

Sistema integral de manejo de residuos: proyecto Camisea

Por **Lic. Jorge Luis Chia López; Ing. Jhilmár Fernández Mejía; Ing. Víctor Hugo Rengifo Rengifo.**
Pluspetrol Perú Corporation SA, Lima, Perú

El sistema integral de manejo de residuos (SIMR) para el proyecto Camisea incorpora los requerimientos de la legislación nacional y las buenas prácticas internacionales en la industria, en coordinación con su política de medio ambiente, salud y seguridad. El SIMR propone un sistema de identificación y clasificación de los residuos a partir de su naturaleza, grado de peligrosidad, potencial de reutilización y su manejo correcto desde el origen. Se enmarca en el contexto de la mejora continua puesto que incluye objetivos y principios ambientales que alcanzar y seguir; formula procedimientos y guías de manejo, genera registros de verificación y control y hace uso de indicadores de seguimiento así como el desarrollo de auditorías internas a todo el sistema.

Introducción

El proyecto de extracción del gas de Camisea es uno de los más significativos de infraestructura energética en América latina y una contribución importante al desarrollo económico del Perú, por la creación de fuentes de trabajo y la mejora del estándar de vida de la población. El proyecto consiste en tres componentes separados:

- el componente *upstream*, que consiste en la exploración y la explotación de los depósitos de gas en Camisea, el procesamiento del gas en la planta Malvinas y la operación de una planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural (LGN) y del terminal marítimo de carga en Pisco, todo bajo responsabilidad de un consorcio multinacional conducido por Pluspetrol Perú Corporation SA (Pluspetrol);
- el componente *downstream*, que consiste en el transporte del gas natural desde la planta Malvinas hasta el *city gate* en Lurín y de los líquidos del gas natural hasta la planta de fraccionamiento de LGN, Pisco, bajo responsabilidad de la empresa Transportadora de Gas del Perú (TGP); y
- el componente de la distribución (*city gate*), que consiste en la distribución del gas natural en Lima y en Callao, bajo responsabilidad de la empresa Tractebel.

El proyecto se desarrolla en áreas con características ambientales y sociales extremadamente ricas y diversas, que requieren la atención especial por parte de los operadores, ya que se podría afectar negativamente si el proyecto no se desarrolla correctamente.

La fase de construcción del componente *upstream* terminó en el mes de julio de 2004 (las instalaciones del Lote 88 y de Pisco) y la operación comenzó en el mes de agosto del mismo año. Las actividades en el Lote 88 incluyeron la construcción de dos plataformas (San Martín 1 y San Martín 3), la planta del gas (en Malvinas) y la pista de aterrizaje. Las actividades en Pisco incluyeron la construcción de la planta de fraccionamiento de LGN, la instalación de cuatro cañerías submarinas y la construcción de un terminal marítimo de carga.

Pluspetrol, como responsable de implementar los lineamientos del plan de manejo ambiental de las actividades del *upstream*, ha desarrollado un sistema integral de manejo de residuos (SIMR), que establece las herramientas para la correcta identificación de los residuos desde su origen, un apropiado sistema de recolección y segregación, el transporte seguro y la disposición final de manera responsable, considerando según su aplicabilidad, las opciones de reuso, reciclaje y recuperación o tratamiento. Este sistema compatibiliza los requerimientos legales nacionales, las buenas prácticas de la industria, las condiciones contractuales de operación, las exigencias del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para el financiamiento del componente *downstream* y las condiciones o características propias de una operación en áreas remotas con una importancia socioambiental para el país. Así mismo, incorpora un módulo de monitoreo y control que permite la retroalimentación del sistema cumpliendo con el principio de *mejora continua* de la política de medio ambiente, seguridad y salud de Pluspetrol. Con este propósito, se han elaborado e implementado una serie de procedimientos administrativos y técnicos, registros y reportes, programas

de capacitación y auditorías periódicas, las cuales forman parte del SIMR, que será descrito a continuación.

Requerimientos legales

El SIMR incorpora los principales requerimientos legales nacionales y sectoriales de la legislación peruana; los principales son:

- El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, CMARN (DL 613), que señala el derecho irrenunciable de toda persona a un ambiente sano y, así mismo, define la obligación de conservar dicho ambiente a través de la prevención y el control de la contaminación ambiental. Respecto del manejo de residuos, el CMARN pone especial énfasis en las prácticas de reuso y reciclaje.
- El reglamento ambiental en actividades de hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, DS046-93-EM/DGAA, en su título V, artículo 21 establece, dentro de sus disposiciones generales, pautas para el manejo de desechos y desperdicios en cualquiera de las actividades del subsector. Anualmente se presenta a la Dirección General de Asuntos Ambientales una declaración jurada sobre generación de residuos de la industria de hidrocarburos.
- La Ley General de Residuos Sólidos 27.314 y su reglamento (DS 057-2004-PCM) establecen los derechos, las obligaciones, las atribuciones y las responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y un manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana. La presente ley se aplica a las actividades, los procesos y las operaciones de la gestión y el manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Incluye las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.
- El sistema metropolitano de gestión de residuos sólidos (ordenanza 295/MML, decreto de Alcaldía 147, decreto de Alcaldía 093) a través del cual se delinean procedimientos técnicos y administrativos para el adecuado manejo de residuos sólidos en la provincia de Lima. De aplicabilidad, debido a que la disposición de los residuos se realiza en Lima.

Adicionalmente se incorporan las buenas prácticas en el manejo de residuos tales como las señaladas por el Banco Mundial en el *Pollution Prevention and Abatement Handbook*, que recomienda las prácticas de reciclaje de los materiales y la disposición de una manera ambientalmente aceptable que cumpla con las leyes y regulaciones nacionales.

Establecer objetivos y principios del sistema

El SIMR es el control de la generación, el almacenamiento, la recolección, la transferencia o el transporte, el

procesamiento y la disposición final de los residuos, de forma tal que armonice con los principios de salud pública, económicos, de ingeniería, de conservación de recursos naturales, de estética y las expectativas públicas.

El objetivo general del SIMR es el manejo efectivo y responsable de los residuos generados, para evitar causar daño a la salud de los trabajadores y las comunidades circunvecinas, protegiendo la calidad ambiental.

Los objetivos específicos son:

- Reducción de la generación de residuos a través de iniciativas como la implementación de buenas prácticas operacionales, programas de capacitación y sensibilización.
- Promover el reuso y reciclaje de los residuos en sus operaciones.
- Disponer en forma segura los residuos que no puedan ser reusados o reciclados, de tal manera de no causar daños a la salud y al ambiente.

Los principios del SIMR son:

- La minimización de los residuos en su origen.
- Una correcta segregación en el origen.
- Aplicar técnicas de reuso *in situ* y reciclaje como alternativa de disposición.
- Tratamiento o acondicionamiento de los residuos en forma previa a su transporte, para la reducción del transporte de materiales peligrosos.
- Apropiaada disposición final en lugares autorizados.

Sobre la base de estos objetivos y principios se diseñó el SIMR para el proyecto Camisea.

Identificar y clasificar los residuos

Pluspetrol define un residuo como aquella sustancia, producto o subproducto en estado sólido o semisólido que requiere ser dispuesto debido a que no puede ser utilizada/o en el proceso o las actividades que realizamos, por exigencia de la normatividad nacional o por el riesgo que presenta a la salud y al ambiente.

El SIMR establece una clasificación general de residuos según su peligrosidad a la salud y al ambiente, definiendo dos categorías principales: residuos peligrosos y residuos no peligrosos. A su vez, los residuos no peligrosos se clasifican de acuerdo con su procedencia como residuos domésticos e industriales.

Figura 1. Flujo de los materiales

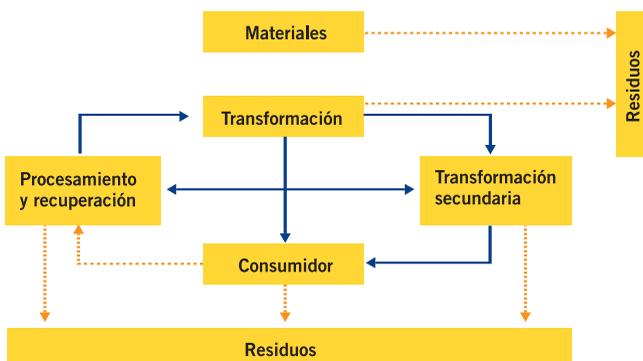
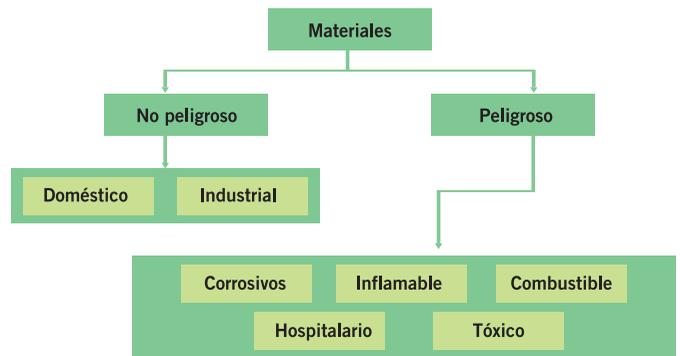


Figura 2. Clasificación de residuos



Residuos no peligrosos

Son aquellos residuos que por su naturaleza y composición no tienen efectos nocivos sobre la salud de las personas o los recursos naturales, y no deterioran la calidad del medio ambiente. Dentro de esta clasificación se consideran:

- Residuos no peligrosos domésticos: aquellos que se generan como producto de las actividades diarias de un campamento (cocina, lavandería, servicio de *catering*, oficinas, dormitorios, etc.). Estos residuos pueden ser: restos de alimentos, plásticos, papel o cartón, latas, vidrio, cerámica, etcétera.
- Residuos no peligrosos industriales: aquellos generados en las actividades productivas. Pueden ser: trapos, *teknopor*, cueros, chatarra y cables eléctricos, envases de plástico, cemento, madera, etcétera.

Residuos peligrosos

Son los residuos que debido a sus características físicas, químicas y/o toxicológicas, representan un riesgo de daño inmediato y/o potencial para la salud de las personas y el medio ambiente. Entre los residuos peligrosos identificados en el proyecto Camisea se encuentran: pilas, baterías, grasas, paños absorbentes y trapos contaminados, suelo contaminado, filtros de aceite, aerosoles, pinturas (recipientes) y residuos médicos.

Para la identificación de tipos de residuos que se generan en cada proceso, Pluspetrol ha establecido un formato de identificación de residuos (figura 3) que, sobre la base del concepto de diagrama de entrada y salida, analiza cada proceso y/o subproceso de operación evaluando qué materiales ingresan, qué transformación se realiza y, finalmente, qué residuo se genera de esta transformación; adicionalmente contamos con el registro de la cantidad de residuo generado o tasa de generación de residuos (en kg/persona-día o kg/m³-producto producido); mensualmente se revisan y actualizan las tasas de generación.

El personal de Pluspetrol y los contratistas reciben capacitación en temas de identificación y clasificación de residuos.

Estrategias de minimización

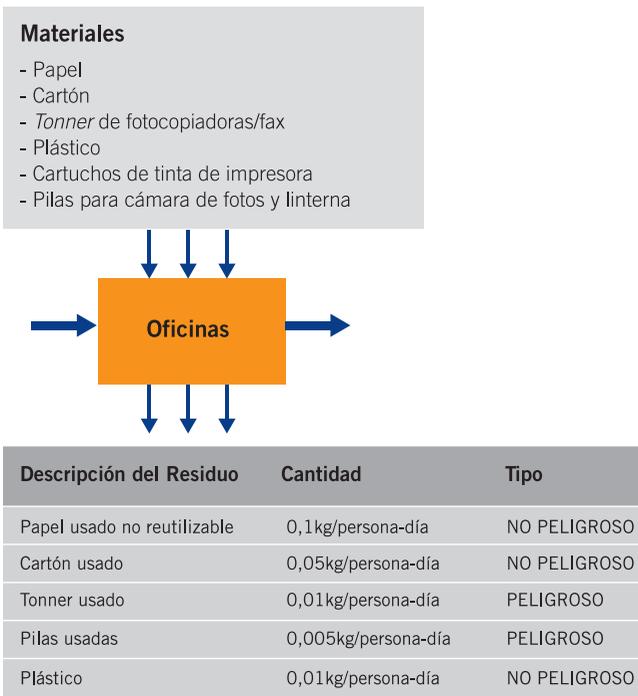
Algunas de las estrategias de minimización de residuos son:

- Reducción en la fuente
 - Optimización del proceso productivo, a través del cual

Figura 3. Ficha de identificación de residuos

Ficha de identificación de residuos

Proceso: Oficinas administrativas en el campamento Malvinas - Lote 88



hay una reducción del consumo de materias primas y/o energía.

- Reingeniería: consiste en modificar el proceso productivo de tal forma de sustituir materias primas o tecnologías en beneficio de una menor generación de residuos.
- Reciclaje: consiste en aumentar el ciclo de vida de un producto dándole otro uso o bien sea transformándolo para convertirse en materia prima.
- Tratamiento: es una estrategia de control, que consiste en transformar los residuos en sustancias menos tóxicas y/o reducir su volumen y/o modificar su estado o potencial de exposición (daño).

A continuación, listamos algunos ejemplos de las medidas que se han implementado en las áreas de operación que han tenido buenos resultados en lo que respecta a minimizar la generación de residuos:

Reducción en la fuente

- Uso de lodos de perforación base agua.
- Productos cárnicos libres de hueso.
- Uso de gas natural como combustible en lugar de diesel.

Reciclaje

- Reuso de papel en oficinas.
- Reuso de madera.
- Reuso de cilindros.
- Recuperación de hidrocarburos en las piletas API.

Tratamiento

- Volatilización de suelos contaminados con hidrocarburos.
- La revisión y formulación de nuevas medidas de reducción o minimización de residuos se trabajan con las áreas de ingeniería y operación, evaluando qué procesos generan residuos peligrosos y si es posible realizar un cambio

por otro producto o materia prima de menor daño potencial, con los trabajadores a través de campañas de concientización ambiental promoviendo la reducción en el uso o consumo de productos no biodegradables y, así mismo, incentivando el reuso de materiales.

Recolección y almacenamiento temporal

La segregación y la concentración de los residuos en los puntos de generación conllevan a la reducción de riesgos asociados a la salud y al ambiente.

Con la finalidad de facilitar la segregación de los residuos en la fuente de generación se implementó un código de colores, basado en las alternativas de recolección que tendrá cada tipo de residuo.

Una vez definidas las actividades y el tipo de residuos que genera cada actividad, se ubicaron en forma oportuna los puntos de recolección, empleando recipientes plásticos o cilindros debidamente rotulados de acuerdo con el código de colores para su identificación. Los contenedores se ubican fuera de áreas de tránsito frecuente. Diariamente, después de cada jornada, los residuos se trasladan en bolsas plásticas hacia el área de almacenamiento temporal de la locación.

Los residuos peligrosos se recolectan en recipientes del mismo material que el producto original. En la recolección participa personal capacitado y con el equipo de protección personal adecuado para cumplir el trabajo en forma segura.

En cada locación se cuenta con un área para el almacenamiento temporal de residuos, que cuenta con las medidas de seguridad, salud e higiene ocupacional necesarias.

Las características que tienen las áreas de almacenamiento temporal de residuos son:

- Los sitios de almacenaje de residuos son lugares estables, ubicados sobre planicies naturales y alejados de drenajes naturales, cuentan con un dique y un sistema de drenaje perimetral con una trampa de grasas.
- Para evitar la acumulación del agua de lluvia dentro del dique se cuenta con zanjas de coronación de retención de adecuada capacidad alrededor del área de almacenamiento.
- Cuentan con impermeabilización del suelo (geomembrana).
- El lugar de almacenamiento de residuos inflamables tiene una ubicación opuesta a la fosa de quema o quemador de gases hidrocarburos de líquidos residuales.
- Cuentan con señales de restricción de acceso, salvo a aquellos empleados que regularmente disponen de

Figura 4. Estrategias de minimización de residuos



Tabla 1. Clasificación de Residuos

Color	Clase de Residuo	Disposición Final	Ejemplos
Verde	No peligroso - Doméstico	Incineración dentro del Área de Operación Relleno sanitario en Área de Operación Si existe el Servicio municipal de recolección y disposición de residuos orgánicos domésticos realizarlo a través de ellos	Residuos de Comida
Azul	No peligroso - Doméstico No peligroso - Industrial	Reciclaje / Reuso Fuera del Área de Operación Relleno Sanitario Fuera del Área de Operación	Papel, plásticos, cartones, madera, vidrios tecknopor, chatarra, restos de concreto, filtros de aire, latas.
Rojo	Peligroso	Relleno Especial fuera del Área de Operación (Previo Tratamiento o Reacondicionamiento)	Pinturas, solventes, pilas, baterías, suelos contaminados, aceite residual, filtros de aceite, soldaduras, residuos hospitalarios.
Negro	Peligroso	Incineración dentro del Área de Operación	Solamente paños absorbentes y trapos impregnados de hidrocarburos

residuos y están capacitados en este aspecto.

- Se cuenta con equipos de respuesta a derrames (pañós absorbentes), agentes neutralizantes y extintores, así como los respectivos manuales de uso.
- Los residuos peligrosos del tipo inflamable son mantenidos fuera de fuentes de calor, chispas, flama u otro método de ignición.
- En las áreas de almacenamiento de residuos combustibles se han colocado señales que prohíben fumar a una distancia mínima de veinticinco metros alrededor del lugar donde se hallen los recipientes de residuos.
- Los residuos peligrosos con características corrosivas, inflamables, reactivas y tóxicas se mantienen en diferentes espacios.
- El almacenamiento de residuos que contienen componentes volátiles se ubica en áreas ventiladas.

El mantenimiento y la operación de estas áreas de almacenamiento temporal las realiza personal capacitado y entrenado.

Para la entrada y salida de los residuos en el área de almacenamiento temporal se emplean fichas de registros. El almacenamiento temporal de residuos sólidos, excepto los residuos degradables, no excede de seis meses.

Transferencia/transporte

Las estaciones de transferencia de residuos son lugares donde se realiza la transferencia de los residuos desde un medio de transporte a otro (aeronave, camión, embarcación fluvial), para su traslado hacia su lugar de disposición final fuera del área de las operaciones de Pluspetrol.

El proceso de recepción y almacenamiento temporal en estos lugares contempla los lineamientos de seguridad y salubridad, que permiten garantizar un adecuado manejo de los residuos sólidos, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud del trabajador.

Personal de supervisión de EHS, debidamente entrenado y capacitado, efectúa las inspecciones en cada trabajo

de movimiento de residuos, con la finalidad de asegurar la adecuada realización de esta actividad. Esta inspección implica la revisión de los registros, el estado de los embalajes, el procedimiento de trabajo, entre otros.

Las estaciones de transferencia fuera de las áreas operativas de Pluspetrol son administradas por la EPS-RS responsable del traslado y la disposición de los residuos de Pluspetrol, debiendo contar con las autorizaciones respectivas.

El transporte de residuos en el Lote 88 se realiza vía fluvial desde Malvinas hacia Pucallpa, a través del río Bajo Urubamba (Malvinas-Atalaya) y el río Ucayali (Atalaya-Pucallpa).

Desde Pucallpa, los residuos se trasladan por vía terrestre hacia la ciudad de Lima.

El transporte desde las instalaciones ubicadas en Pisco se realiza vía terrestre en camiones de carga hacia su destino de disposición final en Lima.

La supervisión EHS de Pluspetrol inspecciona en forma periódica las embarcaciones fluviales, aviones cargueros y/o camiones asignados al transporte de residuos a fin de garantizar que cumplan con los lineamientos ambientales y de seguridad que forman parte del plan de manejo ambiental.

Para el transporte de residuos, el registro de manifiesto de residuos es entregado al patrón/chofer o piloto de cada unidad de transporte, en este registro se indica el tipo de residuo a ser transportado: peso, número de bultos, nombre del transportista y la embarcación, además del nombre del supervisor responsable de EHS-Pluspetrol que realizó la verificación en el embarque. Las medidas de seguridad a tener en cuenta para el movimiento de residuos peligrosos (operaciones de transferencia y transporte) son:

- Según el tipo de residuos, éstos se embalan para su transporte seguro en contenedores, parihuelas, cilindros y sacos.
- Los contenedores y cilindros cuentan con seguros o candados de seguridad, que tienen una codificación de tal forma que permite su correcta identificación y, a la vez, asegura que no ha sido retirado parte del residuo peligroso por parte de personal ajeno a la operación.

Esto es importante en el caso del aceite usado, del cual se conoce ampliamente su comercialización informal.

- El uso y movimiento de los residuos es minimizado en lo posible.

Los recipientes de residuos están rotulados e indican su contenido.

- Se utilizan bandejas y/o tambores colectores, para recibir los rebales imprevistos durante la operación de traslado de los residuos.

- Se llevan registros del inventario de residuos, junto con todos los ingresos y saldos de almacenamiento. Se realizan inspecciones periódicas y la conciliación contable de estos registros y cualquier desequilibrio significativo es sujeto a investigación y corrección.

- Las unidades de transporte, las embarcaciones, los aviones o los camiones cuentan con las medidas de respuesta para atender cualquier contingencia.

- Para realizar el movimiento de residuos peligrosos se informa a la supervisión de seguridad inmediata de tal forma que se realiza el análisis de riesgo de la tarea y se obtiene el permiso de trabajo respectivo.

- El transporte fluvial se realizará de acuerdo con el reglamento de tránsito fluvial para el río Bajo Urubamba, documento preparado especialmente para este proyecto.

Disposición final

Las prácticas de disposición de los residuos promueven el reuso, reciclaje y tratamiento previo de los residuos, seguido por las buenas prácticas para disposición final, tales como la incineración y el confinamiento. Para la disposición final se utilizan las siguientes alternativas.

Tratamiento

Inertización de residuos biomédicos

Los residuos hospitalarios o biomédicos que se generan en los campamentos de sitios remotos reciben un tratamiento de esterilización previo a su disposición final. La esterilización a través de autoclaves se realiza en cámaras en las que se introduce vapor a presión, a temperaturas que aseguran la destrucción de bacterias y microorganismos patógenos.

Sistema de control de sólidos de los lodos de perforación

En las actividades de perforación se ha implementado un sistema de control de sólidos, cuya finalidad consiste en retirar eficientemente el mayor volumen de los sólidos contenidos en el lodo de perforación mientras se perfora el pozo (sistema activo).

El lodo recuperado es reusado en el sistema. Los sólidos retirados pasan a través de los tornillos para su disposición final en la fosa de cortes.

Programa de reuso y reciclaje

Pluspetrol promueve el reuso de los residuos en sus operaciones. Para este propósito se identifican las posibilidades de reuso existentes, lo cual ha llevado en la etapa constructiva a prácticas de reuso de la madera de embalaje en fabri-

cación de instalaciones auxiliares y letreros; el cemento excedente de obras civiles y los cortes de la perforación en tareas de control de erosión; cilindros vacíos empleados en el almacenamiento y transporte de residuos de similares características al producto original, entre otros.

De manera similar se identifican los residuos y las alternativas existentes en el mercado para su reciclaje a través de empresas especializadas y debidamente autorizadas.

Entre las prácticas de reciclaje, a través de empresas privadas, que actualmente lleva a cabo Pluspetrol, debido a la magnitud de los residuos generados, se encuentra el reciclaje de la chatarra a través de la entrega a empresas siderúrgicas, la recuperación de plomo de las baterías usadas, el reciclaje de los envases plásticos PET y otros de alta densidad y el reciclaje de vidrio clasificado.

Estas prácticas se realizan a través de empresas operadoras privadas u otros grupos, las cuales deben demostrar su cumplimiento con las garantías requeridas (seguridad, licencias).

La disposición final de los residuos generados en las actividades de Pluspetrol responde a la selección de prácticas adecuadas a la naturaleza del residuo.

Destrucción por incineración

Con la finalidad de reducir el volumen de residuos a manejar se hace uso de la incineración como tratamiento de disposición de los residuos, principalmente de naturaleza orgánica y otros como papeles, textiles, etcétera.

Para este fin se han instalado en los campamentos bases de las locaciones remotas incineradores compactos. Se han fijado estándares para la selección de incineradores de manera tal que proveen un proceso controlado de la combustión. Los elementos mínimos requeridos comprenden una cámara de combustión primaria, cámara de combustión secundaria o poscombustión y sistemas de salida y medición (análisis) de control de gases. Para un control de los gases generados se realiza en forma trimestral el monitoreo de emisiones gaseosas en los incineradores.

Confinamiento

Esta práctica tiene la finalidad de reducir el volumen de residuos a manejar. Se realiza a través del entierro de los residuos en celdas adecuadas.

- Microceldas: esta técnica se aplica *in situ*, en los campamentos temporales de sitios remotos con la finalidad de reducir el volumen de los residuos orgánicos. El diseño de las microceldas considera un sistema de venteo de gases y un sistema de drenaje para la recolección de los lixiviados.

- Fosas para disposición de cortes de perforación: la fosa utilizada para la disposición final de los residuos sólidos de perforación se ubica en la misma locación donde se realiza la perforación, su diseño considera la impermeabilización del suelo, techado y sistemas de drenaje para la recolección del agua pluvial. Su capacidad de diseño está de acuerdo con el número de pozos y la profundidad a perforar.

Todo líquido remanente en la fosa será transferido al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de la locación.

Una vez terminadas las actividades de perforación en la



Figura 7. El ciclo de mejora continua

locación, la fosa será cubierta con suelo natural y será restaurada mediante técnicas de revegetación.

Rellenos sanitarios

Los residuos inorgánicos del tipo no peligroso, doméstico y peligroso, para los cuales no se identificaron posibilidades de recuperación o reciclaje, son dispuestos en rellenos sanitarios autorizados y que cumplen los requisitos técnicos, administrados por empresas privadas en la ciudad de Lima.

Monitoreo y control

Con el propósito de mantener una revisión continua de los aspectos del sistema integral de manejo de residuos que lleva adelante Pluspetrol se han establecido como herramientas las inspecciones de rutina por parte de la supervisión ambiental de Pluspetrol y la realización de auditorías ambientales internas.

La realización de las auditorías considera el ciclo completo del proceso de manejo de residuos, desde su generación hasta su disposición final, incluyendo la auditoría a las empresas contratistas que se desenvuelven dentro de las instalaciones de Pluspetrol y a las empresas privadas encargadas del transporte, el manejo y la disposición final de los residuos.

El monitoreo a través de las auditorías promueve la realización de recomendaciones para las mejoras del programa y la colaboración mutua entre Pluspetrol y las empresas involucradas en el manejo de los residuos.

Las auditorías al SIMR se vienen implementando desde el año 2003 y a la fecha han servido para mejorar y hacer efectivas las medidas de seguridad en el transporte de residuos.

Indicadores de cumplimiento

La utilización de indicadores es uno de los aspectos más actuales de la política ambiental internacional y Pluspetrol no es ajeno a esto. Nacen de la necesidad de contar con parámetros objetivos y manejables para la toma de decisiones y de información al público sobre el estado de cumplimiento de la política EHS.

Los podemos clasificar en tres tipos:

- De presión, referidos a las actividades humanas con un impacto en el medio ambiente.
- De estado, que informan sobre la situación ambiental existente.
- De respuesta, que recogen las medidas establecidas.

De esta forma, tenemos los siguientes indicadores del SIMR:

- Generación *per cápita* de residuos (principalmente peligrosos): este es un indicador de presión, ya que nos permite caracterizar el estado actual de generación de residuos y qué procesos están generando mayor cantidad de residuos en comparación con otros procesos productivos dentro de la empresa como dentro del sector industrial.

$$\text{Generación per cápita diaria de residuos (gpci)} = \frac{\text{Peso de residuos (Wi)}}{\text{Número de hab. (ni)}}$$

- Composición física de los residuos: este es un indicador de estado, ya que permite evaluar o identificar aquellos residuos que se encuentran en mayor cantidad (mayor porcentaje) y que por su naturaleza y potencial de recuperación (por reuso o reciclaje) podamos evaluar el estado actual y establecer medidas de minimización.

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{Pi \times 100}{Wr}$$

Donde **Pi** es el peso del residuo evaluado y **Wr** es el peso total de los residuos recolectados en el período de tiempo evaluado.

- Grado de utilización/reciclaje: este indicador permite evaluar el grado de cumplimiento de las medidas de minimización de residuos implementadas.

$$\text{Porcentaje de implementación (\%)} = \frac{Wr \times 100}{Wt}$$

Donde **Wr** es el peso del residuo real y **Wt** es el peso del residuo teórico (de acuerdo con los valores de la tabla 2). Para este indicador se asumen los porcentajes de recuperación y reducción de residuos, indicados en la tabla 2.

Conclusiones

Trabajar en zonas remotas de alta importancia socioambiental requiere el uso de las mejores prácticas de gestión ambiental y la etapa constructiva es una etapa con alta generación de residuos, por lo que el presente sistema integral de manejo se muestra como una alternativa ambiental y operativamente viable.

Los siguientes pasos a seguir son:

- Extender las prácticas de minimización de residuos a las comunidades circunvecinas mediante programas participativos de manejo de residuos.
- Fomentar el inicio de la industria del reciclaje en la ciudad de tal forma de minimizar los costos de disposición de nuestros residuos.

Tabla 2. Potencial de recuperación y reducción de residuos

Tipo de residuo	Potencial de recuperación
Materia orgánica	70
Papel y cartón	80
Plástico	80
Textil	20
Metal	80
Vidrio	70
Madera	90

Contribuciones técnicas y económicas

Contribución técnica

- Formula una serie de procedimientos en buenas prácticas en lo que respecta a manejo de residuos en el sector hidrocarbúfero.
- Proporciona un modelo de gestión de manejo de residuos en áreas remotas y de alta significancia socioambiental.

Contribución económica

- Un sistema integral de manejo de residuos que retroalimenta al proceso o a la actividad productiva ayuda a la misma en la evaluación costo/beneficio y en la minimización de costos operativos. ■

Bibliografía

- Decreto legislativo 613, que aprueba el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Lima, Perú.
- Reglamento ambiental en actividades de hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, Perú, DS 046-93-EM/DGAA.
- Ley General de Residuos Sólidos 27.314, Perú.
- Ordenanza 295, que aprueba el Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos, Lima, Perú.
- Decreto de Alcaldía 147, que aprueba el reglamento de la ordenanza 295/MML Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos, Lima, Perú.
- Decreto de Alcaldía 093, que aprueba modificaciones al reglamento de la ordenanza 295/MML, Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos, Lima, Perú.
- DS 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, Perú.