

Guía de Trabajo

Gestión de Residuos Industriales

Pablo Espinoza Tumialán



Guía de Trabajo *Gestión de Residuos Industriales*
Pablo Espinoza Tumialán

Código: ASUC01647
Plan de Estudios 2018
Material publicado con fines de estudio

Huancayo, 2025

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe
<http://www.continental.edu.pe/>

Corrección de textos
Roy Vega Jácome

Diseño y diagramación
Edson Quilca Romero

Cuidado de edición
Fondo Editorial y Gestión Curricular

Todos los derechos reservados.

La *Guía de Trabajo*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

Contenido

| | |
|--|----|
| Presentación | 5 |
| Primera Unidad | |
| Marco normativo. Clasificación y caracterización de residuos industriales. Producción limpia, conceptos de economía circular y ciclo de vida | 7 |
| Semana 1: Sesión 1 Clasificación y caracterización de residuos industriales | 8 |
| Semana 2: Sesión 2 Selección de residuos industriales en aprovechables y no aprovechables | 9 |
| Semana 3: Sesión 3 Ciclo de vida del producto | 10 |
| Semana 4: Sesión 4 Economía circular | 11 |
| Segunda Unidad | |
| Gestión de residuos industriales sólidos y gaseosos: generación, prevención, reducción, segregación, reciclaje, transporte y disposición final | 13 |
| Semana 5: Sesión 5 Gestión de residuos industriales sólidos: prevención | 14 |
| Semana 6: Sesión 6 Gestión de residuos industriales sólidos: segregación y reciclaje | 15 |
| Semana 7: Sesión 7 Gestión de residuos industriales sólidos: transporte y disposición final | 16 |
| Semana 8: Sesión 8 Gestión de residuos industriales gaseosos | 17 |

Tercera Unidad

Gestión de aguas residuales en minería: generación, prevención, control, mitigación y reúso de agua tratada. Recuperación de valores en efluentes mineros 19

Semana 9: Sesión 9

Generación de residuos líquidos industriales 20

Semana 10: Sesión 10

Sistemas de prevención y tratamiento de residuos líquidos industriales
21

Semana 11: Sesión 11

Economía circular aplicada en la gestión de residuos industriales 22

Semana 12: Sesión 12

Identificación de especies recuperables y valorización de residuos industriales 23

Cuarta Unidad

Generación, prevención, reducción, reúso, recuperación de valores y disposición final de lodos en aguas residuales industriales. Gestión de otros residuos industriales líquidos. Tecnologías emergentes 25

Semana 13: Sesión 13

Tecnologías emergentes en la gestión de residuos industriales.
Planes de gestión 26

Semana 14: Sesión 14

Gestión de residuos industriales peligrosos. Tercerización 27

Semana 15: Sesión 15

Valorización de residuos industriales 28

Semana 16: Sesión 16

Exposición de proyecto semestral de gestión de residuos industriales 29

Referencias 30

Presentación

La guía de la asignatura de Gestión de Residuos Industriales es una herramienta muy importante en el desarrollo de esta, pues contiene los lineamientos y las indicaciones para el desarrollo de la parte práctica, que viene a ser un complemento importante de las sesiones teóricas de aprendizaje, ya que se trata de la aplicación de los conocimientos en un caso real seleccionado a propuesta del grupo de estudiantes.

Al finalizar el curso, el alumno será capaz de proponer sistemas de gestión ambiental de residuos industriales, considerando riesgos ambientales y principios del ciclo de vida y aplicando tecnología disponible. En la primera unidad, se identifica el marco normativo aplicable y la clasificación y caracterización de los residuos industriales, con la aplicación de principios de economía circular y ciclo de vida de los productos. En la segunda unidad, se diseñan y evalúan sistemas de gestión de residuos sólidos y emisiones gaseosas. En la tercera unidad, se diseñan y evalúan sistemas de gestión de aguas residuales de minería y se incide en la recuperación y valorización de los residuos. En la cuarta unidad, se diseñan y evalúan sistemas de gestión de aguas residuales industriales y otros líquidos y se incide en los residuos peligrosos. Finalmente, se estudian tecnologías emergentes en la clasificación y disposición de residuos industriales.

El estudiante debe considerar esta guía como un documento base que ha de ser complementado necesariamente con otras herramientas que se adecúen lo mejor posible al caso real de aplicación en el desarrollo del proyecto semestral. Las consultas permanentes y el acompañamiento del docente serán de vital importancia para el logro de los objetivos de la asignatura.

El autor

Primera Unidad



Marco normativo. Clasificación y caracterización de residuos industriales. Producción limpia, conceptos de economía circular y ciclo de vida

Clasificación y caracterización de residuos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de identificar y clasificar los residuos industriales de una empresa industrial o comercial relevante. Tomará muestras y enviará al laboratorio de caracterización los residuos seleccionados.

II. Descripción de la actividad a realizar

El estudiante identificará las principales características de un proceso industrial, las materias primas utilizadas, los procesos productivos, los principales productos y los residuos generados.

III. Procedimiento

Elabore un diagrama de flujo básico y estime o mida la cantidad de residuos producidos y clasifíquelos de acuerdo con el criterio más adecuado.

IV. Producto

Como producto de la sesión, el grupo deberá elaborar un avance del proyecto semestral y consignar los datos obtenidos y guardar el diagrama de flujo y el esquema de balance de masas con la identificación de los residuos industriales más relevantes.

Semana 2: Sesión 2

Selección de residuos industriales en aprovechables y no aprovechables

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 1
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de identificar residuos industriales no peligrosos y clasificarlos en dos categorías: aprovechables y no aprovechables.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, para un determinado caso real, identificarán los residuos industriales aprovechables y no aprovechables.

III. Procedimiento

El grupo deberá elaborar un formato para inventariar los residuos aprovechables y los cuantificará.

IV. Producto

Se deberá presentar el inventario de residuos aprovechables y no aprovechables de la industria o actividad económica seleccionada.

Semana 3: Sesión 3

Ciclo de vida del producto

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de conocer el ciclo de vida del producto principal de la industria seleccionada.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, identificarán el ciclo de vida del principal producto y de los residuos generados.

III. Procedimiento

El grupo seleccionará el principal producto y los principales residuos de la industria o actividad económica, y preparará para cada uno de ellos el ciclo de vida de producto.

IV. Producto

Se deberá presentar el ciclo de vida del producto principal y de los residuos generados más relevantes.

Semana 4: Sesión 4

Economía circular

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 1
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de aplicar el concepto de economía circular en los productos y los residuos generados por una industria.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, plantearán la aplicación de la economía circular al proceso principal o los procesos secundarios de la actividad industrial seleccionada.

III. Procedimiento

El grupo elaborará diferentes alternativas de aplicación del concepto de economía circular a cualquiera de los procesos identificados en la actividad industrial.

IV. Producto

El grupo deberá presentar la secuencia de aplicación de economía circular a uno o más procesos de la actividad industrial seleccionada.

Segunda Unidad



Gestión de residuos industriales
sólidos y gaseosos: generación,
prevención, reducción,
segregación, reciclaje,
transporte y disposición final

Gestión de residuos industriales sólidos: prevención

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de conocer los elementos de la gestión de residuos sólidos industriales con aplicación a un caso real.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, identificarán sobre la base de los conceptos teóricos las características de la generación de residuos industriales sólidos por la industria seleccionada y propondrán medidas para la prevención de dicha generación.

III. Procedimiento

El grupo identificará el mecanismo de generación de residuos sólidos y la magnitud respecto a la producción con base en el balance de masa del proceso. Con estos datos, propondrá medidas para la posible prevención en cantidad o calidad de los residuos generados.

IV. Producto

El grupo deberá presentar el mecanismo y la magnitud de la generación de residuos sólidos industriales y la propuesta de prevención de la generación de dichos residuos.

Semana 6: Sesión 6

Gestión de residuos industriales sólidos: segregación y reciclaje

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de conocer los elementos de la gestión de residuos sólidos industriales con aplicación a un caso real.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, identificarán con base en los conceptos teóricos las características de la reducción, la segregación y el reciclaje de los residuos industriales sólidos por la industria seleccionada y propondrán medidas concretas.

III. Procedimientos

El grupo identificará el mecanismo de generación de residuos sólidos y la magnitud respecto a la producción con base en el balance de masa del proceso. Con estos datos, propondrá medidas para la reducción, la segregación y el reciclaje de los residuos generados.

IV. Producto

El grupo presentará el mecanismo y la magnitud de la generación de los residuos sólidos industriales y la propuesta de reducción, segregación y reciclaje de los residuos generados.

Gestión de residuos industriales sólidos: transporte y disposición final

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 2
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de conocer los elementos de la gestión de los residuos sólidos industriales con aplicación a un caso real.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, identificarán con base en los conceptos teóricos las características del transporte y la disposición final de los residuos industriales sólidos por la industria seleccionada y propondrán medidas concretas.

III. Procedimiento

El grupo identificará el mecanismo de generación de residuos sólidos, las características del transporte y la disposición final de los residuos industriales sólidos no reciclables por la industria seleccionada.

IV. Producto

El grupo presentará las características del transporte y la disposición final de los residuos industriales sólidos por la industria seleccionada.

Gestión de residuos industriales gaseosos

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Seleccionen, por grupos de tres estudiantes (excepcionalmente, cuatro), un caso real de una industria local o regional de acceso autorizado y cumplan las indicaciones de seguridad de la empresa con base en su política.

I. Propósito

El estudiante será capaz de conocer los elementos de la gestión de los residuos industriales gaseosos con aplicación a un caso real.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes, en grupos, identificarán sobre la base de los conceptos teóricos emisiones gaseosas y propondrán su gestión (colección y tratamiento).

III. Procedimientos

El grupo deberá identificar emisiones gaseosas de una industria y tomará evidencias, las caracterizará visualmente y averiguará su posible composición.

IV. Producto

El grupo presentará las características de la emisión gaseosa y planteará su colección y tratamiento a nivel conceptual.

Tercera Unidad



Gestión de aguas residuales en minería: generación, prevención, control, mitigación y reúso de agua tratada. Recuperación de valores en efluentes mineros

Generación de residuos líquidos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado, identificar los mecanismos de generación de residuos líquidos industriales, y describe los principales mecanismos de generación.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante será capaz de identificar los mecanismos de generación de residuos líquidos industriales: dispersión, disolución, mezcla, concentración, estándares aplicables.

II. Descripción de la actividad a realizar

Caracterizar y clasificar los residuos industriales identificados en la industria identificada.

III. Procedimiento

1. Elaborar el diagrama de flujo del proceso industrial.
2. Elaborar el diagrama de flujo de los residuos industriales generados.
3. Describir el mecanismo de generación de los residuos industriales.

IV. Producto

Incorporar al dossier del proyecto semestral lo recopilado en el procedimiento.

Sistemas de prevención y tratamiento de residuos líquidos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 3
Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado caracterizar los residuos industriales identificados y propone un sistema de prevención y tratamiento.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante describirá el historial y caracterizará los residuos líquidos industriales. Asimismo, propondrá los objetivos y el diseño del tratamiento.

II. Descripción de la actividad a realizar

Utilizar el diagrama de flujo del proceso industrial para describir la secuencia del flujo de materiales y que se muestrean los residuos industriales para caracterizarlos. Con los datos obtenidos, proponer los objetivos del tratamiento o disposición y el diseño del proceso.

III. Procedimiento

1. Cuantificación del flujo másico de los residuos industriales generados.
2. Caracterización (determinación de propiedades físicas, químicas y biológicas) en laboratorio especializado de las muestras de residuos.
3. Propuesta de disposición o tratamiento de los residuos.

IV. Producto

Incorpora al dossier del proyecto semestral la data recopilada en el procedimiento.

Economía circular aplicada en la gestión de residuos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado identifica las oportunidades de aplicación de economía circular a los residuos industriales identificados.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante es capaz de Identificar las posibilidades de aplicación de economía circular en los residuos industriales estudiados. Aplicar criterios de balance de masa y cuantificación de residuos.

II. Descripción de la actividad a realizar

Actualizar el diagrama de flujo y elaborar el balance de masa del proceso y de los residuos industriales generados. Luego, proponer la aplicación de economía circular a los residuos industriales.

III. Procedimiento

1. Incorporar al diagrama de flujo del proceso industrial el balance de masas
2. Cuantificar los flujos máxicos de residuos e identificar las posibilidades de aplicación de economía circular en los mismos.

IV. Producto

Incorporar al dossier del proyecto semestral lo recopilado en el procedimiento.

Identificación de especies recuperables y valorización de residuos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado identifica las especies recuperables a partir de los residuos industriales y la valorización de los más relevantes.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante será capaz de identificar los valores recuperables y valorizables a partir de residuos industriales

II. Descripción de la actividad a realizar

Con base en el balance de masas del proceso principal, identificar los valores recuperables utilizando técnicas de separación física, química o biológica, luego cuantificar y valorizar en unidades monetarias por masa obtenida.

III. Procedimiento

1. Cuantificar la masa total de residuos industriales.
2. Determinar la masa de especie recuperable a partir de los residuos.
3. Caracterizar la especie recuperada y en base a su flujo másico determinar el valor económico recuperable.

IV. Producto

Incorporar al dossier del proyecto semestral lo recopilado en el procedimiento.

Cuarta Unidad



Generación, prevención, reducción,
reúso, recuperación de valores y
disposición final de lodos en aguas
residuales industriales. Gestión de
otros residuos industriales líquidos.
Tecnologías emergentes

Tecnologías emergentes en la gestión de residuos industriales. Planes de gestión

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 4
Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), para el proyecto semestral seleccionado identifica tecnologías emergentes de gestión de residuos industriales y propone un plan de gestión.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante es capaz de identificar tecnologías emergentes aplicables a la gestión de residuos industriales y propone un plan de gestión.

II. Descripción de la actividad a realizar

De la revisión bibliográfica e investigación, identificar tecnologías emergentes y evaluar su aplicación a la gestión de los residuos industriales identificados. Con los datos obtenidos, elaborar un plan de gestión ambiental de los residuos industriales

III. Procedimiento

El grupo elaborará un cuadro con las principales características del lodo industrial en estudio, propondrá alternativas para su manejo y disposición final, y elegirá la alternativa más adecuada.

IV. Producto

Incorporat al dossier del proyecto semestral lo recopilado en el procedimiento.

Gestión de residuos industriales peligrosos. Tercerización

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

En grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado identificar los residuos industriales peligrosos generados en la actividad industrial estudiada en el proyecto semestral.

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante identifica los residuos industriales peligrosos y propone un plan de gestión para su manejo

II. Descripción de la actividad a realizar

Utilizando la normatividad aplicable, identificar los residuos industriales peligrosos que produce la actividad, luego proponer el manejo y la disposición final, directamente o utilizando los servicios de una empresa operadora especializada para su tercerización.

III. Procedimiento

1. Identificar los residuos industriales peligrosos
2. Proponer la secuencia de almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.
3. Determinar si la gestión final de los residuos peligrosos puede ser tercerizado en cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable.

IV. Producto

Incorpora al dossier del proyecto semestral la información recopilada en el procedimiento.

Valorización de residuos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

El grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado propone la valorización monetaria de los productos obtenidos por separación o selección a partir de los residuos industriales identificados

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante expone de balance de masa, la cuantificación de residuos y la valorización monetaria de los residuos.

II. Descripción de la actividad a realizar

La valorización monetaria de los residuos se realiza en base a los resultados de la identificación y separación de las especies seleccionadas con valor económico directo o indirecto.

III. Procedimiento

1. Identificación de las especies valorizables a partir de los residuos caracterizados.
2. Balance de masa del proceso de separación de especies recuperables de los residuos industriales.
3. Valorización económica de las especies recuperadas a partir de los residuos industriales.

IV. Producto

Incorporar al dossier del proyecto semestral lo recopilado en el procedimiento.

Exposición de proyecto semestral de gestión de residuos industriales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

El grupo de tres estudiantes (excepcionalmente cuatro), en el proyecto semestral seleccionado expone integralmente la secuencia seguida y los resultados obtenidos, conclusiones, propuestas y recomendaciones. .

I. Propósito

Al finalizar la sesión, el estudiante en forma grupal e independiente expone y defiende del proyecto semestral desarrollado.

II. Descripción de la actividad a realizar

Se hará la exposición formal del proyecto semestral..

III. Procedimiento

Los estudiantes, formalmente exponen ordenadamente el proyecto semestral e individualmente responden las preguntas del docente y del auditorio respecto a lo desarrollado en el proyecto semestral.

IV. Producto

Informe final del proyecto semestral y presentación formal.

Referencias

- Aduvire, O. (2006). *Drenaje ácido de mina. Generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España, Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. <https://acortar.link/q1Z6jp>
- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., y Sandoval, J. (2015). Tratamientos para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Una revisión. *Ingeniería y Región* (13), 73-90. <https://acortar.link/vZKrNs>
- Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20. <https://acortar.link/pUnyg5>
- Comunidad de Madrid. (s. f.). *Plan de Gestión de Residuos Industriales 2017-2024*. <https://acortar.link/h771Qx>
- Facultad de Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. (s. f.). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida*. <https://acortar.link/g7RxVm>
- Ministerio del Ambiente. (2016.) *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. <https://acortar.link/jsPsSm>
- MSS, Inc. (2016). *Optical sorting in high-definition*. CP Group. <https://acortar.link/nCtVBN>
- Romero, J. (s. f.). *Tratamiento de residuos industriales líquidos (RILES)*. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Química. <https://acortar.link/NcyC1o>
- Universidad Pablo de Olavide. (2022). *Tema 9: Métodos de control de emisiones I*. <https://acortar.link/AcE5HO>

