

www.pwc.com/pe

Nota Conceptual San Juan Bautista, Perú

Octubre 2018

Versión completa



Contenido

1. Resumen Ejecutivo	4
2. Línea de Base General.....	5
2.1. Contexto.....	5
2.2. Área de Interés.....	5
2.3. Aspectos Climáticos y Ambientales	6
2.4. Aspectos económicos relevantes.....	7
2.4.1. Actividades Económicas	7
2.4.2. Análisis del Entorno Económico	8
3. Situación Actual de la Gestión de Residuos Sólidos (RRSS).....	9
3.1. Generación de Residuos Sólidos Municipales.....	9
3.2. Composición de los Residuos Sólidos Municipales	10
3.3. Procesos Clave en la Gestión de Residuos Sólidos	10
3.3.1. Recolección y Transporte	11
3.3.2. Disposición Final	11
3.4. Propuesta de Solución Actual	11
3.4.1. Relleno Sanitario.....	11
3.4.2. Alternativas Tecnológicas de Reducción de Emisiones.....	15
4. Criterios de selección y niveles de clasificación	16
4.1. Análisis de Alternativas	16
4.1.1. Análisis de viabilidad	17
5. Alternativas de Tecnologías	18
5.1. Alternativa 1: captura y quema centralizada de biogás.....	18
5.1.1. Explicación conceptual de la tecnología.....	18
5.1.2. Optimización de costo.....	18
5.1.3. Nivel de riesgos	18
5.1.4. Idoneidad y flexibilidad	19
5.1.5. Reducción de emisiones de GEI	19
5.1.6. Impacto y replicabilidad	19
5.1.7. Historial, proveedores potenciales, interés privado.....	19
5.1.8. Análisis de resultados	19
5.2. Alternativa 2: Generación de Energía Eléctrica.....	20
5.2.1. Explicación conceptual de la tecnología	20
5.2.2. Optimización de costo	20
5.2.3. Nivel de riesgos	20

5.2.4. Idoneidad y flexibilidad.....	20
5.2.5. Reducción de emisiones de GEI.....	21
5.2.6. Impacto y replicabilidad.....	21
5.2.7. Historial, proveedores potenciales, interés privado	21
5.2.8. Análisis de resultados.....	21
5.3. Alternativa 3: tratamiento de lixiviados por evaporación	22
5.3.1. Explicación conceptual de la tecnología	22
5.3.2. Optimización de costo	22
5.3.3. Nivel de riesgos	22
5.3.4. Impacto y replicabilidad.....	22
5.3.5. Reducción de emisiones de GEI.....	22
5.3.6. Idoneidad y flexibilidad.....	23
5.3.7. Historial, proveedores potenciales, interés privado	23
5.3.8. Análisis de resultados.....	23
6. Evaluación de las Opciones de Tecnología	24
6.1. Puntaje de cada alternativa de tecnología	24
6.1.1. Selección de alternativa.....	24
6.2. Decisión de la alternativa más adecuada	24
7. Similitudes con otros lugares	25
7.1. Loreto	25
7.2. San Martín.....	25
7.3. Bagua	25
8. Conclusiones.....	26
Anexos	27

1. Resumen Ejecutivo

El objetivo del presente documento es analizar las opciones de tecnologías complementarias al relleno sanitario del distrito de San Juan Bautista en Loreto, que permitan la reducción de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esta podría significar una interesante oportunidad de inversión para optimizar los costos de operación del relleno sanitario a la vez que se reducen las emisiones de GEI.

Se busca implementar tecnologías complementarias pues, el proyecto actual no toma en consideración la reducción de GEI ni los riesgos relacionados a la operación del relleno como el control de lixiviados. Este último punto es clave en la ubicación geográfica del proyecto, debido a factores climáticos que son propios de la selva peruana (clima húmedo y alto volumen de precipitaciones durante el año). Un inadecuado manejo de lixiviados, puede significar un importante daño ambiental al ecosistema cercano.

La replicabilidad de este proyecto tiene altas posibilidad pues gracias a la iniciativa JICA/BID se están construyendo varios rellenos sanitarios de dimensiones similares a este, los cuales serían potenciales candidatos para la implementación de tecnologías complementarias similares, especialmente los que están ubicados en la selva y tienen generación similar de GEI y lixiviados.¹

De este análisis esperamos obtener indicadores e información referencial de niveles de inversión, costos de operación, riesgos de implementación y reducción estimada de GEI para difundir entre actores privados relacionados al sector de residuos sólidos (RRSS). La inclusión de actores privados en este sector puede ser una eficiente solución a la problemática de gestión de la disposición final de RRSS municipales.

¹ <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-07-25/gestion-de-residuos-solidos-en-peru%2C10069.html>

2. Línea de Base General

2.1. Contexto

Como parte de la iniciativa JICA/BID, Perú recibió préstamos y asesoría técnica para la construcción de 31 rellenos sanitarios con para cubrir la brecha en infraestructura de disposición final de RRSS.

Este análisis se centra en la infraestructura que ha sido recientemente construida como resultado de esta iniciativa en el distrito de San Juan Bautista (en adelante SJB), provincia de Maynas. El Relleno Sanitario Villa San Juan, cuya construcción se proyectaba a ser completada para agosto del presente año, permitirá la disposición final adecuada de los residuos sólidos (RRSS) de cerca de 120,000 habitantes en SJB².

La construcción de este relleno sanitario ocurre en respuesta a los daños ambientales y de sanidad que provocaba el relleno sanitario “El Treinta”, el cual está ubicado en la zona de amortiguamiento de la Reserva Natural Allpahuayo-Mishana, afectándola directamente. Si bien el resultado de esta iniciativa implica un gran avance en materia ambiental, los factores climáticos implican riesgos que pueden haberse subestimado en el diseño del relleno, principalmente en lo que se refiere a la generación y tratamiento de lixiviados.

Según el expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento para la construcción del relleno³, se planteó que el tratamiento de lixiviados se diera mediante el drenado de los líquidos para posteriormente ser trasladados a la Poza de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Loreto. Sin embargo, esta solución no contempla diversos factores que pueden ocasionar un fallo en este tipo de tratamiento, como daños ambientales y contaminación del agua dado el grado de toxicidad del lixiviado y el tipo de tratamiento para aguas residuales.

El expediente técnico no contempla, los costos adicionales de transporte y tratamiento de los líquidos en la PTAR, los cuales pueden aumentar exponencialmente bajo condiciones climáticas poco favorables. Tampoco se toma en cuenta la composición de los lixiviados, la cual puede ocasionar que resulte más difícil su tratamiento en comparación con las aguas negras para las que está diseñada la PTAR. Ante una eventualidad de este tipo, el tratamiento de lixiviados en la PTAR puede resultar muy costoso para la municipalidad.

Los impactos ambientales que se desprenden de la descomposición de la fracción orgánica de los RRSS no sólo pueden ocurrir en la forma de líquidos lixiviados, sino también en la forma de GEI. El objetivo de esta nota conceptual es exponer distintas tecnologías complementarias al relleno de Villa San Juan que podrían ayudar a reducir los potenciales impactos ambientales negativos mediante la movilización de fondos del sector privado que podrían estar interesados en invertir en alternativas más eficientes en el tratamiento de líquidos lixiviados y GEI.

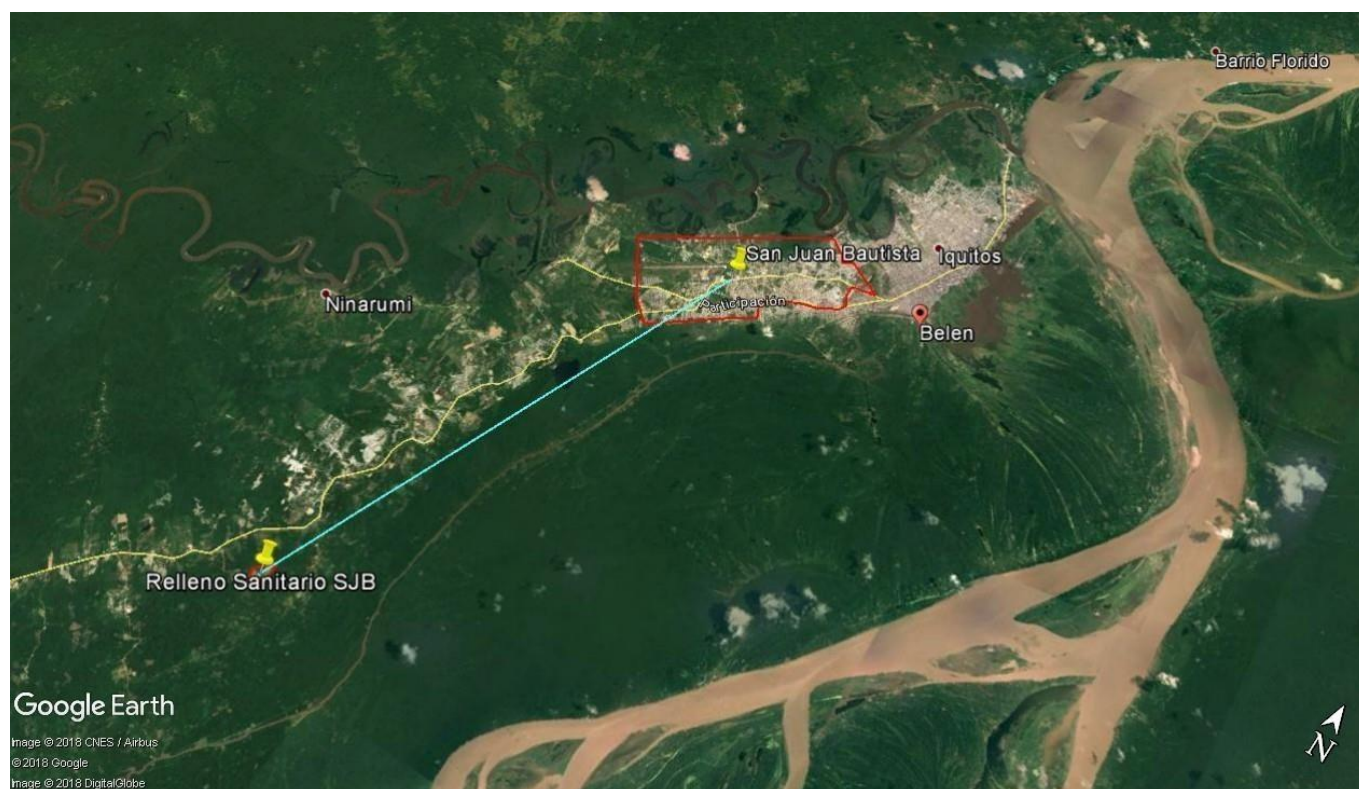
2.2. Área de Interés

La propuesta de este proyecto consiste en la implementación de una tecnología complementaria para un proyecto de construcción de un relleno sanitario para la Municipalidad de San Juan Bautista, ubicado en la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

La ubicación de esta propuesta es en un terreno denominado Moralillo, en el centro poblado Moralillo, distrito de San Juan Bautista. La figura N° 01 muestra que el Relleno Sanitario Villa San Juan se encuentra a una distancia recta de 16 Km del distrito de San Juan Bautista, cuya población es beneficiaria de este proyecto.

² <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/la-construccion-de-dos-rellenos-sanitarios-beneficiara-a-mas-de-400-mil-habitantes-de-loreto/>

³ Informe N°3 – Expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento de la Consultoría para la elaboración de estudios, expedientes y especificaciones técnicas, diseño e implementación de planes y supervisión de obras de los servicios de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (Municipalidad Distrital de San Juan Bautista).

Fig. N° 01. Área de interés del proyecto

Fuente: Google Earth

De acuerdo con los resultados del último Censo realizado por el INEI, para el año 2017, la población total del distrito de San Juan Bautista era de 127,005⁴ habitantes y en el censo anterior de 2007, 102,076⁵. Se observa que el crecimiento poblacional ha sido muy bajo, solo 25% en 10 años.

2.3. Aspectos Climáticos y Ambientales⁶

Para la caracterización del clima, se utilizó la información provista por la estación meteorológica del Aeropuerto Coronel FAP Francisco Secada Vigneta (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial, en adelante CORPAC). Por ser más cercana al proyecto (12km aproximadamente). La tabla N° 01 muestra la temperatura media y precipitación en San Juan Bautista. Las características ambientales son factores determinísticos para la viabilidad del proyecto, ya que influyen en la generación de lixiviados.

⁴ <http://censos2017.inei.gov.pe/redatam/>

⁵ <http://censos.inei.gov.pe/Censos2007/redatam/#>

⁶ Informe N°3 – Expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento de la Consultoría para la elaboración de estudios, expedientes y especificaciones técnicas, diseño e implementación de planes y supervisión de obras de los servicios de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (Municipalidad Distrital de San Juan Bautista).

Tabla N° 01. Temperatura y Precipitación en San Juan Bautista

Mes	Media de las temperaturas mínimas diarias (°C)	Media de las temperaturas máximas diarias (°C)	Media de las temperaturas diarias (°C)	Precipitación total media (mm)
Ene	31	23	27	242
Feb	31	23	27	230
Mar	31	23	27	262
Abr	31	23	27	263
May	30	22	26	238
Jun	30	22	26	177
Jul	30	22	26	133
Ago	31	22	26.5	135
Sep	32	22	27	169
Oct	32	22	27	206
Nov	32	23	27.5	207
Dic	31	23	27	237
Total	31.0	22.5	26.8	2,499

Fuente: CORPAC⁷ y Weather Spark⁸

En líneas generales, la temperatura promedio anual es de 26.8°C y la precipitación media anual, 2499mm. Es importante mencionar que, en estos últimos años, se están apreciando cambios en la estacionalidad, temperatura y precipitaciones; los cuales, si bien ocurren con mucha frecuencia, son poco usuales en estas zonas.

Por otro lado, de acuerdo con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (en adelante SENAMHI) la tasa de evapotranspiración es de 564.98mm y el promedio de humedad relativa es de 85%.

Cabe resaltar que el sistema hidrográfico está constituido por una red de pequeñas quebradas, riachuelos y pequeños ríos que confluyen en vertientes de mayor caudal. Las cuencas de los ríos Marañón (1,414 km.) y el Ucayali (1,771 km.) confluyen en las cercanías a la ciudad de Nauta, dando origen al río Amazonas (713 km.), el cual va recibiendo tributarios de otras cuencas como la de los ríos Napo y Putumayo (1,380 km.), que se forman fuera del territorio peruano y desembocan en el gran Amazonas. También es preciso recalcar que de acuerdo con las descripciones del sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área del estudio se encuentra en la zona de vida de bosque tropical húmedo.

2.4. Aspectos económicos relevantes⁹

2.4.1. Actividades Económicas

- **Agricultura:**

La principal actividad de la población es la agricultura incipiente y de subsistencia. Recientemente se inició una especialización en cultivos vinculados a procesos industriales, como es el caso de la caña de azúcar para la producción de aguardiente. El bajo rendimiento de la actividad agrícola se debe a la falta de asistencia técnica para la población y a las inundaciones por desbordes del río.

- **Pesca:**

Se desarrolla con mayor incidencia en las cuencas de los ríos Nanay e Itaya.

- **Avicultura:**

Existe gran cantidad de granjas avícolas, además de una planta incubadora de huevos y otra de procesamiento de alimentos balanceados.

⁷ <http://www.corpac.gob.pe/app/Meteorologia/TRClimatologicas/Tablas.html>

⁸ <https://es.weatherspark.com/y/147185/Clima-promedio-en-Aeropuerto-Internacional-Coronel-FAP-Francisco-Secada-Vignetta-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

⁹ Plan de Gobierno Local Distrito de San Juan Bautista. Gestión Municipal 2011-2014.

- **Industria maderera:**

La extracción forestal está limitada a la explotación de especies maderables para la producción de leña y carbón. También se emplea la madera para construcción.

2.4.2. Análisis del Entorno Económico

Actualmente la región de Loreto no está conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), sino que cuenta con su propio sistema aislado de generación eléctrica. Actualmente existen dos centrales termo eléctricas que proveen a la región de electricidad: Central Térmica de Iquitos, la cual fue ampliada hace poco¹⁰, y la Central Térmica Nueva Iquitos, la cual fue inaugurada en 2017 y se espera pueda proveer energía eléctrica a 422,000 habitantes de Iquitos¹¹.

Adicional a este, cabe resaltar que existe un proyecto mediante el cual se busca integrar a Iquitos al SEIN (Línea de Transmisión Moyobamba – Iquitos). Sin embargo, este parece estar lejos de concretarse, pues fue dado a concesión en 2014 y a la fecha no se ha avanzado en la construcción. Además, la empresa a la cual fue dado en concesión actualmente se declaró en quiebra. Esto nos lleva a concluir que, actualmente, no existe espacio para un nuevo ofertante de energía eléctrica en la región de Loreto.

Por otro lado, después de realizar la búsqueda de empresas relevantes en el distrito de San Juan Bautista y zonas cercanas al relleno, solo encontramos una empresa trasnacional importante, Isolux, empresa que está encargada de la construcción de la Línea de Transmisión, la cual se encuentra en quiebra¹². El resto de empresas identificadas son hoteles, restaurantes y pequeños negocios que probablemente estarían interesados en adquirir gas a pequeña escala. Esta afirmación, sin embargo, aún debe ser validada.

Tomando en cuenta la población mencionada y el volumen de RRSS que serán descritos posteriormente, se intuye que la potencial generación eléctrica sería usada en su totalidad por el relleno sanitario, lo que podría contribuir a una reducción de costos de operación.

¹⁰ <http://maxchavez.blogspot.com/2014/08/hidroelectrica-de-mazan-cada-vez-mas.html>

¹¹ <https://gestion.pe/economia/mem-nueva-termoelectrica-iquitos-beneficiara-energia-422-000-personas-219678>

¹² <https://gestion.pe/economia/empresas/quiebra-empresa-espanola-construccion-e-ingenieria-isolux-corsan-proyectos-peru-138730>

3. Situación Actual de la Gestión de Residuos Sólidos (RRSS)

3.1. Generación de Residuos Sólidos Municipales

La Tabla N° 02 muestra la estimación de generación de residuos sólidos desde el año 2017 al año 2049 en el Distrito de San Juan Bautista:

Tabla N° 02. Generación de Residuos Sólidos -Municipalidad San Juan Bautista¹³

Año	Población (1)	GPC (kg/hab/día) (2)	Generación de RRSS Domiciliario (Ton/día) (2)	Generación de RRSS Comercial (Ton/día) (2)	Generación de RRSS Barrido (Ton/día) (2)	Generación de RRSS Total (Ton/día) (3)	Generación de RRSS Total (Ton/año) (3)
2017	127,005	0.660	83.76	10.12	2.93	97	35,334
2018	129,811	0.666	86.47	10.44	3.02	100	36,476
2019	132,678	0.673	89.26	10.78	3.12	103	37,655
2020	135,609	0.680	92.15	11.13	3.22	106	38,871
2021	138,605	0.686	95.13	11.49	3.32	110	40,127
2022	141,667	0.693	98.20	11.86	3.43	113	41,424
2023	144,797	0.700	101.37	12.24	3.54	117	42,762
2024	147,996	0.707	104.65	12.64	3.66	121	44,144
2025	151,265	0.714	108.03	13.05	3.77	125	45,570
2026	154,607	0.721	111.52	13.47	3.90	129	47,043
2027	158,022	0.729	115.12	13.90	4.02	133	48,563
2028	161,513	0.736	118.84	14.35	4.15	137	50,132
2029	165,081	0.743	122.68	14.82	4.29	142	51,752
2030	168,728	0.751	126.65	15.29	4.43	146	53,424
2031	172,455	0.758	130.74	15.79	4.57	151	55,151
2032	176,265	0.766	134.97	16.30	4.72	156	56,933
2033	180,159	0.773	139.33	16.83	4.87	161	58,772
2034	184,139	0.781	143.83	17.37	5.03	166	60,671
2035	188,207	0.789	148.48	17.93	5.19	172	62,632
2036	192,365	0.797	153.27	18.51	5.36	177	64,656
2037	196,614	0.805	158.23	19.11	5.53	183	66,745
2038	200,958	0.813	163.34	19.72	5.71	189	68,901
2039	205,397	0.821	168.62	20.36	5.89	195	71,128
2040	209,935	0.829	174.06	21.02	6.08	201	73,426
2041	214,572	0.837	179.69	21.70	6.28	208	75,799
2042	219,313	0.846	185.50	22.40	6.48	214	78,248
2043	224,158	0.854	191.49	23.12	6.69	221	80,776
2044	229,110	0.863	197.68	23.87	6.91	228	83,386
2045	234,171	0.871	204.06	24.64	7.13	236	86,081
2046	239,344	0.880	210.66	25.44	7.36	243	88,862
2047	244,631	0.889	217.46	26.26	7.60	251	91,733
2048	250,036	0.898	224.49	27.11	7.84	259	94,698
2049	255,559	0.907	231.74	27.99	8.10	268	96,418

Fuentes: (1) <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>, (2) ECRS Municipalidad de SJB, (3) Estimaciones propias.

Las proyecciones asumen un incremento poblacional de aproximadamente 2.21% por año¹⁴. La expectativa de un aumento en el número de habitantes, viene con la expectativa de un incremento en el nivel de riqueza y de consumo; y, por ende, a la generación de residuos en la ciudad. La proyección de generación total de residuos sólidos diaria en la zona urbana del distrito de San Juan Bautista es de aproximadamente 97 T/día, que

¹³ MDSJB: *Estudios de caracterización de residuos sólidos MDSJB 2016*

¹⁴ Estimación propia, basada en resultados de Censos 2007 y 2017.

corresponden a la sumatoria de los residuos sólidos domiciliarios (97,30), bodegas (2,89), restaurantes (3,03), comercios (2,79), instituciones educativas (1,87), puestos de mercado (1,17) y barrido de calles (3,40)¹⁵.

3.2. Composición de los Residuos Sólidos Municipales

La tabla N° 03 muestra la composición promedio de los RRSS del distrito de SJB, donde se resalta que el 73.51% es materia orgánica.

Tabla N° 03. Composición de los Residuos Sólidos -Distrito de San Juan Bautista

Tipo de residuos sólidos	% RRSS	RRSS domiciliario (Ton/día)	RRSS No Domiciliarios (%)	RRSS no domiciliario (Ton/día)	RRSS Municipal Total (Ton/día)	% Promedio
1. Materia Orgánica	74.53%	69.13	65.44%	7.69	76.82	73.51%
2. Madera, Follaje	3.00%	2.78	0.58%	0.07	2.85	2.73%
3. Papel	3.36%	3.11	6.16%	0.72	3.84	3.67%
4. Cartón	2.30%	2.14	5.36%	0.63	2.77	2.65%
5. Vidrio	1.65%	1.53	1.87%	0.22	1.75	1.67%
6. Plástico PET	3.39%	3.15	4.15%	0.49	3.63	3.48%
7. Plástico Duro	3.14%	2.91	1.67%	0.20	3.11	2.97%
8. Bolsas	2.65%	2.46	4.46%	0.52	2.98	2.85%
9. Tetrapak	0.66%	0.61	0.68%	0.08	0.69	0.66%
10. Tecnopor y similares	0.51%	0.48	0.41%	0.05	0.52	0.50%
11. Metal	0.19%	0.18	0.15%	0.02	0.20	0.19%
12. Telas, textiles	2.78%	2.58	0.82%	0.10	2.68	2.56%
13. Caucho, cuero, jebe	0.12%	0.11	0.90%	0.11	0.22	0.21%
14. Pilas	0.00%	0.00	0.02%	0.00	0.00	0.00%
15. Restos de medicinas, etc.	0.06%	0.06	0.02%	0.00	0.06	0.06%
16. Residuos Sanitarios	0.55%	0.51	2.81%	0.33	0.84	0.80%
17. Residuos Inertes	0.05%	0.04	0.00%	0.00	0.04	0.04%
18. Envolturas	0.36%	0.33	1.71%	0.20	0.53	0.51%
19. Latas	0.44%	0.41	1.00%	0.12	0.53	0.50%
20. RAEE	0.08%	0.08	0.06%	0.01	0.08	0.08%
21. Huesos	0.00%	0.00	0.25%	0.03	0.03	0.03%
22. Otros	0.18%	0.17	1.49%	0.18	0.34	0.33%

Fuente: Municipalidad Distrital SJB: *Estudios de caracterización de residuos sólidos MDSJB 2016*

3.3. Procesos Clave en la Gestión de Residuos Sólidos

El alcance de este análisis es la disposición final de los residuos sólidos municipales. En este sentido, no analizamos los procesos de valorización de residuos, pero si consideramos el efecto de las actividades de segregación con fines de reciclaje y compostaje para estimar los volúmenes de RRSS que llegan a disposición final en el relleno sanitario, que es donde se genera el mayor volumen de GEI.

Los procesos que forman parte de la Gestión de RRSS municipales relevantes son los siguientes:

- Generación
- Almacenamiento
- Barrido
- Recolección
- Transporte
- Reciclaje
- Tratamiento
- Disposición Final

¹⁵ Municipalidad San Juan Bautista: Estudio de caracterización de Residuos Sólidos 2016

La Municipalidad Distrital de SJB brinda los servicios de recolección de residuos sólidos, barrido de calles, parques y jardines, y patrullaje de Serenazgo a todos los predios y contribuyentes del distrito (ver tabla N° 04). Cabe precisar que el costo efectivo del servicio está distribuido entre los predios afectos al pago. Esto quiere decir entre los 17,288 predios registrados como “construidos” en la base de datos de la Gerencia de Rentas. Aquellos predios que se identifican como “no construidos” no se les carga el costo de los servicios municipales, ya que el informe de Defensoría del Pueblo N° 106, precisa “que los predios sin construir no se les deberá de cargar el costo de los Servicios de Recojo de Residuos Sólidos y Parques y áreas verdes debido a que, al no estar concluido el predio no son potencialmente beneficiados del goce del área verde y el servicio de recojo de RRSS”¹⁶.

Tabla N° 04. Alcance del servicio de limpieza pública

Predio	Cantidad
Total de Predios	17,288
Total de Contribuyentes	16,436

Los costos totales de cada servicio se distribuyen entre el número de predios afectos conforme a la tabla N°05:

Tabla N° 05: Cantidad de Predios Afectos según el Tipo de Servicio

Servicio a distribuir por predios	Nro. de Predios
Recojo de Residuos Sólidos	14,196
Barrido de Calles	3,365
Serenazgo	17,288
Parques y Jardines	14,196

3.3.1. Recolección y Transporte

El distrito de San Juan Bautista tiene una extensión territorial de 3,055.28 Km², donde se encuentran principalmente asentamientos humanos, asociaciones de vivienda y urbanizaciones, que no cuentan al 100% con servicios de agua y alcantarillado, tienen poca infraestructura vial pues solo las avenidas principales o avenidas de penetración están asfaltadas y la mayoría de sus calles y vías internas no. Por ello, el servicio de barrido de calles se realiza con distinta frecuencia en el distrito y sólo sobre las vías asfaltadas.

Para efectos de la prestación de este servicio se han definido las vías donde se presta el servicio. Así también se está incluyendo la frecuencia en cada una de estas vías. Este servicio se realiza por la municipalidad, para lo cual se ha implementado la logística necesaria. La recolección de residuos, así como el transporte se realiza a través de rutas planificadas.

3.3.2. Disposición Final

En el año 2015, el servicio de disposición final de los residuos sólidos lo prestó una empresa privada. Hoy, la municipalidad de SJB, cuenta con el co-financiamiento para la construcción del nuevo relleno sanitario, a través del Ministerio del Ambiente, JICA, Banco Interamericano de Desarrollo y el Ministerio de Economía. Este proyecto se ejecuta sobre un terreno que pertenece a la municipalidad de SJB.

3.4. Propuesta de Solución Actual

3.4.1. Relleno Sanitario

El proyecto busca la construcción de un relleno sanitario y su correcta operación y mantenimiento para atender las necesidades de la ciudad de Villa San Juan, y brindar una opción viable para la correcta disposición final de los residuos de los habitantes del distrito, reduciendo así, las potenciales enfermedades y otras implicancias sociales y ambientales que pudiesen desprenderse en un escenario alternativo en el cual no se toman medidas correctivas ante esta situación (disposición final en botaderos a cielo abierto).

¹⁶ Municipalidad San Juan Bautista: Informe Técnico de Arbitrios 2016

Tabla N° 06. Coordenadas del Nuevo Relleno Sanitario San Juan Bautista¹⁷

Vértice	Longitud (m)	Este	Norte
P1	628.05	683,297.745	9,567,628.407
P2	157.88	683,290.048	9,567,000.405
P3	298.30	683,164.431	9,567,096.004
P4	172.75	682,940.882	9,566,898.501
P5	204.25	682,825.264	9,567,230.292
P6	811.90	682,607.122	9,567,230.292
P7	33.31	683,265.286	9,567,635.886

La figura N° 02 muestra la ubicación del terreno para el nuevo relleno sanitario de San Juan Bautista, el cual tiene un área de 21.3065ha y un perímetro de 2106.406m. La tabla N° 06 muestra sus coordenadas geográficas.

Fig. N° 02. Área del Nuevo Relleno Sanitario San Juan Bautista

Fuente: Google Earth

La tabla N° 07, muestra una proyección de generación de residuos considerando que el relleno entraría en operación en el año 2019 (Ver supuestos utilizados en el Anexo 01). Con la aplicación de estos supuestos obtenemos que para el año 2019 existe una demanda total de disposición final de relleno sanitario de 34,443 ton/año.

Tabla N° 07: Proyección de Demanda del Relleno Sanitario -San Juan Bautista

N°	Año	Población (1)	Generación de RRSS Total (Ton/año) (2)	RRSS Recuperados en Ciudad (papel, carton, plásticos, metales, vidrio y jebe) (Ton/año) (2)	Residuos compostables (mercado y areas verdes) (ton/año) (2)	Demanda de disposición final RRSS (ton/año) (3)
0	2019	132,678	37,655	1,752	1,460	34,443
1	2020	135,609	38,871	1,809	1,507	35,555
2	2021	138,605	40,127	1,867	1,556	36,704

¹⁷ Municipalidad San Juan Bautista: Informe técnico N° 353-2014-GRL-DL-Loreto/30.09.04, referente a la opinión técnica favorable del estudio de selección de sitio expedido por la Diresa Loreto

Nº	Año	Población (1)	Generación de RRSS Total (Ton/año) (2)	RRSS Recuperados en Ciudad (papel, carton, plásticos, metales, vidrio y jebe) (Ton/año) (2)	Residuos compostables (mercado y areas verdes) (ton/año) (2)	Demanda de disposición final RRSS (ton/año) (3)
3	2022	141,667	41,424	1,927	1,606	37,890
4	2023	144,797	42,762	1,990	1,658	39,115
5	2024	147,996	44,144	2,054	1,712	40,379
6	2025	151,265	45,570	2,120	1,767	41,683
7	2026	154,607	47,043	2,189	1,824	43,030
8	2027	158,022	48,563	2,260	1,883	44,421
9	2028	161,513	50,132	2,333	1,944	45,856
10	2029	165,081	51,752	2,408	2,007	47,338
11	2030	168,728	53,424	2,486	2,071	48,867
12	2031	172,455	55,151	2,566	2,138	50,446
13	2032	176,265	56,933	2,649	2,207	52,076
14	2033	180,159	58,772	2,735	2,279	53,759
15	2034	184,139	60,671	2,823	2,352	55,496
16	2035	188,207	62,632	2,914	2,428	57,289
17	2036	192,365	64,656	3,008	2,507	59,140
18	2037	196,614	66,745	3,106	2,588	61,051
19	2038	200,958	68,901	3,206	2,672	63,024
20	2039	205,397	71,128	3,309	2,758	65,060
21	2040	209,935	73,426	3,416	2,847	67,163
22	2041	214,572	75,799	3,527	2,939	69,333
23	2042	219,313	78,248	3,641	3,034	71,573
24	2043	224,158	80,776	3,758	3,132	73,886
25	2044	229,110	83,386	3,880	3,233	76,273
26	2045	234,171	86,081	4,005	3,338	78,738
27	2046	239,344	88,862	4,135	3,446	81,282
28	2047	244,631	91,733	4,268	3,557	83,908
29	2048	250,036	94,698	4,406	3,672	86,620
30	2049	255,559	97,757	4,548	3,790	89,419

Fuentes: (1) Estimación, <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>, (2) Estimación, Informe N°3. Expediente Técnico de Disposición Final y Reaprovechamiento, (3) Estimaciones propias.

Se realiza esta proyección de 30 años con el objetivo de establecer una referencia para demostrar la demanda de disposición final, la cual será posteriormente utilizada para estimar el volumen ocupado (tabla N° 08) y la vida útil del relleno sanitario (tabla N° 09).

3.4.1.1. Estimación de Demanda y Cálculo de Vida Útil

La tabla N° 08, muestra el requerimiento de volumen del relleno sanitario para satisfacer la demanda. En esta condición se asume que la densidad del residuo sólido compactado es de 0.55ton/m³ y así mismo se asume una altura de plataforma de 4m al cual se le agrega una altura de 60 cm de material de cobertura, Finalmente dentro del relleno ocurre la degradación de los residuos reduciendo su volumen hasta un 60% en el periodo del proyecto.

Para el año 2019 los cálculos realizados establecen que el volumen ocupado sería de 43,123 m³ y al finalizar el año 30 el volumen ocupado sería de 2,585,661 m³.

Tabla N° 08: Volumen Demandado por los Residuos Sólidos en el relleno Sanitario

Nº	Año	RRSS Acumulado (ton/año) (1)	RRSS Compactados (m3/año) (1)	RRSS Estabilizado (m3) (1)	Altura plataforma RS (m) (2)	Espesor Cobertura (m) (2)	Material de Cobertura (m3/año) (2)	Volumen Total (m3/año) (3)	Volumen Ocupado Acumulado (m3/año) (3)
0	2019	34,443	62,623	33,730	4.00	0.60	9,393	43,123	43,123
1	2020	69,998	64,646	34,819	4.00	0.60	9,697	44,516	87,639
2	2021	106,702	66,735	35,945	4.00	0.60	10,010	45,955	133,594
3	2022	144,593	68,891	37,106	4.00	0.60	10,334	47,440	181,034

Nº	Año	RRSS Acumulado (ton/año) (1)	RRSS Compactados (m3/año) (1)	RRSS Estabilizado (m3) (1)	Altura plataforma RS (m) (2)	Espesor Cobertura (m) (2)	Material de Cobertura (m3/año) (2)	Volumen Total (m3/año) (3)	Volumen Ocupado Acumulado (m3/año) (3)
4	2023	183,707	71,118	38,305	4.00	0.60	10,668	48,973	230,006
5	2024	224,086	73,415	39,543	4.00	0.60	11,012	50,555	280,561
6	2025	265,769	75,788	40,820	4.00	0.60	11,368	52,189	332,750
7	2026	308,799	78,237	42,139	4.00	0.60	11,735	53,875	386,625
8	2027	353,220	80,765	43,501	4.00	0.60	12,115	55,616	442,241
9	2028	399,075	83,374	44,907	4.00	0.60	12,506	57,413	499,653
10	2029	446,413	86,068	46,358	4.00	0.60	12,910	59,268	558,921
11	2030	495,280	88,849	47,856	4.00	0.60	13,327	61,183	620,104
12	2031	545,726	91,720	49,402	4.00	0.60	13,758	63,160	683,264
13	2032	597,802	94,684	50,998	4.00	0.60	14,203	65,201	748,465
14	2033	651,561	97,743	52,646	4.00	0.60	14,662	67,308	815,773
15	2034	707,057	100,902	54,347	4.00	0.60	15,135	69,482	885,255
16	2035	764,346	104,162	56,103	4.00	0.60	15,624	71,728	956,983
17	2036	823,487	107,528	57,916	4.00	0.60	16,129	74,045	1,031,028
18	2037	884,538	111,002	59,787	4.00	0.60	16,650	76,438	1,107,466
19	2038	947,562	114,589	61,719	4.00	0.60	17,188	78,908	1,186,373
20	2039	1,012,622	118,292	63,714	4.00	0.60	17,744	81,457	1,267,831
21	2040	1,079,785	122,114	69,971	4.00	0.60	18,317	88,288	1,356,118
22	2041	1,149,118	126,060	76,842	4.00	0.60	18,909	95,751	1,451,869
23	2042	1,220,691	130,133	84,388	4.00	0.60	19,520	103,908	1,555,778
24	2043	1,294,577	134,338	92,676	4.00	0.60	20,151	112,826	1,668,604
25	2044	1,370,850	138,679	101,777	4.00	0.60	20,802	122,579	1,791,183
26	2045	1,449,588	143,160	111,772	4.00	0.60	21,474	133,246	1,924,428
27	2046	1,530,870	147,785	122,748	4.00	0.60	22,168	144,916	2,069,344
28	2047	1,614,778	152,561	134,803	4.00	0.60	22,884	157,687	2,227,031
29	2048	1,701,398	157,490	148,041	4.00	0.60	23,624	171,664	2,398,695
30	2049	1,790,816	162,579	162,579	4.00	0.60	24,387	186,966	2,585,661

Fuente: (1) Estimaciones propias (Ver Anexo 01), (2) Volumen del material de cobertura en (3) Cálculo del volumen total, producto de la suma de RRSS estabilizado más el material de cobertura, y cálculo del volumen total acumulativo por año

Para establecer la vida útil del relleno sanitario, se parte de la premisa de que se cuenta con 21 hectáreas disponibles, de las cuales se emplearán 17 hectáreas para construir celdas de relleno sanitario, quedando 4 hectáreas para vías de acceso, y servicios propios del relleno. La tabla N° 09 muestra que en total el volumen disponible para confinar residuos sólidos es de 1'391,040.00m³.

Dentro de las 17 hectáreas se proponen construir 7 grandes celdas de 2.28Has de base, 4m de altura y 30m de frente de trabajo. En cada celda se propone construir hasta 2 niveles de plataformas. El diseño obedece a una disposición en área en una estructura de pirámide de 30m de frente de trabajo.

Tabla N° 09. Volumen Disponible para Confinamiento de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario

Celdas Proyectadas	Niveles por celda	Altura por Plataforma (m)	% Área de servicio	Área total Disponible x celda (ha)	Volumen Disponible por celda (m3)	Volumen Disponible Total (m3)
8	2	4.6	80%	3.65	167,885	1,391,040

Para un volumen total ocupado de 1,391,040m³ de acuerdo a la tabla N° 09 se tiene mediante interpolación una vida útil de 21.74 años, como se puede apreciar en la tabla N°10. Este tiempo de vida permite pensar en proyectos a largo plazo con el relleno sanitario.

Tabla N° 10. Cálculo de la Vida Útil

Cálculo de la vida útil		
A. Celda	2.03	Ha
A. terreno	21	Ha
A. Disponible	17	Ha
N° Celdas	8.3	
Volumen Total	1,391,040	m3
Tiempo de vida	22	Años

3.4.1.2. Estimación de Volumen de Gas Generado en el Relleno

Para estimar la generación y potencial reducción de emisiones a partir de la descomposición de los residuos sólidos en el relleno sanitario, emplearemos como referencia las herramientas provistas por el Clean Development Mechanism (CDM) de la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)¹⁸.

Methodology and Tools
ACM0001 / Version 15.0.0 "Flaring or use of landfill gas"
Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1)
Project emissions from flaring" (Version 02.0.0)
Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption" (Version 01)

En base al volumen estimado de residuos sólidos, la composición asumida y las características climáticas del lugar, al aplicar estas herramientas al proyecto Relleno Sanitario Trujillo podemos estimar que para el año 2019 se esperaría tener un volumen de 224,571 Nm³ de "Landfill Gas" (LFG).

A partir de las proyecciones de LFG y conociendo la composición de los residuos se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de GEI emitido por los RRSS. Con esta información se pueden hacer estimaciones sobre cuántas toneladas de CO₂ equivalentes serán destruidas (tCO₂e).

La tabla N° 10 muestra los resultados estimados hasta el año 2041 (22 años, equivalentes a la vida útil del relleno).

Tabla N° 11. Estimación de volumen de Gas Generado en el Relleno

Año	LFG (Nm ³ /año)	Año	LFG (Nm ³ /año)	Año	LFG (Nm ³ /año)
1	224,571	9	1,947,023	17	3,689,208
2	445,846	10	2,159,939	18	3,916,905
3	664,421	11	2,373,602	19	4,147,786
4	880,842	12	2,588,344	20	4,382,136
5	1,095,612	13	2,804,487	21	4,620,238
6	1,309,195	14	3,022,344	22	4,862,376
7	1,522,024	15	3,242,219		
8	1,734,506	16	3,464,409		

Fuente: Estimación propia

El volumen calculado resulta interesante para realizar un aprovechamiento energético local de este biogás.

3.4.2. Alternativas Tecnológicas de Reducción de Emisiones

Adicional al relleno, se busca alternativas para aprovechar el biogás generado por el relleno sanitario en el tratamiento de los lixiviados o en la generación eléctrica para autoconsumo, reduciendo así los costos de operación.

Dentro del universo de opciones tecnológicas que están presentes en el mercado se ha seleccionado tres alternativas aplicables al relleno sanitario de San Juan Bautista.

- Alternativa 1: Captura y quema centralizada de biogás.
- Alternativa 2: Generación de energía eléctrica a partir del biogás.
- Alternativa 3: Tratamiento de lixiviados por evaporación forzada

Las alternativas se seleccionan porque existe la necesidad de reducir costos operativos y éstas reducen las emisiones de GEI del relleno. Las tecnologías mostradas existen en el mercado global y son replicables a la realidad del país.

Assumiendo que el proceso de disposición final está técnicamente bien manejado y los costos de operación y mantenimiento están cubiertos, se puede proyectar diferentes soluciones mediante un proyecto a largo plazo basado en la premisa de que el relleno sanitario recibe un flujo de residuos constante a lo largo de su vida útil.

¹⁸ <https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>

4. Criterios de selección y niveles de clasificación

4.1. Análisis de Alternativas

Se han establecido 8 criterios de selección que incluyen aspectos como el costo, riesgo, plazo y la flexibilidad. La tabla N° 11 muestra el peso porcentual, el criterio de decisión y la puntuación establecida para cada alternativa en función a un juicio de expertos. Para la puntuación se considera 1 el peor puntaje y 3 el mejor.

Tabla N° 12. Descripción y puntaje de criterios de selección

Puntaje (A)	Peso (B)	Descripción	Criterio de Decisión
Optimización del Costo (Puntaje 1-3)	20%	Costos de la alternativa teniendo en cuenta el CAPEX y el OPEX. Se considera como beneficio adicional los potenciales flujos de ingresos generados por la alternativa (en relación con otras tecnologías) a lo largo de su vida útil.	La alternativa con los costos netos más bajos en el transcurso de su vida útil recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con los costos netos más altos recibirá la puntuación más baja (1).
Nivel de Riesgo (Construcción) (Puntaje 1-3)	5%	Riesgo asociado a las demoras en la implementación y desvíos del plan/cronograma de proyecto. La simplicidad en la implementación obtiene mayor puntuación que las tecnologías más complejas.	La alternativa con el nivel más bajo de riesgo recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con el mayor nivel de riesgo recibirá la puntuación más baja (1).
Nivel de Riesgo (Operación) (Puntaje 1-3)	5%	Nivel de riesgo de la capacidad de la tecnología para suministrar largos periodos de operación satisfactoria sin fallas durante su uso.	La alternativa con el nivel más bajo de riesgo recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con el mayor nivel de riesgo recibirá la puntuación más baja (1).
Idoneidad (Puntaje 1-3)	10%	Capacidad de la tecnología para adecuarse de mejor manera a las características físicas y los requisitos del sitio elegido. La tecnología probada localmente y/o internacionalmente en este tipo de lugares obtiene mayor puntuación, así como tecnologías con beneficios específicos para el ambiente en el que se implementa.	La alternativa con el más alto nivel de idoneidad recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con el nivel más bajo de idoneidad recibirá la puntuación más baja (1).
Flexibilidad (puntaje 1-3)	10%	Flexibilidad de la alternativa en términos de potencial para adaptarse a las demandas futuras. Potencial de escalabilidad en el caso de aumento de la demanda. Si la escalabilidad no requiere mayor inversión o esfuerzo la tecnología obtiene mayor puntuación.	La alternativa con el mayor nivel de flexibilidad recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con el nivel más bajo de flexibilidad recibirá la puntuación más baja (1).
Reducción de Emisiones (Puntaje 1-3)	20%	Las posibles reducciones de emisiones proyectadas relativa a los niveles de emisiones de GEI de referencia (línea base) en el transcurso de la vida útil de la tecnología. Cuanta más reducción de emisiones genera, mayor será la puntuación de la tecnología.	La alternativa con el mayor potencial de reducción de emisiones de GEI recibirá el puntaje más alto (3). La alternativa con el menor potencial de reducción de emisiones de GEI recibirá el puntaje más bajo (1)
Impacto Social y/o Ambiental (puntaje 1-3)	15%	Potencial de genera impacto social: oportunidades de empleo para la comunidad local, mayor acceso a la energía como resultado de la generación de energía, entre otros. Potencial de reducción de daños ambientales al usar la tecnología	La alternativa con el mayor nivel de posible impacto social y/o ambiental positivo recibirá el puntaje más alto (3). La alternativa con el potencial de impacto positivo más bajo recibirá la puntuación más baja (1)
Replicabilidad (Puntaje 1-3)	15%	Posibilidad de replicar la alternativa en otros rellenos sanitarios o lugares del país. Si la tecnología puede ser aplicada en una cantidad mayor de lugares con beneficios similares, esta obtiene mayor puntaje.	La alternativa con el mayor nivel de replicabilidad recibirá la puntuación más alta (3). La alternativa con el menor potencial de reducción de emisiones de GEI recibirá el puntaje más bajo (1).

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1. Análisis de viabilidad

Para cada alternativa presentada se realiza un análisis multi-criterio determinado por ocho criterios a los cuales se les ha asignado una puntuación (A) y un peso ponderado (B) y, obteniéndose por multiplicación el puntaje (AxB). Usando la técnica del juicio de expertos, se ha establecido que para el proyecto los puntajes mayores a 2 son muy viables; entre 1 y 2 son viables y menores que 1 son poco viables. Ver tabla N° 12.

Tabla N°13. Escala de Puntajes de Viabilidad para el Análisis de Alternativas

Puntaje de Viabilidad	Descripción
Mayor a 2	Muy viable
Entre 1 y 2	Viable
Menor que 1	Poco viable

Fuente: Elaboración Propia

5. Alternativas de Tecnologías

5.1. Alternativa 1: captura y quema centralizada de biogás

5.1.1. Explicación conceptual de la tecnología

Esta alternativa contempla la construcción de pozos de biogás, en las plataformas del relleno sanitario, este biogás es capturado y transportado hacia una estación de succión activa y derivado hacia una estación de destrucción por combustión controlada, de tal manera que se cuantifica en modo continuo los GEI destruidos de acuerdo a la metodología ACM 001 de la UNFCCC. El gráfico N° 01 muestra el flujo necesario para lograr la captura y quema centralizada de biogás donde se emplea un gasómetro como almacén del biogás.

Fig. N° 03. Flujo de la Captura y Quema Centralizada de Biogás



5.1.2. Optimización de costo

Los costos incurridos están básicamente en la construcción de los pozos de captación de biogás, el ducto de transporte del biogás, la estación de succión y la estación de quema centralizada.

Se ha estimado un presupuesto de esta alternativa esta valorizado en US\$ 0.1 millones para lo cual se ha incorporado la reserva de contingencias y reserva de gestión (Para mayor detalle ver Anexo N° 03). Este estimado toma como referencia el proyecto CDM “Perú: Huayacoloro Landfill Gas Recovery” (“World Bank Documents”).¹⁹

El retorno de esta inversión está en el aprovechamiento del biogás como combustible para un proyecto de autogeneración eléctrica o evaporación de lixiviados.

5.1.3. Nivel de riesgos

Se han identificado riesgos del proyecto, asociados a demoras en la implementación y costos sociales. Se ha establecido una contingencia del 10% del presupuesto estimado.

La selección de proveedores se hará mediante concurso privado directamente del operador del relleno sanitario. La instalación toma un tiempo máximo de 12 meses por lo que a fines del año 2020 se podría iniciar con la implementación de este proyecto.

¹⁹ <http://documents.worldbank.org/curated/en/951071468293396238/pdf/337610PADoPo941aycolorooPADoSepto30.pdf>
(Revisar Annex 5 de este documento)

5.1.4. Idoneidad y flexibilidad

La alternativa es útil para el sitio, pues permite alcanzar el objetivo de reducción de emisiones, a un costo de financiamiento bajo, siendo posible indexar los costos de operación a la tarifa cobrada por el tratamiento de los residuos municipales. Sin embargo, no mitiga ningún otro tipo de problemas como el tratamiento adecuado para los lixiviados.

La alternativa es bastante flexible, pues, ante un incremento en la generación de emisiones, estas podrían ser almacenadas en el lugar designado o en las propias tuberías, para ser luego quemadas.

5.1.5. Reducción de emisiones de GEI

Se ha estimado que en un periodo de 22 años (vida útil del proyecto) se reducirán un volumen de 441,664 tCO_{2e}. Para realizar esta estimación, se utilizaron las herramientas provistas por Clean Development Mechanism (CDM) de la United Nations Framework on Climate Change (UNFCCC) (Ver Anexo N° 02 para mayor detalle sobre los supuestos utilizados).

5.1.6. Impacto y replicabilidad

No existe impacto ambiental o social adicional al de reducción de emisiones.

Esta alternativa es bastante replicable para todo tipo de rellenos y, en la escala analizada, puede ser aplicado a rellenos de similar tamaño. Siendo una opción factible por el bajo costo que implica.

5.1.7. Historial, proveedores potenciales, interés privado

En el País se tiene esta tecnología implementada en 03 rellenos sanitarios: RS Huaycoloro, RS Modelo del Callao y RS Ancón. También existen en el mercado proveedores como ABISA, Haug, Jhon Zink, Jorvex, Cidelsa, TDM, etc.

Es posible indexar los costos de operación al del relleno sanitario a la tarifa cobrada por disposición final, esto podría generar interés en actores privados, como es el caso de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos como Petramás, KDM, Veolia, Proactiva, Acciona, etc.

5.1.8. Análisis de resultados

Según el método descrito y en sesión de trabajo con el equipo técnico de la Dirección General de Residuos Sólidos (DGRS) y la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del MINAM se obtuvo el resultado mostrado en la tabla N° 14.

Tabla N° 14. Puntaje de la Alternativa 1

Puntaje (A)	Peso (B)	Puntuación	Puntuación Ponderada
Optimización del Costo	20%	3	0.6
Nivel de Riesgo (Construcción)	5%	3	0.15
Nivel de Riesgo (Operación)	5%	3	0.15
Idoneidad	10%	1	0.1
Flexibilidad	10%	3	0.3
Reducción de Emisiones	20%	1	0.2
Impacto Ambiental y Social	15%	1	0.15
Replicabilidad	15%	2	0.3
Total	100%	-	1.95

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Alternativa 2: Generación de Energía Eléctrica

5.2.1. Explicación conceptual de la tecnología

Esta alternativa contempla la construcción de pozos de biogás y el sistema de transporte, limpieza y combustión para la generación de energía eléctrica en moto generadores de alta eficiencia. La energía eléctrica generada puede utilizarse en las operaciones del relleno, reduciendo así el costo incurrido en la generación eléctrica con Diesel. El gráfico N° 02 muestra el flujo necesario para lograr la generación eléctrica a partir del biogás. En esta condición el Flare se emplea como una medida de seguridad cuando los moto-generadores deban ser detenidos para el mantenimiento.

Fig. N° 04. Flujo de la Generación Eléctrica con Biogás



5.2.2. Optimización de costo

Los costos incurridos están básicamente en la estación de compresión de gas, estación de limpieza, unidades de generación, subestación eléctrica y la red de distribución eléctrica interna.

Se ha estimado que a partir del tercer año del proyecto se tiene gas suficiente para instalar un moto generador de 50kW para uso propio del relleno sanitario, luego si se requiere más potencia es posible incrementar esta capacidad hasta 500kW a partir del año 10.

El presupuesto para este proyecto se estima entre US\$0.2 millones, para lo cual se ha incorporado la reserva de contingencias y reserva de gestión (Para mayor detalle ver Anexo N°04). Este estimado está basado en el proyecto CDM “Perú: Huaycoloro Landfill Gas Recovery”, de manera similar a la alternativa anterior.

El retorno de esta inversión está en el ahorro generado por dejar de usar autogeneración con Diesel.

5.2.3. Nivel de riesgos

Es posible que el plazo no se cumpla por temas de retardo en los permisos y costo social.

La selección de proveedores se hará mediante concurso privado directamente del operador del relleno sanitario. Constructivamente, el proyecto toma un mínimo de 12 meses.

5.2.4. Idoneidad y flexibilidad

La alternativa es útil para el lugar, pues permite alcanzar el objetivo de reducción de emisiones y además reduce los costos operativos del relleno sanitario al utilizar energía eléctrica autogenerada. Sin embargo, no mitiga ningún otro tipo de problemas como el tratamiento adecuado para los lixiviados.

La alternativa es bastante flexible, y ante un incremento en la generación de emisiones, el excedente de GEI se elimina en la quema centralizada.

5.2.5. Reducción de emisiones de GEI

Se ha estimado que en un periodo de 22 años se reducirán un volumen de 446,426 tCO₂e. Esto, debido a que el uso de energías renovables, como la proveniente de la biomasa del relleno, reducen la demanda de otro tipo de energías convencionales que producen emisiones. En el caso de Loreto, la región recibe la mayoría de su energía de dos plantas termo eléctricas.

El uso de energía limpia se contabiliza como reducción de emisiones al evitar usar las otras fuentes de energía mencionadas. Esta compensación es de 0.45 tCO₂eq. por cada MW/h producido en el relleno, que es lo que explica la diferencia con la alternativa anterior. Se utilizaron las mismas herramientas referenciadas en la alternativa anterior (Ver Anexo 02 para mayor detalle sobre los supuestos utilizados).

5.2.6. Impacto y replicabilidad

El impacto por reducción de GEI por quema centralizada es bajo, igual que el caso anterior, sin embargo, se le atribuye un impacto adicional por el desplazamiento de energías convencionales que generan emisiones, pues se emplea la energía limpia generada a partir de biomasa.

Esta alternativa es de menor replicabilidad, debido al costo adicional que implica y que el ahorro generado por autoconsumo es relativamente bajo.

5.2.7. Historial, proveedores potenciales, interés privado

En el País se tiene esta tecnología implementada en el relleno sanitario Huaycoloro para la exportación a la red y para autoconsumo con gasómetros lo desarrollan con biogás de purines. También existen proveedores potenciales como Caterpillar, Jenbacher, Perennial Energy, etc.

Al ser una tecnología adicional complementario a la tecnología de captura y quema centralizada; es posible que los privados interesados sean las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos como Petramás, KDM, Veolia, Proactiva, Acciona, etc.; pues le reducirá costos operativos

5.2.8. Análisis de resultados

Según el método descrito y en sesión de trabajo con el equipo técnico de la DGRS y DGCCD del MINAM se obtuvo el resultado mostrado en la tabla N° 15.

Tabla N° 15. Puntaje de la alternativa 2

Puntaje (A)	Peso (B)	Puntuación	Puntuación Ponderada
Optimización del Costo	20%	3	0.6
Nivel de Riesgo (Construcción)	5%	3	0.15
Nivel de Riesgo (Operación)	5%	2	0.1
Idoneidad	10%	1	0.1
Flexibilidad	10%	3	0.3
Reducción de Emisiones	20%	2	0.4
Impacto Ambiental y Social	15%	1	0.15
Replicabilidad	15%	2	0.3
Total	100%	-	2.1

Fuente: Elaboración propia

5.3. Alternativa 3: tratamiento de lixiviados por evaporación

5.3.1. Explicación conceptual de la tecnología

Esta alternativa contempla la instalación de una planta de evaporación forzada de lixiviados que emplee el biogás como combustible para la evaporación, reduciendo así los costos de tratamiento del lixiviado que está proyectado llevarse a la PTAR de Iquitos.

Fig. N° 05: Evaporación de lixiviados con biogás



5.3.2. Optimización de costo

Los costos incurridos están básicamente en la implementación de la estación de evaporación

Se ha estimado que a partir del primer año del proyecto se tiene gas suficiente para instalar un moto generador de 50kW; el biogás puede emplearse para ser combustionado en un evaporador para tratar el agua del lixiviado y eliminarlo. El presupuesto para este proyecto se estima en US\$0.7 millones (Para más detalle ver Anexo 05). Se utilizó la misma referencia que las dos alternativas anteriores, incluyendo ahora un estimado del costo adicional que representaría la estación de evaporación y su manejo.

5.3.3. Nivel de riesgos

Es posible que el plazo no se cumpla por temas de retardo en los permisos y costo social.

La selección de proveedores se hará mediante concurso privado directamente del operador del relleno sanitario. Constructivamente, el proyecto toma un mínimo de 12 meses.

5.3.4. Impacto y replicabilidad

Esta alternativa presenta un importante impacto ambiental adicional, pues no solo reduce GEI, sino que se encarga del problema de los líquidos lixiviados, los cuales son altamente dañinos, en especial si entran en contacto con grandes masas de agua y el suelo.

Presenta un alto nivel de replicabilidad para rellenos pequeños ubicados en la selva y serían una alternativa deseada, pues reduce los costos en tratamiento de lixiviados.

5.3.5. Reducción de emisiones de GEI

Se ha estimado que en un periodo de 22 años se reducirá un volumen de 449,285 tCO₂e. Si bien la reducción de GEI es igual a la primera alternativa, existe el beneficio adicional del tratamiento correcto de líquidos lixiviados, que, de ser mal manejados, pueden tener fuerte impacto negativo en el medio ambiente.

Se empleó el mismo método de cálculo que para la primera alternativa.

5.3.6. *Idoneidad y flexibilidad*

Esta alternativa es ideal para el sitio, debido a que aborda el problema de los lixiviados, el cual es de gran importancia en la selva, además de permitir la quema de GEI.

La alternativa no es tan flexible, pues tiene una capacidad limitada para tratamiento de lixiviados. Se busca que las estimaciones de generación de lixiviados sean lo más acertadas posibles para evitar desbordes, pero ante eventualidades, la tecnología no podría tratar volúmenes adicionales.

5.3.7. *Historial, proveedores potenciales, interés privado*

En el País no se tiene esta tecnología implementada en ningún el relleno sanitario porque no hay relleno sanitario que haga tratamiento de lixiviados in situ por evaporación. Sin embargo, existen proveedores potenciales como Jhon Zink, quienes han desarrollado esta tecnología.

Al ser una tecnología adicional complementario a la tecnología de captura y quema centralizada; es posible que los privados interesados sean las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos como Petramás, KDM, Veolia, Proactiva, Acciona, etc. Pues le reducirá costos operativos

5.3.8. *Análisis de resultados*

Según el método descrito y en sesión de trabajo con el equipo técnico de la DGRS y DGCCD del MINAM se obtuvo el resultado mostrado en la tabla N° 16.

Tabla N° 16. Puntaje de la alternativa 3

Puntaje (A)	Peso (B)	Puntuación	Puntuación Ponderada
Optimización del Costo	20%	2	0.4
Nivel de Riesgo (Construcción)	5%	2	0.1
Nivel de Riesgo (Operación)	5%	2	0.1
Idoneidad	10%	3	0.3
Flexibilidad	10%	2	0.2
Reducción de Emisiones	20%	3	0.6
Impacto Ambiental y Social	15%	3	0.45
Replicabilidad	15%	3	0.45
Total	100%	-	2.6

Fuente: Elaboración propia

6. Evaluación de las Opciones de Tecnología

6.1. Puntaje de cada alternativa de tecnología

6.1.1. Selección de alternativa

La tabla N° 17 muestra las ventajas y desventajas de cada alternativa determinada en un juicio de expertos en reunión del equipo de PwC junto al equipo técnico de la DGRS y DGCCD del MINAM.

Tabla N° 17. Elección de alternativa

	Alternativa 1: Captura y quema centralizada de biogás	Alternativa 2: Generación de energía a partir del biogás como RER	Alternativa 3: Evaporación de lixiviados
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Se incurre en menores costos Tiene mejor respuesta a las desviaciones Existen 2 proyectos en el país 	<ul style="list-style-type: none"> Costos medios Tecnología comprobada Existen 4 proyectos en el país Se reduce el consumo del diésel 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de costos de tratamiento de lixiviado en la PTAR
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Poco personal El precio del CER es muy bajo o casi cero 	<ul style="list-style-type: none"> Generación en micro-escala 	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología nueva, no hay experiencia en el país
Puntaje ponderado	1.95	2.1	2.6

Fuente: Elaboración propia

6.2. Decisión de la alternativa más adecuada

Las tecnologías establecidas en las alternativas 1 y 2 son maduras, pero se considera que la alternativa 3 es innovadora y muy viable. Ésta reduce costos de tratamiento de lixiviados y permite reducir externalidades negativas que podría tener el relleno sanitario por tratamiento inadecuado de lixiviados, como la contaminación de las reservas de agua potable de la zona, afectando a los habitantes de las zonas aledañas y potenciales daños al ecosistema.

7. Similitudes con otros lugares

Es posible identificar otros rellenos en los cuales es posible la implementación de las tecnologías propuestas en este documento. Los criterios en los cuales nos basamos son dos: cantidad de residuos que recibe el relleno, para verificar que tenga la misma escala; y aspectos climáticos del lugar, de tal forma que hay cierto grado de certeza sobre la generación de GEI y líquidos lixiviados.

7.1. Loreto

En la Provincia de Maynas, Departamento de Loreto se busca mejorar la gestión y disposición final de los residuos sólidos a fin de evitar la contaminación, especialmente de los bosques y cuidar la salud de las personas. Se estima que esta población genera aproximadamente 384 ton/día

El relleno sanitario se encuentra en etapa de construcción y está ubicado a la altura del kilómetro 46 de la carretera Iquitos-Nauta y beneficiará a los distritos de Iquitos, Punchana y Belén (304,228 habitantes); la primera etapa de construcción que comprende el área de acopio, la poza de lixiviados, entre otros, se espera culminar en octubre 2018

Debido al volumen de residuos producido y la similitud con el relleno sanitario San Juan, estas alternativas tecnológicas pueden replicarse en este relleno sanitario.

7.2. San Martín

El relleno sanitario inaugurado en 2014 atiende la disposición final de 6 distritos del departamento de San Martín: Tarapoto, Morales, Banda de Shilcayo, Catacachi, Juan Guerra y el Sauce. Este relleno recibe cerca de 180 TM diarias (dimensiones similares al de San Juan) y está ubicado en una zona con características climáticas similares.

Tomando en cuenta estos factores podría ser factible la implementación de tecnologías complementarias como las del presente documento, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de las infraestructuras de disposición final.

7.3. Bagua

El relleno sanitario inaugurado este año en la provincial de Bagua, región Amazonas, está ubicado en una zona con características climáticas similares a San Juan Bautista. Las dimensiones del relleno también son similares, con una capacidad máxima de 46 mil toneladas.²⁰

Tomando en cuenta estos factores, podría ser factible la implementación de tecnologías complementarias como las del presente documento, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de las infraestructuras de disposición final.

²⁰ <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/ministra-del-ambiente-inauguro-relleno-sanitario-que-beneficiara-a-37-mil-personas-en-bagua-amazonas/>

8. Conclusiones

- Para el caso de las tecnologías idóneas para la mitigación de GEI en las zonas de la amazonía es importante considerar aquellas que reduzcan también los potenciales impactos propios de la construcción de rellenos sanitarios en dichas zonas, tales como el de los lixiviados o que ayuden a reducir costos operativos como aquellas que generen electricidad. Sin embargo, la implementación de dichas tecnologías incrementa los costos operativos y no necesariamente tienen un retorno económico que pueda hacer que la operación de la tecnología sea autosustentable. Por ello, es importante evaluar alternativas de financiamiento para sustentar la correcta operación.
- La necesidad de buscar una alternativa que permita la mitigación del daño ambiental es cada vez más importante, tomando en cuenta el crecimiento constante de las variables relevantes al caso. Sin embargo, esta alternativa debe adecuarse al caso en particular que la requiera. Razón por la cual se optó en esta oportunidad por la tecnología de evaporación de lixiviados, pues permite alcanzar el objetivo del país de mitigar GEI y cuidar del medio ambiente, principalmente de la frágil y valiosa selva amazónica.
- La composición de la basura es un factor determinante del nivel de daño ambiental que puede ser generado en potencia a partir de la descomposición de la misma. Una mayor fracción orgánica de residuos, en combinación con factores climáticos que favorezcan la descomposición de la basura ocasionan una mayor generación de GEI, así como de líquidos lixiviados, siendo ambos altamente contaminantes para el ecosistema circundante.
- Es importante, también, analizar los posibles beneficios que inversiones como estas puedan tener en stakeholders, como es el caso de las Empresas Operadoras de Residuos Sólidos, las cuales pueden encontrar beneficios económicos en la implementación de esta clase de tecnologías, aun se hagan en pequeña escala. Los intereses del sector privado y los beneficios que trae su participación se pueden observar por el lado de empresas encargadas del financiamiento y construcción de tecnologías como las mencionadas.

Anexos

Anexo 01: Supuestos estimación de RRSS

Supuesto	Estimación	Participación
Crecimiento Poblacional	2%	Crecimiento promedio anual
Crecimiento GPC	1%	Supuesto conservador
Volumen RRSS Domiciliarios	86.53%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Comercial	10.45%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Barrido	3.02%	Estudio de caracterización de RRSS municipales
Volumen RRSS Reciclables	4.65%	Fichtner
Volumen RRSS Compostable	3.88%	Fichtner
Densidad de RRSS	0.55 ton/m ³	Supuesto estándar
Reducción del volumen por estabilización	6% anual	Supuesto estándar

Anexo 02: Supuestos para la estimación de Emisiones

Physical parameters of compounds				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
ϕ	-	0.75	Model correction factor to account for model uncertainitites	According to the ""Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1)", page 2
f	%	0.0	Fraction of CH4 captured to the SWDS	Considered 0 since the Tool - Annex 13 also considers an Adjustment Factor
GWP (1st Crediting Period)	tCO2e/tCH4	25	Global Warming Potential	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
GWP (2nd Crediting Period)	tCO2e/tCH4	25	Global Warming Potential	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
OX	-	0.1	Oxidation factor	According to the "Tool v.6" page 3, considering the material utilized for covering the landfill (at the clousure)
F	%	0.5	Fraction of CH4 in the SWDS gas	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 2
DOC _r	%	0.5	Fraction of degradable organic carbon that can decompose	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 3
MCF	-	1.0	Methane Correction Factor	According to the "Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1) page 4, considering the management of the landfill
ρ_{CH4}	tonnes/m ³	0.0007168	Density CH4	According to the ""Emissions from solid waste disposal sites" (Version 06.0.1), page 9 (density of methane at normal conditions)
OX _{top_layer}	-	0.1	Fraction of methane that would be oxidized in the top layer of the SWDS in the baseline	Consistent with how oxidation is accounted for in the methodological tool Emissions from solid waste disposal sites
CH4 (%v/v)	%	50%	CH4 concentration	To be monitored (this value as a default per PDD calculations)
Equipment Details				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
η_{PJ}	%	0.75	GCE of the equipment installed	Default value as per page 10/23 of ACM0001 / Version 13.0.0 "Flaring or use of landfill gas"
Blower	HP	30	1 blower engine 60HP; 3,600 RPM; 03Phase; 60HZ	Project Developer
Compressor	HP	4.00	1 compressor INGERSOLL RAND; 7,5HP; 1,800 RPM; 480V; 03 Phase; 60HZ.	Project Developer
Blower purge	HP	0.50	1 blower purge that functions only when the system is operating: 3/4 HP; 1,800 RPM; 01 Phase.	Project Developer
Cooler	HP	1.50	1 cooling system of 3 HP	
Electronic System	kW	2	Various	Project Developer
EC _{PJ,y}	MWh/yr	252.7	Electricity Consumption, yearly	Calculated
hflare,m	%	1.0	Flare Efficiency in the minute m	Default value according to the tool "Project emissions from flaring" version 02.0.0
CEG	MW	1.137	Capacity of Each Generator	Project Developer
GE	%	40.20%	Generator efficiency	"ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA EFECTIVA Y RENDIMIENTO DE LOS GRUPOS CAT 1, 2 Y 3 DE LA CENTRAL TÉRMICA HUAYACOLORO"
FLGE	m3/h	510.74	Flow LFG each generator	Calculated
T _{cn}	m3/h	0	Thermal Consumption	NA
ϵ_{boiler}	%	0	Boiler efficiency	NA
Electrical considerations				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
EF _{grid,y}	tCO2e/MWh	0.45338	Grid Emission Factor	Provided to DOE as per the "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" Version 4.0
TDL _y	ratio	5.00%	Technical losses in the grid	Default value
Working times				

Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
helec	h/year	8,000	Hours of generators	Project developer
hbl	h/year	8,000	Hours of blowers	Project developer
hth	h/year	0	Hours of thermal consumption	NA
Other parameters				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
PE _{FC,i,y}	tCO2e/year	CALCULATED	Emissions from heat consumption by the project activity	Project evaluator
CH ₄ LHV	KJ/mol	890	Methane LHV	IPCC
FC _{i,j,y}	m ³ /year	0.0000	Fuel consumption	Project developer
NCV _{i,y}	GJ/ m ³	26.3000	Weighted average net calorific value of the fuel type i (LPG)	Values from the fuel supplier will be used.
EF _{CO2i,y}	tCO2/GJ	0.0656	Weighted average CO2 emission factor of fuel type i (LPG)	Values from the fuel supplier will be used.
Site characteristics				
Parameters	Unit	Value	Explanantion	Source
MAT	°C	26.8	Mean Average Temperature	http://www.worldweather.org/029/c00108.htm
MAP	mm/year	2,499	Mean average Precipitation	http://www.worldweather.org/029/c00108.htm
PET	mm ³ /mm ²	565	Potential evapotranspiration	http://www.fao.org/geonetwork/srv/fr/graphover.show?id=12739&fname=aridity_index.gif&access=public
Waste basis	-	wet	Waste basis (wet / dry)	Project developer

Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>. Datos planteados de acuerdo a las características del relleno

Anexo 03: Presupuesto Alternativa 01

Ítem	Monto (US\$)	Participación
Gerencia de Proyecto	820	1%
Supervisión del Proyecto y Control de Calidad	4,098	4%
Estudios y Diseño de ingeniería básica	820	1%
Estudios y Diseño de ingeniería de detalle	3,278	3%
Obtención de licencias	4,098	4%
Piping	33,907	32%
Sistema de Captura y Combustión Centralizada	44,651	43%
Obras eléctricas e instrumentación	3,395	3%
Comisionamiento-ITF-Puesta en marcha	2,459	2%
Estimados del Proyecto	97,522	
Reserva para contingencias	4,876	5%
Línea Base de Costos	102,398	
Reserva de Gestión	2,048	2%
Presupuesto de Costos	104,446	100%

Fuente: Estimaciones basadas en el proyecto CDM "Perú: Huaycoloro Landfill Gas Revoverly"

Anexo 04: Presupuesto Alternativa 02

Ítem	Monto (US\$)	Participación
Gerencia de Proyecto	1,703	1%
Supervisión del Proyecto y Control de Calidad	8,517	4%
Estudios y Diseño de ingeniería básica	1,703	1%
Estudios y Diseño de ingeniería de detalle	6,813	3%
Obtención de licencias	8,517	4%
Sistema de Captura y Quema Centralizada	81,951	38%
Sistema de Limpieza y Acondicionamiento del biogás	6,114	3%
Sistema de Generación eléctrica 50kw	48,232	22%
Sistema de Subestación Eléctrica	6,912	3%
Sistema de Trasmisión (0.2km)	24,236	11%
Otros	2,891	1%
Comisionamiento-ITF-Puesta en marcha	3,407	2%
Estimados del Proyecto	200,996	
Reserva para Contingencias	10,050	5%
Línea Base de Costos	211,046	
Reserva de Gestión	4,221	2%
Presupuesto de Costos	215,267	100%

Fuente: Estimaciones basadas en el proyecto CDM "Perú: Huaycoloro Landfill Gas Revoverly"

Anexo 05: Presupuesto Alternativa 03

Ítem	Monto (US\$)	Participación
Gerencia de Proyecto	5,397	1%
Supervisión del Proyecto y Control de Calidad	26,985	4%
Estudios y Diseño de ingeniería básica	5,397	1%
Estudios y Diseño de ingeniería de detalle	21,588	3%
Obtención de licencias	26,985	4%
Sistema de Captura y Quema Centralizada	81,951	12%
Sistema de Limpieza y Acondicionamiento del biogás	6,114	1%
Sistema de Generación eléctrica 50kw	48,232	7%
Sistema de Subestación Eléctrica	6,912	1%
Sistema de Trasmisión (0.2km)	24,236	4%
Otros	2,891	0%
Evaporador de lixiviados 10,000GPD	369,364	55%
Comisionamiento-ITF-Puesta en marcha	3,407	1%
Estimados del Proyecto	629,458	
Reserva para Contingencias	31,473	5%
Línea Base de Costos	660,931	
Reserva de Gestión	13,219	2%
Presupuesto de Costos	674,150	100%

Fuente: Estimaciones basadas en el proyecto CDM "Perú: Huaycoloro Landfill Gas Revoverly"



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

This document is an output from the Mobilising Investment project, an initiative of the Climate and Development Knowledge Network (CDKN) and Low Emission Development Strategies Global Partnership (LEDS GP) contracted through SouthSouthNorth (SSN).

The Mobilising Investment project is funded by the International Climate Initiative (IKI) of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), on the basis of a decision adopted by the German Bundestag. Delivery partners for the project include the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Overseas Development Institute (ODI) and PriceWaterhouseCoopers UK (PwC).

The views expressed are not necessarily those of, or endorsed by, BMU or any of the entities delivering the Mobilising Investment project, who can accept no responsibility or liability for such views or information, or for any reliance placed on them. This publication has been prepared for general guidance on matters of interest only, and does not constitute professional advice. You should not act upon the information contained in this publication without obtaining specific professional advice. No representation or warranty (express or implied) is given as to the accuracy or completeness of the information contained in this publication, and, to the extent permitted by law, the entities managing the delivery of the Mobilising Investment project do not accept or assume any liability, responsibility or duty of care for any consequences of you or anyone else acting, or refraining to act, in reliance on the information contained in this publication or for any decision based on it.

Contacts



Ian Milborrow

milborrow.p.ian@pwc.com



Yasomie Ranasinghe

yasomie.ranasinghe@pwc.com



Guillermo Guerrero

guillermo.guerrero@pwc.com

At PwC, our purpose is to build trust in society and solve important problems. We're a network of firms in 158 countries with more than 236,000 people who are committed to delivering quality in assurance, advisory and tax services. Find out more and tell us what matters to you by visiting us at www.pwc.com.

This publication has been prepared for general guidance on matters of interest only and does not constitute professional advice. You should not act upon the information contained in this publication without obtaining specific professional advice. No representation or warranty (express or implied) is given as to the accuracy or completeness of the information contained in this publication, and, to the extent permitted by law, PwC does not accept or assume any liability, responsibility or duty of care for any consequences of you or anyone else acting, or refraining to act, in reliance on the information contained in this publication or for any decision based on it.

© 2018 PwC. All rights reserved. "PwC" refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.