determinación de las alternativas de ubicación del relleno de seguridad se han tomado puntos de vista ambientales, socioeconómicos, arqueológicos y prediales.



Fase III: Evaluación del área

La fase III comprendió evaluación de las opciones de ubicación del relleno sanitario, mediante la calificación de los criterios en base a los requerimientos, la determinación del orden de mérito en base al puntaje de calificación y la determinación final de la opción propicia para la ubicación del relleno sanitario.

Por lo tanto, una alternativa para la ubicación del relleno sanitario para la provincia de Cusco sería en las siguientes coordenadas E= 185 200 y N= 8 495 140, esta alternativa de ubicación cumple con los criterios anteriormente establecidos. El área del flanco derecho de la subcuenca sur a la altura de San Jerónimo, tienen condiciones hidrológicas, topográficas y geológicas para manejar un proyecto sanitario en forma adecuada, con lo cual justificaría realizar inversiones económicas y controlar la contaminación del medio ambiente de la subcuenca.

5.5.3. Programa de Capacitación y Sensibilización

De acuerdo con el diagnóstico situacional realizado se identificó las siguientes dificultades: la falta de cultura ambiental, el desconocimiento parcial de los riesgos asociados al inadecuado manejo de los residuos sólidos y la falta de capacitación hacia la población y hacia el personal encargado de la recolección, transporte y disposición final de los residuos; razones por la cual se justifica la importancia del desarrollo del Programa de Capacitación y Sensibilización.

Se plantea el desarrollo de este programa a través de talleres participativos, con la finalidad que la población de la provincia del Cusco despierte ante la realidad existente y, una vez que hayan identificado la problemática, poder sacar a flote sus habilidades y destrezas. Se busca que toda la población involucrada, desde niños hasta personas



adultas, logren un cambio de actitud y ellos mismos propongan diversas alternativas de solución, de esta manera se demostrará que los pobladores concientizados, capacitados y empoderados de sus recursos en conjunto con los actores institucionales, son capaces de realizar una gestión integral de los residuos sólidos.

El programa consistirá en tres fases, en la primera fase la Municipalidad Provincial del Cusco en coordinación con las 8 municipalidades distritales, tendrán que elaborar un nuevo Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS), para después efectuar un diagnóstico con relación a la gestión o manejo de los residuos sólidos en los distritos involucrados. Este diagnóstico se debe realizar por medio de trabajo comunitario con encuestas, entrevistas a las familias de las comunidades seleccionadas, las cuales serán elegidas en base a la cantidad de población, ubicación geográfica y predisposición para participar en el programa.

La segunda fase corresponde a realizar un recorrido por las comunidades para identificar puntos de vertido y centros de comercialización de residuos (formales e informales) y se procederá a realizar una inspección y la aplicación de encuestas para determinar qué tipo de material se está comercializando. En la provincia del Cusco el reciclaje es una actividad que en su mayoría se realiza a manera informal y el conocimiento del adecuado manejo de los residuos sólidos es poco o no existe un sentido de cuidado y preservación del medio ambiente.

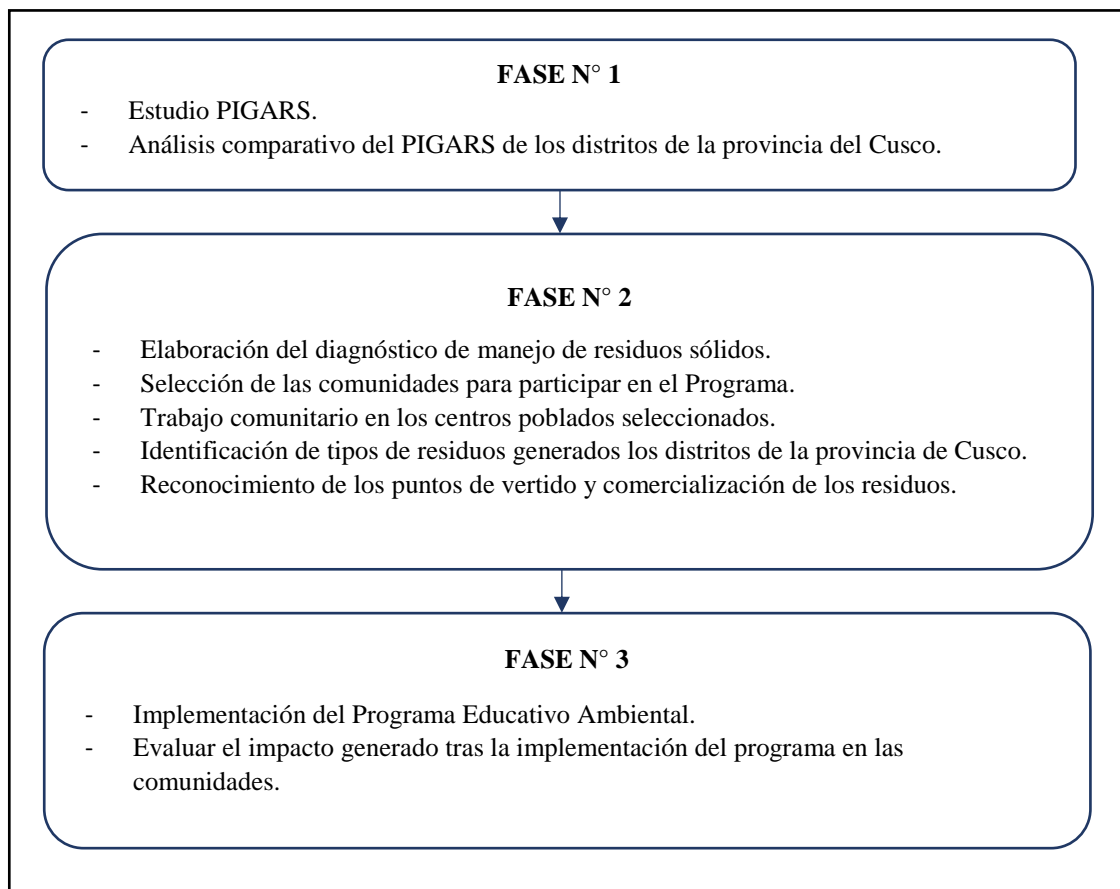
Por lo tanto, se plantea capacitar también a las personas encargadas del reciclaje y comercialización, en temas específicos como: clasificación de los residuos sólidos, impactos generados por una inadecuada disposición, proceso de formalización de recicladores y recolección selectiva de residuos sólidos. De esta manera se presentará



la importancia económica del reciclaje de residuos reaprovechables y la ejecución de prácticas sostenibles para el medio ambiente, disminuyendo de esta manera la cantidad de residuos que son dispuestos en el Botadero de Haqira.

La tercera fase corresponde a la implementación del programa educativo ambiental, en el cual participarán los recicladores, comercializados, pobladores (desde niños hasta adultos), personal encargado de la limpieza pública (personal más vulnerable al estar en contacto directo con los residuos) e instituciones. Se dará a conocer el enfoque del programa de capacitación y se capacitará en temas específicos referidos al adecuado manejo y gestión de los residuos sólidos domiciliarios.

Gráfico N° 13: Fases del Programa de Capacitación y Sensibilización en el manejo adecuado de los residuos solidos



Elaboración propia



5.5.4. Programa de Relaciones Comunitarias

El presente Programa de Relaciones Comunitarias (en adelante PRC), es un instrumento de gestión socio ambiental que tiene como finalidad fomentar las relaciones armoniosas entre las autoridades provinciales y la comunidad de Haqira. Así mismo, establece los criterios e indica las medidas de prevención y mitigación de los impactos que la operación, mantenimiento y cierre del Botadero de Haqira podrían producir en el ámbito de su influencia social en el distrito de Santiago, en la provincia de Cusco, departamento de Cusco.

El PRC tiene en consideración las exigencias técnicas y los compromisos con la población del área de influencia directa el aspecto social de la presente investigación. Las actividades que se ejecutan en el Botadero de Haqira, pueden ser causantes de impactos sociales de diversas índoles, es por ello, que el PAS está dirigido a facilitar la gestión del botadero con los actores internos y externos del área de influencia determinada. En ese sentido, se establecen programas y medidas a favor del manejo y mitigación de los impactos sociales.

1. Generalidades:

El contenido del plan gira en torno a los impactos identificados durante el recojo de información de la línea base social del área de influencia, cada aspecto responde a las mayores preocupaciones señaladas por la población.

2. Objetivo:

Establecer lineamientos básicos, que permitan asegurar el cumplimiento de los compromisos entre Municipalidad Provincial del Cusco – Población, desarrollando estrategias de relación e intercomunicación, de forma en que se genere la más adecuada



en el manejo de los impactos y aspectos sociales y ambientales relacionados con las etapas de operación, mantenimiento, cierre y abandono del Botadero de Haqira.

En particular se busca:

- Asegurar el cumplimiento óptimo de las medidas de manejo social y ambiental planteadas en el PRC.
- Establecer lineamientos para el manejo de los impactos de las diferentes etapas del Botadero de Haqira, con el fin que puedan transformarse en planes específicos que cuenten con la participación de los grupos de interés.
- Generar relaciones sociales estables, de cooperación y comunicación en función a los compromisos adquiridos y de acuerdo con las actividades específicas del botadero, contribuyendo en la gestión del desarrollo sostenible.
- Facilitar la relación entre la municipalidad provincial y la población; prevenir, mitigar y remediar los impactos negativos y potenciar los impactos positivos.

3. Medidas Generales

A fin de alcanzar los objetivos propuestos, la Municipalidad Provincial del Cusco deberá contar con un responsable de asuntos sociales para el Botadero de Haqira, cuya función será diseñar y ejecutar en detalle los diversos programas del PRC. El diseño de los diferentes planes, programas y proyectos que conforman el PRC promueve el manejo efectivo de los temas claves identificados durante el proceso de estudio del área de influencia directa.

El botadero de Haqira a través de el /los equipo (s) responsable(s), debe aplicar el PRC de acuerdo con los criterios de responsabilidad social y desarrollo sostenible. En ese sentido, la intervención tiene que ajustarse a las características de la realidad del



área de influencia directa y la relación Municipalidad – Grupos de interés, identificada en el estudio correspondiente al PRC, para lo cual se considerarán los siguientes aspectos:

- Fortalecimiento de las áreas de Relaciones Comunitarias.
- Conocimiento de la dinámica social y económica de los pobladores del AI.
- Proceso de involucramiento, interlocución y atención de los pobladores.
- Coherencia entre las medidas a tomar a corto y largo plazo.
- Mecanismo de Quejas y Reclamos.

Con la finalidad de minimizar los impactos sociales negativos y maximizar los impactos positivos, dentro de un entorno de respeto mutuo que contribuya al desarrollo sostenible de la comunidad de Haquira, se han plantea implementar los siguientes Sub Programas:

1. Sub programa de monitoreo y vigilancia ciudadana
2. Sub programa de comunicación
3. Sub programa de empleo local
4. Sub programa de aporte al desarrollo local
5. Sub programa de indemnización



5.5.5. Programa de Manejo Ambiental

A continuación, se presentan las fichas de manejo ambiental correspondientes a medidas correctoras y permanentes:

| FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CALIDAD DE AIRE | | | CÓDIGO |
|--|---|--|----------------------------------|
| | | | FMA_001 |
| ACTIVIDAD POTENCIAL IMPACTANTE | ASPECTO AMBIENTAL | MEDIO RECEPTOR | IMPACTO AMBIENTAL |
| Recolección y transporte de residuos Disposición final de residuos Soterramiento o cubierta diaria Emanación de gases sin tratamiento | Generación de Material Particulado: PM ₁₀ y PM _{2.5} . Emisión de gases de escape: CO, NO ₂ , SO ₂ , Pb, HT. Emisión de gases de efecto invernadero: NH ₃ , CO ₂ , CO, H ₂ , H ₂ S, CH ₄ , N ₂ , O ₂ , COV. | Aire | Alteración de la calidad de aire |
| MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL | | | |
| 1 | Solicitar Certificados de Inspección Técnica Vehicular de vehículos involucrados en las actividades de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios. | | |
| | Evidencia 1: | Certificado de Inspección Técnica Vehicular | |
| 2 | Suspender actividades de vehículos con evidentes signos de generación de gases de escape de alta opacidad; consecuentemente, solicitar que la municipalidad correspondiente o empresa prestadora de residuos sólidos inicie con el respectivo mantenimiento correctivo. Evidenciar los correctivos aplicados antes del reinicio de actividades. | | |
| | Evidencia 1: | Inspección visual de emisión de gases de escape. | |
| | Evidencia 2: | Certificado de Inspección Técnica Vehicular. | |
| | Evidencia 3: | Constancia de ejecución de mantenimiento correctivo. | |
| 3 | Controlar las concentraciones de gases de efecto invernadero mediante el monitoreo de gases en las chimeneas instaladas en el área nueva de disposición y en el área de disposición existente (clausurada). | | |
| | Evidencia 1: | Implementar un sistema de captación y tratamiento de biogás | |
| | Evidencia 2: | Monitoreo Mensual de Emisiones Gaseosas y de Calidad del Aire del área en estudio | |
| a. | Indicador de seguimiento: | Concentraciones de parámetros de calidad de aire y emisiones gaseosas Número de vehículos, equipos y maquinarias que operan en la obra. Número de certificados de inspección técnica vigentes. | |
| b. | Metas: | Minimizar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. | |
| c. | Control de cumplimiento: | Se sugiere realizar monitoreos ambientales de calidad de aire. | |

Elaboración propia



| FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA NIVELES DE RUIDO | | | CÓDIGO |
|--|---|---|--------------------------------|
| | | | FMA_002 |
| ACTIVIDAD POTENCIAL IMPACTANTE | ASPECTO AMBIENTAL | MEDIO RECEPTOR | IMPACTO AMBIENTAL |
| Recepción de camiones recolectores Traslado interno de camiones recolectores Traslado externo de camiones recolectores y maquinaria pesada Extracción de material para soterrado Movimiento interno de maquinaria pesada para el soterrado de residuos | Emisión de ruidos que exceden los dBA de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) | Ruido | Incremento de niveles de ruido |
| MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL | | | |
| 1 | Inspección técnica de vehículos implicados en la recolección y transporte de residuos sólidos, de acuerdo con los parámetros establecidos por el fabricante para garantizar una operación segura y adecuada. | | |
| | Evidencia 1: | Listado de vehículos | |
| | Evidencia 2: | Certificado de Inspección Técnica Vehicular | |
| 2 | Restricción del uso de bocinas de vehículos automotores, cuyo uso debe ser aplicado solamente cuando se requiera advertir riesgos propios de la actividad. | | |
| | Evidencia 1: | Registro de inspección ambiental sobre “uso de bocinas” | |
| 3 | Permitido el uso de alarma de reversa para evitar posibles accidentes. Permitido el uso de dispositivos diseñados para evitar accidentes o anunciar casos de emergencia. Instalación de silenciador en el exhosto para reducir el ruido producido por los gases de escape; esta medida deberá de ser implementada toda vez que sea necesaria. Prohibido el uso de dispositivos o accesorios diseñados para producir ruido adicional, tales como sirenas, alarmas válvulas, resonadores y pitos adaptados a los sistemas de bajo y de frenos de aire. | | |
| | Evidencia 1: | Inspección del uso adecuado de dispositivos sonoros necesarios para evitar accidentes y/o anunciar situaciones de emergencia. | |
| a. | Indicadores de seguimiento: | Número de vehículos, equipos y maquinarias que operan en la obra. Número de certificados de inspección técnica vigentes. | |
| b. | Metas: | Minimizar los ruidos molestos. | |
| c. | Control de cumplimiento: | Se sugiere realizar monitoreos de niveles de ruido ambiental. | |

Elaboración propia



| FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA CALIDAD DE SUELO | | | CÓDIGO |
|--|---|--|------------------------------------|
| | | | FMA_003 |
| ACTIVIDAD POTENCIAL IMPACTANTE | ASPECTO AMBIENTAL | MEDIO RECEPTOR | IMPACTO AMBIENTAL |
| Disposición de residuos como plásticos, chatarra, papel y cartón, en centros de acopio informales o en puntos de acopio cercano al botadero. Disposición de residuos sólidos en el Botadero de Haquira | <p>Generación de residuos sólidos en puntos de acopio inadecuados.</p> <p>Escurrecimiento de lixiviados en la parte baja de botadero de Haquira.</p> | Suelo | Alteración de la calidad del suelo |
| Medidas de manejo ambiental | | | |
| 1 | Supervisión del personal y de las rutas de circulación de las unidades de recolección de residuos sólidos, con la finalidad de evitar que los operarios seleccionen los residuos reaprovechables como papel y cartón, botellas de plásticos, metales y chatarras, y los comercialicen en centros de acopio informales. Así mismo, evitar la disposición de residuos de construcción o residuos peligrosos en áreas cercanas al botadero de Haquira. | | |
| | Evidencia 1: | Supervisión del personal encargado de la recolección, transporte y disposición final. | |
| | Evidencia 2: | Clausura de los centros de acopio informales existentes cerca al botadero de Haquira. | |
| | Evidencia 3: | Capacitación al personal operario en relación con el adecuado manejo de los residuos. | |
| 2 | Diseñar un sistema de drenaje y pozas de almacenamiento de lixiviados, los cuales cumplan con los criterios técnicos adecuados para el caudal de lixiviado generado por el botadero de Haquira. Así mismo, realizar inspecciones y mantenimiento de las infraestructuras. Todo ello con la finalidad de evitar el escurrecimiento de lixiviados en la parte baja del botadero, contaminando los terrenos de cultivos y el suelo de la comunidad de Haquira. | | |
| | Evidencia 1: | Verificación de la implementación del sistema de drenaje y poza de almacenamiento | |
| | Evidencia 2: | Monitoreo de lixiviados (Poza de almacenamiento y salida del canal de conducción del lixiviado) | |
| | Evidencia 3: | Inspecciones del sistema de drenaje y pozas de almacenamiento. | |
| a. | Indicadores de seguimiento: | Cantidad de residuos dispuestos. Cantidad de lixiviados generados. Suelo contaminado con sustancias peligrosas. | |
| b. | Metas: | Disponer adecuadamente los residuos sólidos generados, cumpliendo con los criterios técnicos establecidos. Evitar la contaminación del suelo del área de influencia y de las tierras de cultivo de la comunidad de Haquira. | |
| c. | Control de cumplimiento: | Se sugiere realizar monitoreos ambientales de calidad de suelo en el área de influencia del botadero (Comunidad de Haquira). | |

Elaboración propia



| FICHA DE MANEJO AMBIENTAL PARA CALIDAD DEL AGUA | | | CÓDIGO |
|---|---|---|--|
| | | | FMA_004 |
| ACTIVIDAD POTENCIAL IMPACTANTE | ASPECTO AMBIENTAL | MEDIO RECEPTOR | IMPACTO AMBIENTAL |
| Operación y cierre del botadero de Haqira. Disposición de residuos sólidos en el Botadero. | Generación de aguas residuales domiciliarias. Escurrimiento de lixiviados en la parte baja de botadero de Haqira. | Aguas superficiales Aguas subterráneas | Alteración de la calidad de agua superficial y subterránea |
| Medidas de manejo ambiental | | | |
| 1 | Las aguas residuales domésticas generadas producto de las actividades del Botadero de Haqira durante las actividades de operación, desinstalación, demolición y limpieza, serán dispuestas mediante la empresa autorizada ante DIGESA para disponer dichos residuos en el relleno sanitario. | | |
| | La Empresa de Saneamiento Ambiental realizará la disposición final de los desechos de acuerdo con las directivas señaladas en la Ley General de Salud N° 26842 y el Reglamento Sanitario para las Actividades de Saneamiento Ambiental D. S. 022 – 2001 – S.A., en un relleno sanitario autorizado por DIGESA/MINSA. | | |
| | Evidencia 1: | Verificación de Autorización de la Empresa de Saneamiento Ambiental ante DIGESA. | |
| | Evidencia 2: | Documentación que evidencia la Limpieza los Baños Químicos Portátiles. | |
| Evidencia 3: | Documentación que evidencie la disposición de los residuos. | | |
| 2 | Diseñar un sistema de drenaje y pozas de almacenamiento de lixiviados, los cuales cumplan con los criterios técnicos adecuados para el caudal de lixiviado generado por el botadero de Haqira. Así mismo, realizar inspecciones y mantenimiento de las infraestructuras. Todo ello con la finalidad de evitar el escurrimiento de lixiviados en la parte baja del botadero, contaminando los terrenos de cultivos y el suelo de la comunidad de Haqira. | | |
| | Evidencia 1: | Verificación de la implementación del sistema de drenaje y poza de almacenamiento. | |
| | Evidencia 2: | Monitoreo de lixiviados (Poza de almacenamiento y salida del canal de conducción del lixiviado) | |
| | Evidencia 3: | Inspecciones del sistema de drenaje y pozas de almacenamiento. | |
| a. | Indicadores de seguimiento: | Número de actividades de limpieza de baños químicos portátiles. Certificados de disposición de residuos líquidos. Informe del mantenimiento de la poza de almacenamiento de lixiviados. Orden de Compra - Registros fotográficos. Informes de Ensayo del Laboratorio que realizó el muestreo. | |
| b. | Metas: | Controlar los lixiviados generados, realizar el adecuado tratamiento de ellos y evitar la contaminación de fuentes hídricas. | |
| c. | Control de cumplimiento: | Se sugiere realizar monitoreos mensuales de lixiviados y monitoreo trimestral de fuentes hídricas aguas arriba y aguas abajo del botadero de Haqira. | |

Elaboración propia



5.5.6. Programa de Monitoreo Ambiental

5.5.6.1. Programa de Monitoreo de Calidad de Aire

| FICHA DE PROGRAMA DE MONITOREO | | FPM_001 | |
|---|---|---|-----------------|
| Normativa | D.S. N° 003-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Aire | | |
| Metodología | <p>Para cada uno de los parámetros de interés a nivel de calidad de aire, se emplearán los métodos de monitoreo y de análisis estipulados por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos para evaluaciones de la calidad del aire y la metodología estipulada en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de DIGESA/MINSA.</p> <p>La EPA, menciona los criterios técnicos para la localización de estaciones de monitoreo los cuales son: Dirección del viento. (Sotavento y barlovento), condiciones topográficas, localización de receptores, localización de otras fuentes de emisión diferentes a las del área de estudio.</p> | | |
| Frecuencia | Trimestral (Operación) - Puntual (Cierre) * | | |
| Monitoreo de Calidad de Aire | Parámetro | Unidad | Estándar |
| | Material Particulado (PM ₁₀) | µg/m ³ | 100 |
| | Material Particulado (PM _{2.5}) | µg/m ³ | 50 |
| | Monóxido de carbono (CO) | µg/m ³ | 10000 |
| | Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | µg/m ³ | 200 |
| | Dióxido de azufre (SO ₂) | µg/m ³ | 250 |
| | Plomo (Pb) en PM ₁₀ | µg/m ³ | 1.5 |
| Etapas de Operación – Etapas de Cierre | | | |
| Estación | Coordenadas UTM-WGS 84 Zona 18 Sur | Referencia | |
| A-1 (Barlovento) | Norte: 8 500 074 / Este: 0 822 918 | Techo de las Oficinas Administrativas | |
| A-2 (Sotavento) | Norte: 8 499 785 / Este: 0 822 916 | Parte posterior del botadero de Haquira – cerca al pozo de lixiviados | |
| A-3 | Norte: 8 499 510 / Este: 0 823 228 | Comunidad Campesina de Haquira | |

*Nota: * Durante el cierre definitivo del botadero se sugiere realizar un monitoreo puntual de calidad de aire.*

Elaboración propia



5.5.6.2. Programa de Monitoreo de Ruido

| FICHA DE PROGRAMA DE MONITOREO | | FPM_002 | |
|---|---|----------------------------|---|
| Normativa | D.S. 085-2003-PCM: Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido | | |
| Metodología | El método consiste en determinar el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (LAeqT), conforme se especifica en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, D.S. 085-2003-PCM, y comparar estos resultados con los Estándares para Zona Industrial señalados en el mismo. | | |
| Frecuencia | Trimestral (Operación) - Puntual (Cierre)** | | |
| Parámetros que monitorear | Zona de aplicación | Valores expresados en LAeq | |
| | Zona industrial | Horario diurno | Horario nocturno |
| | | 80 dBA | 70 dBA |
| Etapas de Operación – Etapas de Cierre | | | |
| Estación | Coordenadas UTM - WGS 84 Zona 18 Sur | | Referencia |
| RA-1 | Norte: 8 500 082 / Este: 0 822 936 | | Entrada principal del Botadero de Haqira. |
| RA-2 | Norte: 8 500 098 / Este: 0 822 951 | | Zona de estacionamiento del botadero de Haqira. |
| RA-3 | Norte: 8 500 082 / Este: 0 822 920 | | Frente a la Oficinas Administrativas |
| RA-4 | Norte: 8 500 050 / Este: 0 822 953 | | Área nueva de disposición de residuos solidos |
| RA-5 | Norte: 8 499 958 / Este: 0 822 850 | | Área de disposición de residuos existentes clausurada |
| RA-6 | Norte: 8 499 579 / Este: 0 823 306 | | Comunidad de Haqira |

Nota: ** En la etapa de cierre definitivo se ejecutará un monitoreo de cierre puntual de ruido ambiental
Elaboración propia



5.5.6.3. Programa de Monitoreo de Aguas Superficial, Subterráneas y Lixiviados

| FICHA DE PROGRAMA DE MONITOREO | | FPM_003 |
|---|--|--|
| Normativa | D.S. 004-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Aguas | |
| Metodología | <p>Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua deben realizarse de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.</p> <p>El método consiste en determinar el nivel de concentraciones de los parámetros establecidos para determinar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, las cuales serán comparadas con los valores límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado según D.S. 004-2017-MINAM, para la Categoría 1: Poblacional y Recreacional – Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.</p> | |
| Frecuencia | Trimestral (Operación) - Puntual (Cierre)* | |
| Parámetros que monitorear | Aceites y Grasas | Nitratos |
| | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | Oxígeno Disuelto |
| | Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Potencial de Hidrogeno (pH) |
| | Sulfuros | Coliformes Termotolerantes |
| | Escherichia coli | Metales pesados |
| Etapas de Operación – Etapas de Cierre | | |
| Estación | Coordenadas UTM - WGS 84 Zona 18 Sur | Referencia |
| LIX-01 | Norte: 8 499 823 / Este: 0 822 937 | Tanque del sistema de drenaje del lixiviados |
| LIX-02 | Norte: 8 499 668 / Este: 0 822 862 | Poza de captación de lixiviados |
| ASUP-1 | Norte: 8 499 996 / Este: 0 822 823 | Manante ubicada cerca al área de disposición de residuos existen – clausurado. |
| ASUP-2 | Norte: 8 499 950 / Este: 0 823 306 | Manante ubicado en la comunidad de Haqira |
| ASUB-1 | Por definir | Pozo de monitoreo de agua subterránea |

Nota: * En la etapa de cierre definitivo se ejecutará un monitoreo de cierre puntual de calidad de agua superficial y subterránea.

Elaboración propia



5.5.6.4. Programa de Monitoreo de Suelos

| FICHA DE PROGRAMA DE MONITOREO | | FPM_004 |
|---|--|--|
| NORMA | D.S. 011-2017: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos | |
| Metodología | <p>El método consiste en determinar el nivel de contaminante, si lo hubiese, del suelo a muestrear, conforme se especifica en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, aprobado según D.S. N° 011-2017-MINAM. Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.</p> <p>De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.</p> | |
| Frecuencia | Semestral (Operación) - Puntual (Cierre)* | |
| Parámetros que monitorear | Hidrocarburos aromáticos volátiles | |
| | Hidrocarburos poliaromaticos | |
| | Fracción de hidrocarburos F1 (11) (C6-C10) | |
| | Fracción de hidrocarburos F2 (12) (>C10-C28) | |
| | Fracción de hidrocarburos F3 (13) (>C28-C40) | |
| | Compuestos Organoclorados | |
| | Metales | |
| Etapa de Operación – Etapa de Cierre | | |
| Estación | Coordenadas UTM - WGS 84 Zona 18 Sur | Referencia |
| SUE-1 | Norte: 8 500 149 / Este: 0 822 873 | Terrenos ubicados frente al botadero de Haqira – Nivel de Fondo |
| SUE-2 | Norte: 8 499 754 / Este: 0 822 948 | Botadero de Haqira – Quebrada abajo, cerca de los pozos de almacenamiento de lixiviados. |
| SUE-3 | Norte: 8 499 536 / Este: 0 822 227 | Comunidad de Haqira, ubicado a 300 metros del botadero |

Nota: *En la etapa de cierre definitivo se sugiere realizar un monitoreo de cierre puntual de calidad de suelo
Elaboración propia



CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión de resultados obtenidos entre la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y original

En el presente capítulo se analizan y discuten los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y de la metodología EVIAVE original para el botadero de Haqira. Para ello se mantuvo los cuatro niveles estructurados en la metodología original, determinando y analizando en el primer nivel los valores correspondientes a las variables del punto de vertido y los descriptores ambientales; en el segundo nivel se calculó la probabilidad de contaminación; en el tercer nivel, el índice de riesgo ambiental y en cuarto nivel se determinó la afección global a través del índice de medio vertedero. Los resultados obtenidos del cálculo de cada uno de los índices se presentan en el cuadro N° 100.

Cuadro N° 100: Resultados comparativos de la aplicación de la metodología EVIAVE en el botadero de Haqira

| Botadero de Haqira | | | | | | |
|--------------------|------------------|----------------------|----------|----------|------------|---------------|
| Metodología | Elementos | IRC _j (*) | Pbc (**) | Va (***) | IRA (****) | IMV (*****) |
| EVI AVE Original | Agua superficial | 100 | 0.61 | 3.00 | 1.80 | 11.0 Medio |
| | Agua subterránea | 88 | 0.54 | 2.00 | 1.10 | |
| | Atmósfera | 73 | 0.71 | 3.00 | 2.10 | |
| | Suelo | 84 | 0.66 | 3.70 | 2.50 | |
| | Salud y Sociedad | 92 | 0.71 | 5.00 | 3.50 | |
| | Flora | -- | -- | -- | -- | |
| | Fauna | -- | -- | -- | -- | |
| EVI AVE Modificada | Agua superficial | 108 | 0.65 | 3.00 | 2.00 | 15.3 Alto |
| | Agua subterránea | 94 | 0.59 | 2.00 | 1.20 | |
| | Atmósfera | 76 | 0.65 | 3.00 | 2.00 | |
| | Suelo | 100 | 0.64 | 5.00 | 3.20 | |
| | Salud y Sociedad | 116 | 0.75 | 5.00 | 3.80 | |
| | Flora | 111 | 0.65 | 4.00 | 2.6 | |
| | Fauna | 104 | 0.65 | 1.00 | 0.6 | |

(*) Índice de Riesgo de Contaminación. (**) Probabilidad de Contaminación. (***) Valor Ambiental.

(****) Índice de Riesgo Ambiental. (*****). Índice de Interacción Medio Vertedero

Elaboración propia



➤ **Probabilidad de Contaminación**

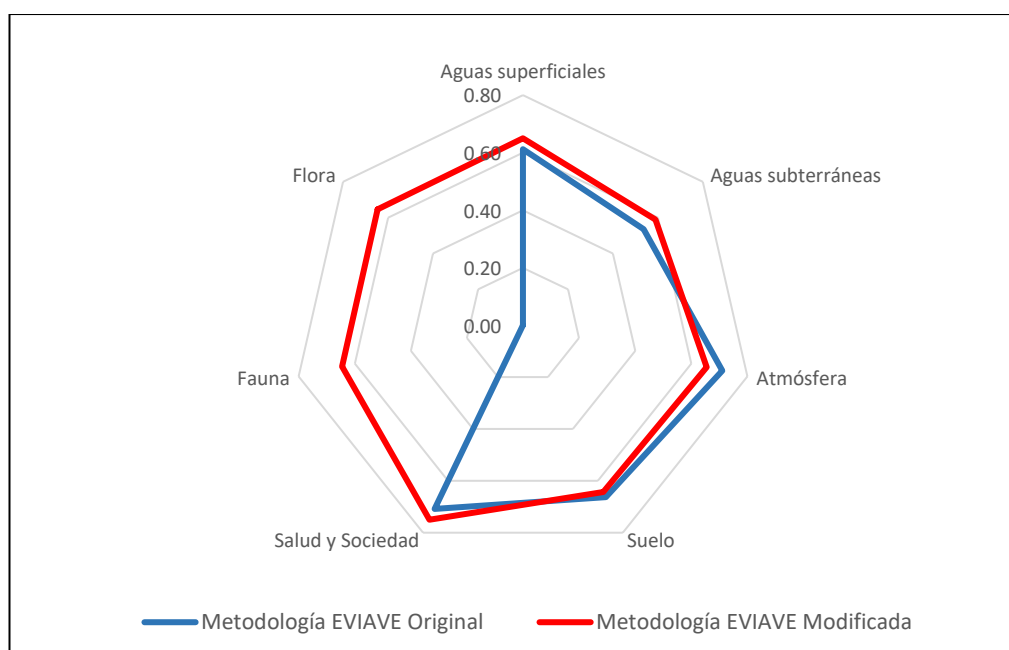
Los resultados de la *Probabilidad de Contaminación (Pbcj)*, *Probabilidad de Contaminación debido a su ubicación (Pbc-u)* y *Probabilidad de Contaminación debido al diseño y explotación (Pbc-o)*, obtenidos de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada, se presentan los cuadros N° 101, 102 y 103.

Cuadro N° 101: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación para el Botadero de Haquira

| Elementos del medio | Probabilidad de Contaminación (Pbcj) | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------|
| | EVIAVE Original | | EVIAVE Modificada | | Variación % |
| | Valor | Clasificación | Valor | Clasificación | Valor |
| Aguas superficiales | 0,61 | Alta | 0,65 | Alta | + 6,56 |
| Aguas subterráneas | 0,54 | Media | 0,59 | Media | + 9,26 |
| Atmósfera | 0,71 | Alta | 0,65 | Alta | - 8,45 |
| Suelo | 0,66 | Alta | 0,64 | Alta | - 3,03 |
| Salud y Sociedad | 0,71 | Alta | 0,75 | Alta | + 5,63 |
| Fauna | | -- | 0,65 | Alta | -- |
| Flora | | -- | 0,65 | Alta | -- |

Elaboración propia

Gráfico N° 14: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación para el Botadero de Haquira



Elaboración propia



Al realizar la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y compararla con la metodología original se encontraron aumentos y disminuciones en las probabilidades de contaminación de los siguientes elementos del medio: agua superficial (+ 6.56%), agua subterránea (+9.26), atmósfera (-8.45), y salud y sociedad (+5.63). Así mismo, los elementos fauna y flora, no presentaron variación debido que la metodología EVIAVE original no los considerados como elementos del medio. La variación de la probabilidad de contaminación, se deben a las modificaciones realizadas en la clasificación de las variables ambientales bajo el contexto técnico y jurídico peruano, y al incluir a la fauna y flora como nuevos elementos del medio.

En el cuadro N° 101 anteriormente presentado, se observa que los valores más elevados de las Probabilidades de Contaminación (Pbcj) clasificados como alta probabilidad corresponden al elemento “salud y sociedad” con 0.75; “aguas superficiales”, “atmósfera”, “fauna” y “flora” con 0.65, y suelo con “0.64”. Además, el menor valor de la Probabilidades de Contaminación (Pbcj) obtenido corresponde al elemento “aguas subterráneas” con 0.59, el cual es clasificado como probabilidad media.

Estos elementos del medio son altamente vulnerables debido al deficiente diseño y operación del botadero de Haquira, ya que reciben los contaminantes provenientes del punto de vertido. Por ejemplo, el agua superficial, subterránea y el suelo reciben los lixiviados generados por el botadero, estos son recolectados en pozos de almacenamiento, los cuales no están diseñados adecuadamente; los gases generados por la descomposición de los residuos sólidos contribuyen al cambio climático y alguno de ellos son tóxicos, ocasionando la pérdida de flora y fauna, y el deterioro de la salud de la población cercana.

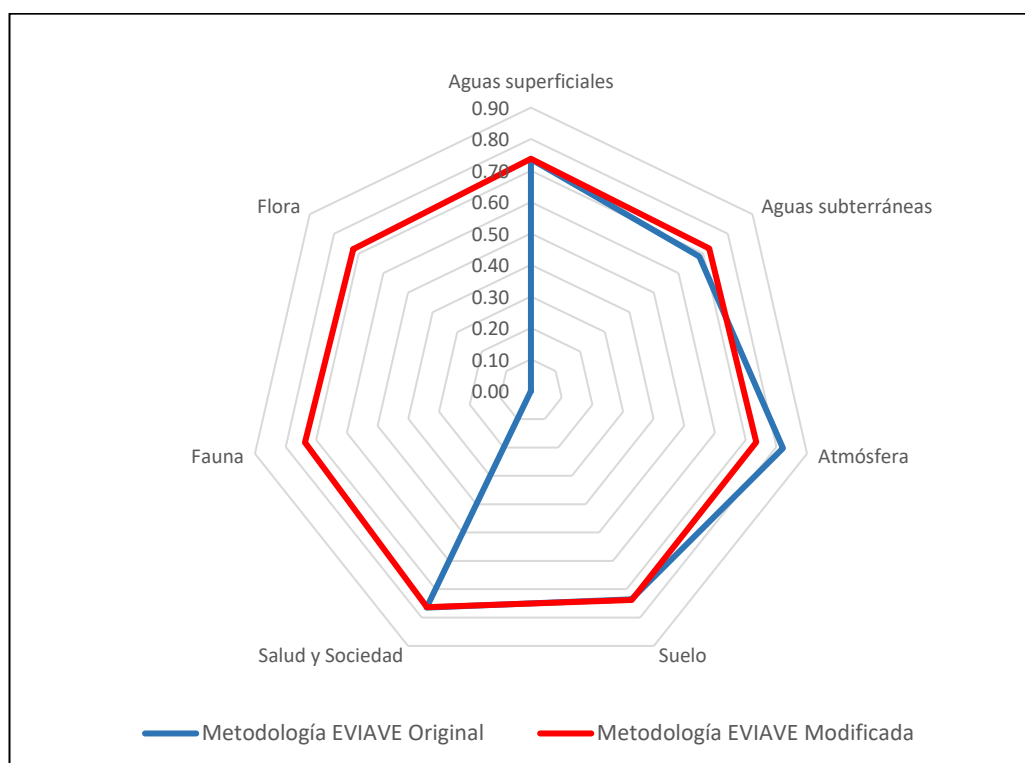


Cuadro N° 102: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación debido al diseño y explotación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira

| Elementos del medio | Probabilidad de Contaminación debido al diseño y explotación | | | | |
|---------------------|--|---------------|-------------------|---------------|-------------|
| | EVIAVE Original | | EVIAVE Modificada | | Variación % |
| | Valor | Clasificación | Valor | Clasificación | Valor |
| Aguas superficiales | 0,74 | Alta | 0,74 | Alta | 0,00 |
| Aguas subterráneas | 0,68 | Alta | 0,73 | Alta | + 7,35 |
| Atmósfera | 0,82 | Alta | 0,73 | Alta | - 10,98 |
| Suelo | 0,74 | Alta | 0,74 | Alta | 0,00 |
| Salud y Sociedad | 0,76 | Alta | 0,76 | Alta | 0,00 |
| Fauna | No Aplica | | 0,74 | Alta | -- |
| Flora | No Aplica | | 0,72 | Alta | -- |

Elaboración propia

Gráfico N° 15: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación debido al diseño y explotación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira



Elaboración propia

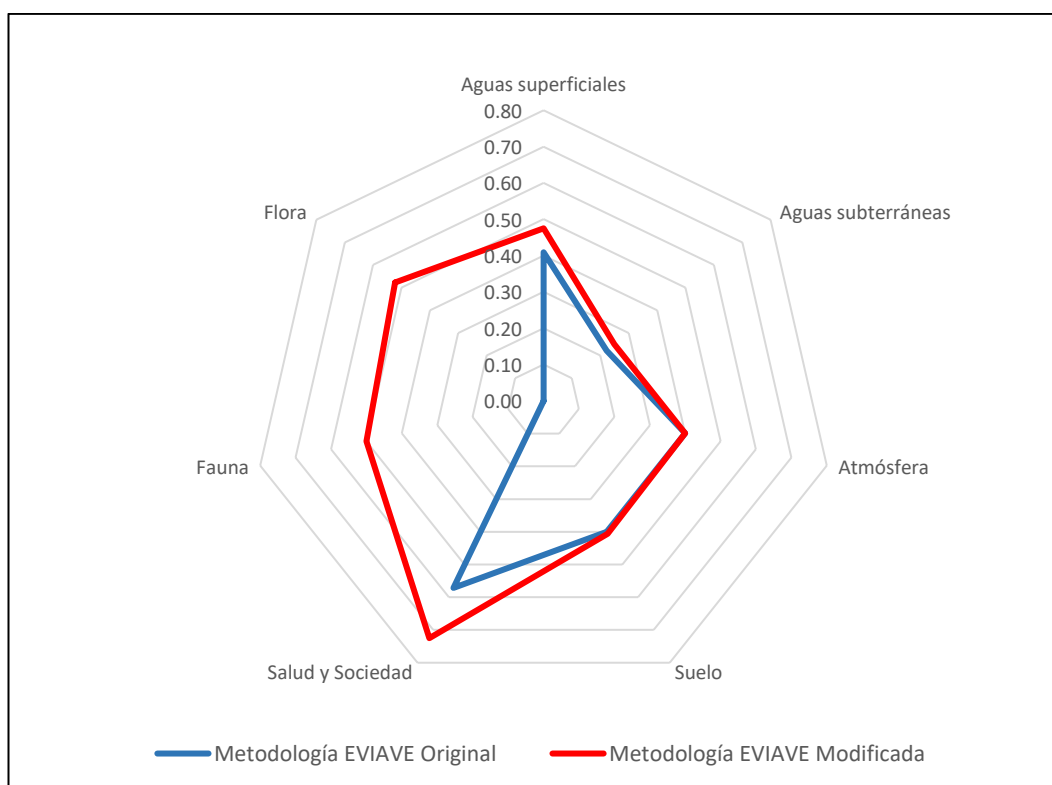


Cuadro N° 103: Resultados comparativos de la Probabilidad de contaminación debido a la ubicación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira

| Elementos del medio | Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación (Pbc-u) | | | | |
|----------------------------|---|---------------|-------------------|---------------|-------------|
| | EVIAVE Original | | EVIAVE Modificada | | Variación % |
| | Valor | Clasificación | Valor | Clasificación | Valor |
| Aguas superficiales | 0,41 | Media | 0,48 | Media | +17,07 |
| Aguas subterráneas | 0,22 | Baja | 0,25 | Baja | +13,64 |
| Atmósfera | 0,40 | Media | 0,40 | Media | 0,00 |
| Suelo | 0,40 | Media | 0,41 | Media | +2,50 |
| Salud y Sociedad | 0,57 | Media | 0,73 | Media | +28,07 |
| Fauna | No Aplica | | 0,50 | Media | -- |
| Flora | No Aplica | | 0,52 | Media | -- |

Elaboración propia

Gráfico N° 16: Comparativo de la Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación (Pbc-o) para el Botadero de Haquira



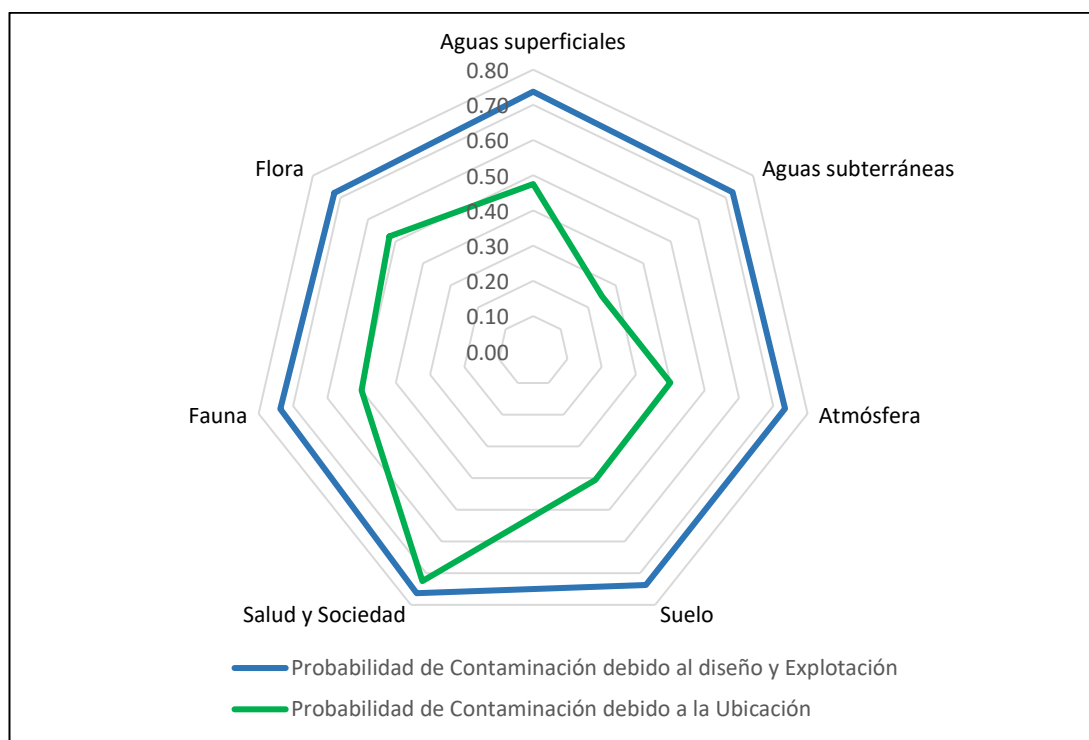
Elaboración propia



Del análisis de los valores de la *Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación* ($Pbc-u$) y la *Probabilidad de Contaminación debido al diseño y explotación* ($Pbc-o$) del botadero de Haquira, se determina que el diseño y las actividades operativas presenta una mayor probabilidad de contaminación de elementos del medio a comparación con el criterio de ubicación del punto de vertido. Por lo tanto, estos resultados son representativos de la realidad existente en el botadero de Haquira, evidenciando la aplicabilidad de la metodología EVIAVE modificada, en vertederos ubicados en el territorio peruano.

En el grafico N° 17 se observa la diferencia existente entre ambas probabilidades de contaminación, demostrando la problemática existente en el diseño y el estado de explotación del punto de vertido en el momento de la visita técnica.

Gráfico N° 17: Probabilidad de Contaminación en las etapas de operación y ubicación para el Botadero de Haquira



Elaboración propia



El botadero de Haqira sobreyace en areniscas feldespáticas fuertemente fracturadas, teniendo la propiedad de acumular agua llamándolo “Acuífero de Haqira” que es parte del acuífero de Kayra, dicho acuífero tiene propiedades que no son características para la ubicación de una infraestructura de disposición final, el fracturamiento que presenta el acuífero de Haqira, hace que las aguas pluviales y los lixiviados generados sean arrastradas por toda la quebrada de Haqira y por zonas aledañas entre los cultivos y hasta la misma población que se encuentra en la parte baja del botadero.

➤ **Valor Ambiental**

En las metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental se realiza la valoración ambiental de los diferentes componentes ambientales mediante los descriptores ambientales. Las modificaciones realizadas a la metodología EVIAVE original, han afectado a los descriptores ambientales que conforman los diferentes elementos del medio o entorno. Por lo tanto, al aplicar la metodología EVIAVE modificada, se han presentado valores diferentes al comparar los resultados obtenidos tras la aplicación de ambas metodologías (original y modificada), debido a la inclusión de dos elementos del medio y a la modificación de la clasificación para cada descriptor ambiental.

La aplicación de la metodología EVIAVE modificada ha generado un incremento del 35.1 % para el valor ambiental del elemento suelo, en comparación con el valor obtenido tras la aplicación de la metodología original. Ello debido al cambio efectuado en la clasificación del descriptor ambiental usos del suelo y al retiro del descriptor tipo de cobertura vegetal.

En el cuadro N° 104 se presenta la comparación de los resultados del valor ambiental obtenido de la metodología EVIAVE original y la modificada.

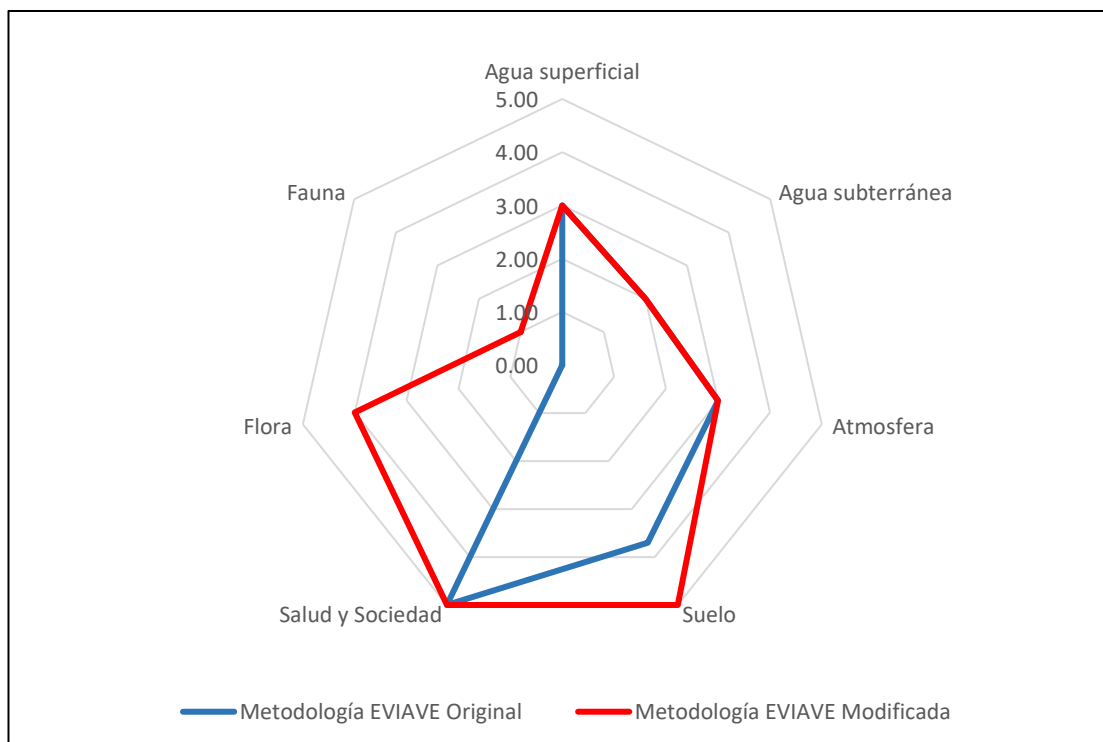


Cuadro N° 104: Resultados comparativos del Valor Ambiental (Va_i) para el Botadero de Haquira

| Botadero de Haquira | | | | |
|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------|
| Índices | Elementos | EVIAVE Original | EVIAVE Modificada | Variación % |
| Valor Ambiental | Agua superficial | 3,00 | 3,0 | 0,0 |
| | Agua subterránea | 2,00 | 2,0 | 0,0 |
| | Atmosfera | 3,00 | 3,0 | 0,0 |
| | Suelo | 3,70 | 5,0 | + 35,1 |
| | Salud y Sociedad | 5,00 | 5,0 | 0,0 |
| | Flora | No Aplica | 4,0 | -- |
| | Fauna | No Aplica | 1,0 | -- |

Elaboración propia

Gráfico N° 18: Comparativo del Valor Ambiental (Va_i) obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada



Elaboración propia



➤ **Índice de Riesgo Ambiental**

El Índice de Riesgo Ambiental (IRA) determina la interacción existente de las amenazas representadas por los puntos de vertido. Este IRA es proporcional al Valor Ambiental (V_{a_i}) del elemento del medio, por lo tanto, la modificación de la metodología EVIAVE ha generado un aumento en los valores para los elementos del medio, en comparación con los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología EVIAVE original.

En el cuadro N° 105 se presenta los resultados comparativos del Índice de Riesgo Ambiental (IRA) obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y original, y la variación porcentual para cada elemento del medio.

Cuadro N° 105: Resultados comparativos del Índice de Riesgo Ambiental (IRA) para el Botadero de Haqira

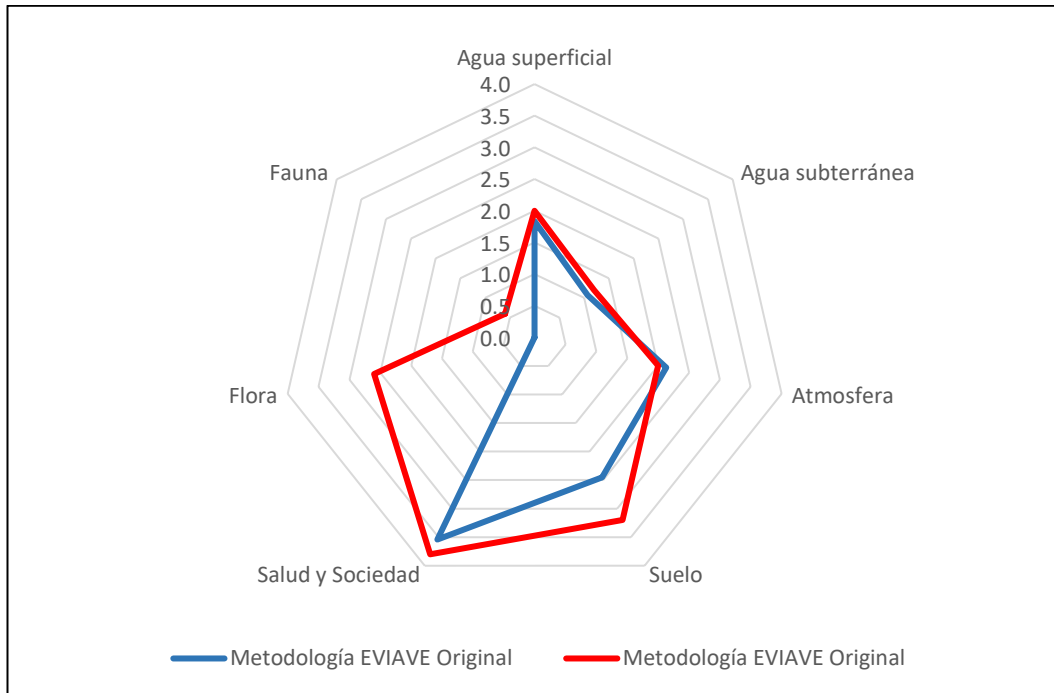
| Botadero de Haqira | | | | |
|----------------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|
| Índices | Elemento | EVI AVE Original | EVI AVE Modificada | Variación % |
| Índice de Riesgo Ambiental | Agua superficial | 1,8 | 2,0 | + 11,1 |
| | Agua subterránea | 1,1 | 1,2 | + 9,1 |
| | Atmosfera | 2,1 | 2,0 | - 4,8 |
| | Suelo | 2,5 | 3,2 | + 28,0 |
| | Salud y Sociedad | 3,5 | 3,8 | + 8,6 |
| | Flora | No Aplica | 2,6 | -- |
| | Fauna | No Aplica | 0,6 | -- |

Elaboración propia

Al observar los resultados obtenidos del IRA se identifica un incremento en la mayoría de los elementos del medio considerados en la metodología, para el agua superficial el incremento fue de 11.1%, para el agua subterránea fue de 9.1%, para el suelo fue de 28.0% y para el elemento salud y sociedad fue de 8.6%; asimismo, se observó la disminución en un 4.8% del IRA para el elemento atmosfera, ver gráfico N° 19.



Gráfico N° 19: Comparativo del Índice de Riesgo Ambiental (IRA) obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada



Elaboración propia

Las modificaciones realizadas en la presente investigación a la metodología EVIAVE original, mejora la inspección o verificación del punto de vertido, en relación con la ubicación idónea, las condiciones actuales de explotación y el control ambiental.

Estos valores de IRA reflejan el riesgo generado por el botadero de Haquira al no cumplir con las exigencias para su ubicación y operación. El análisis del IRA para cada elemento del medio considerado en la metodología EVIAVE se puede utilizar para diagnosticar el riesgo de afección de cada elemento del medio en los puntos de vertido, facilitando la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de técnicas sanitarias y ambientales para el mejoramiento del punto de vertido y medidas para el seguimiento y control de una adecuada explotación.



➤ **Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)**

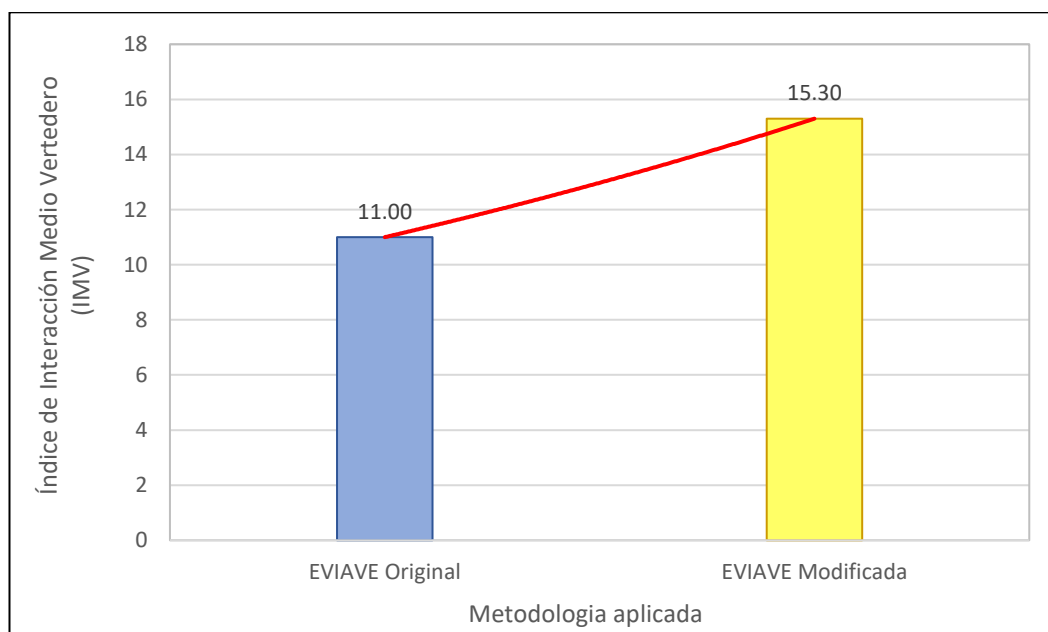
El índice IMV permite analizar de forma global el grado de afección ambiental que genera la interacción de la infraestructura de disposición final en el lugar de ubicación. Al realizar la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y compararla con la metodología original se encontró un incremento significativo de este índice, debido a la modificación de la condición, clasificación y ponderación de cada variable y descriptores ambientales, además de la inclusión de elemento flora y fauna. En el cuadro N° 106 se presentan los resultados obtenidos del IMV.

Cuadro N° 106: Resultados comparativos del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) para el Botadero de Haquira

| Botadero de Haquira | | | |
|---------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Índice | EVIAVE Original | EVIAVE Modificada | Variación (%) |
| IMV | 11,0 | 15,3 | + 39,1 |
| Clasificación | Media | Alta | -- |

Elaboración propia

Gráfico N° 20: Comparativo del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) obtenido de la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada



Elaboración propia



El IMV obtenido de la aplicación de la metodología original fue de 11.0 clasificada como medio, y de la aplicación de la metodología modificada fue de 15.3 clasificada como alto. Al realizar las modificaciones necesarias para su aplicación en el Perú, el IMV aumento en un 39.1% en comparación con el obtenido tras la aplicación de la metodología original.

El resultado de la afección o impacto global del botadero de Haqira refleja la situación actual que enfrenta este punto de vertido, que pese a las mejoras técnicas realizadas y al control del sitio, aun impacta negativamente a los diferentes elementos del medio. Así mismo, su cambio de clasificación representa el grado de la vulnerabilidad adquirida para el sitio de disposición final, determinado por los años de explotación incontrolado.

El botadero de Haqira en la actualidad aún posee significativas fallas en diseño y explotación, y está ubicado en una zona ambientalmente vulnerable, como consecuencia de la deficiente operación se han generado impactos ambientales significativos en el suelo, las aguas superficiales y en la salud de la comunidad de Haqira.

Al modificar la metodología original, en base al contexto técnico legal y a la realidad social de nuestro país, la metodología se convirtió en una herramienta de mayor exigencia al incluir al elemento flora y fauna que es de gran importancia por ser el Perú un país mega diverso. Así mismo la metodología modificada permite establecer las medidas correctivas para los elementos del medio impactados.



6.2. Discusión de resultados en relación con la aplicación de la Metodología EVIAVE en otros países

En el año 2007 se aplicó la metodología EVIAVE en Venezuela, previa adaptación al marco legal vigente y a las características geográficas de Venezuela, concretamente la Resolución 230 relativa a las normas técnicas para proyecto y operación de un relleno sanitario. Se modificó 12 variables de la metodología original: cobertura final, control de gases, control de lixiviados, impermeabilización del punto de vertido, entre otros. Además, se modificó cuatro descriptores ambientales que consideran normativa Española y Europea para su clasificación, los descriptores ambientales modificados fueron: agua superficial, agua subterránea, atmosfera y suelo. La metodología EVIAVE se llevó a aplicó en veintidós (22) vertederos seleccionados, los cuales se ubican en 07 estados de Venezuela.

En el 2008 se aplicó la metodología EVIAVE en la provincia de Andalucía, se analizó la metodología y se identificó la necesidad de desarrollar una serie de modificaciones que estuvo dirigidas básicamente a mejorar la justificación, clasificación y cuantificación de las variables y descriptores ambientales seleccionados para la obtención de los índices ambientales. Estos cambios se realizaron con el fin de ampliar su ámbito de aplicación a normativas iguales o menos exigentes que la europea. La metodología modificada tiene como ámbito de aplicación vertederos incontrolados y vertederos controlados de residuos no peligrosos, definidos por la Directiva 31/99, dentro de la Unión Europea, así como para países sin normativa relativa a eliminación de residuos en vertederos o bien con una normativa menos estricta que la del marco europeo.



En el año 2011, se aplicó la metodología EVIAVE en Colombia, no se realizó modificación alguna a la metodología original, pero se complementó con la herramienta FUZZYNET, la cual es una herramienta computacional desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia, con la finalidad de realizar una extensión como modelo difuso y su aplicación.

En el año 2013, en Irán se validó la aplicación de la metodología EVIAVE, en esta investigación no realizó modificación alguna en las variables de vertedero, descriptores ambientales o índices ambientales. Los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología en dos vertederos concluyen que es una herramienta eficaz para la toma de decisiones en el momento de planificar los planes de manejo para los diferentes elementos del medio afectado, así como la determinación de las actividades de operación y ubicación que generan más impactos.

En el año 2016, se aplicó nuevamente la metodología EVIAVE, previa modificación de acuerdo a los criterios técnicos de construcción y mantenimiento vertedero, cuyos términos de referencia se acogen a lo establecido en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) de Colombia. Se analizó y comparó este reglamento con la información de la metodología EVIAVE con la finalidad de considerar los criterios que le darán a la metodología una mejor adaptación a las características físicas, biológicas y socioeconómicas de Colombia. Como resultado se encontraron similitudes entre la información del RAS y la metodología EVIAVE y se complementaron o remplazaron los criterios en las variables incluidas en la metodología.



6.3. Discusión de resultados entre la metodología EVIAVE y la metodología propuesta por el Consejo Nacional del Ambiente

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) proponen una metodología para la evaluación y categorización de botaderos, presentada en la “Guía Técnica para la Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos”. La metodología comprende evaluación general del botadero y su área de influencia según la prioridad de clausura y según los impactos generados. Por lo tanto, ha sido necesario aplicar esta metodología en el Botadero de Haqira, con la finalidad de comparar los resultados con los obtenidos tras la aplicación de la metodología EVIAVE.

6.3.1. Evaluación según prioridad de clausura

Se procedió a evaluar las características y los impactos más relevantes ocasionados por el Botadero de Haqira, según criterios generales como área del botadero, tiempo de actividad, cantidad y tipo de residuos dispuestos, características geofísicas del sitio, cercanía a viviendas, aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud que ocasiona.

En el cuadro N° 107, se presenta la evaluación y categorización del Botadero de Haqira, de acuerdo a lo establecido en la “Guía Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos” cada aspecto tiene diferente peso en la puntuación; al impacto ocasionado al ser humano se asigna el mayor valor (60%) distribuido en la siguiente forma: 40% para aspectos socioeconómicos y riesgos a la salud; 20% a la cercanía a viviendas o poblados; y 40% al impacto que ocasiona al ambiente en general, distribuido en 15% por la presencia de residuos peligrosos, 10% por cantidad de residuos y área que ocupa el botadero, 10% por tiempo de actividad del botadero y 5% por las características geofísicas del sitio. (CONAM, DIGESA y OPS; 2004, p. 25)



Cuadro N° 107: Categorización del Botadero de Haqira – según prioridad de clausura

| 1. Cantidad de residuos y área que ocupa | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----|---|-----|--|-----|---|------|
| Calidad / Puntaje | Botadero pequeño | 2.0 | Botadero mediano | 5.0 | Botadero grande | 8.0 | Botadero muy grande | 10.0 |
| Superficie que abarca | Hasta 0.99 ha | 0.5 | 1.0 a 4.9 ha | 1.0 | 5.0 a 9.9 ha | 2.0 | 10.0 – 30.0 ha a mas | 3.0 |
| Cantidad diaria de residuos que se arrojan | Hasta 20 t/día | 0.5 | 20 – 50 t/día | 2.0 | 50 – 100 t/día | 3.0 | Más de 100 t/día | 3.0 |
| Cantidad aproximada de residuos acumulados | Hasta 15 000 t | 1.0 | Hasta 55 000 t | 2.0 | Hasta 600 000 t | 3.0 | Más de 600 000 t | 4.0 |
| 2. Presencia de residuos peligrosos | | | | | | | | |
| Calidad / Puntaje | Ninguno | 0.0 | Poco 5.0 | | Moderado 10.0 | | Abundante 15.0 | |
| Arrojo de residuos hospitalarios | Nulo | 0.0 | Recolectados juntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud | 2.5 | Recolectados juntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos de salud | 5.0 | Recolectados, transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio | 7.5 |
| Arrojo de residuos industriales | Nulo | 0.0 | Cantidad mínima | 2.5 | Cantidad moderada | 5.0 | Cantidad considerable | 7.5 |
| 3. Tiempo de actividad del botadero | | | | | | | | |
| Calidad / Puntaje | Botadero reciente | 2.0 | Botadero medianamente reciente | 5.0 | Botadero antiguo | 8.0 | Botadero muy antiguo | 10.0 |
| Tiempo de actividad del botadero | Hasta 1.9 años | | De 2.0 a 4.9 años | | De 5.0 a 9.9 años | | Más de 10 años | |



| 4. Cercanía a poblados a viviendas | | | | | | | | |
|--|---|-----|--|------|--|------|--|------|
| Calidad / Puntaje | Favorable | 1.0 | Medianamente Favorable | 5.0 | Poco favorable | 14.0 | Desfavorable | 20.0 |
| Cercanía a viviendas | Apartado más de 500 m de las viviendas más cercanas | | Apartado hasta 500 m de las viviendas más cercanas | | Colindante a las viviendas periféricas | | Dentro de la población | |
| 5. Por las características geofísicas de la zona | | | | | | | | |
| Calidad / Puntaje | Favorable | 0.0 | Medianamente favorable | 2.0 | Poco favorable | 4.0 | Desfavorable | 5.0 |
| Precipitación pluvial total anual | Muy seco menor a 100 mm | 0.0 | Seco (100 – 500 mm) | 1.0 | Moderado (500-1500 mm) | 2.0 | Húmedo (+ 1500 mm) | 2.0 |
| Temperatura promedio anual | Frio (0°C – 11°C) | 0.0 | Moderado (12°C – 18°C) | 1.0 | Cálido (10°C -24°C) | 2.0 | Muy cálido (25°C – 40°C) | 1.0 |
| Condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas | Estable y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m. | 0.0 | | | | | No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10m de la superficie. | 2.0 |
| 6. Aspectos socioeconómicos y riesgo a la salud | | | | | | | | |
| Calidad / Puntaje | Bajo riesgo | 0.0 | Moderado riesgo | 13.0 | Alto riesgo | 27.0 | Muy alto riesgo | 40.0 |
| Actividad segregación | No existe | 0.0 | Mínima | 3.0 | Moderada | 9.0 | Intensa | 10.0 |
| Crianza de aves y ganado porcino | No existe | 0.0 | Mínima | 4.0 | Moderada | 9.0 | Intensa | 10.0 |
| Presencia de vectores | Mínima | 0.0 | Poca | 3.0 | Abundante | 9.0 | Muy abundante | 10.0 |
| Quema de basura | No existe | 0.0 | Quema esporádica | 3.0 | | | Quema indiscriminada | 10.0 |
| PUNTAJE TOTAL: 58.5 | | | | | | | | |

Elaboración propia

El resultado obtenido en el Botadero de Haquira mediante la aplicación de la metodología para la categorización según la prioridad de clausura, fue de 58,5 puntos, por lo tanto, corresponde al rango de “riesgo moderado”. Esta calificación considero adema que existe un gran riesgo de contaminación de suelo, agua superficial y daño a la salud de las personas, en consecuencia, el resultado obtenido llevaría a tomar la decisión de una conversión del botadero.



6.3.2. Evaluación según los impactos generados

La evaluación se realizó de acuerdo a lo establecido en la “*Guía Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos*” propuesta por el CONAM, DIGESA y OPS en el año 2004. Se evaluó los impactos más importantes que el botadero de Haquira ocasiona al entorno inmediato donde se ubica, y a los trabajadores, recicladores y pobladores cercanos. Se cuantificó de acuerdo a la puntuación otorgada a cada condición, para ello se asigna el 50% del total de la puntuación promedio a ambos componentes, ya que son de igual importancia. (Ver cuadro N° 108)

Cuadro N° 108: Evaluación del Botadero de Haquira según los impactos generados

| Impactos ambientales | | |
|---|------------------|-------------------|
| Suelo | Condición | Puntuación |
| Área ocupada por los residuos | >1 ha | 1.0 |
| | <1 ha | 0.0 |
| Tipo de residuos | Industrial | 1.0 |
| | Municipal | 0.0 |
| Incompatibilidad de uso de suelo | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Presencia de lixiviados | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Aire | Condición | Puntuación |
| Presencia de biogás | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Quema de residuos | Si | 0.5 |
| | No | 0.0 |
| Presencia de olores | Si | 0.5 |
| | No | 0.0 |
| Agua | Condición | Puntuación |
| Presencia de lixiviados | Si | 2.0 |
| | No | 0.0 |
| Flora | Condición | Puntuación |
| Daños a la vegetación | Si | 2.0 |
| | No | 0.0 |
| Fauna | Condición | Puntuación |
| Proliferación de fauna nociva | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Alteración de la fauna terrestre o acuática | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Patrimonio cultural y natural | Condición | Puntuación |
| Cerca o en sitios de patrimonio histórico religioso y turístico | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |
| Cerca o en áreas de reserva o protección natural | Si | 1.0 |
| | No | 0.0 |



| Actividades socioeconomías y de salud | | |
|---|------------------|-------------------|
| Sociedad - Salud | Condición | Puntuación |
| Presencia constante de grupos humanos | Sí | 4.0 |
| | No | 0.0 |
| Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores | Sí | 4.0 |
| | No | 0.0 |
| Riesgo de contaminación de animales de consumo humano | Sí | 4.0 |
| | No | 0.0 |
| Afectación de otras actividades (socioeconómicas, turísticas, etc.) | Sí | 4.0 |
| | No | 0.0 |
| Total | | 26.5 |

Elaboración propia

El botadero de Haquira obtuvo un puntaje de 26.5, el cual equivale al 88.3% del puntaje máximo que se puede obtener que es 30. Por lo tanto, es categorizado como un botadero de alto riesgo, ya que existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua y se encuentra a menos de 300 m de actividades agrícolas y granjas de crianza de animales. De acuerdo con los resultados de la evaluación realizada, según la metodología de categorización de botaderos, llevaría a tomar como decisión la clausura del botadero de Haquira, cumpliendo lo establecido con los requisitos técnicos establecidos por el Ministerio del Ambiente.

Al comparar los resultados obtenidos de la evaluación del Botadero de Haquira, mediante la aplicación de la metodología propuesta en la “Guía Técnica para la Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos” y la aplicación de la metodología EVIAVE adaptada al marco técnico legal del Perú, se determina que existe similitud en los resultados, ya que el riesgo ambiental obtenido en ambos es “alto”. La diferencia existente entre la metodología EVIAVE, se basa en la consideración de los siete elementos o componentes ambientales, los descriptores ambientales para cada elemento y las 26 variables relacionadas con la ubicación, diseño y operación de vertederos; lo que conlleva a desarrollar una evaluación y diagnóstico de puntos de vertido de manera detallada y minuciosa.



CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología EVIAVE en el Botadero de Haquira, validan la aplicación en vertederos o botaderos ubicados en el Perú, previa adaptación al marco técnico legal. La metodología EVIAVE clasifica y considera las variables que están relacionadas con el adecuado diseño de los componentes y las actividades operativas de la infraestructura de disposición final (fase de diseño y explotación), y las condiciones para la ubicación idónea del punto de vertido (fase de ubicación). La ventaja de esta metodología, al analizar las 26 variables relacionadas con la ubicación, diseño y operación de vertederos, es la elaboración de adecuado diagnóstico del punto de vertido y la cuantificación de la probabilidad de contaminación y el riesgo de afección ambiental ocasionado a cada componente ambiental, para que a partir de ello se propongan alternativas de solución con la finalidad de disminuir los impactos ocasionados a cada elemento o componente ambiental y mejorar técnicamente los componentes del vertedero.

Por lo tanto, la metodología EVIAVE es una innovadora, precisa y eficiente herramienta que permite determinar la idoneidad de ubicación de las infraestructuras de disposición final y los impactos ambientales generados por las características propias del vertedero durante la fase de explotación, así como proponer las posibles mejoras técnicas en su diseño y operación o el cierre definitivo del sitio de vertido, de acuerdo a los índices ambientales generados en cada nivel de la evaluación.



- El análisis de la metodología de Diagnóstico Ambiental para Vertederos de Residuos Urbanos (EVIAVE), determinó que era necesario efectuar modificaciones en base al marco técnico legal del Perú, ya que originalmente la metodología fue creada como herramienta para dar cumplimiento al Real Decreto Español 1481/2001, en el marco de la Directiva 31/99/CE, en referencia a la eliminación de residuos urbanos en vertederos en España.

La posibilidad de aplicar la metodología EVIAVE en puntos de vertido ubicados en el territorio peruano, ha implicado las siguientes modificaciones:

- Se ha considerado en el proceso de la evaluación dos nuevos elementos del medio: la flora y fauna, debido a la generación impactos negativos como consecuencia de una ubicación no idónea y de un mal diseño y explotación de un vertedero, sustentado en diversas fuentes científicas suficientes. Así mismo, se modificaron los descriptores ambientales considerando estos dos nuevos elementos.
- Se propuso las ponderaciones a cada variable relacionada con esos dos nuevos elementos, para la determinación del Índice de Riesgo de Contaminación.
- Se reajustaron 10 variables de vertederos, modificando la clasificación y ponderación de cada una de ella, de acuerdo al contexto técnico, jurídico y social del Perú. Para ello se utilizó los términos de referencia establecidos en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y aire, y las Guías para la opinión técnica favorable del estudio de selección de área para infraestructura de disposición final de residuos sólidos y para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.



El Índice de Riesgo de Contaminación (IRC), la Probabilidad de Contaminación (Pbc), el Valor ambiental (Va) y el Índice de Riesgo de Afcción Ambiental (IRA), son los índices que se ven afectados por las modificaciones aplicadas a la metodología, lo que permite cuantificar de forma más adecuada y exigente dentro del territorio peruano y bajo las normativas nacionales. El valor final del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) no ha presentado modificaciones significativas que involucren variaciones en su clasificación.

- El diagnóstico del botadero de Haquira pone en manifiesto el inadecuado diseño, la deficiente operación del punto de vertido, la oposición de los pobladores a la operación del botadero, la falta de inspecciones o supervisión por parte de autoridades competentes, la falta de conciencia y cultura ambiental por parte de la población, el deficiente servicio de recolección de los residuos domiciliarios y la falta control de los lugares informales de acopio de residuos reaprovechables y del personal reciclador que ingresa al área nueva de disposición final.

Mediante la aplicación de la metodología EVIAVE en el botadero de Haquira, se obtuvo que los valores más elevados de la *Probabilidades de Contaminación (Pbcj)*, entre 0.75 y 0.64 clasificados como alta probabilidad, corresponden a los elementos del medio: salud y sociedad, aguas superficiales, atmósfera, suelo, flora y fauna; estos elementos son altamente vulnerables debido al deficiente diseño y operación del vertedero. Los valores de la *Probabilidad de Contaminación debido a la explotación y diseño (Pbc-o)* representan, para todos los elementos del medio considerados, una mayor posibilidad de contaminación en la etapa de operación o explotación del botadero de Haquira, a diferencia de los valores obtenidos para la *Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación (Pbc-u)*.



El Valor Ambiental (Va) obtenido para los elementos “suelo” y “salud y sociedad” fue 5,00 y de acuerdo a la escala de la metodología EVIAVE es calificado como un valor ambiental muy alto, para el elemento “flora” se obtuvo un puntaje 4,00 y es calificado como alto, para el elemento “aguas superficiales” y “atmosfera” un puntaje de 3 y es calificado como medio, para elemento “agua subterránea” un puntaje de 2 y es calificado como bajo, y para el elemento “fauna” se obtuvo un puntaje de 1 y es calificado como muy bajo. Los valores ambientales indica la susceptibilidad ambiental de los elementos del entorno en el que se ubica el Botadero de Haquira.

El *Índice de Riesgo Ambiental (IRA)* obtenido para los elementos “suelo” y “salud y sociedad” obtuvo un valor clasificados como alto; mientras que los elementos “agua superficial”, “atmósfera” y “flora”, el IRA se clasifica como riesgo ambiental medio; para el elemento “agua subterránea” el IRA es clasificado como riesgo ambiental bajo, y para el elemento “fauna” el IRA es clasificado como riesgo ambiental muy bajo. El IRA establece la interacción de las amenazas representadas por el botadero de Haquira y la vulnerabilidad ambiental para cada elemento del medio considerado, permitiendo diagnosticar el riesgo de afección y la aplicación de medidas de control.

El impacto global del botadero de Haquira, determinado a través del *Índice de Medio Vertedero (IMV)*, se ha clasificado como alto con un puntaje de 15,3 permitiendo cuantificar así la problemática ambiental. El *IMV* analiza de forma global los impactos ambientales generados de la interacción del Botadero de Haquira en el entorno inmediato en el cual se ubica, reflejando así la situación



actual que enfrenta este punto de vertido. A pesar a las mejoras técnicas realizadas y al control del sitio, aun impacta negativamente a los diferentes elementos del medio o entorno. Así mismo, el *IMV* representa el grado de vulnerabilidad adquirida para el sitio de disposición final, determinado por los años de explotación incontrolado.

Habiendo obtenidos los valores para los diferentes índices ambientales como: Probabilidad de Contaminación (Pbc), Valor Ambiental (Va), Índice de Riesgo Ambiental (IRA) e Interacción Medio Vertedero (IMV), se evidenció que dichos resultados están acorde a las características actuales del botadero Haquira tales como: inadecuada compactación y cobertura de los residuos, falta de tratamiento de gases y lixiviados, escurrimiento de lixiviados quebrada abajo y la presencia de recicladores informales en el punto de vertido.

- Las alternativas de solución propuestas para el botadero de Haquira, de acuerdo a la evaluación ambiental efectuada, se plantea con la finalidad de mejorar el diseño y la operación del Botadero de Haquira. Para ello se plantea el mejoramiento del “Sistema de Colección de Lixiviados”, tomando en consideración la cantidad actual de los residuos sólidos dispuestos en el punto de vertido, y la necesaria implementación de una “Planta de Tratamiento de Lixiviados”; ambos componentes con la finalidad de evitar la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, y la contaminación del suelo. Así mismo, se plantea mejorar el “Diseño del sistema de extracción de gases” y la “Cobertura final, cierre y sellado del área de la disposición existente”.



Todo ello permitirá minimizar los impactos generados por la operación inadecuada del botadero de Haquira y mejorar técnicamente su diseño, operación, cierre y sellado, cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos en la “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólido” aprobado por el D.L. N° 1278 y el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólido aprobado por el D.S. 014-2017-MINAM. Se propone también el “Estudio de sitio para la ubicación de un nuevo relleno sanitario” el cual debe realizar mediante un análisis multicriterio en base a la caracterización del aspecto ambiental, socioeconómico, arqueológico y predial para la optimización y alternativa de ubicación para un relleno sanitario en la provincia del Cusco.

Se plantea un “Programa de capacitación y sensibilización”, el cual se desarrollará a través de talleres participativos, con la finalidad que la población de la provincia del Cusco despierte ante la realidad existente y se obtenga un cambio de actitud y una preocupación por la conservación del medio ambiente. Así mismo, se propone un “Programa de Relaciones Comunitarias” el cual fomenta las relaciones armoniosas entre la Municipalidad Provincial del Cusco y la comunidad de Haquira, y establece las medidas de prevención y mitigación de los impactos sociales, además se establece un compromiso con la comunidad de Haquira para resolver los diversos conflictos sociales.

Además, se establece un “Programa de Manejo Ambiental” y un “Programa de Monitoreo Ambiental” para el control ambiental del punto de vertido y el seguimiento de la calidad de los componentes afectados, así como de la aplicación de las medidas de control de los impactos identificados por la operación del botadero de Haquira.



7.2. Recomendaciones

- Aplicar la metodología EVIAVE modificada en todos los puntos de vertido existentes a nivel nacional, con el objetivo de diagnosticar la situación actual de los botaderos y establecer un orden de prioridades, de tal forma que las autoridades competentes actúen según el nivel de afección, determinando el cierre o acondicionamiento de los puntos de vertido según sea el caso.
- Evaluar la viabilidad de incorporar la aplicación de la metodología EVIAVE como una nueva alternativa para la evaluación de impactos ambientales en los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) para rellenos sanitarios. Así mismo, se recomienda modificar las variables consideradas en la metodología EVIAVE para la evaluación y diagnóstico ambiental de rellenos de seguridad y escombreras, los cuales también son considerados infraestructuras de disposición final.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial del Cusco implementar las obras de mejoras técnicas: Planta de Tratamiento de Lixiviados, Mejora del Sistema de Colección de lixiviados y agua de escorrentía, Sistema de Captación de Gases y Mejora de la Cobertura Final, con la finalidad de evitar mayores impactos ambientales y mejorar la operación del botadero de Haquira.
- Se recomienda implementar los programas propuestos en la presente tesis, puesto que se redactó en base al diagnóstico efectuado y a las recomendaciones planteadas por la población encuestada. Esos programas contribuyen a la concientización de la población en temas relacionados con el manejo adecuado de los residuos sólidos, fomentan adecuadas prácticas sanitarias y ambientales, fomentan una adecuada gestión social y ambiental, y mejora la calidad de vida de los pobladores actualmente afectados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abedinzadeh N., Abedinzadeh F., & Abedi T. (2013). *Diagnóstico ambiental mediante la metodología Eviave para la planificación y la toma de decisiones para los vertederos de residuos municipales en Irán. España.*
- Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.* Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Washington D.C., Estados Unidos.
- Andaluz, A. (1990). *Derecho Ambiental Propuestas y Ensayos.* (Proterra, Ed.) Lima, Perú.
- Andrade. (1999). *Uso de Sistema de Información Geográfica en la identificación de áreas potenciales para la instalación de rellenos sanitarios en el distrito Federal.* Universidad de Brasilia, Instituto de Geociencias. Brasilia, Brasil.
- Antunes, P., Santos, R., & Jordao, L. (2001). *La aplicación del sistema de información geográfica para determinar la importancia del impacto ambiental.* Nueva Universidad de Lisboa, Departamento de Ciencias Ambientales e Ingeniería. Facultad de Ciencias y Tecnología, Portugal.
- Aristizabal, C., & SÁCHICA, M. S. (2001). *El aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá.* Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Jurídicas - Departamento de Sociología Jurídica. Colombia.
- Ayala Navarro, C., Calvo Redruejo, F., Garrido Vegara, E., Moreno Escobar, B., Ramos Ridao, Á., Szanto Narea, M., & Zamorano Toro, M. (2007). *El Diagnóstico Ambiental de Vertederos como Herramienta de la Planificación Territorial. España.*
- Banco Interamericano de Desarrollo. (1997). *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales: Procedimientos Básicos.*
- Bardales Wong, C. A. (2014). *Caracterización de residuos sólidos generados en las actividades de cocina y comedor en el Campamento Petrolero de Andoas - Iquitos - 2013.* Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental. Iquitos, Perú.
- Benavente Velásques, R., Baca Vidal, C., & Gómez Noblega, A. (2004). *Estudio del Mapa de Peligros de la ciudad del Cusco. Cusco, Perú.*
- Brack Egg, A. (1988). *Ecología de un país complejo. Gran Geografía del Perú, Naturaleza y Hambre.* Tercera ed., Vol. 1. (J. Mejía Baca, Ed.) Mexico.
- Brown Salazar, D. (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales : Enfoque Centroamérica.* Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), El Salvador.
- Calvo. (2003). *Metodología de diagnóstico y caracterización ambiental de vertederos de residuos urbanos para su control, cierre, sellado y reinserción al medio.* España: Universidad de Granada..
- Calvo Redruejo, F., Moreno Escobar, B., Szanto Narea, M., & Zamorano Toro, M. (2005). *Metodología EVIAVE para el Diagnóstico Ambiental para Vertederos de Residuos Urbanos. España.*
- Calvo, Moreno, Zamorano, & Szanto. (2005). *Metodología de diagnóstico ambiental para rellenos sanitarios municipales. Gestión de residuos. España.*
- Calvo, Zamorano, & Moreno. (2002). *Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos como herramienta en la planificación ambiental.* Universidad de Granada, Área de Tecnologías del Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Civil. Madrid, España.



- Christensen, Cossu, Diaz, Lechener, Lagerkvist, Martinez, Stegman. (2000). *Emisiones en vertederos e impacto ambiental: una introducción*. Club Español de los Residuos, Curso superior sobre gestion y diseño de vertederos. Madrid, España .
- Chung, A., & Inche, J. (2002). *Manejo de residuos sólidos mediante segregación en la fuente en Lima Cercado*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Instituto de Investigación Facultad de Ingeniería Industrial. Lima, Perú.
- Collazo Caraballo, M. P., & Montaña Xavier, J. (Agosto 2012). *Manual de Aguas Subterráneas*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Dirección General de Desarrollo Urbano, Montevideo, Uruguay.
- Colmenares Mayanga, W., & Santos Bonilla, K. (2010). *Generación y Manejo de Gases en Sitios de Disposición Final*.
- Colomer Mendoza, F. J. (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos*. (1ra ed.). España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Conesa. (1997). *Guía Metodologica: Auditorías Medioambientales*. Madrid: Mundi Prensa.
- Congreso de la República. (13 de octubre de 2005). *Ley General del Ambiente [Ley 28611]*.
- Congreso de la Republica del Perú. (20 de Julio del 2000). *Ley General de Residuos Sólidos [Ley N° 27314] [Derogada]*.
- Congreso de la Republica del Peru (22 de diciembre del 2016). *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestion Integral de Residuos Sólidos. [Decreto Legislativo N° 1278]*. DO: El Peruano
- Consejo Nacional del Ambiente. (2004). *Guía Técnica para la Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos*. Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Lima, Perú.
- Consejo Nacional del Ambiente, Dirección General de Salud Ambiental, Organización Panamericana de Salud. (2004). *Guía Técnica para la Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos*. Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), Lima, Perú.
- Consejo Nacional del Ambiente; Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Informe Analítico de Perú. Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales*. Lima - Perú.
- Corena Luna, M. d. (2008). *Sistemas de tratamiento para lixiviados generados en rellenos sanitarios*. Universidad de Sucre, Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Cortinas de Nava, C. (2004). *Manejo Integral de Residuos*. México.
- Dellavedova, M. G. (2010). *Guia metodologica para la elaboracion de una evaluación ambiental*. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Argentina.
- Departamento del Medio Ambiente. (1995). *Diseño de vertedero, contrucción y practica operativa*. Gran Bretaña, Reino Unido.
- Díaz, J. A. (1999). *La basura ¿Un problema comunicacional? El papel de las campañas audiovisuales en el problema de los desechos sólidos*. Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Humanidades y Educación. Caracas, Venezuela.
- Dulanto Tello, A. (2013). *Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Derecho. Lima, Perú.



- Eguizabal Brandan, R. M. (2011). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Ministerio del Ambiente, Lima.
- Elias Castells, X. (2009). *Reciclaje de residuos industriales: Residuos solidos urbanos y fangos de depuradora* (2da Edición ed.). Madrid: Diaz de Santos.
- Espinace, R. (1992). Problemas geotécnicos de los rellenos sanitarios. *Revista de Ingeniería Civil*.
- Fadel, E., Findikakis, & Leckie. (1997). *Impactos ambientales del vertido de residuos sólidos*. Revista de Gestión Ambiental.
- Fantelli. (2001). *Explotación de vertederos*.
- Fernández Colomina, A., & Sánchez Osuna, M. (2007). *Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Secretaría Estatal para Asuntos Económicos (SECO). Laboratorio de Análisis de Residuos (LARE).
- Forero Gonzáles, J. O. (2011). *Análisis e implementación de la metodología EVIAVE*. Evaluación del impacto ambiental de botaderos municipales, España.
- Fortuna Oliveira, D. (2002). *Estabilidad de Taludes de Macizos de Residuos Sólidos Urbanos*. Universidad de Brasilia, Facultad de Tecnología. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Brasil.
- Franciskovic, M. (2011). *Derecho Ambiental*. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.
- Gaggero, E., & Ordoñez, M. (2007). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, Buenos Aires.
- Garrido Vegara, M. E. (2008). *Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptados para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía*. Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Civil - Área de Tecnologías del Medio Ambiente. España.
- Gfeller Quitian, M., & Gandolla, M. (2005). Criterios de planificación de un vertederos de residuos moderno. *Residuos Revista Técnica*.
- Giraldo, C. A. (2003). *Manejo de basuras y política ambiental*. Universidad del Externado, Bogota, Colombia.
- Gobierno Regional del Cusco. (2009). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de la provincia de Calca*. Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial, Cusco, Perú.
- Gutierrez Ledezma, V. O. (2012). *Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Bolivia.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). (J. M. Chacón, Ed.) Mexico D.F.: Interamericana Editores S.A.
- Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - Region Cusco (2008). *Proyecto de Gestión Ambiental e Infraestructura en la Sub Cuenca Huatanay*. Cusco, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (1985). *Compendio Estadístico: Cusco*. Lima, Perú.



- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2008). *Perfil Sociodemográfico del Perú* (2da ed.). Lima, Perú: Dirección Técnica de Demografía y Estudios Sociales y Centro de Investigación y Desarrollo.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el Diseño, Contrucción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales: Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Kironde, L., & Yhdego, M. (1997). *El gobierno de la gestión de residuos urbanos en Tanzania: hacia un enfoque basado en la comunidad*. Escuela Universitaria de Tierras y Estudios de Arquitectura.
- Kiss Kofalusi, G., & Encarnación Aguilar, G. (2006). *Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final*. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Dirección de Investigación en Residuos y Sitios Contaminados, Mexico.
- Kreith. (1995). *Handbook of Solid Waste Management*. New York: Mc Graw Hill.
- Marocco, R. (Junio de 1975). *Boletín N° 27. Geología de los cuadrangulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas*. Ministerio de Energía y Minas, Instituto de Geología y Minería, Lima, Perú.
- Martín, & Fernández. (2000). *Gestión del biogas en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos*. Consejería del Medio Ambiente. Servicio de publicaciones del Principado de Asturias.
- Méndez Novelo, R., Cachón Sandoval, E., Sauri Riancho, M. R., & Castillo Borges, E. R. (2002). *Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario*. Mérida, Mexico.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (21 de Diciembre de 2017). *Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278*. [Decreto Supremo 014-2017-MINAM]. DO: El Peruano.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2008). *Informe de la Situación Actual de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales*. Lima, Perú.
- Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. (1995). *Plan Maestro de Basuras para Bogotá*. Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos.
- Ministerio de Salud del Perú. (2013). *Manual de Bioseguridad del Hospital Nacional Hipólito Unanue*. Lima.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2015). *Información reportada por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos*.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal - Memoria Descriptiva*. Primera ed. Ministerio del Ambiente - Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. (2002). *Guía Ambiental para el Saneamiento y Cierre de Botadero a Cielo Abierto*. Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana - FIGAU. Colombia.
- Montes, C. (2009). *Régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos*. Universidad Externado de Colombia, Colombia.



- Municipalidad Provincial del Cusco. (2004). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia del Cusco. Cusco, Perú.
- Municipalidad Provincial del Cusco. (2013). *Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia del Cusco 2013 - 2023*. Sub Gerencia de Ordenamiento Territorial. Cusco, Perú.
- Nastev, Therrien, Lefebvre, & Gélinas. (2001). *Gas production and migration in landfill and geological materials*. Journal of Contaminat Hidrology.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. (1976). *Mapa Ecológico del Perú - Guia Explicativa*. Lima, Perú.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos*. Lima, Perú.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestion Municipal Provincial: Informe 2013 - 2014 Indice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional*. Lima, Perú.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestion Municipal Provincial: Informe 2014 - 2015 Indice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Gestión de residuos sólidos en situación de desastres*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Washington.
- Osorio. (1998). *Optimizacion de los lechos inundados con residuos reciclados*. Universidad de Granada. Granada, España.
- Oweis, & Khera. (1998). *Geotecnología de gestion de residuos*. Boston.
- Paolini Mendez, A. Y. (2007). *Validación de la Metodología EVIAVE en Vertederos en Venezuela: Análisis y Propuestas de Soluciones*. Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Civil. Área de Tecnología de Medio Ambiente. Granada, España.
- Pineda, S. (1998). *Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos*. . Panamericana formas e impresos.
- Rezaee, & Szendi. (2000). *An Examination of the relevance of ISO 14000 Environmental Standards*. Advances in Environmental Accounting & Management, A survey of US Coportation.
- Robën, E. (2002). *Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales*. Ilustre Municipalidad de Loja, Departamento de Higiene, Loja, Ecuador.
- Rodríguez Salinas, M. A., & Córdova Vásquez, A. (2006). *Manual de Compostaje Municipal: Tratamiento de residuos solidos urbanos* (1ra Edición ed.). Mexico.
- Sanchez. (2002). *Auditorías Ambientales. II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO para America Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.
- Sánchez Huaranca, E. A. (2015). *La Gestión Integral de los Residuos Sólidos en los Gobiernos Locales y su Regulacion Jurídica*. Universidad de San Martin de Porres, Facultad de Derecho, Lima, Perú.
- Sánchez Olgúin, G. (2007). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas.



Sandoval Alvarado, L. (2013). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Lima, Perú.

Sandoval Alvarado, L. (2013). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Ministerio del Ambiente, Red de institución especializadas en capacitación para la gestión integral de los residuos sólidos.

Seegerer, C., & Villodas, R. (2006). *Hidrología I*. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería Civil.

Senior. (1990). *Microbiology of landfill site*. Florida, Estados Unidos.

Sun, Y., Yun, D., Li, R., Yang, T., & Liu, S. (2015). *Evaluación del rendimiento de los sistemas de recolección de gas en vertederos chinos seleccionados de acuerdo con el modelo LandGEM: inconvenientes y dirección potencial*. Tecnología Ambiental.

Tchobanoglous, Theisen, & Vigil. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos* (Vol. 1). Madrid, España: Mc Graw-Hill.

UPMG. (1995). *Manual de saneamiento y protección ambiental para los municipios*. Fundación Estatal de Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Vesco, L. P. (2006). *Residuos Sólidos Urbanos: Su Gestión Integral en Argentina*. Universidad Abierta Interamericana.

Victoria Jumilla, F., & Rubio López, J. A. (1980). Aportaciones a la evaluación del impacto ambiental de los vertederos de Residuos Sólidos Urbanos. Murcia: Anales de la Universidad de Murcia (Ciencias). España.

Yelda. (2005). *Diseño de Vertederos Modificado para la Gestión Sostenible de los Residuos*. Revista Internacional de Cuestiones Globales de Energía.

Zamora, Garrido, & Ramos. (2007). *Diagnóstico ambiental para vertederos de residuos urbanos: Teoría y Aplicación*. Universidad de Granada. Granada, España.

Zamorano Toro, M., Ramos Ridao, A., Moreno Escobar, B., Calvo Redruejo, F., Szanto Narea, M., Ayala Navarro, C., & Garrido Vegara, E. (2006). *El Diagnóstico Ambiental de Vertederos como herramienta en la Planificación Ambiental*. Granada, España.



ANEXOS



ANEXO N° 1

SOLICITUD PARA LA AUTORIZACIÓN DE VISITAS TÉCNICAS AL BOTADERO DE HAQUIRA



Cusco, 05 de Diciembre de 2016

**Solicitud: AUTORIZACIÓN DE VISITA
TÉCNICA PARA PROYECTO DE TESIS**

**Título: “EVALUACIÓN AMBIENTAL
DEL BOTADERO HAQUIRA, DISTRITO
DE SANTIAGO- CUSCO, MEDIANTE LA
METODOLOGÍA EVIAVE”**

Sr:

Carlos Moscoso Perea

Alcalde de la Municipalidad Provincial del Cusco

Yo **Jonathan Valderrama Rocca** con DNI N° **47632058**, Bachiller de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Federico Villarreal – UNFV, ubicada en Av. Oscar R. Benavides N° 450 – Lima, presento ante usted una solicitud de **AUTORIZACIÓN DE VISITA TÉCNICA EN EL BOTADERO DE HAQUIRA**, con el fin de recolectar información veraz y actualizada de la situación actual de dicho botadero.

Esta investigación tendrá por objetivo específicos lo siguiente:

- Aplicar la metodología EVIAVE en el botadero de Haquira, con la finalidad de determinar las causas principales de los impactos generados por la operación del botadero.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual el Botadero de Jaquira en relación a su organización, diseño e infraestructura, y actividades de operación.
- Plantear alternativas de solución para la mejora técnica sanitaria y ambiental del Botadero de Haquira y para la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la provincia del Cusco, con la finalidad de mitigar los impactos al medio ambiente y mejorar la calidad de vida de la población cercanas al área de estudio.

Agradeciendo la atención que se sirvan a brindar a la presente, quedo de usted.

Atentamente,

Jonathan Valderrama Rocca
Bach. Ingeniería Ambiental
DNI: 47632058



ANEXO N° 2

FORMATO DE ENCUESTAS DIRIGIDAS A LA POBLACIÓN Y AL PERSONAL ENCARGADO DEL TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS



Anexo N° 2.1. Encuesta dirigida a la población del área de influencia del botadero de Haquira

I. UBICACIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA

| | | | |
|--------|------------------------|----------------------------------|-------|
| N° | Nombre del encuestado: | Sexo: Femenino () Masculino () | Edad: |
| Fecha: | Dirección: | Localidad: | |

II. IDENTIFICACIÓN DEL JEFE DE HOGAR

| | | | | | |
|---|------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| 2.1 Nombre del jefe o de la jefa del hogar o familia: | | N° DNI: | Lugar de nacimiento: | | |
| 2.2 Nombres de la (del) Cónyuge: | | N° DNI: | Lugar de nacimiento: | | |
| 2.3 ¿Cuántos años vive en la zona? | a) De 1 a 5 años | b) De 6 a 10 años | c) De 11 a 15 años | d) De 16 a 20 años | e) Más de 20 años |
| 2.4 ¿Dónde vivía antes?: | | | | | |
| 2.5 ¿Cuál es su idioma nativo? | a) Quechua | b) Castellano | c) Otros | | |

III. CONDICIÓN JURÍDICA DEL PREDIO

| | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|------------------------|----------|--|
| 3.1 ¿Es usted? | a) Propietario del predio | | b) Poseedor del predio | | |
| 3.2 Tenencia de la vivienda | a) Comprada | b) Heredada | c) Alquilada | d) Otro: | |

IV. CONDICIÓN DEL GRUPO FAMILIAR

| Parentesco | Edad | Reside en: | Sexo | | Grado de instrucción | | | | | | | | | | Ocupación | | Observación | | |
|------------|------|------------|------|---|----------------------|---|---|---|---|------------|---|---|---|---|-----------|---------|-------------|---------|--|
| | | | H | M | Primaria | | | | | Secundaria | | | | | Estudia | Trabaja | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ¿Qué? | | ¿Dónde? | |
| 1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

V. SERVICIOS BÁSICOS

| | | |
|--|---|--------------|
| 5.1 Servicio alumbrado público | 5.1.1 Si () ¿Quién abastece? | 5.1.2 NO () |
| 5.2 Servicio energía eléctrica | 5.2.1 Si () ¿Quién abastece? | 5.2.2 NO () |
| 5.3 Servicio de agua de consumo humano | 5.3.1 Si () ¿Quién abastece? | 5.3.2 NO () |
| 5.4 Servicio de desagüe - alcantarillado | 5.4.1 Si () A) Fuera de la vivienda B) Dentro de la vivienda C) Letrina D) Otro: | 5.4.2 NO () |
| 5.5 Servicio de limpieza pública | 5.5.1 Si () ¿Quién brinda? | 5.5.2 NO () |
| 5.6 Servicio de Internet | 5.6.1 Si () ¿Quién brinda? | 5.6.2 NO () |
| 5.7 Servicio de telefonía | 5.7.1 Si () ¿Quién brinda? | 5.7.2 NO () |



VI. NIVEL DE REPRESENTATIVIDAD

| | | | | | | | |
|-----|--------------------------|------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------------------|
| 6.1 | Municipalidad | A) Muy buena () | B) Buena () | C) Regular () | D) Mala () | E) Muy mala () | F) No sabe/ No opina () |
| 6.2 | Dependencia Policial | A) Muy buena () | B) Buena () | C) Regular () | D) Mala () | E) Muy mala () | F) No sabe/ No opina () |
| 6.3 | Puesto de Salud | A) Muy buena () | B) Buena () | C) Regular () | D) Mala () | E) Muy mala () | F) No sabe/ No opina () |
| 6.4 | Instituciones educativas | A) Muy buena () | B) Buena () | C) Regular () | D) Mala () | E) Muy mala () | F) No sabe/ No opina () |
| 6.5 | Junta Vecinal | A) Muy buena () | B) Buena () | C) Regular () | D) Mala () | E) Muy mala () | F) No sabe/ No opina () |

VII. RELATIVO AL PROYECTO

Preguntas generales

¿Considera usted que en su localidad existen problemas ambientales? ¿Qué tipo de problemas ambientales? _____

¿Cómo considera usted la gestión y manejo de los residuos sólidos en el distrito de Santiago? Buena () Regular () Mala () Porque _____

¿Para usted es importante darle un adecuado manejo a los residuos sólidos generados? Si () No () Porque _____

¿Cuáles son los impactos que se generan por un inadecuado manejo de los residuos sólidos? _____

¿Quién realiza el servicio de recolección de los residuos? _____

¿Con que frecuencia se realiza el recojo de los residuos sólidos en su localidad? _____

¿Cree usted que los contenedores dispuestos por la municipalidad distrital de Santiago son suficientes? Si () No () Porque _____

¿Conoce algunos puntos de vertidos donde la población acumula los residuos generados? ¿Dónde se ubican? Si () No () _____

¿Ha observado frecuentemente en el punto de vertido la presencia de moscas, ratas u otro tipo de animales infecciosos? Si () No () _____

Preguntas específicas

¿Conoce el Botadero de Jaquira y las actividades que se desarrollan en relación a este? Si () No () _____

¿Cuál es la situación actual del botadero Haquira? _____

¿En qué año entró en funcionamiento el botadero? _____

¿Antes de la construcción del botadero de Haquira, este proyecto fue sometido a una evaluación de impacto ambiental? Si () No () Noae ()

¿Está de acuerdo con la ubicación del botadero de Jaquira? Totalmente de acuerdo () De acuerdo () Indeciso () En desacuerdo () Totalmente en desacuerdo ()
Porque _____

Grado de conocimiento del tema de investigación

¿Alguna vez ha recibido charlas de capacitación referente al manejo de los residuos sólidos, por parte de alguna institución o empresa? Si () No ()

En caso su respuesta fue si, indicar el nombre de la institución o empresa _____

¿Ha participado en alguna campaña referente al reciclaje? Si () No () _____

¿Estaría de acuerdo en participar en Programa de Segregación Adecuada de Residuos Sólidos Domiciliarios?

Totalmente de acuerdo () De acuerdo () Indeciso () En desacuerdo () Totalmente en desacuerdo ()

¿Cree usted que falta implementar estrategias o políticas para solucionar el problema de manejo de residuos sólidos en el distrito de Santiago? Si () No () Porque _____

¿Qué recomendaría a sus autoridades para mejorar la gestión y el manejo de los residuos sólidos?

1. _____

2. _____

3. _____



Anexo N° 2.2. Formato de encuesta dirigida al personal encargado de la recolección y transporte de residuos sólidos

I. DATOS GENERALES

| | | | | |
|--------|--|------------------------|----------------------------------|-------|
| N° | | Nombre del encuestado: | Sexo: Femenino () Masculino () | Edad: |
| Fecha: | | Cargo: | Tiempo en el puesto: | |

II. RELATIVO AL PROYECTO

Preguntas generales

- ¿Considera usted que en su localidad existen problemas ambientales? ¿Qué tipo de problemas ambientales? _____
- ¿Cómo considera usted la gestión y manejo de los residuos sólidos en el distrito de Santiago? Buena () Regular () Mala () Porque _____
- ¿Para usted es importante darles un adecuado manejo a los residuos sólidos generados? Si () No () Porque _____
- ¿Para qué empresa o entidad pública trabaja usted? _____
- ¿Con qué frecuencia se realiza el recojo de los residuos sólidos? _____
- ¿Cree usted que los contenedores dispuestos por la municipalidad distrital de Santiago son suficientes y le son útiles para cumplir con su trabajo? Si () No () Porque _____
- ¿Conoce algunos puntos de vertidos donde la población acumula los residuos generados? ¿Dónde se ubican? Si () No () _____
- ¿Ha observado frecuentemente en el punto de vertido la presencia de moscas, ratas u otro tipo de animales infecciosos? Si () No () _____
- ¿Con qué elementos de protección cuenta para realizar sus actividades? _____
- ¿Clasifican los residuos sólidos al momento de realizar la recolección? Si () No () Porque _____

Preguntas específicas

- ¿Conoce el Botadero de Jaquira y las actividades que se desarrollan en relación a este? Si () No () _____
- ¿Cuál es la situación actual del botadero Jaquira? _____
- ¿En qué año entró en funcionamiento el botadero? _____
- ¿Antes de la construcción del botadero de Jaquira, este proyecto fue sometido a una evaluación de impacto ambiental? Si () No () Nose () _____
- ¿Está de acuerdo con la ubicación del botadero de Jaquira? Totalmente de acuerdo () De acuerdo () Indeciso () En desacuerdo () Totalmente en desacuerdo ()
Porque _____
- ¿Cuáles son los impactos que se generan por un inadecuado manejo de los residuos sólidos? _____

Grado de conocimiento del tema de investigación

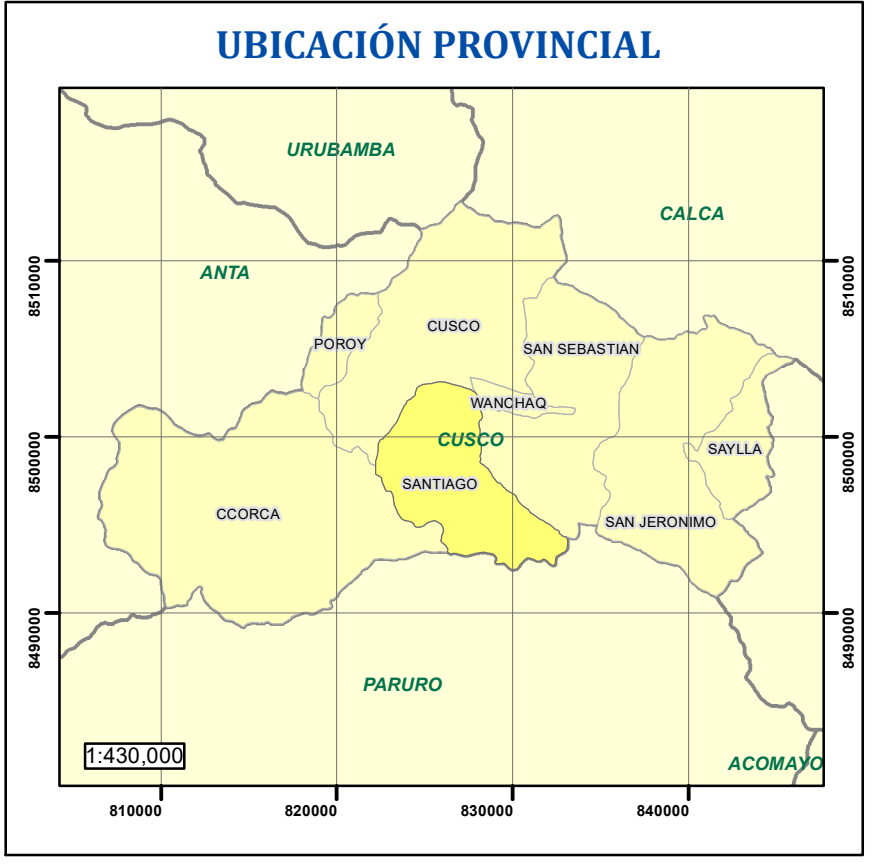
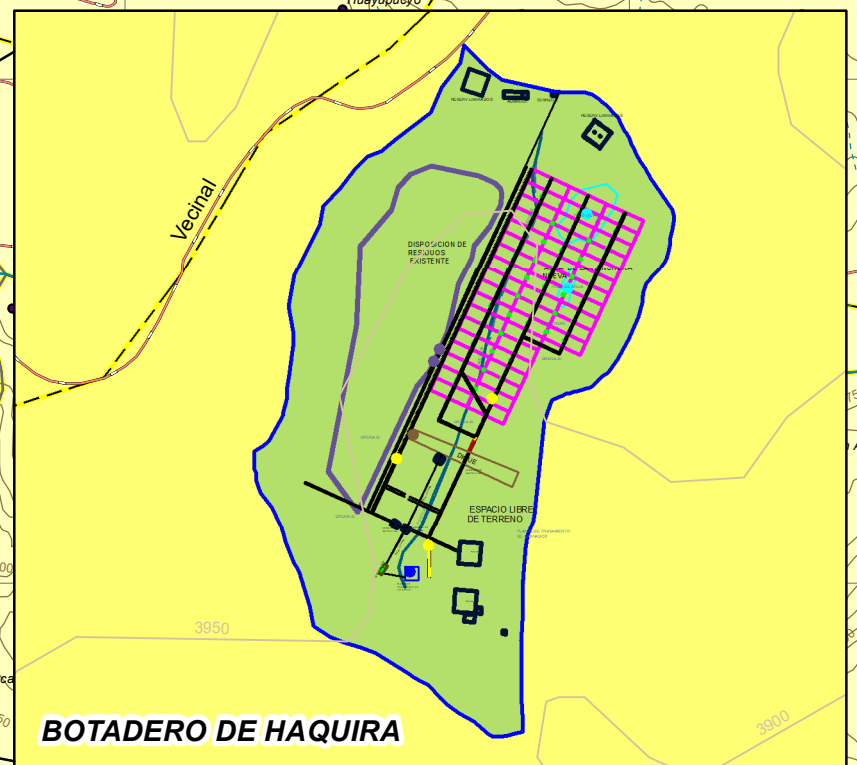
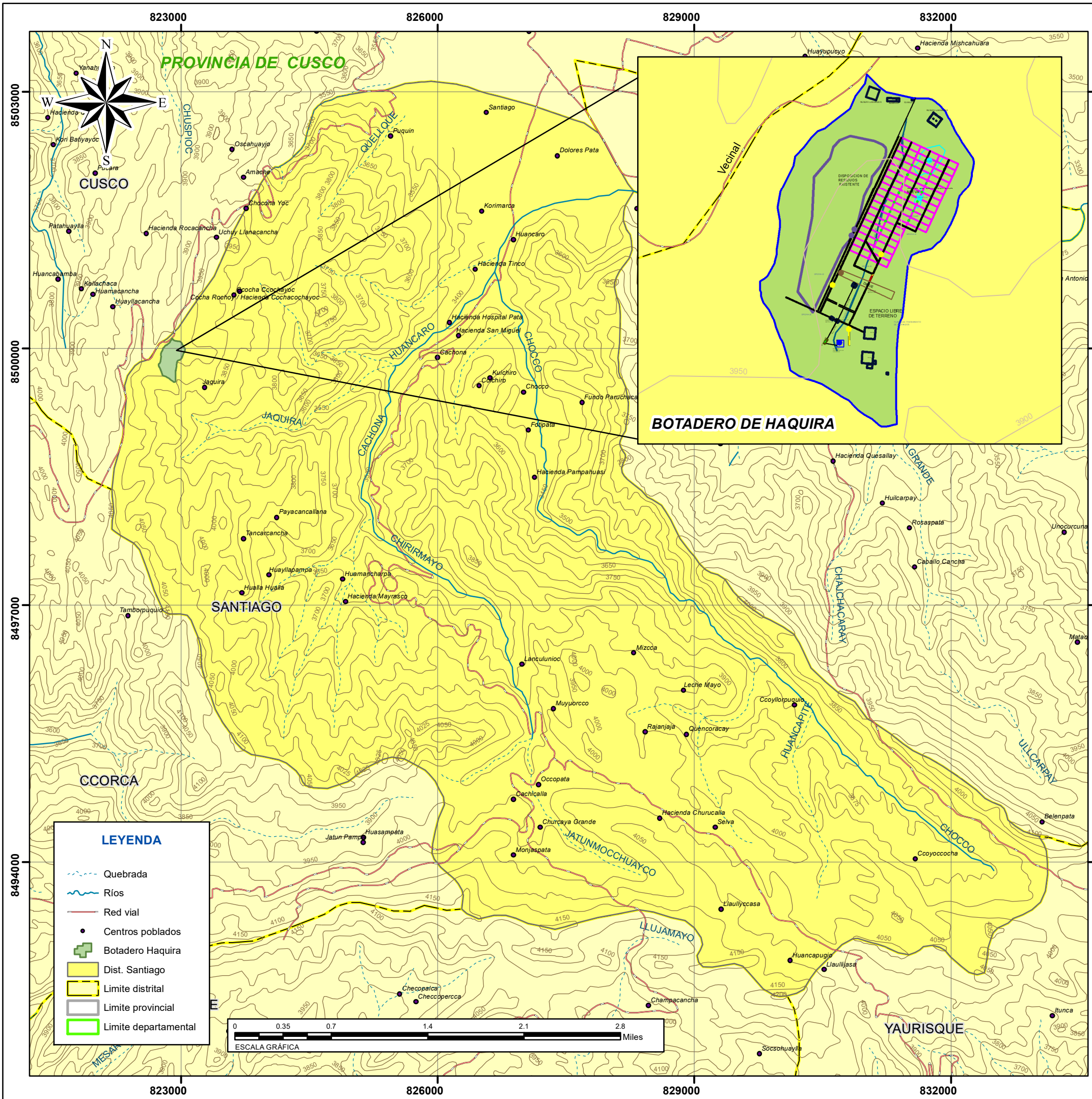
- ¿Alguna vez ha recibido charlas de capacitación referente al manejo de los residuos sólidos, por parte de alguna institución o empresa? Si () No () _____
- En caso su respuesta fue si, indicar el nombre de la institución o empresa _____
- ¿Estaría de acuerdo en participar en Programa de Segregación Adecuada de Residuos Sólidos Domiciliarios? Totalmente de acuerdo () De acuerdo () Indeciso () En desacuerdo () Totalmente en desacuerdo ()
- ¿Cree usted que falta implementar estrategias o políticas para solucionar el problema de manejo de residuos sólidos en el distrito de Santiago? Si () No () Porque _____
- ¿Qué recomendaría a sus autoridades para mejorar la gestión y el manejo de los residuos sólidos?
1. _____
 2. _____
 3. _____



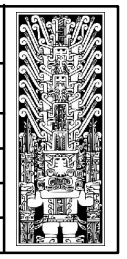
ANEXO N° 3

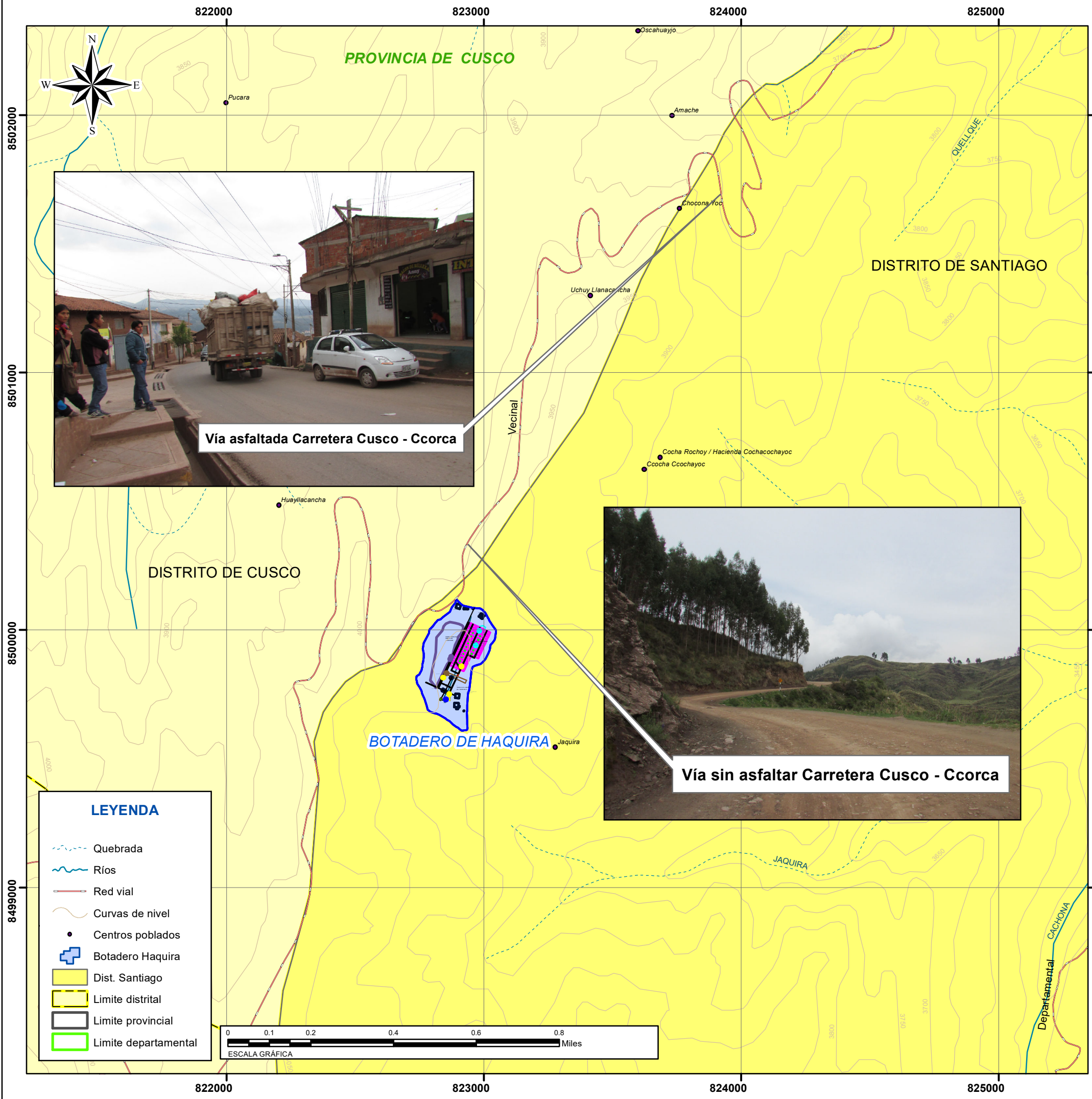
MAPAS TEMÁTICOS DEL

ÁREA DE ESTUDIO



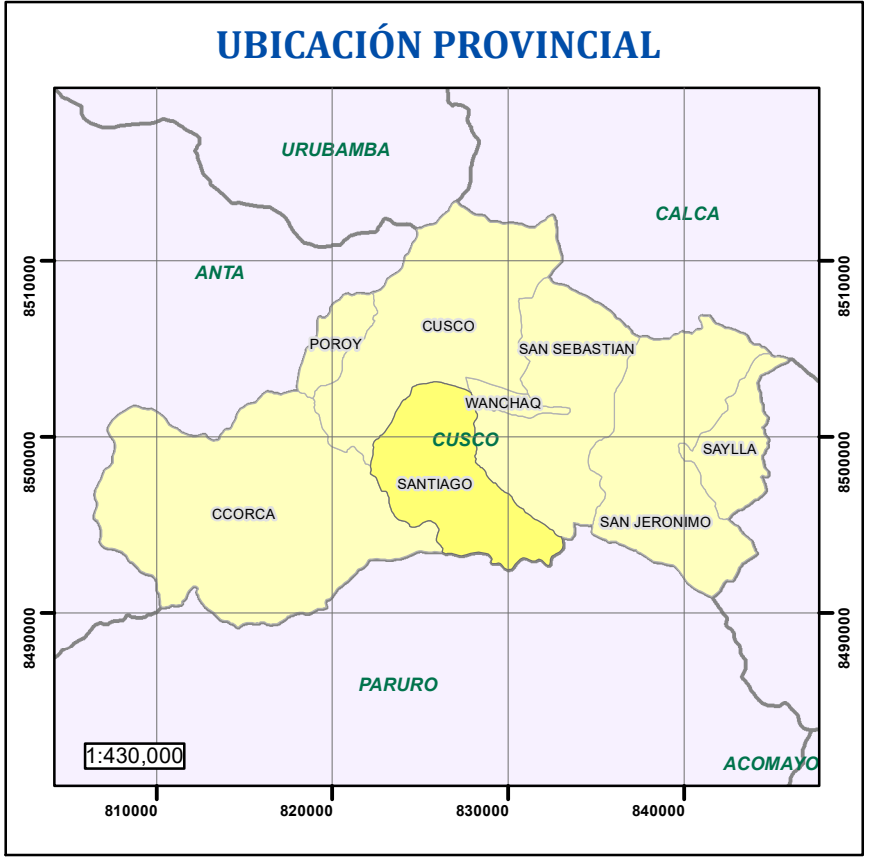
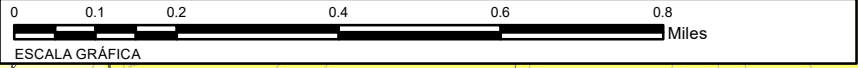
| | | |
|---|---------------------|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO | | |
| TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE" | | |
| CONTENIDO: "MAPA DE UBICACIÓN DEL BOTADERO DE HAQIRA" | | |
| SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur | MAPA: N° 001 | ESCALA: 1: 45 000 |
| FUENTE: Carta Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - Google Earth 2017 | | FECHA: Enero 2018 |
| ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca | | ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega |





LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haquira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

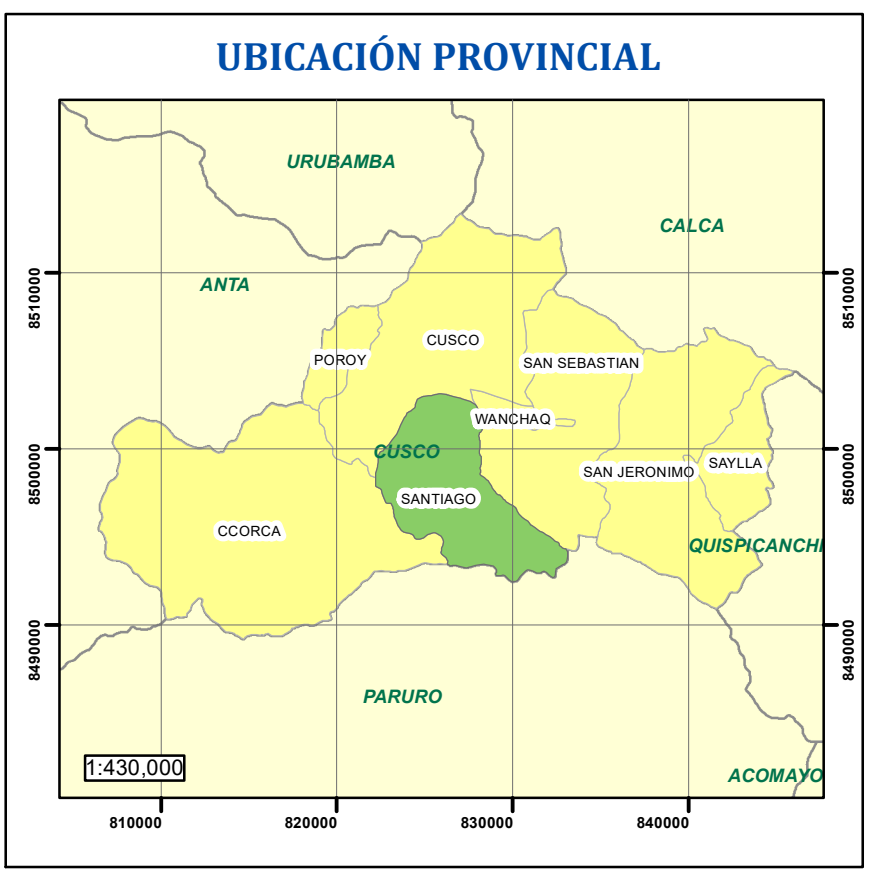
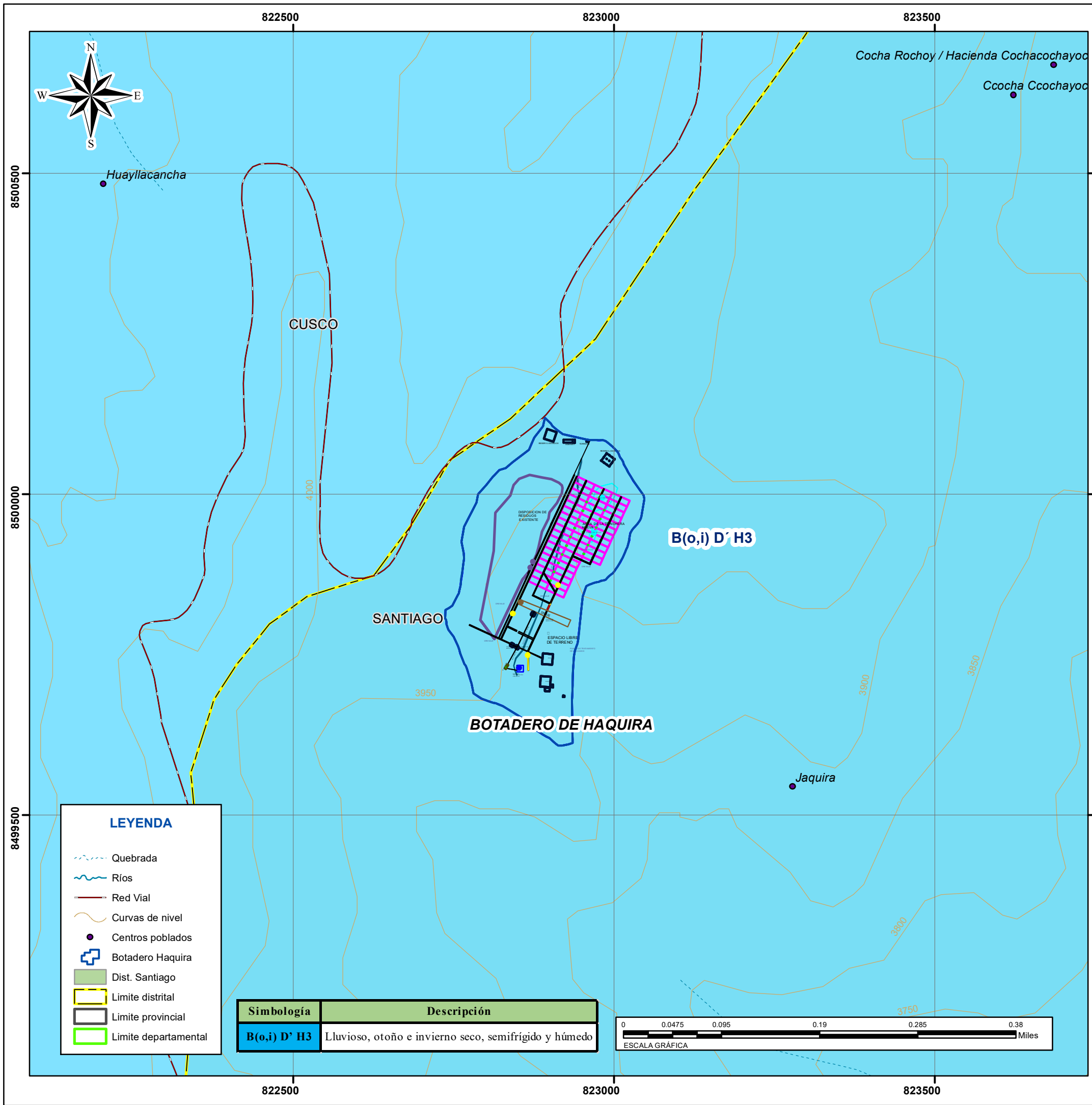
CONTENIDO: "MAPA DE ACCESO AL BOTADERO DE JAQUIRA"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur | **MAPA:** N° 002 | **ESCALA:** 1: 18 000

FUENTE: Carta Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - Google Earth 2017 | **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca | **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

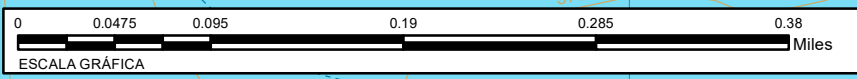




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red Vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Simbología | Descripción |
|---------------------|---|
| B(o,i) D' H3 | Lluvioso, otoño e invierno seco, semifrígido y húmedo |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

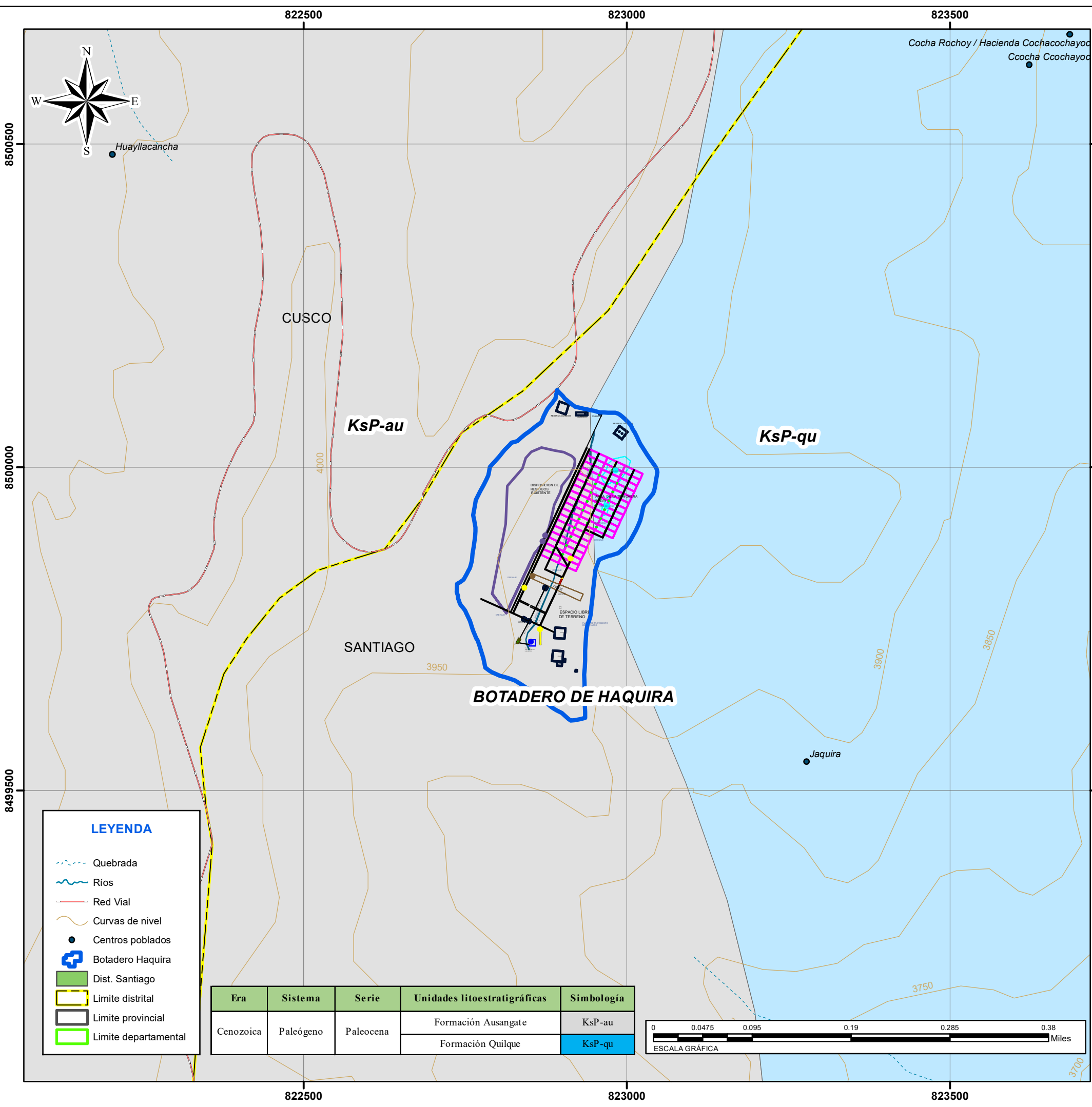
CONTENIDO: "MAPA CLIMATOLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur MAPA: N° 003 ESCALA: 1: 6 000

FUENTE: Carta Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - SENAMHI 2012 FECHA: Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

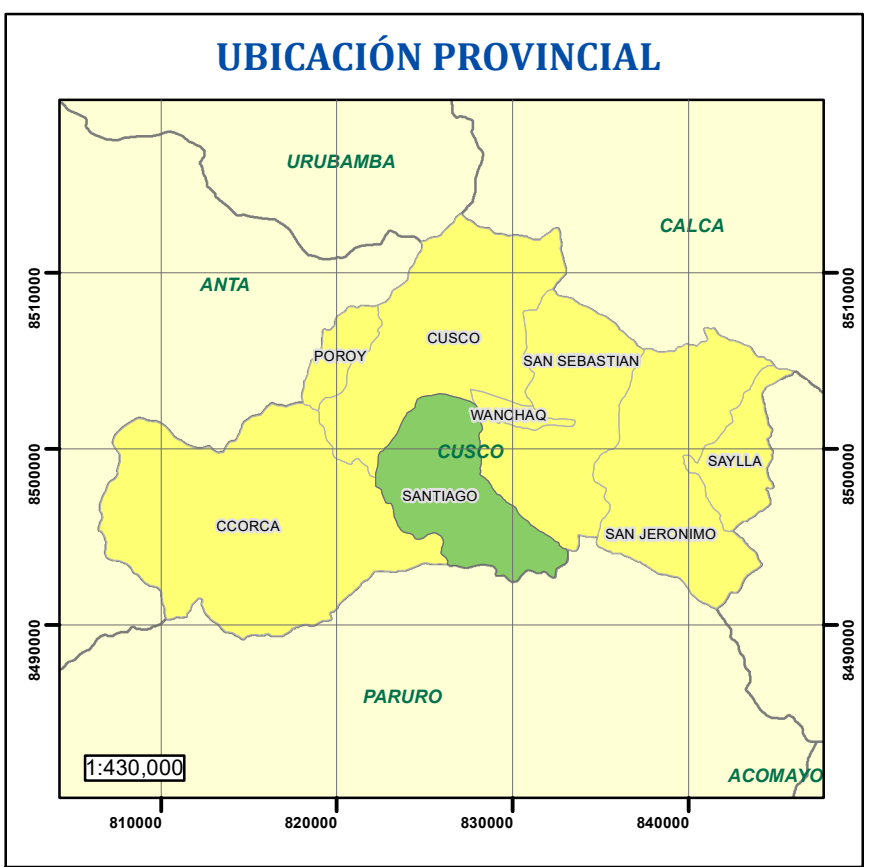
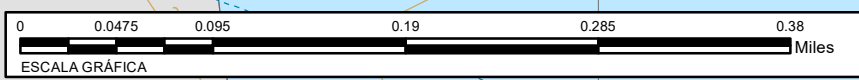




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red Vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Era | Sistema | Serie | Unidades litoestratigráficas | Simbología |
|-----------|-----------|-----------|------------------------------|------------|
| Cenozoica | Paleógeno | Paleocena | Formación Ausangate | KsP-au |
| | | | Formación Quilque | KsP-qu |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

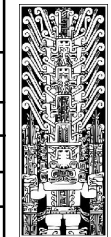
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

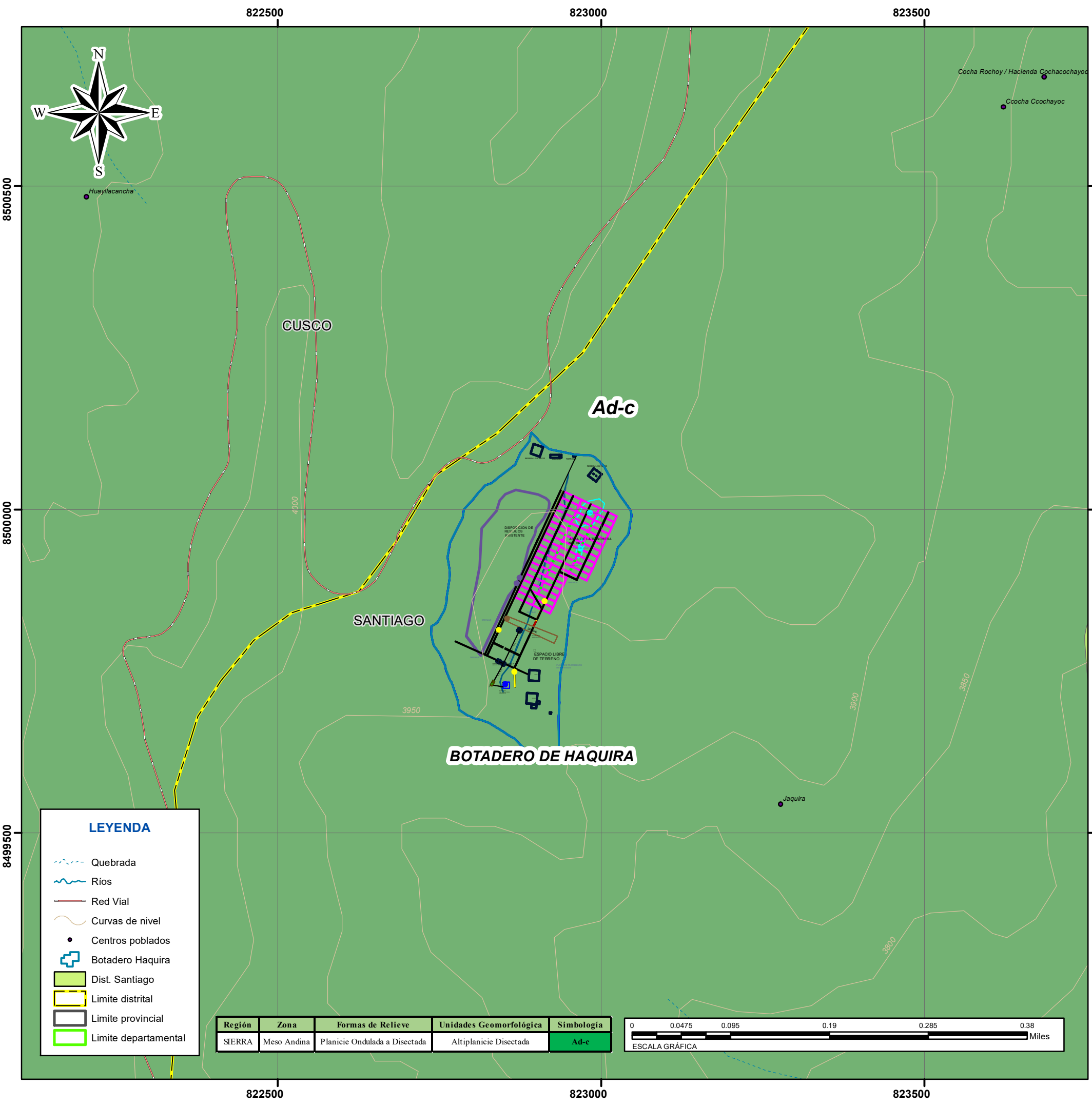
CONTENIDO: "MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **MAPA:** N° 004 **ESCALA:** 1: 6 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - INGEMMET 2002 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

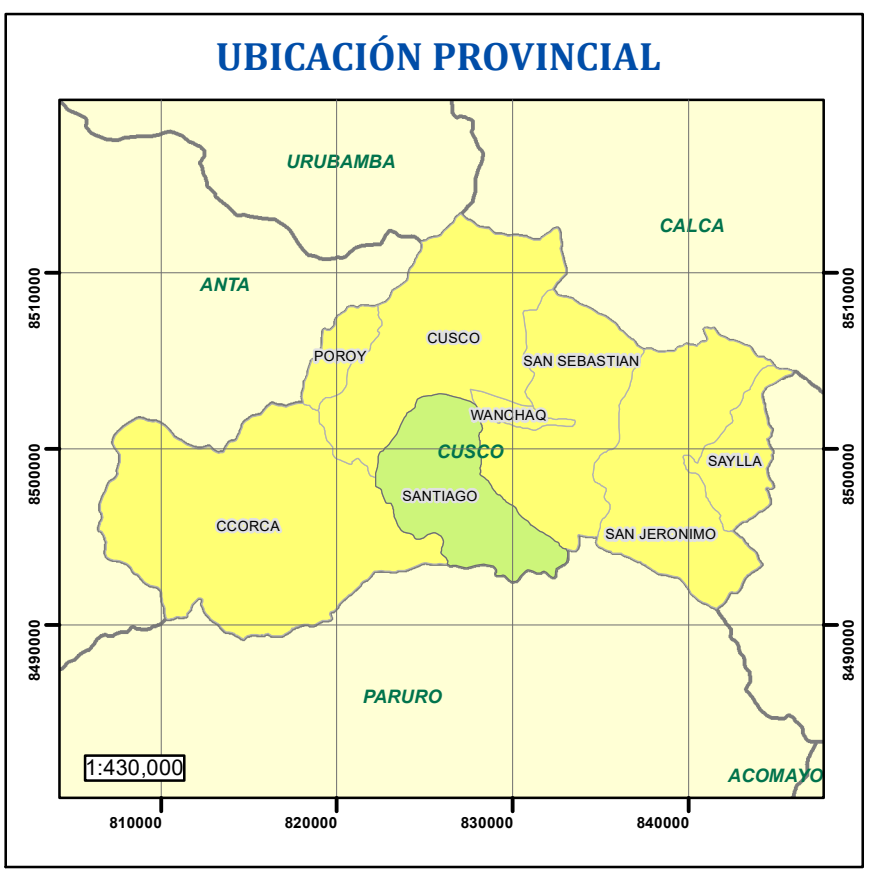




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red Vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Región | Zona | Formas de Relieve | Unidades Geomorfológica | Simbología |
|--------|-------------|-------------------------------|-------------------------|------------|
| SIERRA | Meso Andina | Planicie Ondulada a Disectada | Altiplanicie Disectada | Ad-c |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

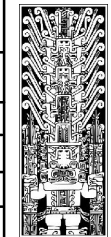
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

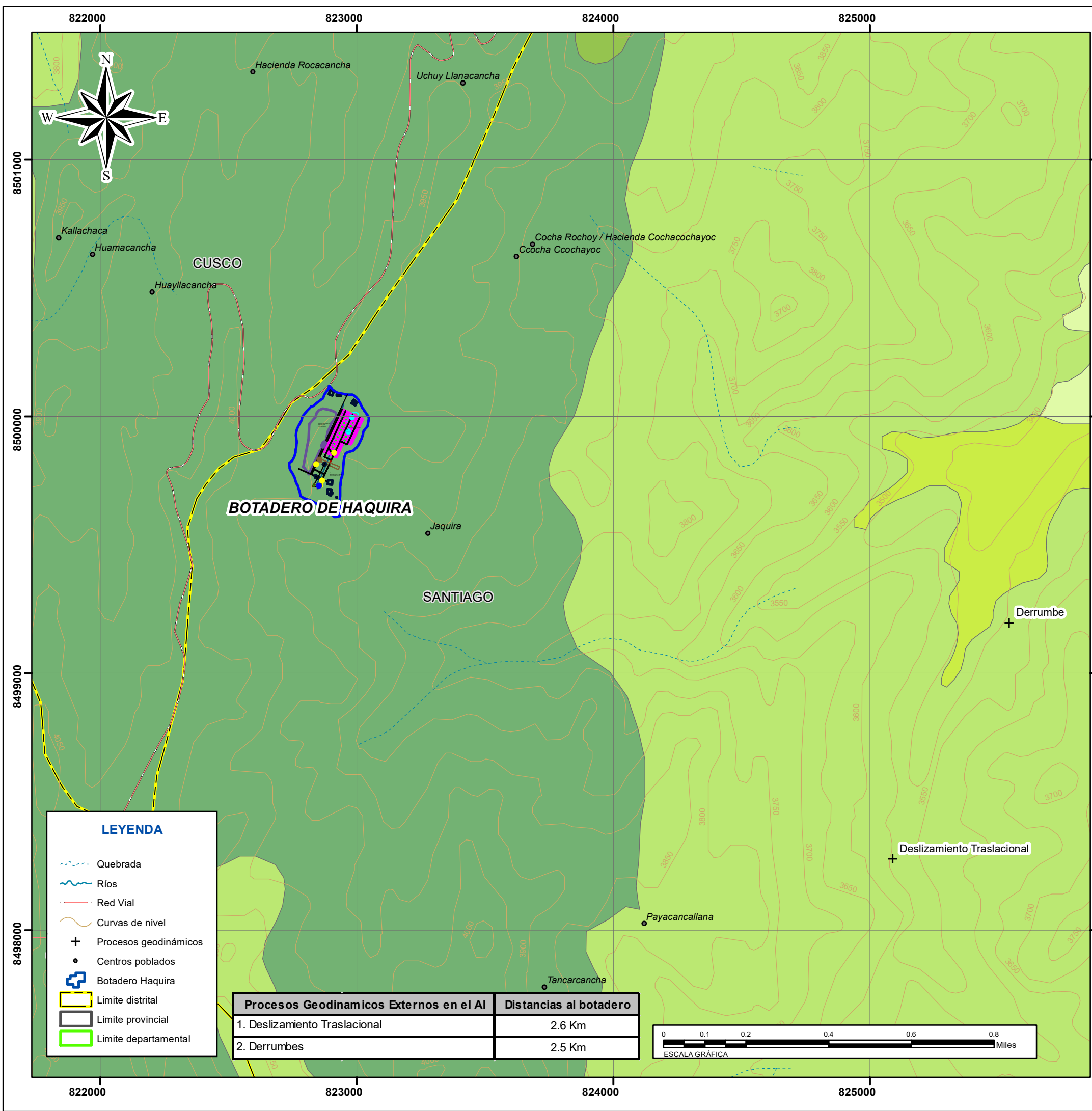
CONTENIDO: "MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **MAPA:** N° 005 **ESCALA:** 1: 6 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - MINAM 2010 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

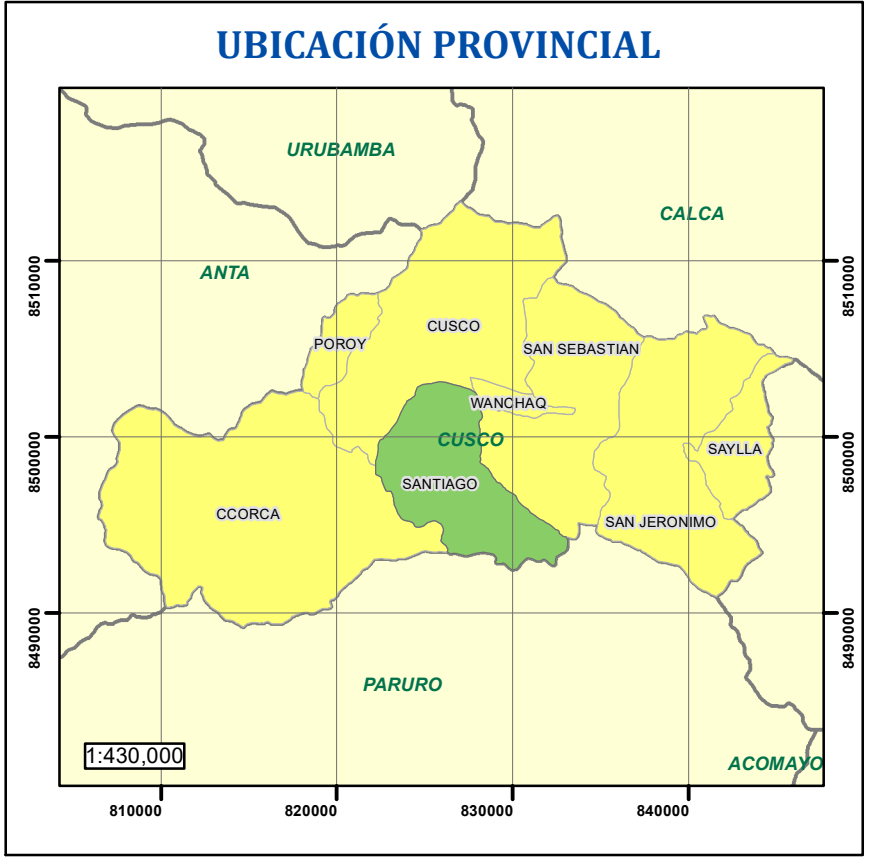
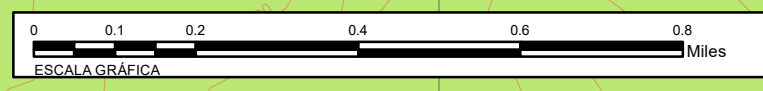




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red Vial
- Curvas de nivel
- Procesos geodinámicos
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Procesos Geodinámicos Externos en el AI | Distancias al botadero |
|---|------------------------|
| 1. Deslizamiento Traslacional | 2.6 Km |
| 2. Derrumbes | 2.5 Km |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

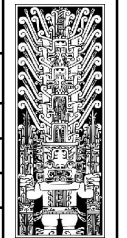
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

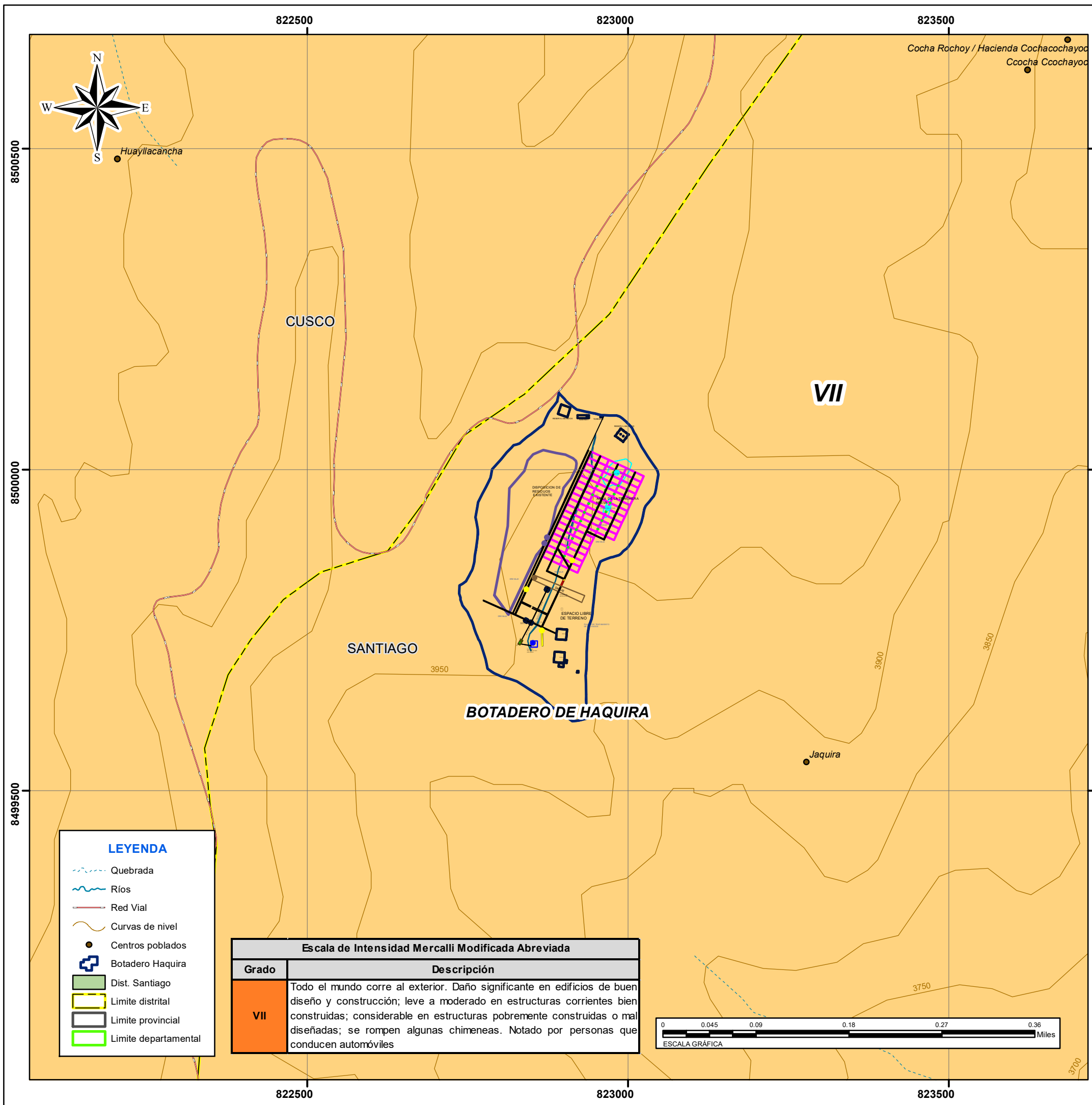
CONTENIDO: "MAPA DE PROCESOS GEODINÁMICOS EXTERNOS"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **PLANO:** N° 006 **ESCALA:** 1: 15 000

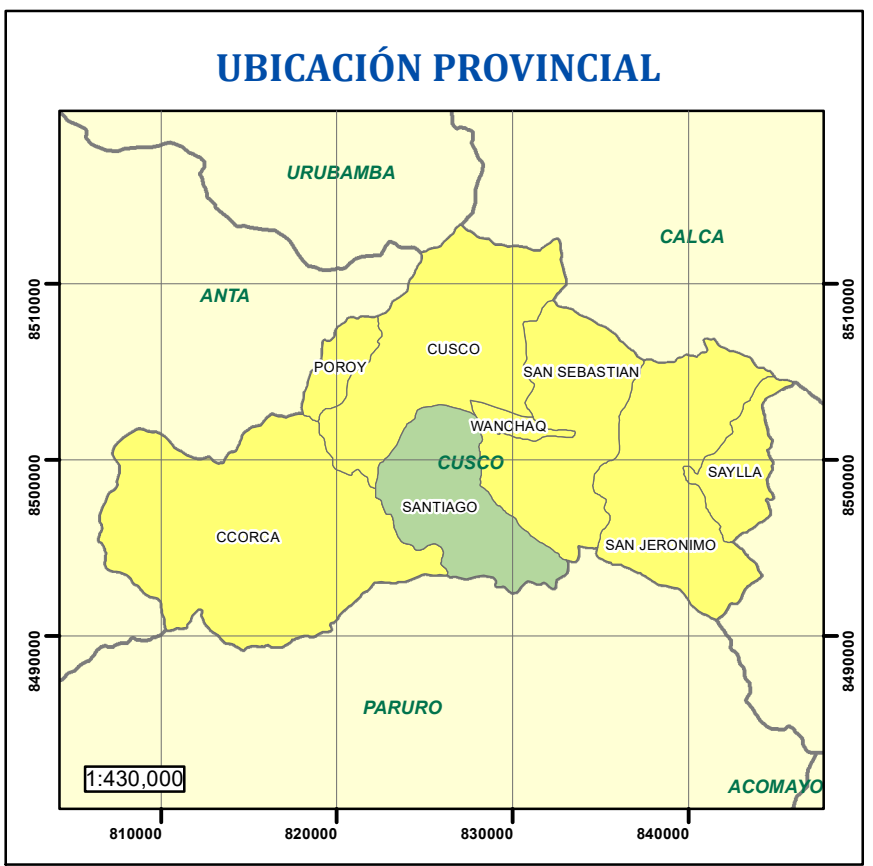
FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - INGEMMET 2012 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega





| Escala de Intensidad Mercalli Modificada Abreviada | |
|--|---|
| Grado | Descripción |
| VII | Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

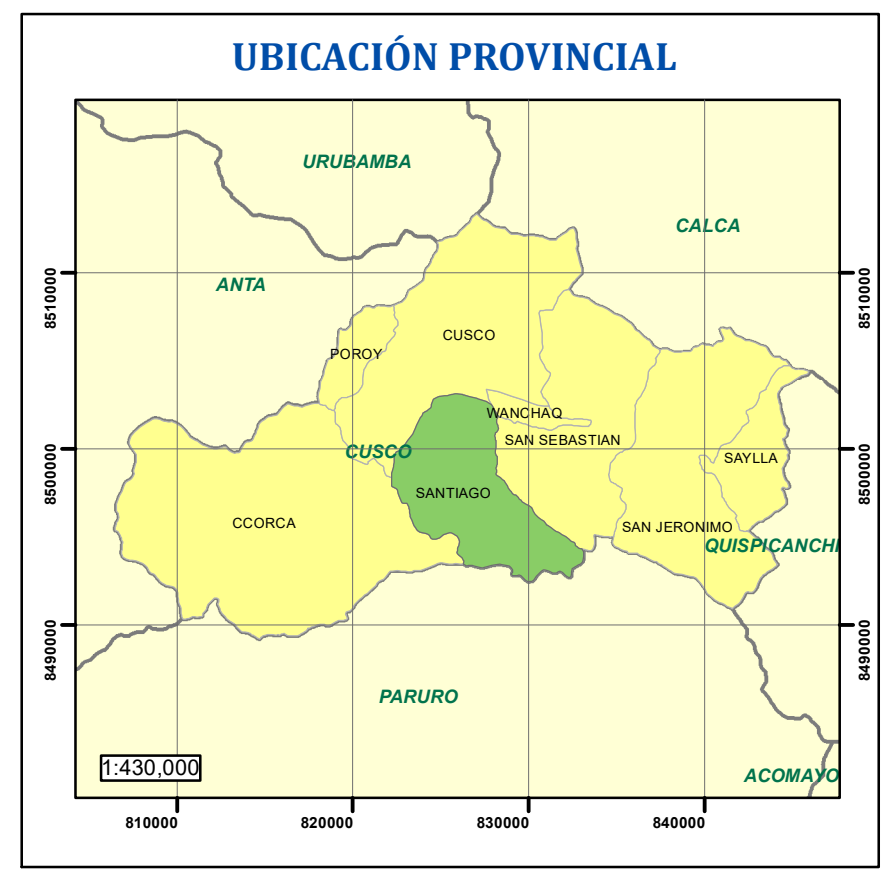
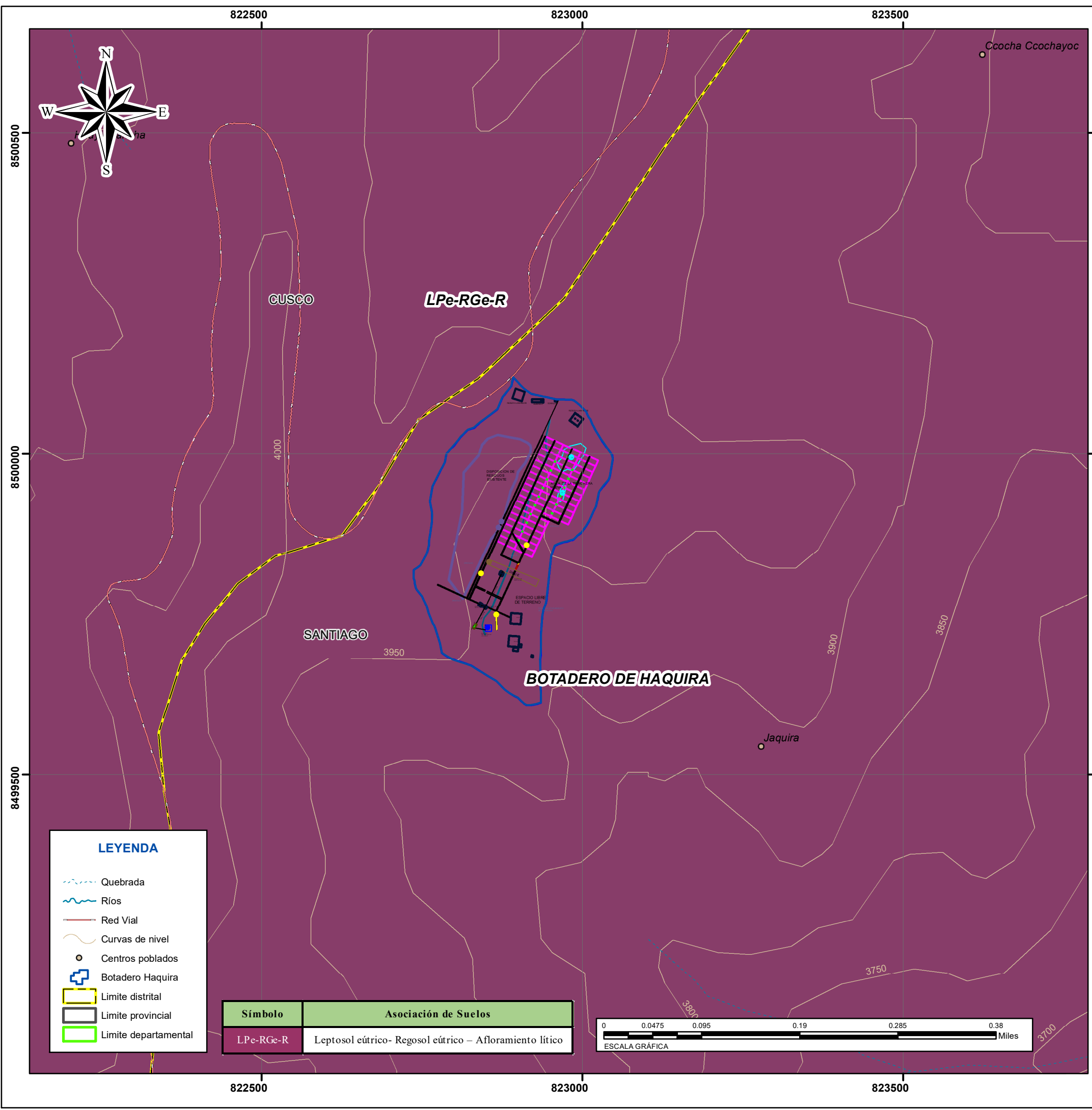
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQIRA, DISTRITO DE SANTIAGO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

CONTENIDO: "MAPA SÍSMICO DEL ÁREA DE ESTUDIO"

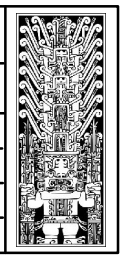
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **MAPA:** N° 007 **ESCALA:** 1: 6 000

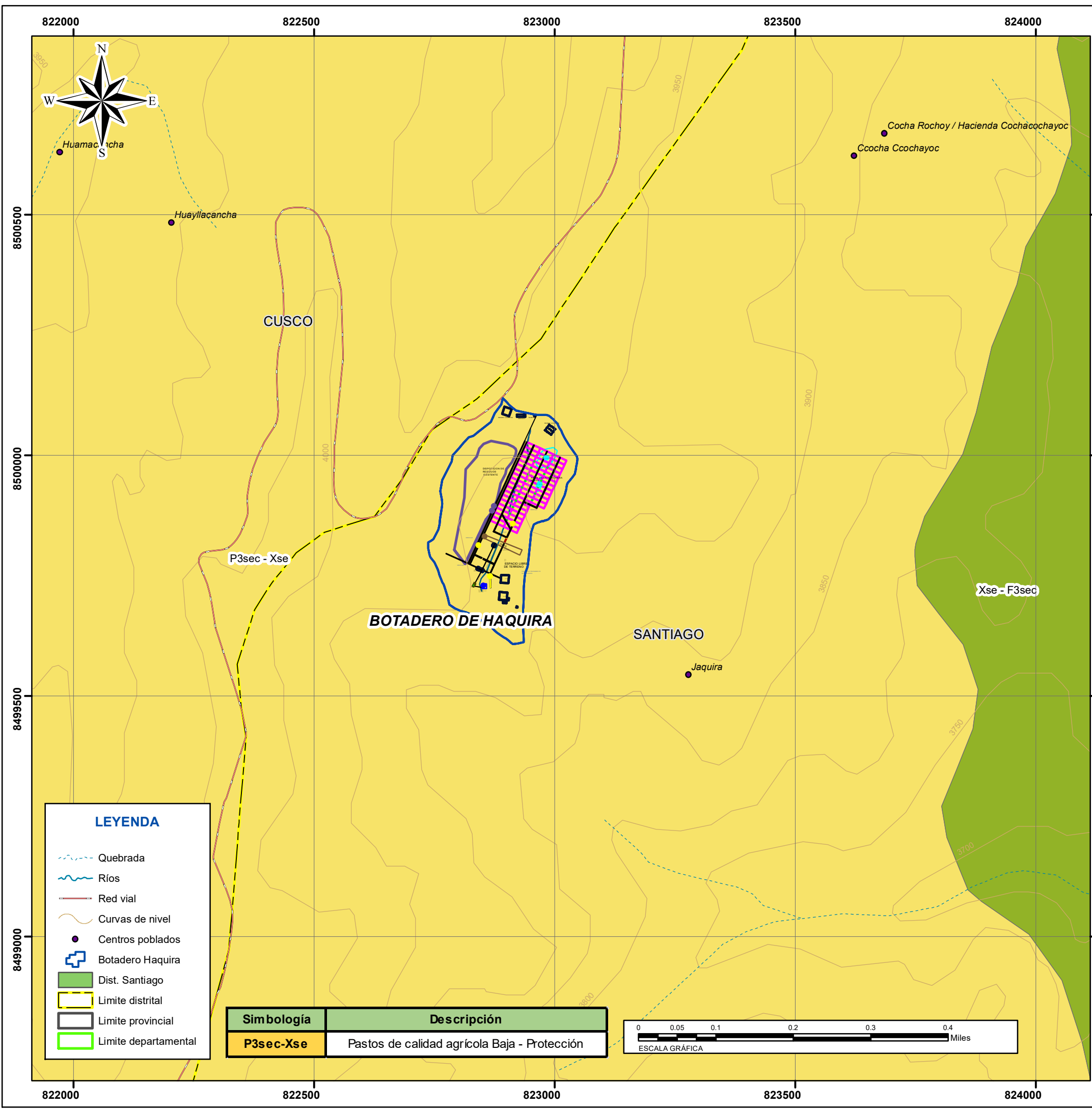
FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - IGP 1999 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega



| | | |
|--|---------------------|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO | | |
| TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE" | | |
| CONTENIDO: "MAPA DE SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO" | | |
| SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur | MAPA: N° 008 | ESCALA: 1: 6 000 |
| FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - MINAM 2010 | | FECHA: Enero 2018 |
| ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca | | ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega |

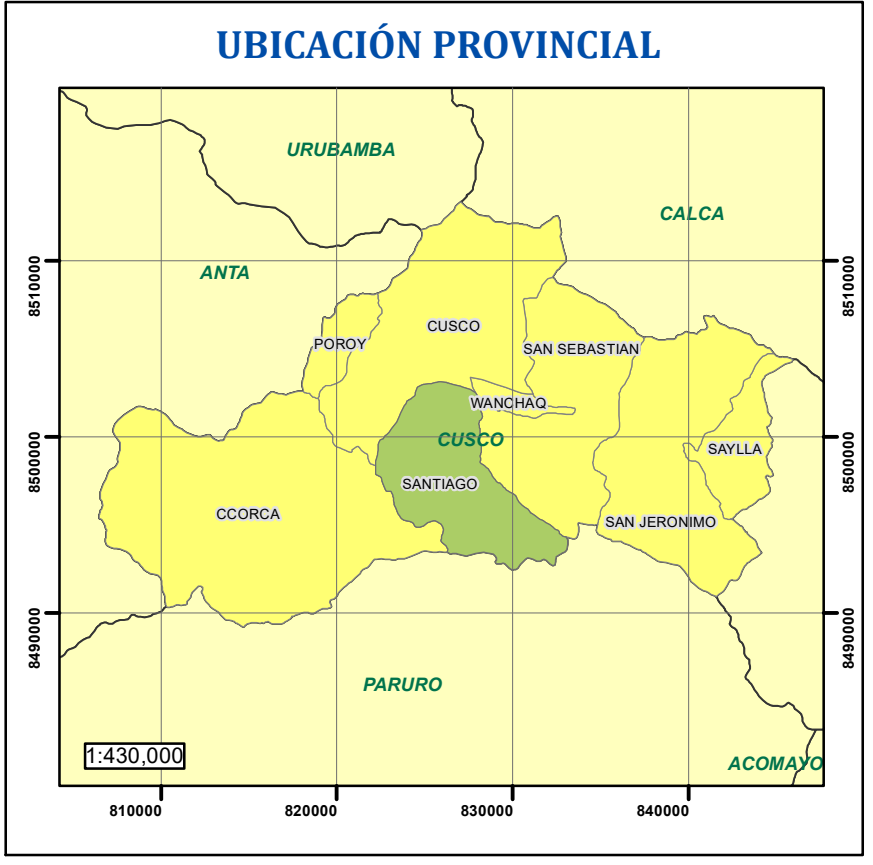
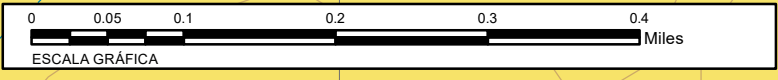




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Simbología | Descripción |
|------------|--|
| | P3sec-Xse Pastos de calidad agrícola Baja - Protección |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

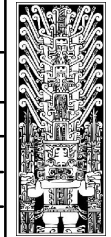
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

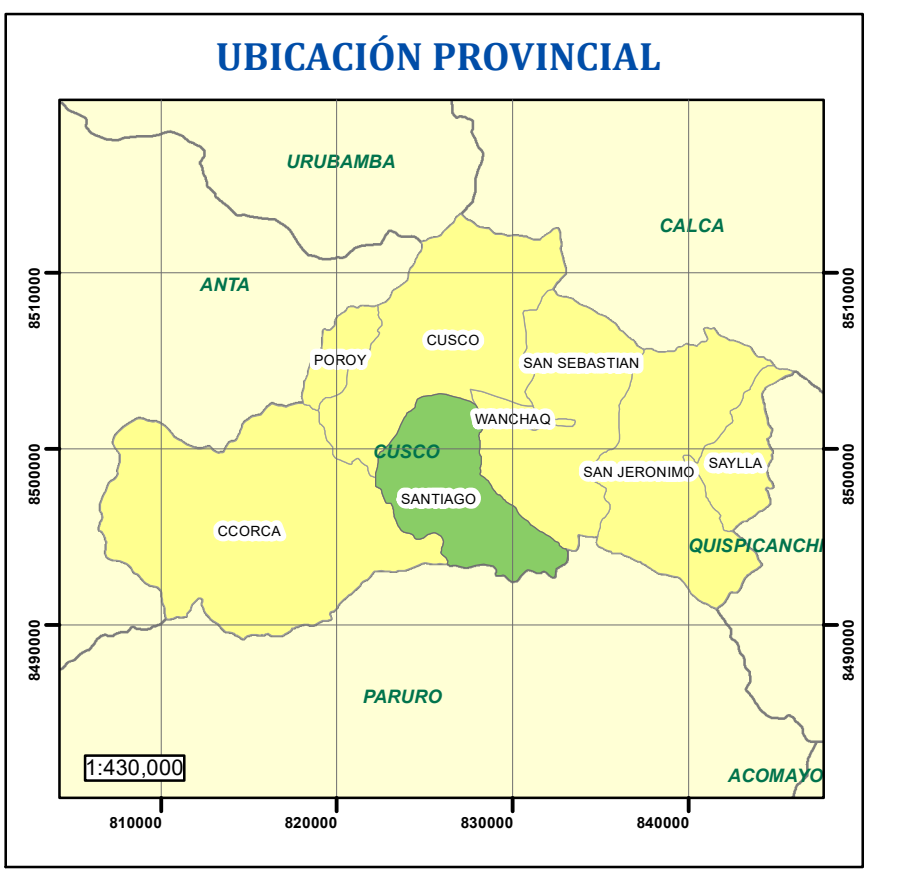
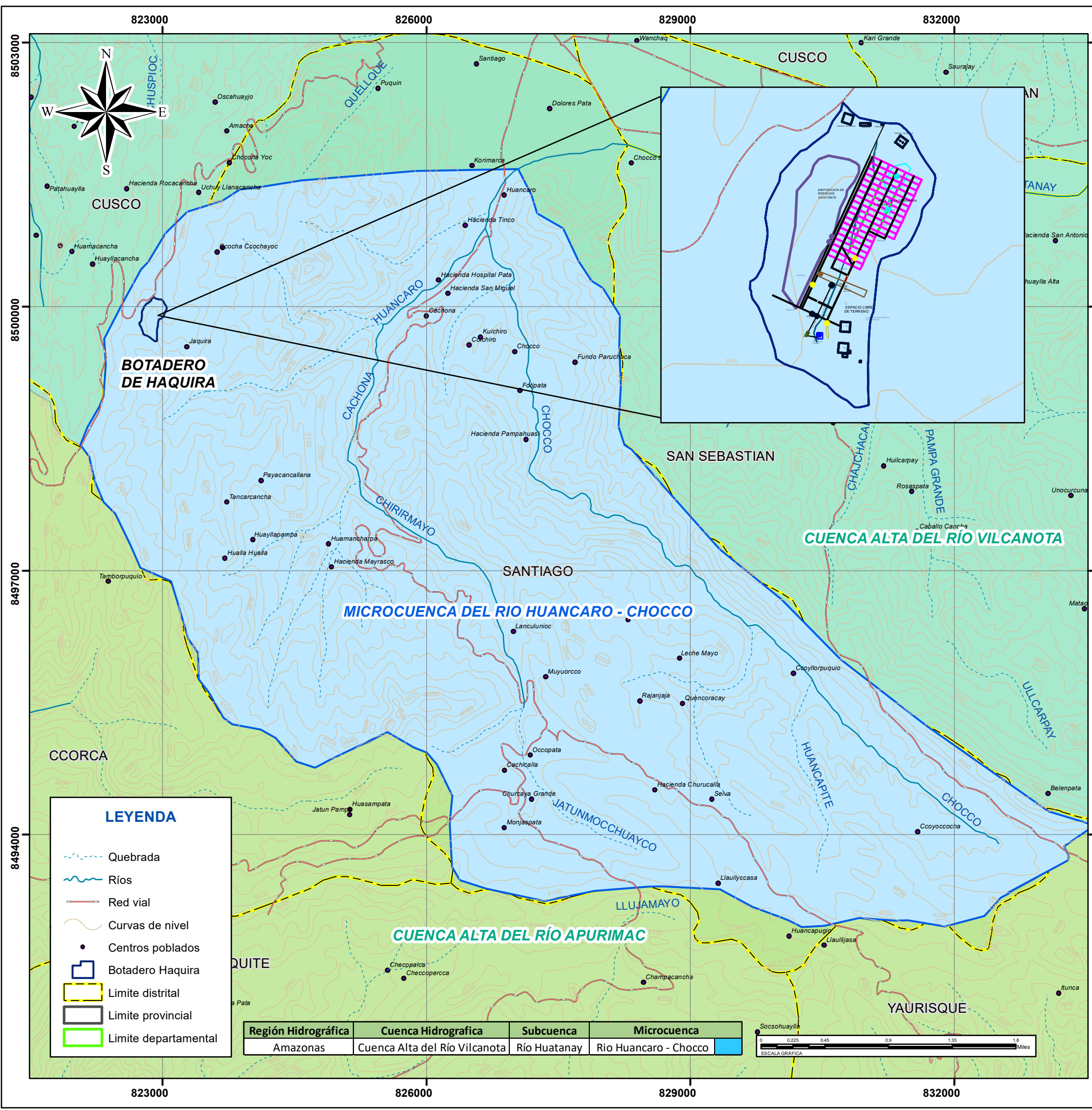
CONTENIDO: "MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **MAPA:** N° 009 **ESCALA:** 1: 8 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - MINAM 2010 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

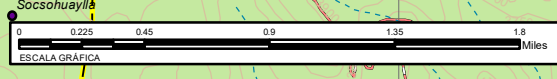




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Región Hidrográfica | Cuenca Hidrográfica | Subcuenca | Microcuenca |
|---------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------|
| Amazonas | Cuenca Alta del Río Vilcanota | Río Huatanay | Río Huancaro - Chocco |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

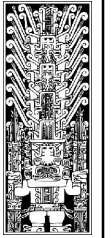
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

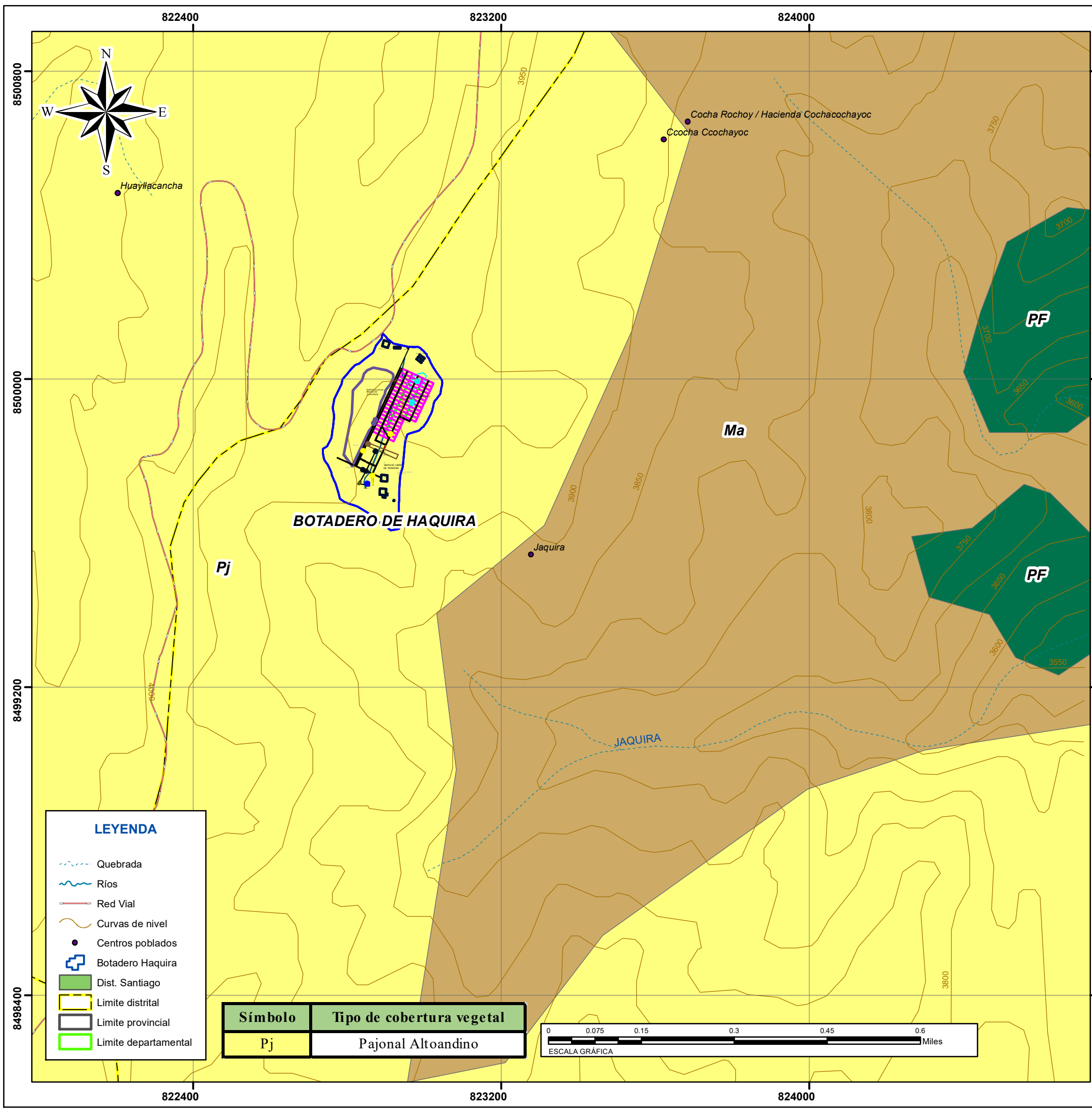
CONTENIDO: "MAPA HIDROLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur MAPA: N° 010 ESCALA: 1: 45 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - Google Earth 2017 FECHA: Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

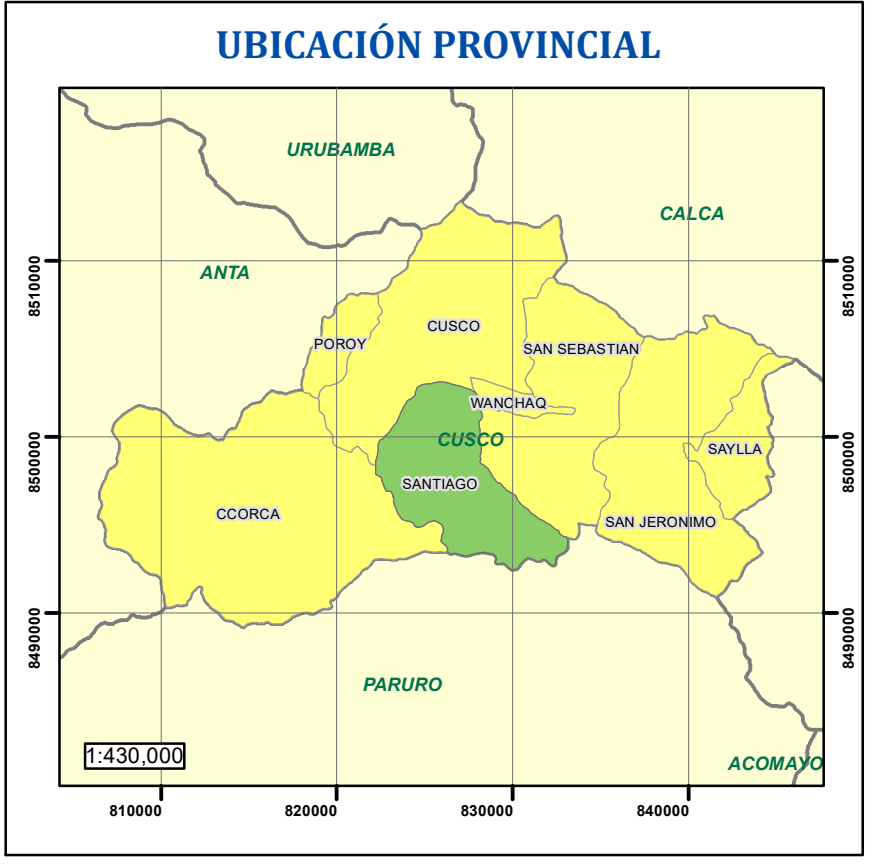
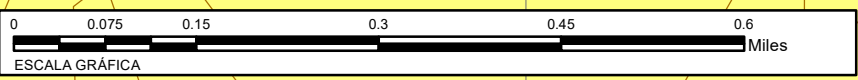




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red Vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Símbolo | Tipo de cobertura vegetal |
|---------|---------------------------|
| Pj | Pajonal Altoandino |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

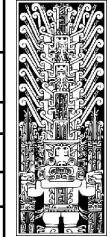
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIATE"

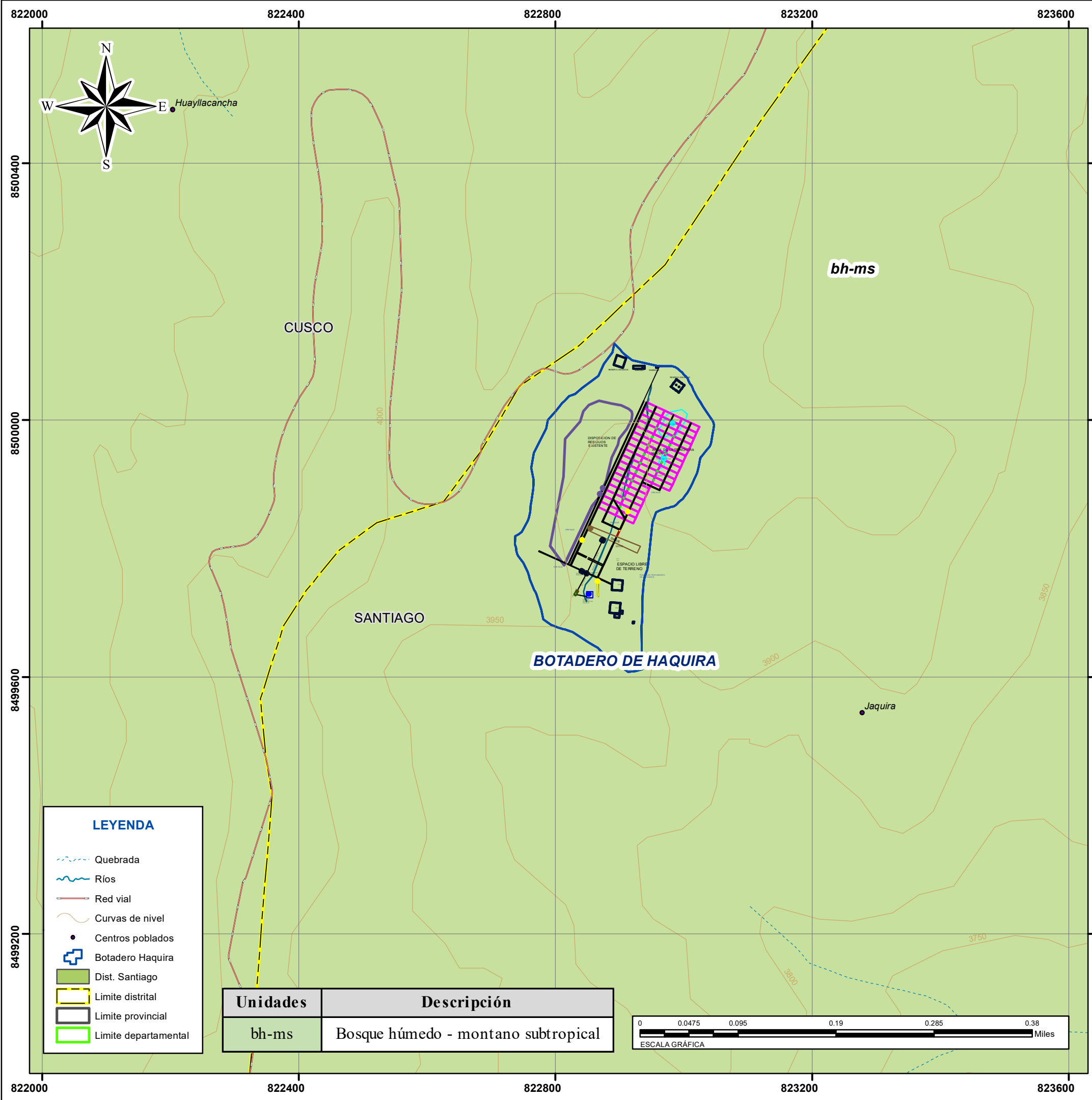
CONTENIDO: "MAPA DE COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur MAPA: N° 011 ESCALA: 1: 10 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - MINAM 2015 FECHA: Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega

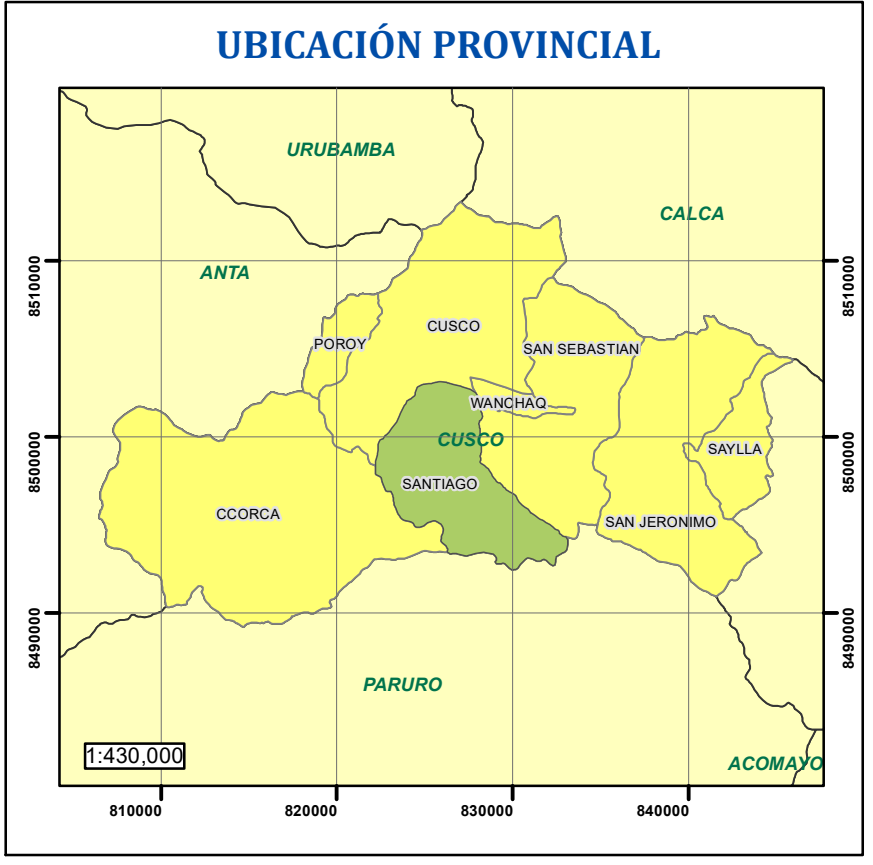
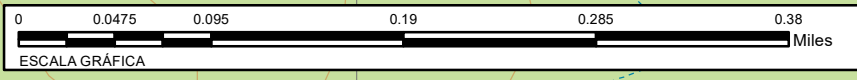




LEYENDA

- Quebrada
- Ríos
- Red vial
- Curvas de nivel
- Centros poblados
- Botadero Haqira
- Dist. Santiago
- Limite distrital
- Limite provincial
- Limite departamental

| Unidades | Descripción |
|----------|-------------------------------------|
| bh-ms | Bosque húmedo - montano subtropical |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

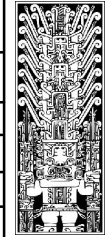
TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

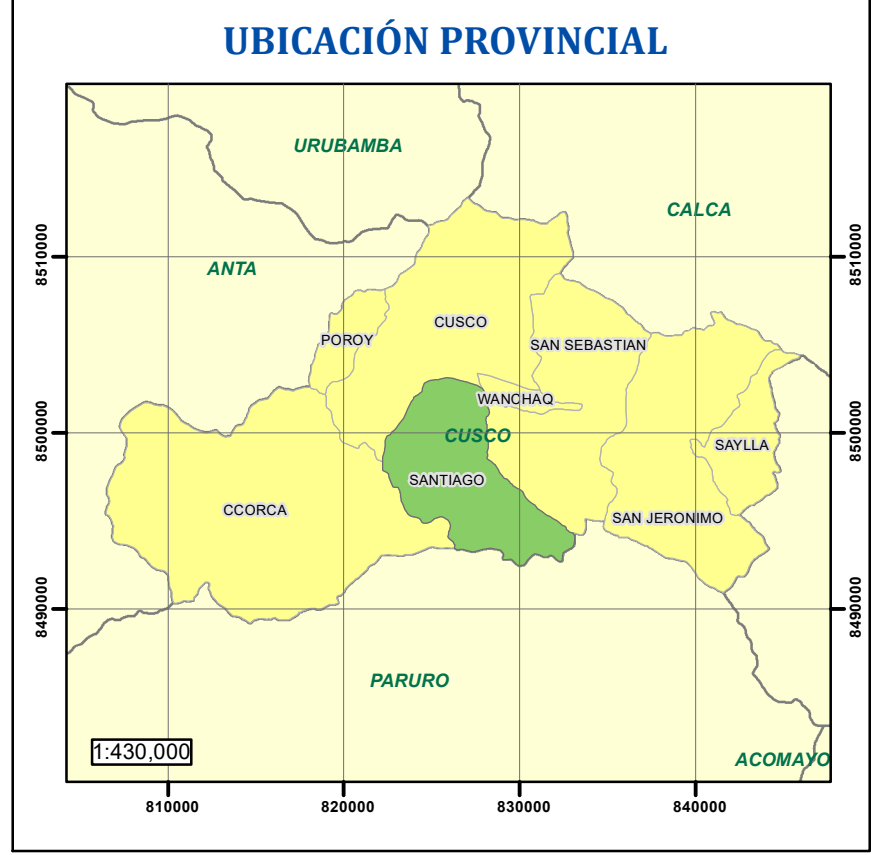
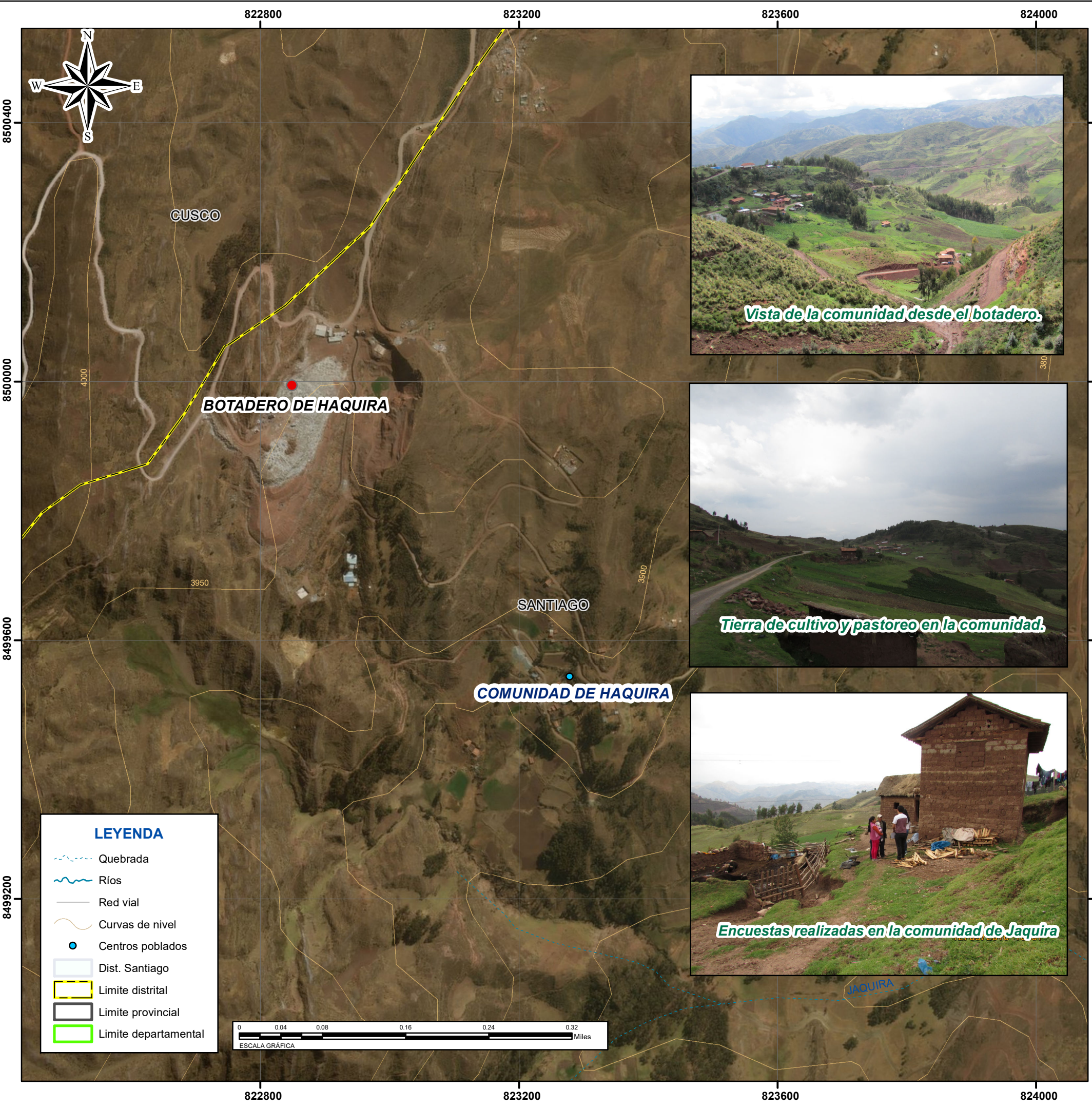
CONTENIDO: "MAPA DE ZONAS DE VIDA DEL ÁREA DE ESTUDIO"

SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur **MAPA:** N° 012 **ESCALA:** 1: 6 000

FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - MINAM 2010 **FECHA:** Enero 2018

ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca **ASESOR:** Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega





| | | |
|---|-----------------------------------|------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO | | |
| TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE" | | |
| CONTENIDO: "MAPA SOCIAL DEL AREA DE ESTUDIO" | | |
| SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM WGS 84 Zona 18 Sur | MAPA: N° 013 | ESCALA: 1: 6 000 |
| FUENTE: Cartas Nacionales 1: 100 000 IGN (1970) - Google Earth 2017 | FECHA: Enero 2018 | |
| ELABORADO POR: Bach. Jonathan Valderrama Rocca | ASESOR: Mg Sc. Cesar Muñoz Ortega | |





ANEXO N° 4

**PRESUPUESTO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO
DE MEJORAS TÉCNICAS DEL
BOTADERO DE HAQUIRA**



| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | METRADO | PRECIO S/. | PARCIAL S/. |
|-----------------|--|--------|-----------|-------------|------------------------|
| 01 | OBRAS PROVISIONALES | | | | S/ 1,100.00 |
| 01.01 | Almacén y Residencia de Obra | und | 22.00 | S/ 50.00 | S/ 1,100.00 |
| 02 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | S/ 551,999.01 |
| 02.01 | Corte de material suelto | m3 | 102927.28 | S/ 2.80 | S/ 288,196.38 |
| 02.02 | Eliminación de material excedente | m3 | 113220.01 | S/ 2.33 | S/ 263,802.62 |
| 03 | OBRAS ESPECIFICAS | | | | S/ 3,645,305.45 |
| 03.01 | CELDAS PARA RESIDUOS | | | | S/ 1,842,251.88 |
| 03.01.01 | Trazo, niveles y replanteo durante el proceso de construcción | m2 | 13800.00 | S/ 0.89 | S/ 12,282.00 |
| 03.01.02 | Perfilado y compactado de base | m2 | 13800.00 | S/ 3.10 | S/ 42,780.00 |
| 03.01.03 | Suministro y colocado de geomembrana de 2.00 MM para base y taludes de celda | m2 | 24888.00 | S/ 35.86 | S/ 892,483.68 |
| 03.01.04 | Suministro y colocado de geomalla uniaxial de 90 KNML | m2 | 58080.00 | S/ 13.58 | S/ 788,726.40 |
| 03.01.05 | Chimeneas con tubería PVC SAL de 10" | m2 | 1855.00 | S/ 46.76 | S/ 86,739.80 |
| 03.01.06 | Quemadores para chimeneas | m2 | 74.00 | S/ 260.00 | S/ 19,240.00 |
| 03.02 | SISTEMA DE DRENAJE | | | | S/ 158,242.76 |
| 03.02.01 | SISTEMA DE DRENAJE | | | | S/ 132,256.13 |
| 03.02.01.01 | Trazo, niveles y replanteo durante el proceso de construcción | m2 | 727.50 | S/ 0.89 | S/ 647.48 |
| 03.02.01.02 | Excavación de terreno manual | m2 | 1068.00 | S/ 20.31 | S/ 21,691.08 |
| 03.02.01.03 | Suministro y colocado de geomembrana de 2.00 MM | m2 | 1729.50 | S/ 35.86 | S/ 62,019.87 |
| 03.02.01.04 | Suministro e instalación de geotextil de 400 GR/M2 | m2 | 1729.50 | S/ 11.15 | S/ 19,283.93 |
| 03.02.01.05 | Relleno con material granular | m2 | 649.28 | S/ 44.07 | S/ 28,613.77 |
| 03.02.02 | SISTEMA DE CONDUCCIÓN | | | | S/ 25,986.63 |
| 03.02.02.01 | Tendido de tubería PCV SAL D=10" | m | 165.00 | S/ 44.33 | S/ 7,314.45 |
| 03.02.02.02 | Cama de arena | m3 | 109.13 | S/ 116.12 | S/ 12,672.18 |
| 03.02.02.03 | Cámara de inspección | und | 3.00 | S/ 2,000.00 | S/ 6,000.00 |
| 03.03 | POZAS PARA LIXIVIADO | | | | S/ 1,644,810.81 |
| 03.03.01 | TRATAMIENTO PRIMARIO | | | | S/ 6,000.00 |
| 03.03.01.01 | Cámara de rejás | und | 1.00 | S/ 2,500.00 | S/ 2,500.00 |
| 03.03.01.02 | Desarenador | und | 1.00 | S/ 3,500.00 | S/ 3,500.00 |
| 03.03.02 | PLATAFORMA PARA INSTALACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO | | | | S/ 11,620.81 |
| 03.03.02.01 | Trazo, niveles y replanteo durante el proceso de construcción | m2 | 100.00 | S/ 0.89 | S/ 89.00 |
| 03.03.02.02 | Excavación de terreno manual | m2 | 45.00 | S/ 20.31 | S/ 913.95 |
| 03.03.02.03 | Nivelado y compactado manual | m2 | 100.00 | S/ 2.96 | S/ 296.00 |
| 03.03.02.04 | Empedrado de 6" | m2 | 100.00 | S/ 21.98 | S/ 2,198.00 |
| 03.03.02.05 | Encofrado y desencofrado | m2 | 16.00 | S/ 46.06 | S/ 736.96 |
| 03.03.02.06 | Concreto fc=210kg/cm ² | m2 | 15.00 | S/ 390.66 | S/ 5,859.90 |
| 03.03.02.07 | Curado de concreto | m2 | 100.00 | S/ 0.79 | S/ 79.00 |

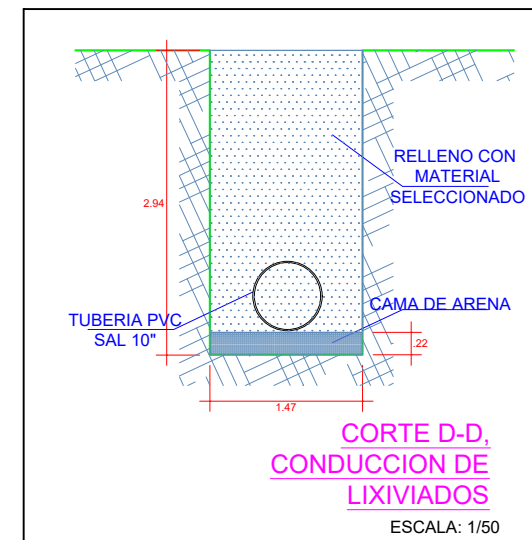
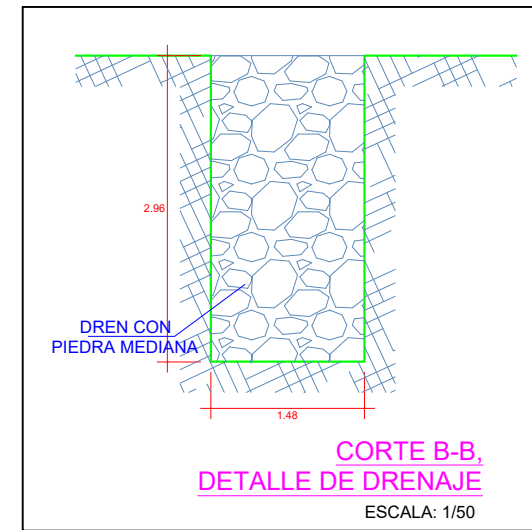
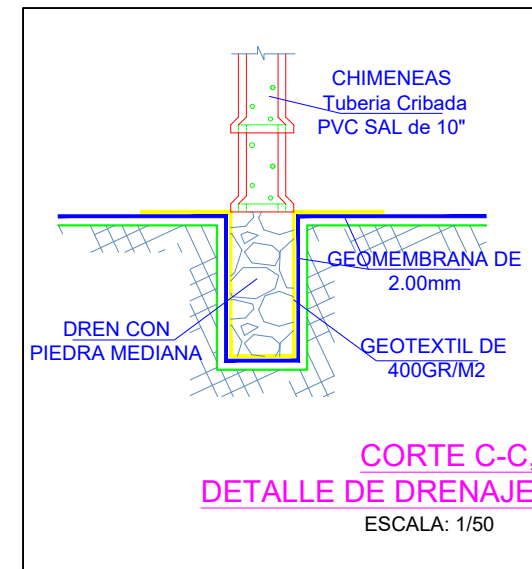
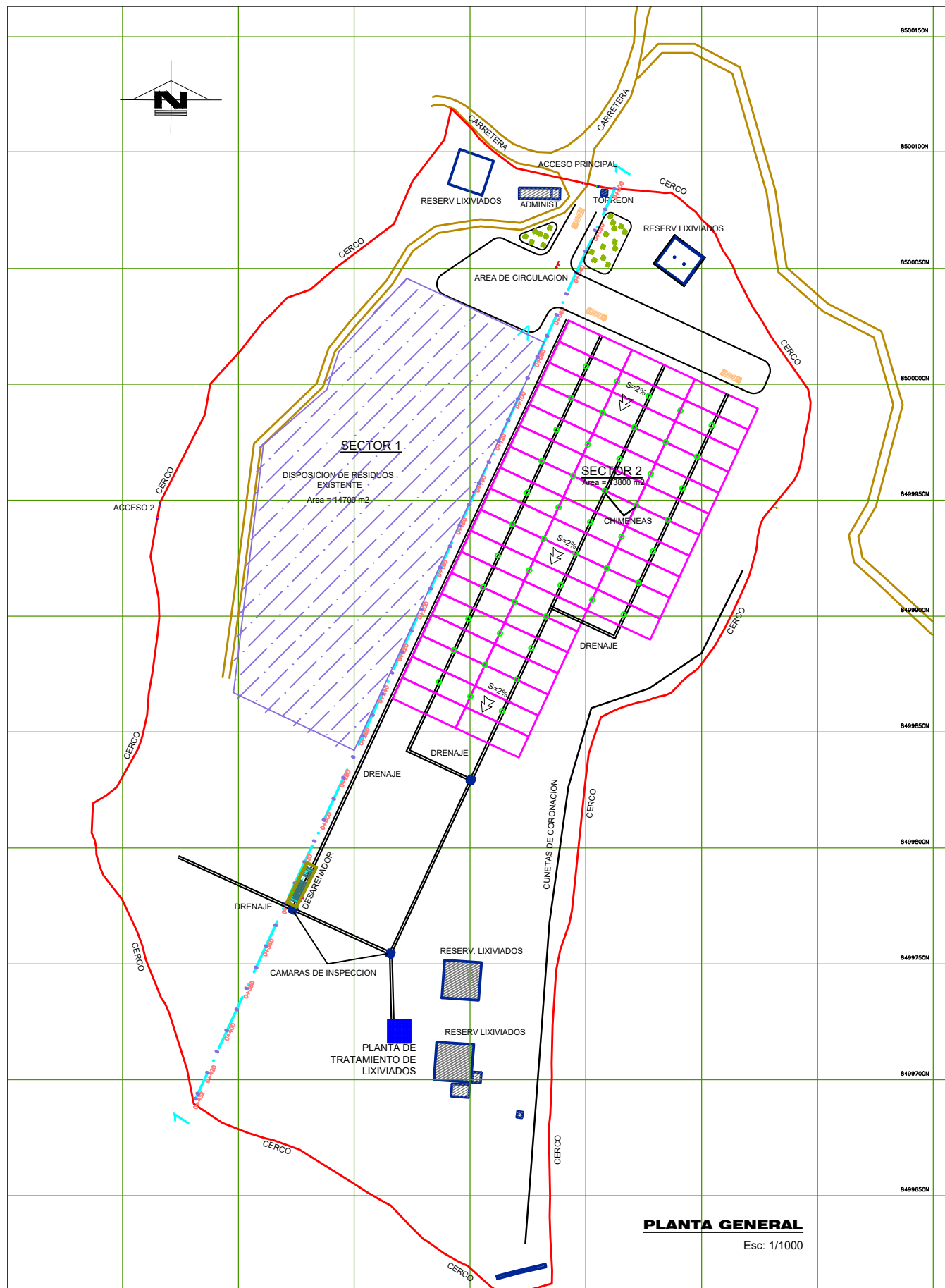


| | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----|----------|-----------------|------------------------|
| 03.03.02.08 | Sellado de juntas | m2 | 100.00 | S/ 14.48 | S/ 1,448.00 |
| 03.03.03 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS | | | | S/ 1,627,190.00 |
| 03.03.03.01 | Desarenador Hidro-Ciclónico | und | 1.00 | S/ 46,723.00 | S/ 46,723.00 |
| 03.03.03.02 | Tanque de ecualizador HDPE | und | 1.00 | S/ 133,316.00 | S/ 133,316.00 |
| 03.03.03.03 | Reactor soporte móvil RSM | und | 1.00 | S/ 1,015,525.00 | S/ 1,015,525.00 |
| 03.03.03.04 | Sedimentador HDPE con media flotante | und | 1.00 | S/ 147,512.00 | S/ 147,512.00 |
| 03.03.03.05 | Tanque de desinfección | und | 1.00 | S/ 94,230.00 | S/ 94,230.00 |
| 03.03.03.06 | Digestor de lodo para desinfección final | und | 1.00 | S/ 164,884.00 | S/ 164,884.00 |
| 03.03.03.07 | Instalación de transformador 5KwH | und | 1.00 | S/ 25,000.00 | S/ 25,000.00 |
| 04 | TRABAJOS COMPLEMENTARIOS | | | | S/ 1,576,152.38 |
| 04.01 | CUNETAS DE CORONACIÓN | | | | S/ 5,875.86 |
| 04.01.01 | Trazo, niveles y replanteo durante el proceso de construcción | m2 | 163.35 | S/ 0.89 | S/ 145.38 |
| 04.01.02 | Construcción de cunetas de coronación | m2 | 252.00 | S/ 22.74 | S/ 5,730.48 |
| 04.02 | MITIGACIÓN DE IMPACTOS | | | | S/ 1,570,276.52 |
| 04.02.01 | MITIGACIÓN DE IMPACTOS | | | | S/ 1,482,973.00 |
| 04.02.01.01 | Revegetación | m2 | 74100.00 | S/ 0.89 | S/ 65,949.00 |
| 04.02.01.02 | Remediación y control sanitario | und | 1.00 | S/ 40,000.00 | S/ 40,000.00 |
| 04.02.01.03 | Suministro y colocado de geomembrana de 2.00 MM para sellado de celda | m2 | 38400.00 | S/ 35.86 | S/ 1,377,024.00 |
| 04.02.02 | MONITOREO AMBIENTAL | | | | S/ 48,000.00 |
| 04.02.02.01 | Análisis de composición de lixiviados | und | 12.00 | S/ 2,000.00 | S/ 24,000.00 |
| 04.02.02.02 | Análisis físico, químico y bacteriológico | und | 12.00 | S/ 2,000.00 | S/ 24,000.00 |
| 04.02.03 | CERCO PERIMÉTRICO | | | | S/ 35,598.77 |
| 04.02.03.01 | Alambre de pua tipo ganadera | m | 9205.00 | S/ 1.14 | S/ 10,493.70 |
| 04.02.03.02 | Colocado de rollizos de eucalipto | und | 439.00 | S/ 17.88 | S/ 7,849.32 |
| 04.02.03.03 | Excavación de hoyos | und | 439.00 | S/ 8.25 | S/ 3,621.75 |
| 04.02.03.04 | Concreto $f_c=175\text{kg/cm}^2 + 50\% \text{ PM}$ | m3 | 49.17 | S/ 216.27 | S/ 10,634.00 |
| 04.02.03.05 | Tranquera de madera anclado en cloque de concreto | und | 2.00 | S/ 1,500.00 | S/ 3,000.00 |
| 04.02.04 | SEÑALIZACIÓN | | | | S/ 3,704.75 |
| 04.02.04.01 | Señalización múltiple en zona de trabajo | und | 25.00 | S/ 148.19 | S/ 3,704.75 |
| COSTOS DIRECTOS | | | | | S/ 5,774,556.83 |
| GASTOS GENERALES (9.29%) | | | | | S/ 534,713.83 |
| GASTOS DE SUPERVISIÓN (1.91%) | | | | | S/ 110,610.92 |
| LIQUIDACIÓN (0.44%) | | | | | S/ 25,438.90 |
| PRESUPUESTO TOTAL | | | | | S/ 6,445,320.48 |



ANEXO N° 5

**PLANOS DEL PROYECTO DE
MEJORAS TÉCNICAS DEL BOTADERO
DE HAQUIRA**



LEYENDA

- Limite del terreno
- Disposicion de Residuos Existente
- Carretera
- Microceldas
- Construcciones existentes
- Chimeneas
- Sistema de Drenaje




**UNIVERSIDAD NACIONAL
FEDERICO VILLARRERAL**
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLANO:
**MEJORAS TÉCNICAS DEL
BOTADERO DE HAQUIRA**

UBICACIÓN:
DISTRITO : SANTIAGO
PROVINCIA : CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO

TESIS:
"EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL
BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE
SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA
METODOLOGÍA EVIAVE"

ELABORADO POR:
BACH. JONATHAN VALDERRAMA ROCCA

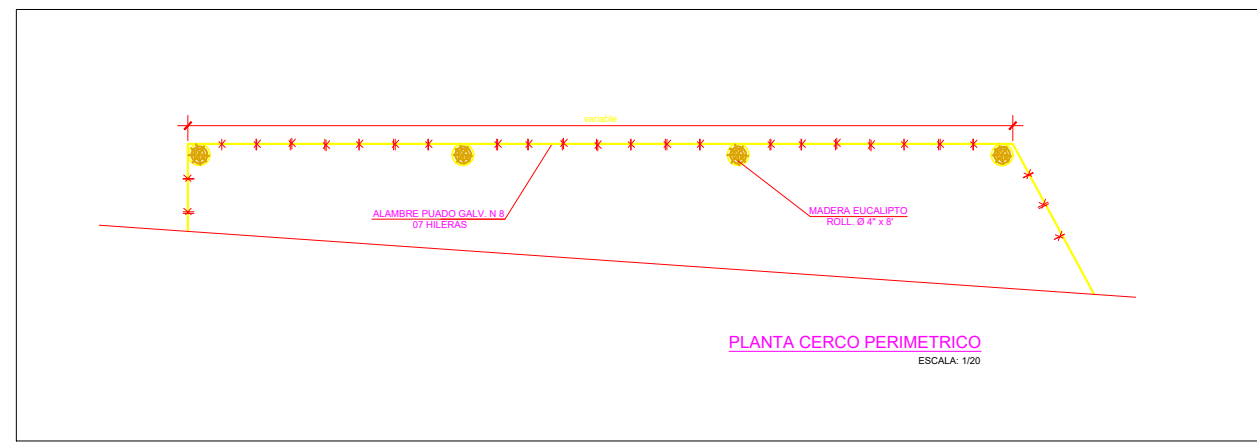
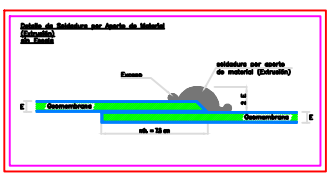
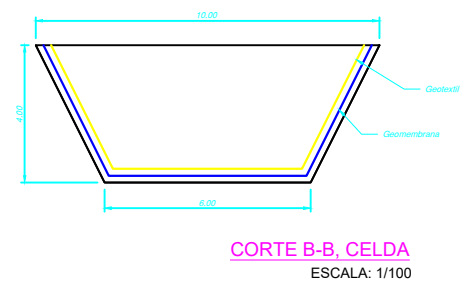
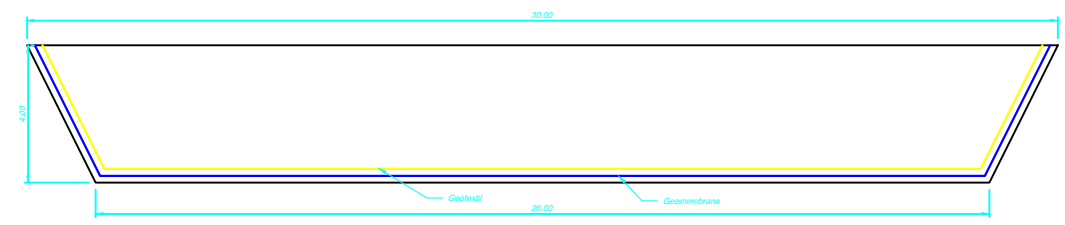
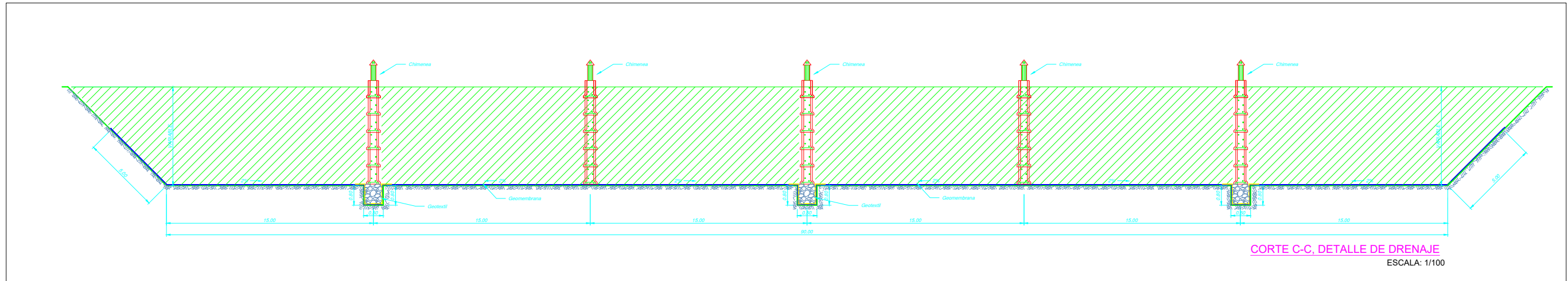
ASESOR :
MG SC. CESAR A. MUÑOZ ORTEGA

FUENTE:
M. P . DE CUSCO

ESCALA:
INDICADA

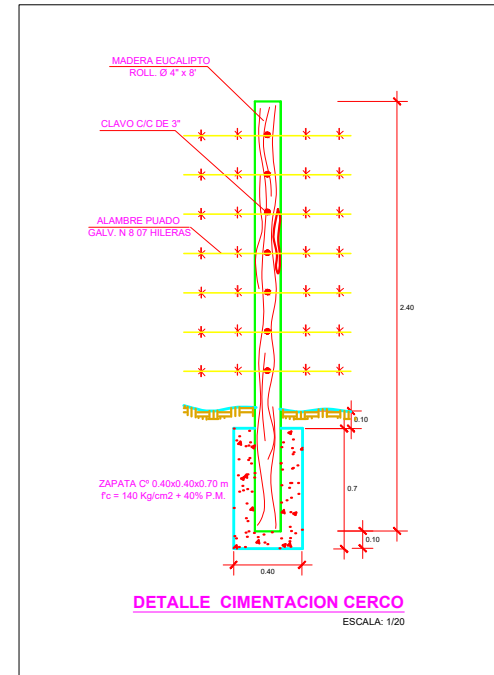
FECHA:
ENERO 2018

LAMINA:
P-01



| GOMEMBRANA DE 2.00mm | | |
|--------------------------|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Espeor Nominal | mm | 2.00 |
| Densidad (mín) | gr/ml | 0.94 |
| Resistencia Elástica | kl/m | 29 |
| Deformación Elástica | % | 12 |
| Resistencia a la Ruptura | kl/m | 53 |
| Resistencia al Desgarro | N | 255 |
| Resistencia al Estallido | N | 640 |

| GEOTEXTIL 400GR/M2 | | |
|-------------------------------------|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Resistencia a la Tracción | N | 711 |
| Elongación a la Tracción | % | >50 |
| Resistencia al Puzamiento | N | 400 |
| Resistencia al Desgarro Trapesoidal | N | 289 |
| Permeabilidad | cm/s | 0.30 |
| Permisividad | s-1 | 1.60 |
| Tamaño de abertura aparente | mm | 0.212 |





UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLANO: CORTES Y DETALLES DEL BOTADERO DE HAQUIRA

UBICACION:
DISTRITO : SANTIAGO
PROVINCIA: CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO

TESIS:
"EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

ELABORADO POR:
BACH. JONATHAN VALDERRAMA ROCCA

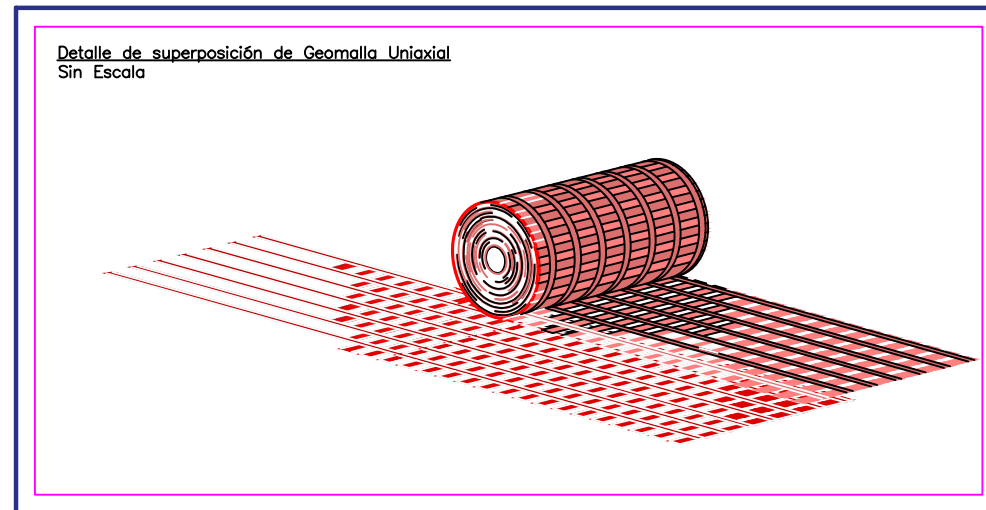
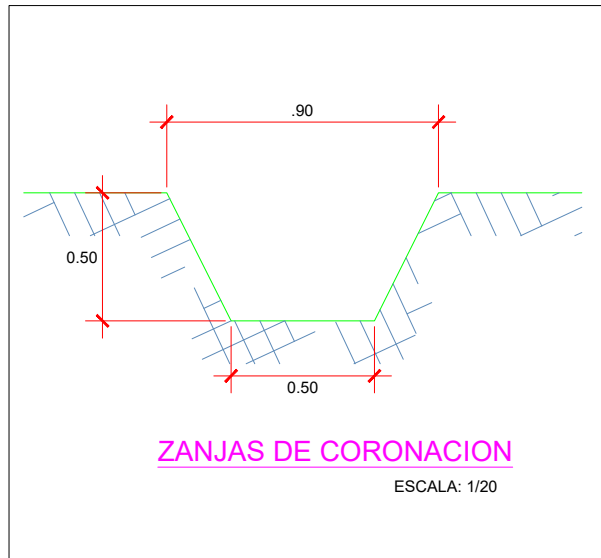
ASESOR :
MG SC. CESAR A. MUÑOZ ORTEGA

FUENTE: M. P. DEL CUSCO

ESCALA: INDICADA

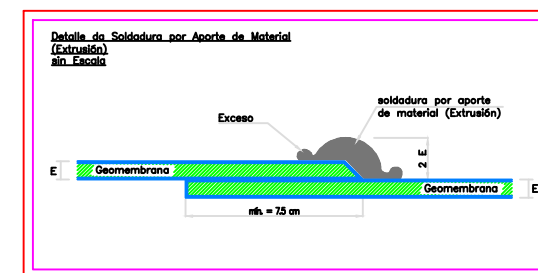
FECHA: ENERO 2018

LAMINA:
P-02

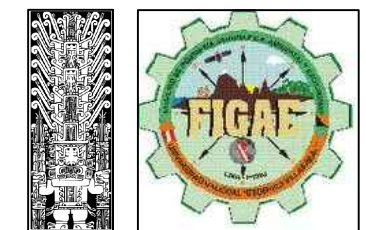
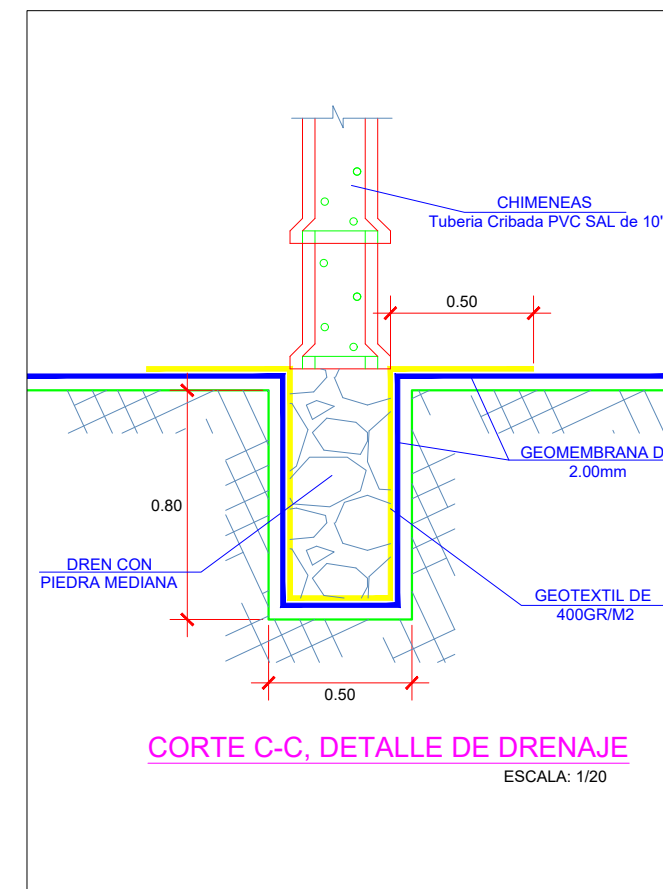
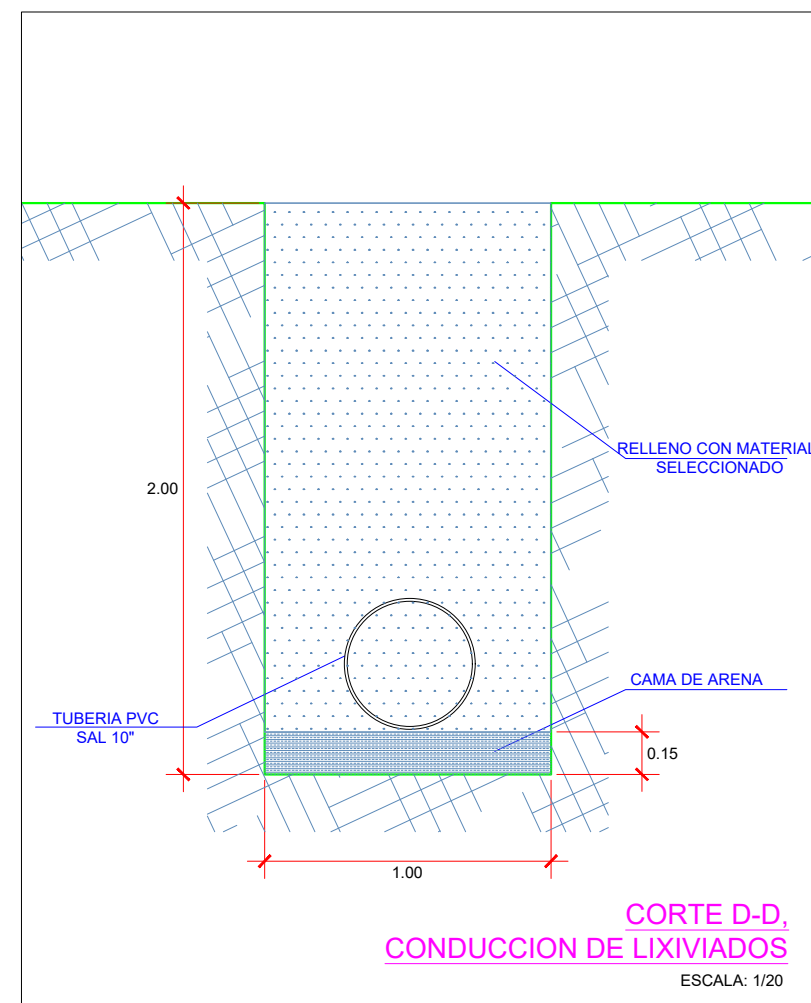
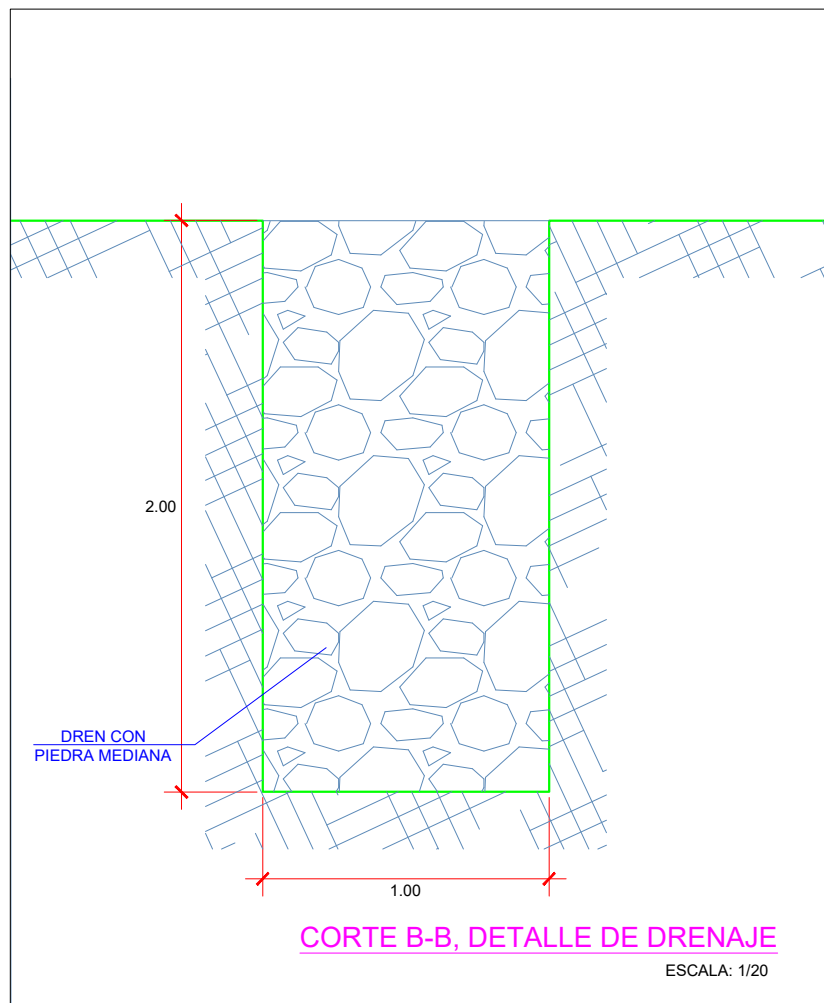


| GEOMALLA UNIAxIAL 90KN/ML | | |
|--|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Resist. Última Longitudinal a la Tracción | kN/m | 90.0 |
| Deformación a la rotura | % | 10 |
| Abertura Nominal Longitudinal | mm | 22 |
| Abertura Nominal Transversal | mm | 25 |
| Factores de Reducción Global | | |
| Fluencia - Creep RF_{CR} | --- | 1.43 |
| Durabilidad RF_D | --- | 1.15 |
| Daños de Instalación RF_{ID} | --- | 1.03 |
| Factor de Reducción Total RF_G | --- | 1.69 |
| Resistencia a Largo Plazo, $LIDS = T_{ult} / RF_G$ | kN/m | 53.0 |

| GEOMEMBRANA DE 2.00mm | | |
|--------------------------|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Espesor Nominal | mm | 2.00 |
| Densidad (min) | gr/ml | 0.94 |
| Resistencia Elástica | kN/m | 29 |
| Deformación Elástica | % | 12 |
| Resistencia a la Ruptura | kN/m | 53 |
| Resistencia al Desgarre | N | 255 |
| Resistencia al Estallido | N | 640 |



| GEOTEXTIL 400GR/M2 | | |
|-------------------------------------|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Resistencia a la Tracción | N | 711 |
| Elongación a la Tracción | % | >50 |
| Resistencia al Punzonamiento | N | 400 |
| Resistencia al Desgarre Trapezoidal | N | 289 |
| Permeabilidad | cm/s | 0.30 |
| Permisividad | s-1 | 1.60 |
| Tamaño de abertura aparente | mm | 0.212 |



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLANO: CORTES Y DETALLES DEL BOTADERO DE HAQUIRA

UBICACIÓN:
DISTRITO : SANTIAGO
PROVINCIA : CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO

TESIS:
"EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

ELABORADO POR:
BACH. JONATHAN VALDERRAMA ROCCA

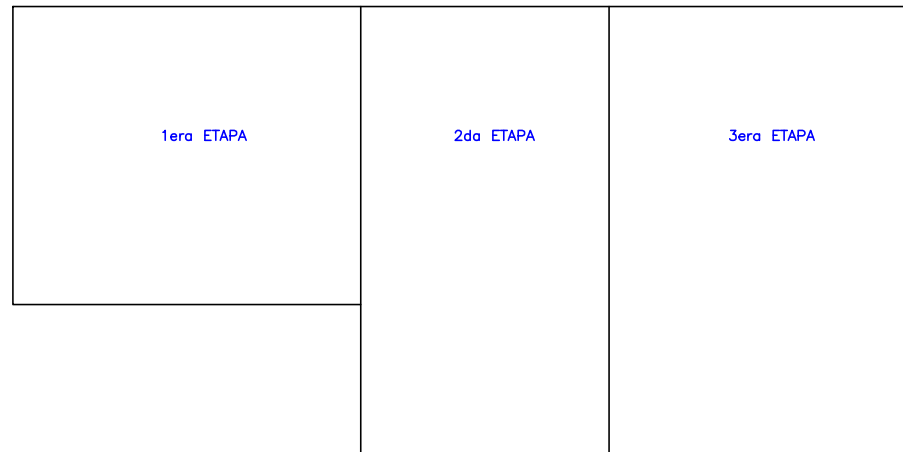
ASESOR :
MGSC. CESAR A. MUÑOZ ORTEGA

FUENTE:
M. P. DEL CUSCO

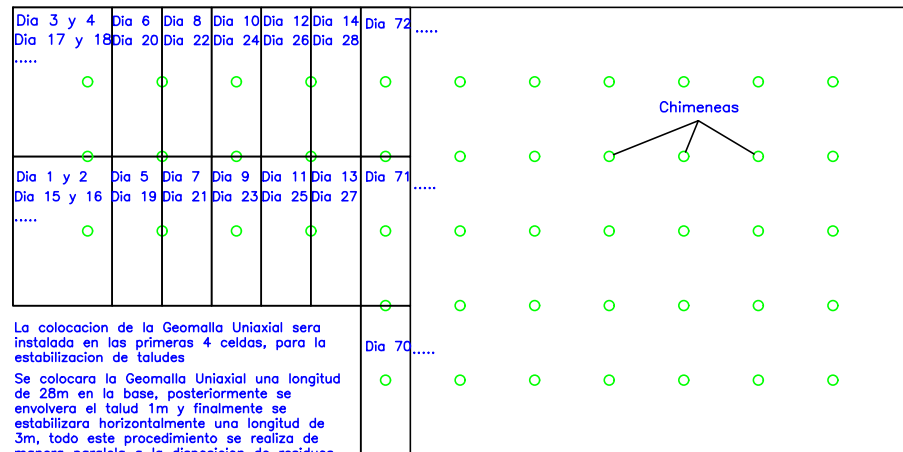
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
ENERO 2018

LAMINA:
P-03

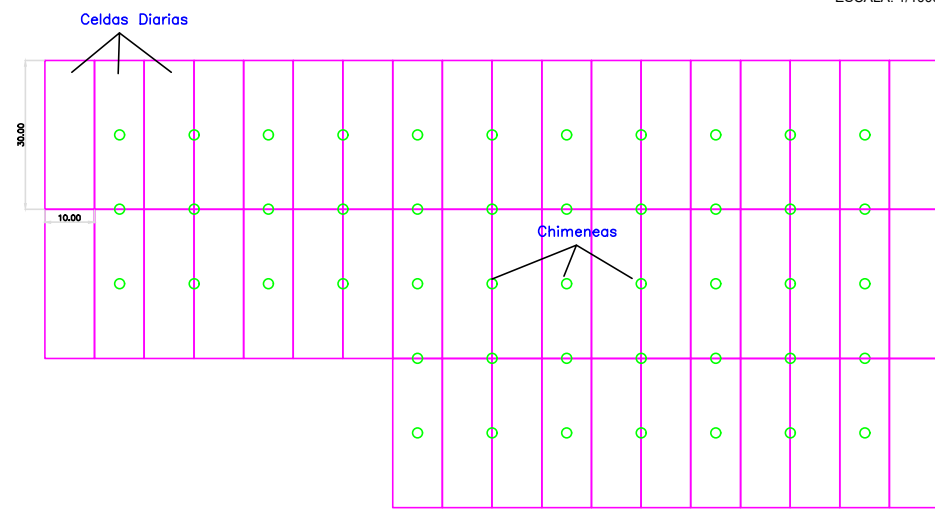


ETAPAS PARA LA DISPOSICION DE RSU
ESCALA: 1/1000



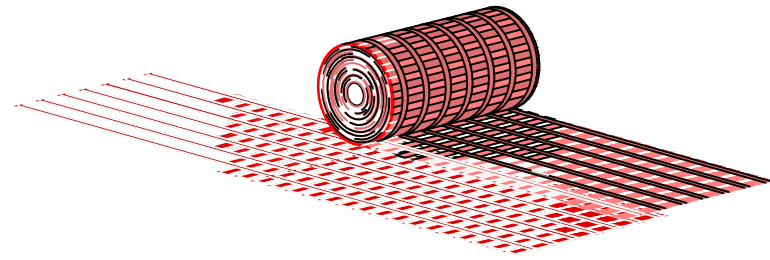
La colocación de la Geomalla Uniaxial será instalada en las primeras 4 celdas, para la estabilización de taludes.
Se colocara la Geomalla Uniaxial una longitud de 28m en la base, posteriormente se envolvera el talud 1m y finalmente se estabilizara horizontalmente una longitud de 3m, todo este procedimiento se realiza de manera paralela a la disposición de residuos solidos

CRONOGRAMA DE DISPOSICION DE RSU
ESCALA: 1/1000

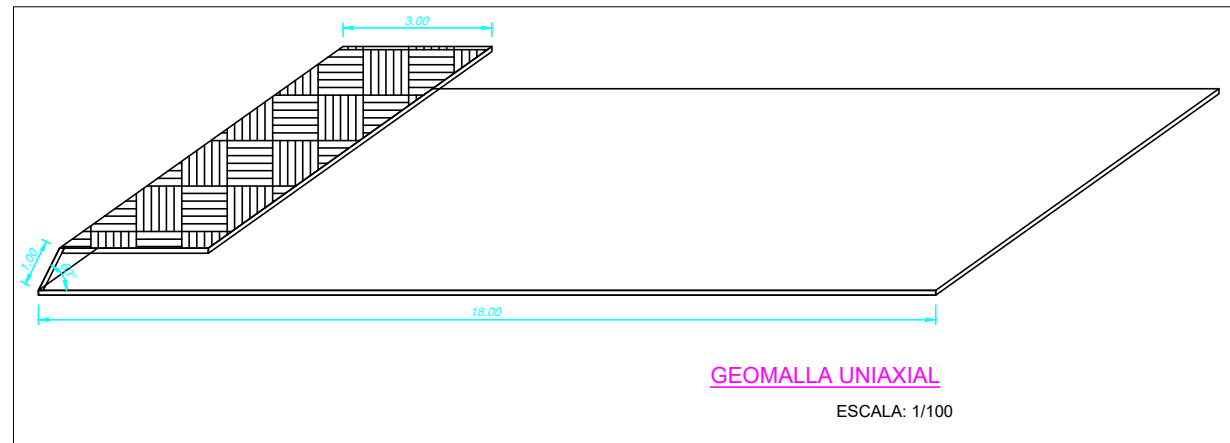


CELDA DIARIAS LA DISPOSICION DE RSU
ESCALA: 1/1000

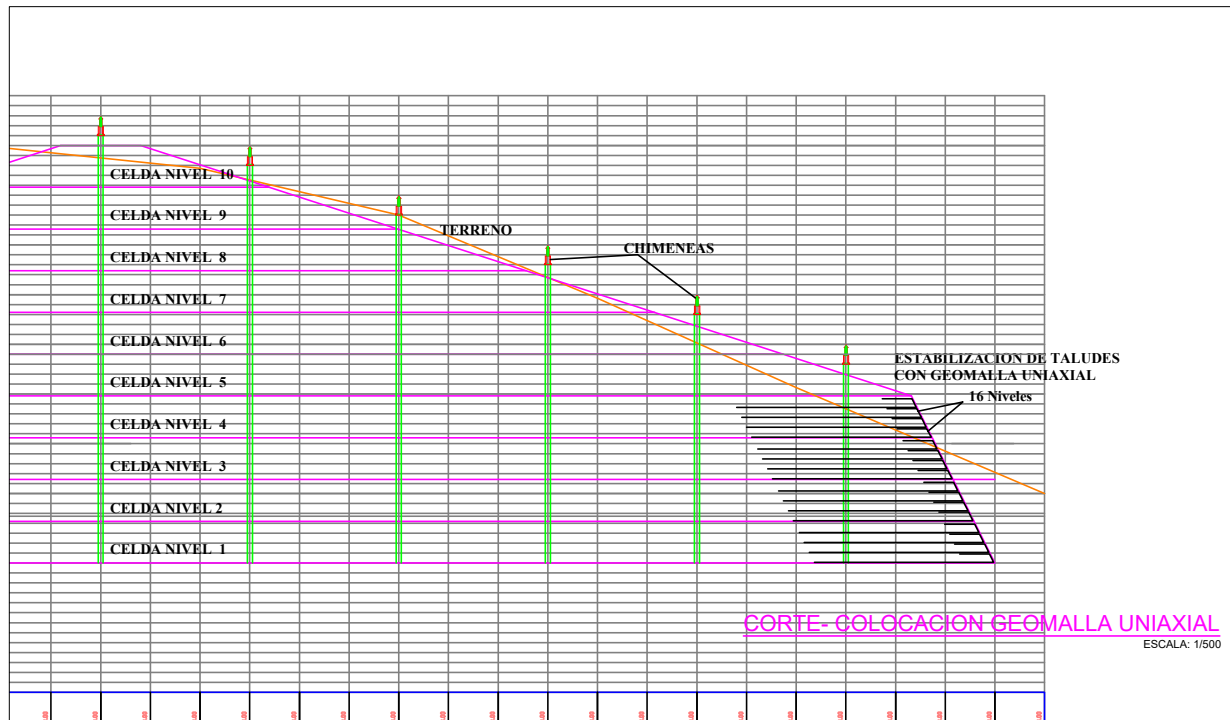
Detalle de superposición de Geomalla Uniaxial Sin Escala



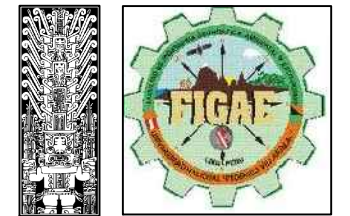
| GEOMALLA UNIAXIAL 90KN/ML | | |
|---|--------|-------|
| Propiedades | Unidad | Valor |
| Resist. Última Longitudinal a la Tracción | kN/m | 90.0 |
| Deformación a la rotura | % | 10 |
| Abertura Nominal Longitudinal | mm | 22 |
| Abertura Nominal Transversal | mm | 25 |
| Factores de Reducción Global | | |
| Fluencia - Creep RF_{CR} | --- | 1.43 |
| Durabilidad RF_D | --- | 1.15 |
| Daños de Instalación RF_{ID} | --- | 1.03 |
| Factor de Reducción Total RF_G | --- | 1.69 |
| Resistencia a Largo Plazo, $LIDS=T_{ul}/RF_G$ | kN/m | 53.0 |



GEOMALLA UNIAXIAL
ESCALA: 1/100



CORTE- COLOCACION GEOMALLA UNIAXIAL
ESCALA: 1/500



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLANO: DISPOSICIÓN DE RESIDUOS - INSTALACIÓN DE GEOMALLA UNIAXIAL

UBICACIÓN: DISTRITO : SANTIAGO
PROVINCIA: CUSCO
DEPARTAMENTO : CUSCO

TESIS: "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

ELABORADO POR: BACH. JONATHAN VALDERRAMA ROCCA

ASESOR : MG SC. CESAR A. MUÑOZ ORTEGA

FUENTE: M. P. DEL CUSCO

ESCALA: INDICADA

FECHA: ENERO 2018

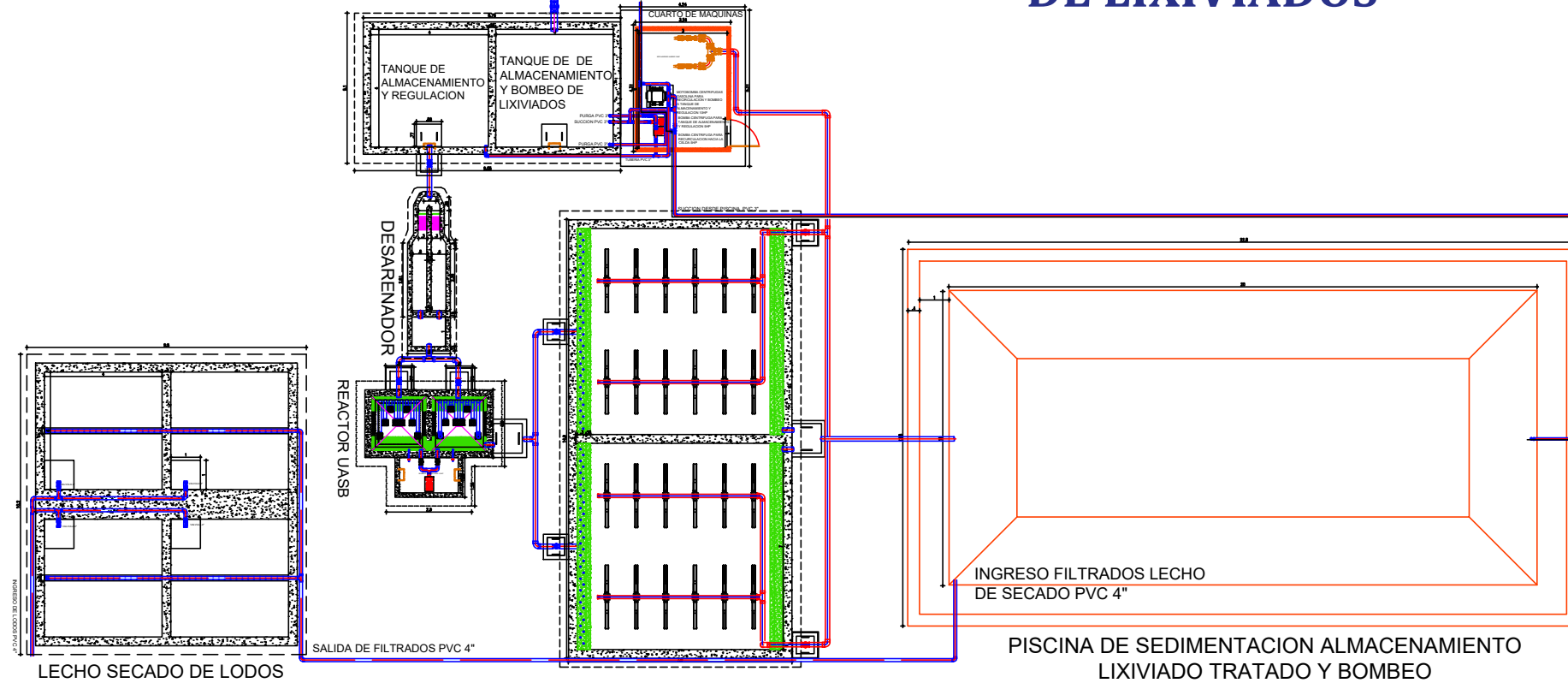
LAMINA:
P-04

TUBERIA PEAD 10" X 2

TUBERIA PEAD 10" X 2

CAJILLA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLANO:
 ESTRUCTURA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

UBICACIÓN:
 DISTRITO : SANTIAGO
 PROVINCIA : CUSCO
 DEPARTAMENTO : CUSCO

TESIS:
 "EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL BOTADERO DE HAQUIRA, DISTRITO DE SANTIAGO - CUSCO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA EVIAVE"

ELABORADO POR:
 BACH. JONATHAN VALDERRAMA ROCCA

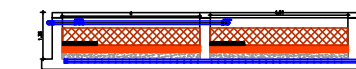
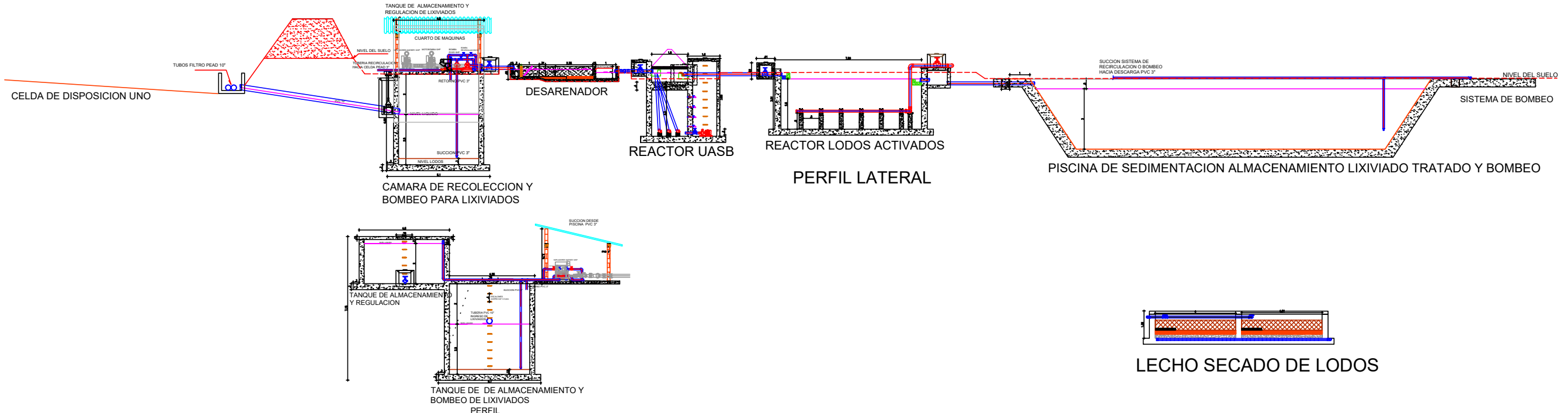
ASESOR :
 MG SC. CESAR A. MUÑOZ ORTEGA

FUENTE:
 M. P. DEL CUSCO

ESCALA:
 SIN ESCALA

FECHA:
 ENERO 2018

LAMINA:
P-05



LECHO SECADO DE LODOS



GLOSARIO

Ambiente: El lugar o espacio donde existen, se desarrollan y reproducen los seres vivos, conformado por elementos naturales, y también de carácter artificial, cultural, estético o sensorial, que se relacionan o interactúan entre sí y que hacen posible el desarrollo de la vida en todas sus formas, organizados a la manera de un sistema (ecosistema), para mantener un desenvolvimiento equilibrado de la vida en el planeta tierra.

Agente infeccioso: Son los microorganismos (virus, bacteria, hongo, protozooario o helminto) capaces de producir una infección o enfermedad infecciosa.

Balsa de almacenamiento: Habitualmente los lixiviados son recogidos en una balsa de almacenamiento temporal hasta su tratamiento. Esta balsa debe estar igualmente impermeabilizada con geomembrana PEAD.

Basura: Sinónimo de residuos sólidos municipales y de desechos sólidos.

Biogás: El biogás es un gas producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). El metano producido por bacterias es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente. El biogás está compuesto por alrededor de 60 % de metano (CH₄) y 40% de dióxido de carbono (CO₂).

Botadero: El botadero es el lugar destinado a la acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización.

Botadero controlado: Botadero controlado es un lugar de disposición final de residuos sólidos que no cuenta con la infraestructura necesaria ni suficiente para ser considerado como un relleno sanitario. Puede ser usado de manera temporal debido a una situación de emergencia. En el botadero controlado se darán las condiciones mínimas de operación para que los residuos no se encuentren a cielo abierto; estos residuos deberán ser compactados en capas para reducir su volumen y serán confinados periódicamente con material de cobertura.



Celda: Infraestructura ubicada dentro de un relleno sanitario donde se esparcen y compactan finalmente los residuos depositados.

Celda transitoria: Es aquella en donde se dispone los residuos sólidos municipales de manera temporal.

Centro de acopio municipal: Infraestructura destinada a almacenar residuos sólidos no peligrosos que son recuperados en el marco de los programas de segregación en fuente y recolección selectiva o responsabilidad extendida del productor.

Ciclo de Vida del Producto: Son las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. Las etapas del ciclo de vida incluyen la adquisición de materias primas, el diseño, la producción, el transporte/entrega, el uso, el tratamiento al finalizar la vida y la disposición final.

Daño ambiental: Se denomina daño ambiental a todo menoscabo material que sufre el ambiente y/o alguno de sus componentes, que puede ser causado contraviniendo o no la disposición jurídica, y que genera efectos negativos actuales o potenciales.

Empresa Operadora de Residuos Sólidos: Persona jurídica que presta los servicios de limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia o disposición final de residuos. Asimismo, puede realizar las actividades de comercialización y valorización.

Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales: Es una herramienta que permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico.

Geomembrana: Son laminas sintéticas de muy baja permeabilidad, empleadas como barreras para difusión de líquidos y gases. El polímero base empleado suele ser polietileno de alta densidad (PEAD), aunque se pueden emplear otros como el polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de baja densidad (LDPE). El polietileno debe poseer un contenido mínimo en negro de humo (2-3%) para su protección.



Geotextil: Son materiales textiles, planos, permeables, poliméricos (sintético o natural) que se emplean en obras civiles en diferentes aplicaciones. Se distinguen dos tipos geotextiles tejidos y geotextiles no tejidos. El geotextil se emplea como elemento de protección anti punzonamiento de la geomembrana. El parámetro de diseño es la resistencia CBR a punzonamiento mecánico.

Lixiviado: Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, humedad de la basura y descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos.

Sinónimo de percolado.

Lodo: Líquido con gran contenido de sólidos en suspensión, proveniente de la mezcla profusa de agua y tierra, por operaciones como el tratamiento de agua, de aguas residuales y otros procesos similares.

Manejo: Conjunto de operaciones dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana o el ambiente. Incluye el almacenamiento, el barrido de calles y áreas públicas, la recolección, la transferencia, el transporte, el tratamiento, la disposición final y cualquier otra operación necesaria.

Operadores de residuos sólidos: Son las personas jurídicas que realizan operaciones y procesos con residuos sólidos. Son considerados operadores las municipalidades y las empresas autorizadas para tal fin.

Procesos de degradación de residuos sólidos orgánicos: Es el proceso de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos y otros organismos.

Tratamiento: Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final.



Recolección selectiva: Acción de recoger apropiadamente los residuos que han sido previamente segregados o diferenciados en la fuente, con la finalidad de preservar su calidad con fines de valorización.

Residuo comercial: Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogas.

Residuos de establecimiento de salud: Son aquellos residuos generados en los procesos y en las actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines.

Residuo de las actividades de construcción: Son residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a éstas.

Residuo de limpieza de espacios públicos: Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.

Residuo domiciliario: Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.

Residuo industrial: Son aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares.

Vector: Ser vivo que puede transmitir enfermedades infecciosas a los seres humanos o a los animales directa o indirectamente. Comprende a las moscas, mosquitos, roedores y otros animales.