

PROYECTO IKI – ONU MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN RELLENOS SANITARIOS

Kurt Ziegler, Ian Vázquez-Rowe, Ramzy Kahhat, María Margallo

Lima
3 de julio de 2018



Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania



PERÚ
Ministerio
del Ambiente

LAS METAS DE REDUCCIÓN (ACUERDO DE PARÍS) SE ALCANZAN CON LA APLICACIÓN DE DIVERSAS MEDIDAS COMO:

- Contribuciones Nacionales de mitigación - NDCs
- Inversión en distintos sectores productivos.



CONTRIBUCIONES NACIONALMENTE DETERMINADAS (NDCs)

- Medidas sectoriales para reducir emisiones
- De las 190 partes (países) implicadas en el CC ya se han recibido más de 160 (incluido Perú).



NDCs PARA PERÚ

- **Mitigación:** acciones para reducir las emisiones netas.
- **Adaptación:** acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Los NDCs pretenden mitigar y adaptar el país al cambio climático:

- ✓ Promover medidas que pongan en valor recursos naturales.
- ✓ Promover medidas que atiendan nuevos nichos de mercado hacia un mundo de carbono-restringido



SECTORIZACIÓN DE LOS NDCs

- Plazo de implementación: del 1 de enero de 2021 a 31 de diciembre de 2030.
- Prioridades en **adaptación**:
 - ✓ Agua y recursos hídricos
 - ✓ Agricultura
 - ✓ Pesca
 - ✓ Bosques
 - ✓ Salud



NDCs EN EL SECTOR RESIDUOS

D1	Desechos	Captura y Quema de Metano en Rellenos Sanitarios (NAMA)	1.506
D2	Desechos	Captura y Quema de Metano en Otros Rellenos Sanitarios	0.289
D3	Desechos	Tecnología Semiaeróbica en Rellenos Sanitarios (Proyecto BID/JICA)	0.442
D4	Desechos	Compostaje en Rellenos Sanitarios (Proyecto BID/JICA)	0.217
D5	Desechos	Reciclaje en Rellenos Sanitarios (Proyecto BID/JICA)	0.021
D6	Desechos	Quema Metano en PTARs	0.067
D7	Desechos	Tratamiento de lodos en PTARs	0.009
D8	Desechos	Generación eléctrica PTARS	0.005
D9	Desechos	Construcción de rellenos sanitarios con captura y quema de metano y generación eléctrica	1.347



3.90 Mt CO₂eq en el Sector → 3.82 Mt en Rellenos Sanitarios (98%)



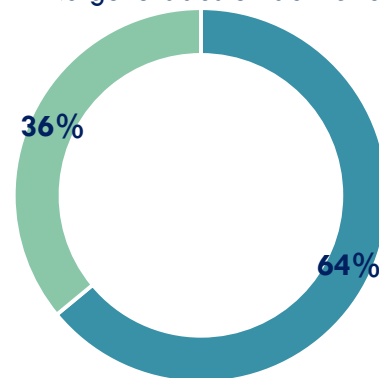
A decorative graphic on the left side of the slide. It consists of several vertical lines of varying shades of blue and grey, and a cluster of five teal circles of different sizes arranged in a roughly circular pattern.

RELLENOS SANITARIOS EN EL PERÚ

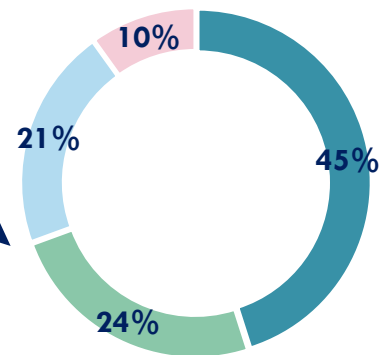
GENERACIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES EN EL PERÚ

¿Cuál es su origen?

- Generados en domicilios
- No generados en domicilios



- Lima metropolitana y Callao
- Sierra
- Selva
- Ciudades costeras



Distribución zonas

Estimación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios basada en la ponderación de datos de 375 estudios (Perú)

Componentes físicos de los residuos sólidos	Perú (%)	Lima (%)	Cusco (%)	Nauta (%)
Materia orgánica	52.2	52.3	50.3	60.3
Madera, follaje	2.30	1.70	6.10	4.70
Papel	5.10	5.70	2.80	2.30
Cartón	3.00	3.60	3.30	1.70
Vidrio	3.10	3.80	3.60	1.30
Plásticos reciclables	5.90	5.80	4.60	3.50
Otros inorgánicos	28.4	27.1	29.3	26.2

Diagnóstico de los Residuos Sólidos en el Perú, 2013, Ministerio del Ambiente

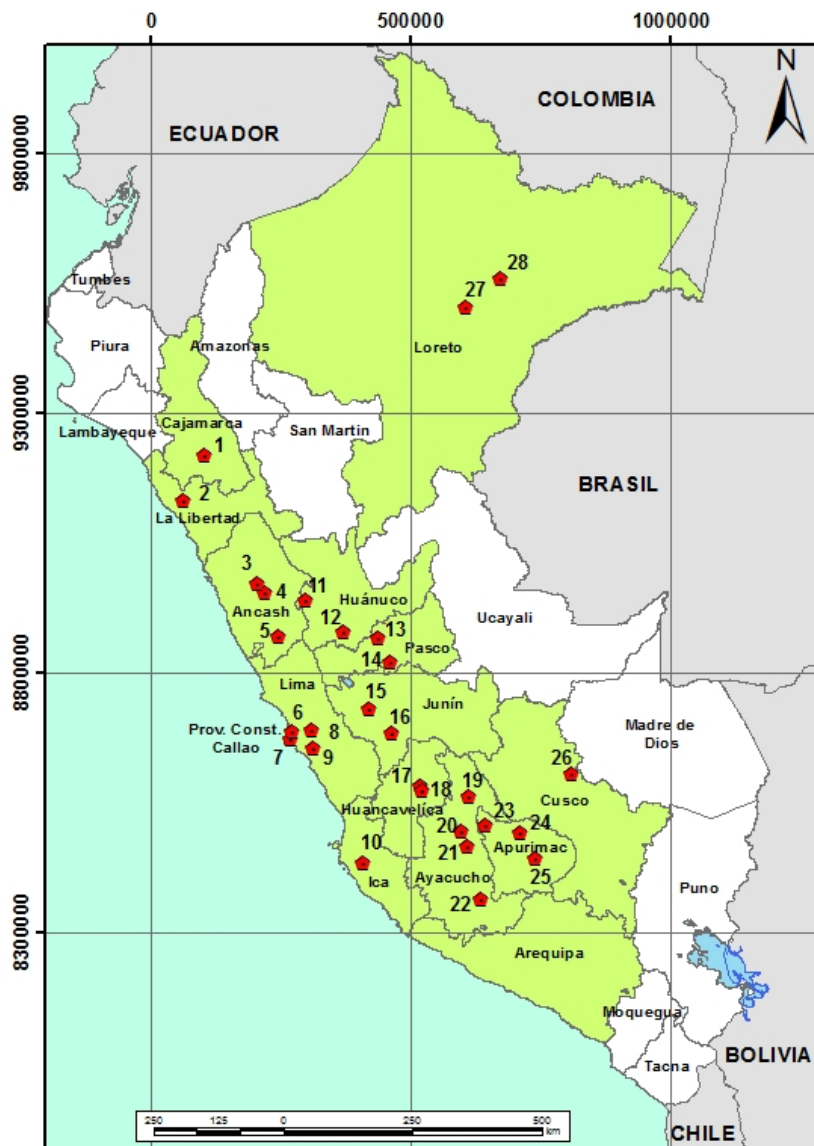
Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos (SIGERSOL), 2015, Ministerio del Ambiente

Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Cusco, 2015, Gobierno Municipal del Cusco

Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de Nauta, 2013, Municipalidad Provincial de Loreto - Nauta









Rellenos Sanitarios en el Perú



INFRAESTRUCTURAS DE DISPOSICIÓN FINAL ADECUADAS EN EL PERÚ AL AÑO 2017

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1. Cajamarca | 15. Santa Cruz |
| 2. Chicama | 16. Pampaya |
| 3. Carhuaz | 17. Yauli |
| 4. Independencia | 18. Ccochaccasa |
| 5. Cajacay | 19. Cangallo |
| 6. Zapallal | 20. Coracora |
| 7. Modelo del Callao | 21. Huaya |
| 8. Huaycoloro | 22. San Miguel |
| 9. Portillo Grande | 23. Chuquibambilla |
| 10. Ica | 24. Anco Huallo |
| 11. Llata | 25. Huancarama |
| 12. Ambo | 26. Anta |
| 13. Pozuzo | 27. Nauta |
| 14. Oxapampa | 28. El Treinta |

LEYENDA

-  Infraestructuras de disposición final (IDF)
-  Departamentos con IDF
-  Límite departamental
-  Lagos
-  Océano Pacífico
-  Países de Sudamérica



PERÚ
Ministerio del Ambiente

Viceministerio de Gestión Ambiental

DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

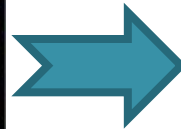
MAPA NACIONAL DE UBICACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE DISPOSICIÓN FINAL

Elaborado: DGRS	Proyección: UTM	Fecha:	Escala:
	Datum: WGS 84 - ZONA 18	Noviembre 2017	1 / 11,000,000

Fuente: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, MINAM, 2017.

Beneficios de un Relleno Sanitario vs un Botadero

- Menor contaminación en la ciudad (mejor control de los residuos)
- Menor contaminación de cuencas y acuíferos
- Disminución de vectores infecciosos y enfermedades
- Mejores condiciones de trabajo



IDENTIFICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

Dada la diversidad geográfica del Perú, se identificaron 3 principales zonas geoclimáticas con condiciones únicas entre sí:



Por lo tanto, se identificaron 3 principales rellenos a inventariar en dichas zonas





RELLENO SANITARIO PORTILLO GRANDE

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

Ubicación

- Lima

Tipo de Relleno

- Mecanizado según la legislación peruana

Capacidad

- 2000 ton/día

Tiempo aproximado de vida

- 30 años



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Temperatura media anual

- ~ 18 °C

Precipitación

- ~ 16 mm/año

Distancia al mar

- Entre 10 y 11 km





EMPLAZAMIENTO DE DISPOSICIÓN FINAL JAQUIRA

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

Ubicación

- Cusco

Tipo de Relleno

- Mecanizado según la legislación peruana

Capacidad

- 380 ton/día

Tiempo aproximado de vida

- 8 años



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Temperatura media anual

○ ~ 11 °C

Precipitación

○ ~ 700 mm/año

Altitud

○ 4000 msnm





RELLENO SANITARIO NAUTA

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

Ubicación

- Nauta

Tipo de Relleno

- Manual según la legislación peruana

Capacidad

- 17 ton/día

Tiempo aproximado de vida

- 12 años

Número de celdas

- 3



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Temperatura media anual

- ~ 26 °C

Precipitación

- ~ 2500 mm/año

Densidad de carbono

- Hasta 150 ton/ha de carbono en la zona

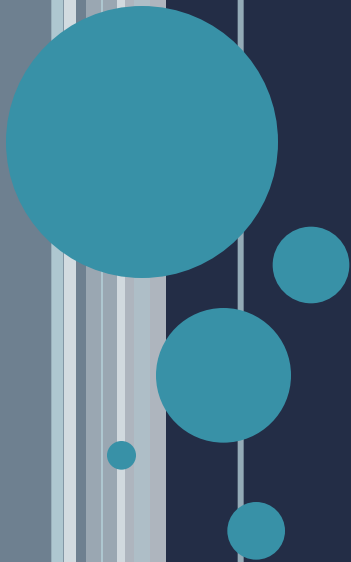
Distancia al río

- Entre 5 y 6 km



Relleno	Portillo Grande (Lima)	Jaquira (Cusco)	Nauta (Nauta)
Ubicación	Costa hiper árida	Sierra andina	Selva amazónica
Classificación climática Koppen – Geiger	Árido, desierto, caliente árido (BWh)	Temperado, invierno frío, verano cálido (Cwb)	Equatorial, completamente húmedo (Af)
Temperatura promedio (°C)	18.7	11.2	26.6
Precipitación anual promedio (mm)	16	693	2448
Altitude (msnm)	350	4000	150
Capacidad diaria (ton)	2000	380	17
Tipo según legislación peruana	Mecanizado (>50 ton/día)	Mecanizado (>50 ton/día)	Manual (<20 ton/día)
Tiempo estimado de vida	30 años	8 años	12 años
Area (ha)	80	9.5	2
Tratamiento del gas	Quema descentralizada	Ninguno	Ninguno
Cobertura inferior	Arcilla	Geomembrana	Arcilla
Tratamiento de lixiviados	Recirculación	Recirculación	Recirculación

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

“El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”

ISO 14.040: 2006



Life Cycle Assessment (LCA) – Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Herramienta estandarizada internacionalmente que se usa para la evaluación de aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con productos, bienes o servicios (ISO 14040, 2006).

Cuatro etapas principales:



ISO 14040, 2006. Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. International organisation for standardisation, Geneva, Switzerland.

COMPONENTES DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

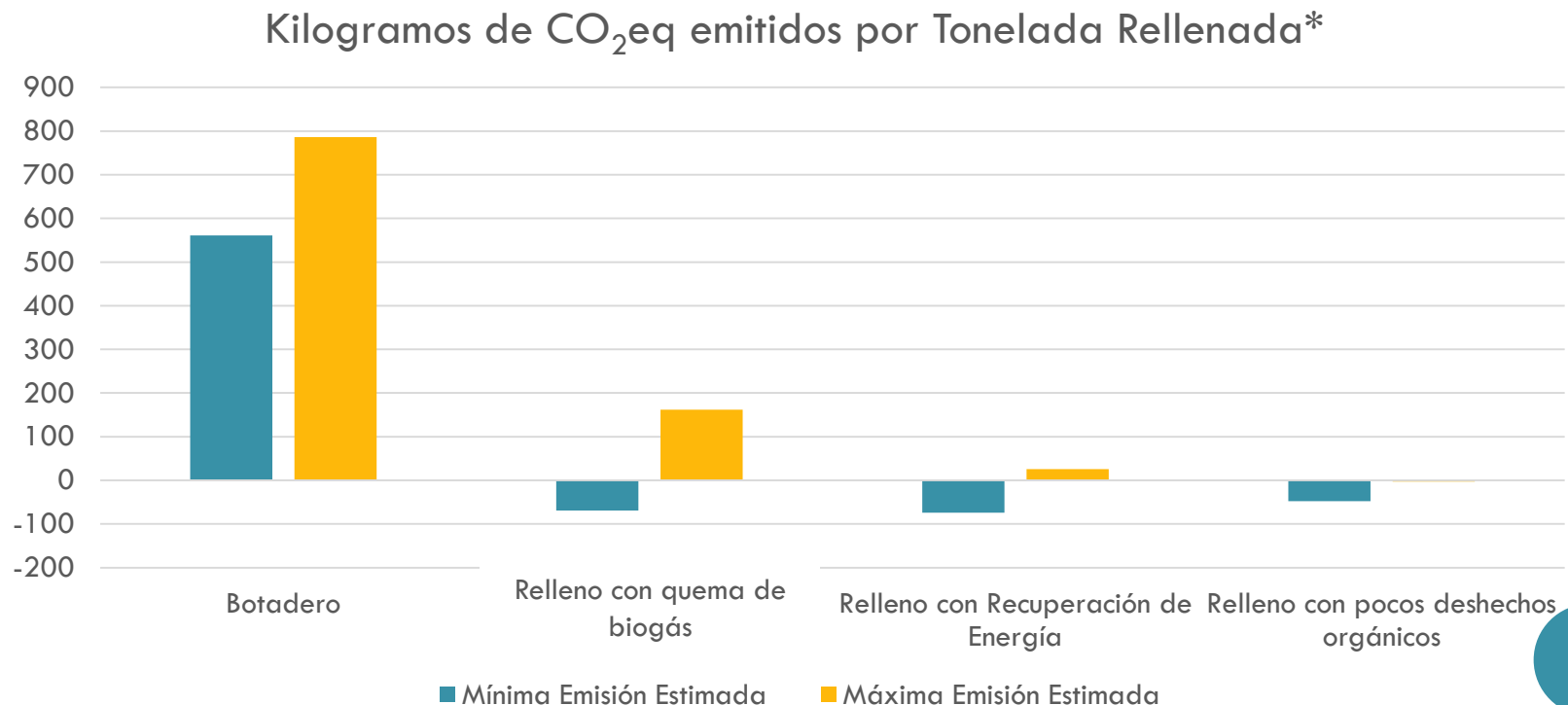
– INVENTARIOS Y BASES DE DATOS

- Los inventarios de ciclo de vida son flujos de entradas y salidas.
- ¡No se puede modelar todo! → Necesidad de recurrir a bases de datos con información secundaria.
- Principal base de datos en ACV → ecoinvent® (Suiza).
- Esfuerzos por autoridades nacionales por desarrollar sus propios inventarios.



COMPONENTES DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA – MÉTODOS DE ANÁLISIS

- Hacen de enlace entre los inventarios y el resultado final de impactos ambientales. → “Miden impactos”
- Se actualizan con frecuencia



*MANFREDI ET AL., 2009

LANDFILLING OF WASTE: ACCOUNTING OF GREENHOUSE GASES AND GLOBAL WARMING CONTRIBUTIONS

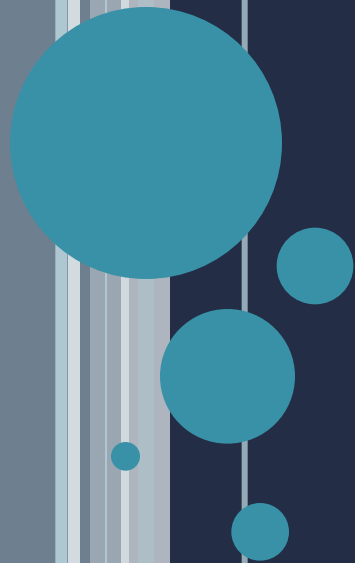
COMPONENTES DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA – SOFTWARE DE CÁLCULO

Existen diversas herramientas de cálculo

- En residuos sólidos una de las más utilizadas es EASETECH (Dinamarca)



CASO DE ESTUDIO: RELLENO SANITARIO PORTILLO GRANDE



1. DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

Objetivos:

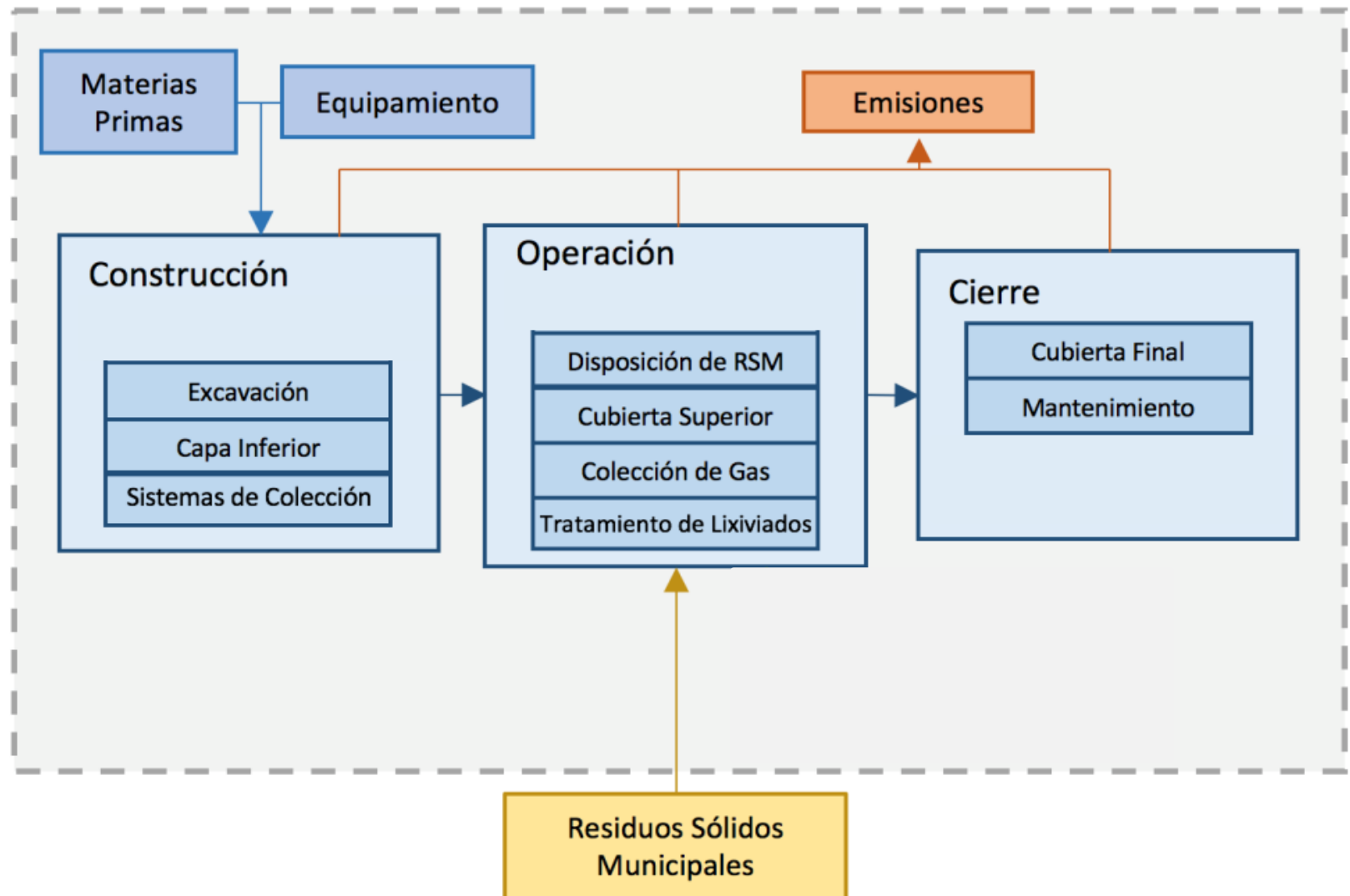
- Analizar el Ciclo de Vida del RS Portillo Grande y sus impactos ambientales
- Plantear opciones de mejora y optimización para el RS Portillo Grande

Alcance:

- Unidad funcional a analizar: 1 tonelada de residuos sólidos municipales rellena en el RS Portillo Grande, a lo largo de 100 años
- Límites del sistema



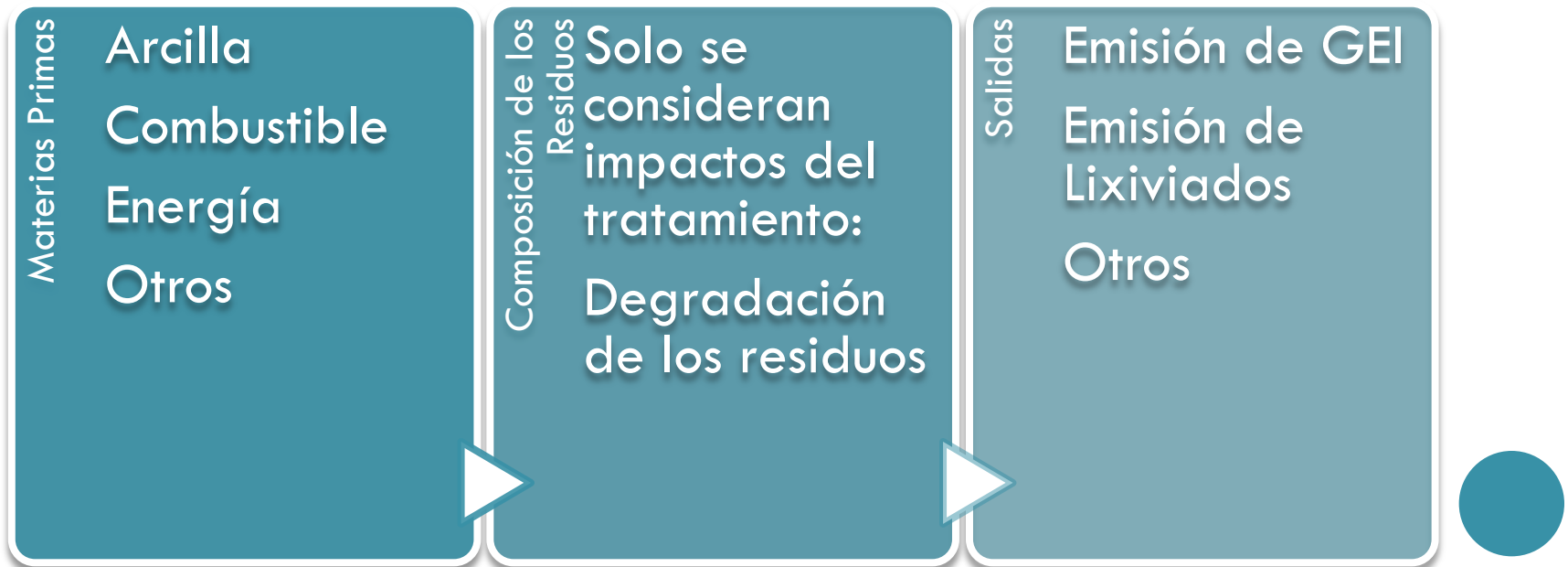
LÍMITES DEL SISTEMA



2. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Recolección de información: Cuestionarios y visita de campo

Asignación de todas las entradas y salidas en función de la unidad funcional



ICV: INFRAESTRUCTURA Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO

- Datos de inventario reportados por Unidad Funcional: 1 tonelada de residuos rellenos, a lo largo de 100 años.

Material	Unidad	Cantidad por Tonelada Rellenada
Concreto	m3	9.67E-09
Acero	kg	1.57E-06
Movimiento de tierras	m3	6.05E-05
Diésel	l	8.31E-04



ICV: RANGO DE FACTORES DE DESCOMPOSICIÓN PARA ZONAS SECAS

Fracción	$k_{inferior}$	k_{medio}	$k_{superior}$
Materia orgánica	0.05	0.06	0.08
Madera, follaje	0.01	0.02	0.03



CASO DE ESTUDIO: EMPLAZAMIENTO DE DISPOSICIÓN FINAL JAQUIRA



1. DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

Objetivos:

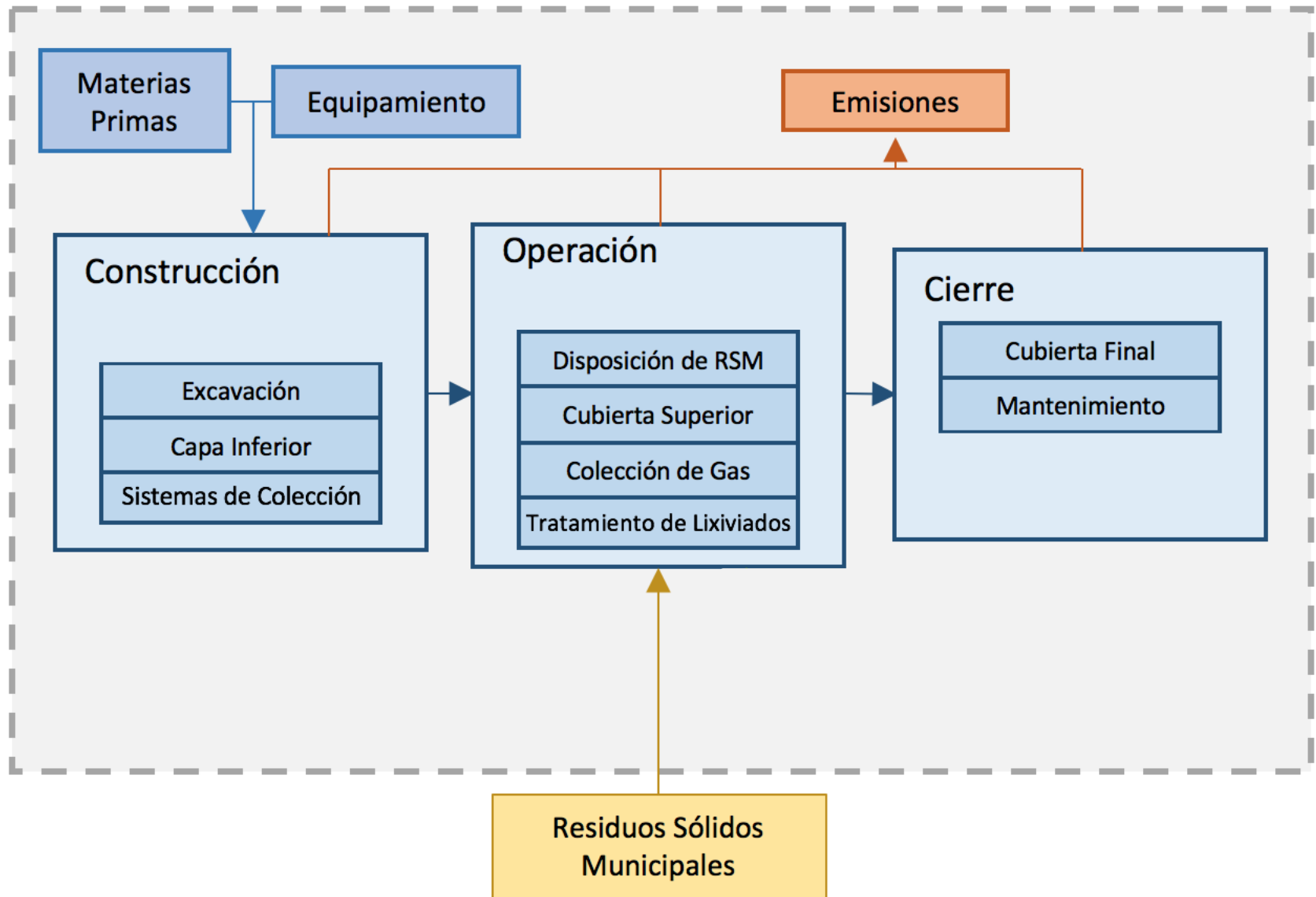
- Analizar el Ciclo de Vida del EDF Jaquira y sus impactos ambientales
- Plantear opciones de mejora y optimización para el EDF Jaquira

Alcance:

- Unidad funcional a analizar: 1 tonelada de residuos rellena en el EDF Jaquira, a lo largo de 100 años
- Límites del sistema



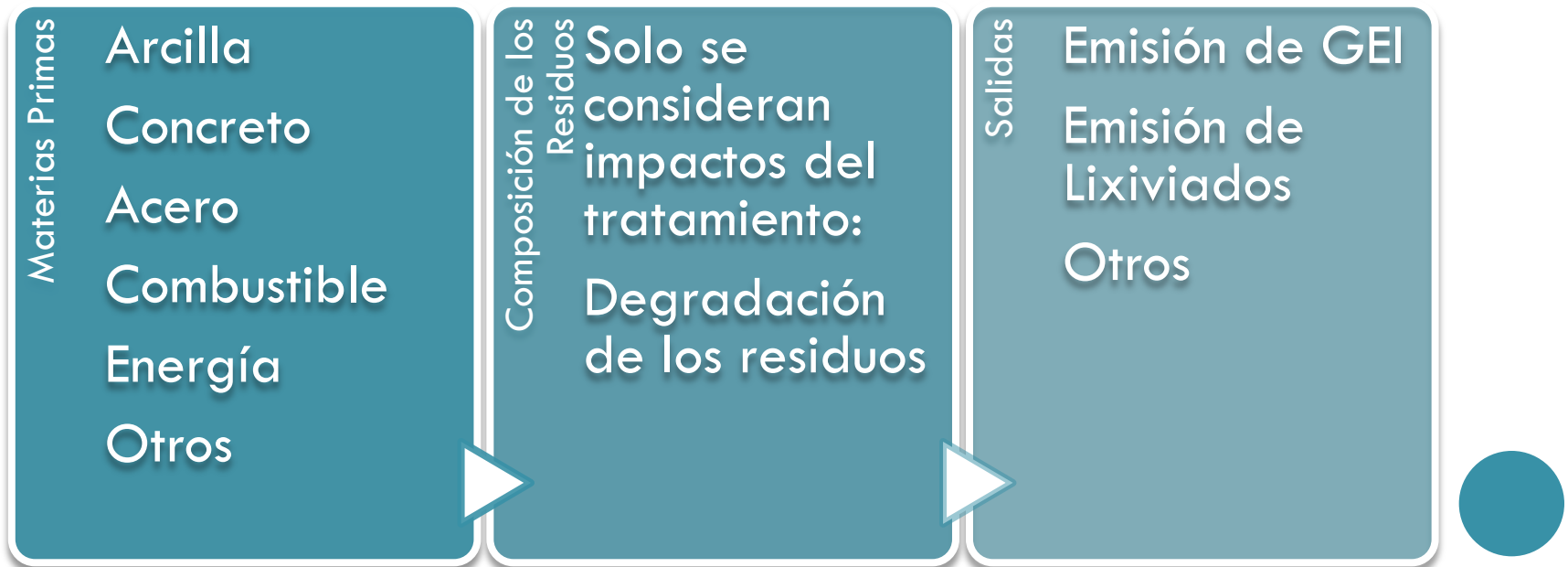
LÍMITES DEL SISTEMA



2. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Recolección de información: Cuestionarios y visita de campo

Asignación de todas las entradas y salidas en función de la unidad funcional



ICV: INFRAESTRUCTURA Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO

- Datos de inventario reportados por Unidad Funcional: 1 tonelada de residuos rellenos.

Material	Unidad	Cantidad por Tonelada Rellenada
Grava	m ³	1.68E-02
Concreto	m ³	5.17E-08
HDPE	kg	7.66E-03
PVC	kg	1.08E-04
Acero	kg	7.11E-07
Movimiento de tierras	m ³	6.75E-5
Diésel	l	2.38E-04



ICV: RANGO DE FACTORES DE DESCOMPOSICIÓN PARA ZONAS BOREALES Y FRIAS HÚMEDAS

Fracciones	k_{inferior}	k_{medio}	k_{superior}
Materia orgánica	0.1	0.185	0.2
Madera, follaje	0.02	0.03	0.04



CASO DE ESTUDIO: RELLENO SANITARIO NAUTA



1. DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

Objetivos:

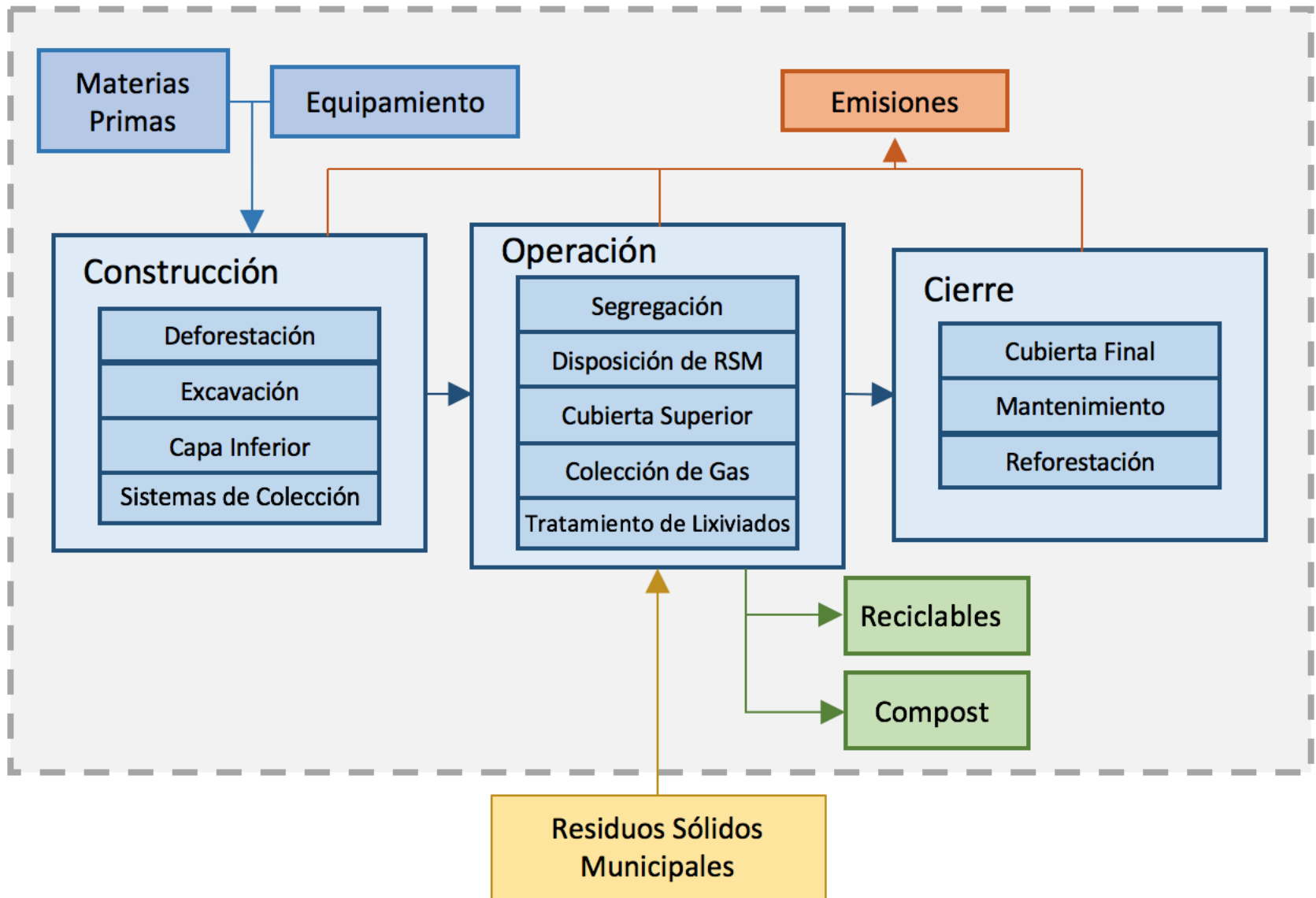
- Analizar el Ciclo de Vida del RS de Nauta y sus impactos ambientales
- Plantear opciones de mejora y optimización para el RS de Nauta

Alcance:

- Unidad funcional a analizar: 1 tonelada de residuos rellena en el RS de Nauta, a lo largo de 100 años
- Límites del sistema



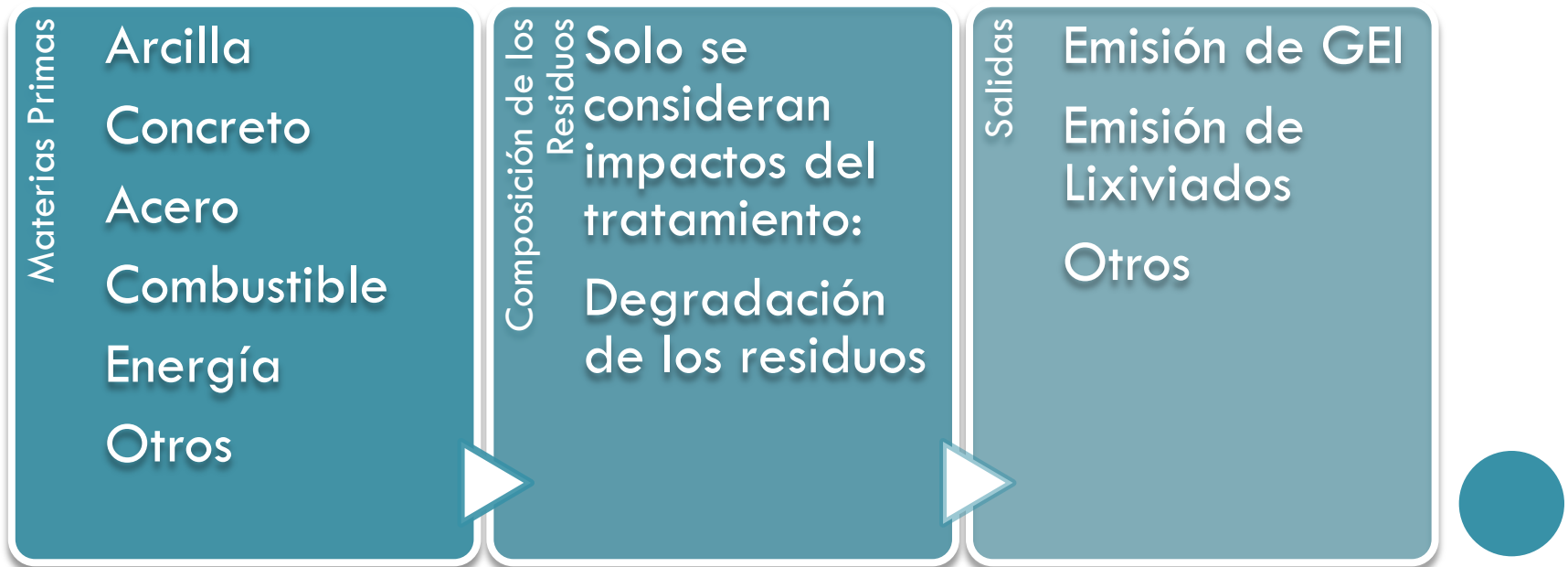
LÍMITES DEL SISTEMA



2. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Recolección de información: Cuestionarios y visita de campo

Asignación de todas las entradas y salidas en función de la unidad funcional



ICV: INFRAESTRUCTURA Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO

- Datos de inventario reportados por Unidad Funcional: 1 tonelada de residuos rellenos.

Material	Unidad	Cantidad por tonelada rellena
Arena	m ³	5.76E-06
Concreto	m ³	4.92E-06
Acero	kg	5.62E-05
Movimiento de tierras	m ³	4.29E-05
Grava	ton	1.18E-04
Arcilla	m ³	1.94E-05
Diésel	l	2.16E-04

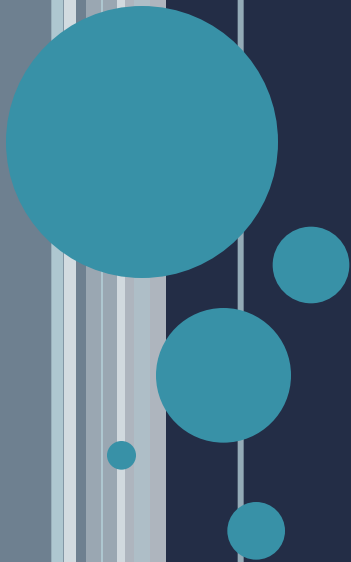


ICV: RANGO DE FACTORES DE DESCOMPOSICIÓN PARA ZONAS TROPICALES MUY HÚMEDAS

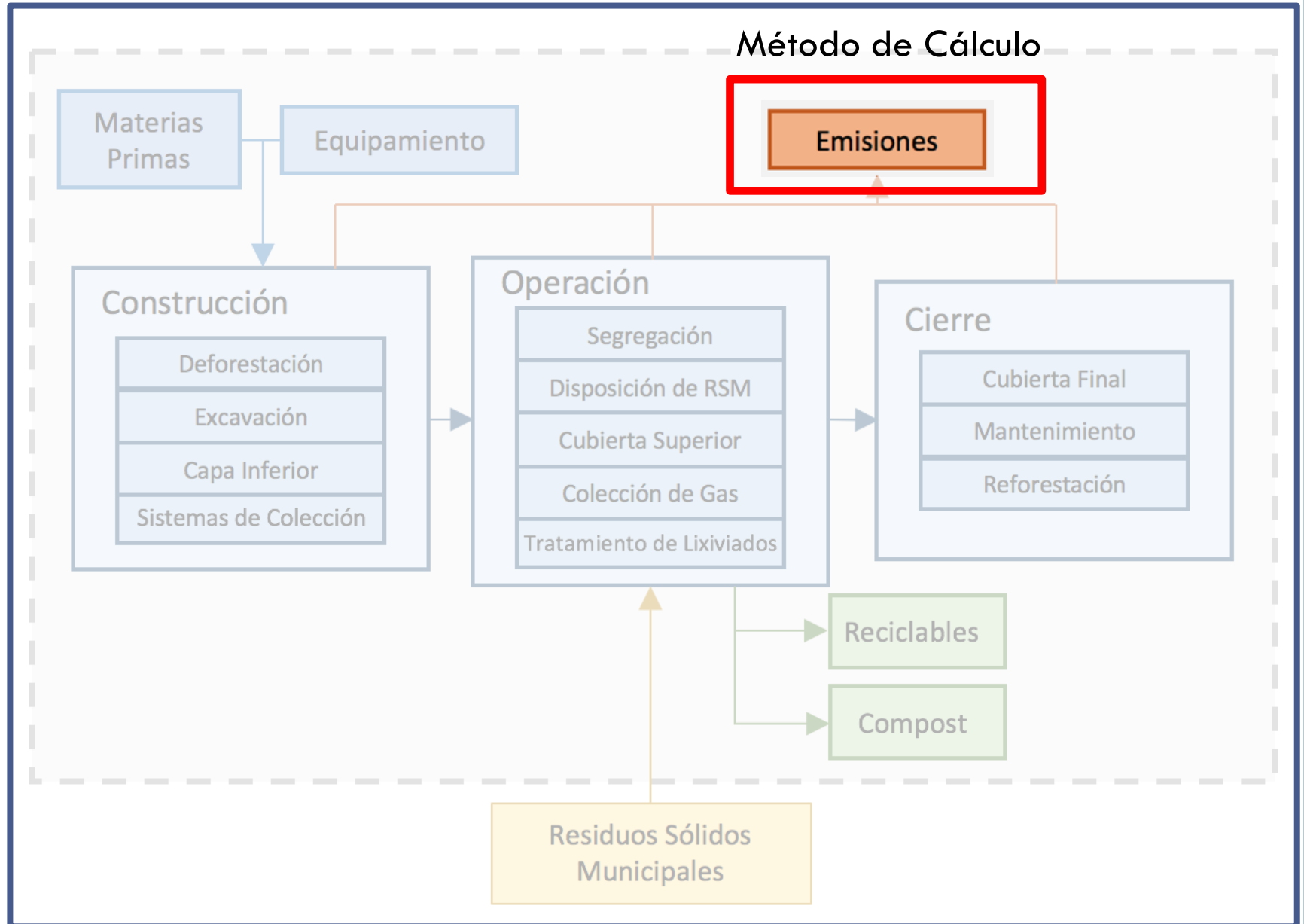
Fracciones	k_{inferior}	k_{medio}	k_{superior}
Materia orgánica	0.17	0.400	0.700
Madera, follaje	0.03	0.035	0.050



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Método de Cálculo



SE ANALIZARON 3 ESCENARIOS POR RELLENO

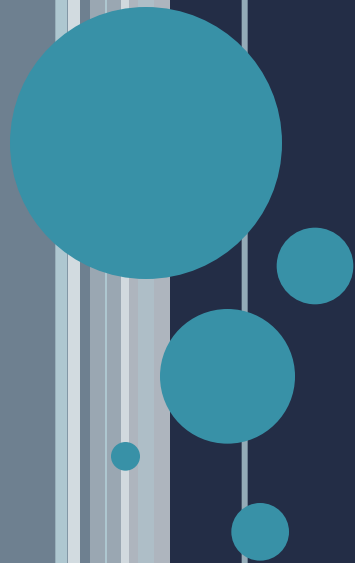
Relleno sin tratamiento de biogás (Situación actual en Cusco y Nauta, virtual en Lima)

Relleno con quema de gas en chimeneas (Situación actual en Lima, virtual en Cusco y Nauta)

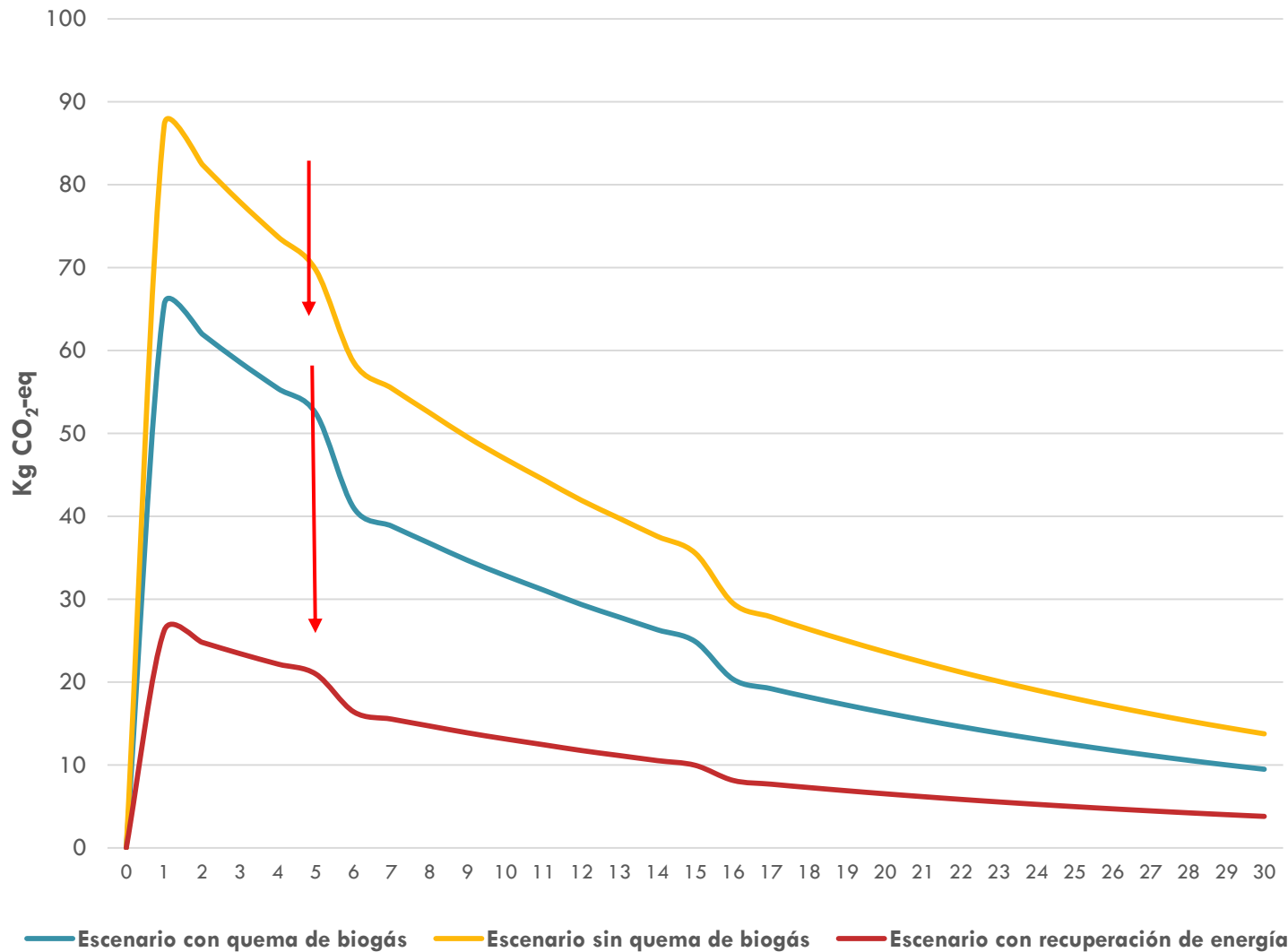
Relleno con recuperación de energía → opción de mejora
- La energía generada sustituye a la energía de fuentes fósiles



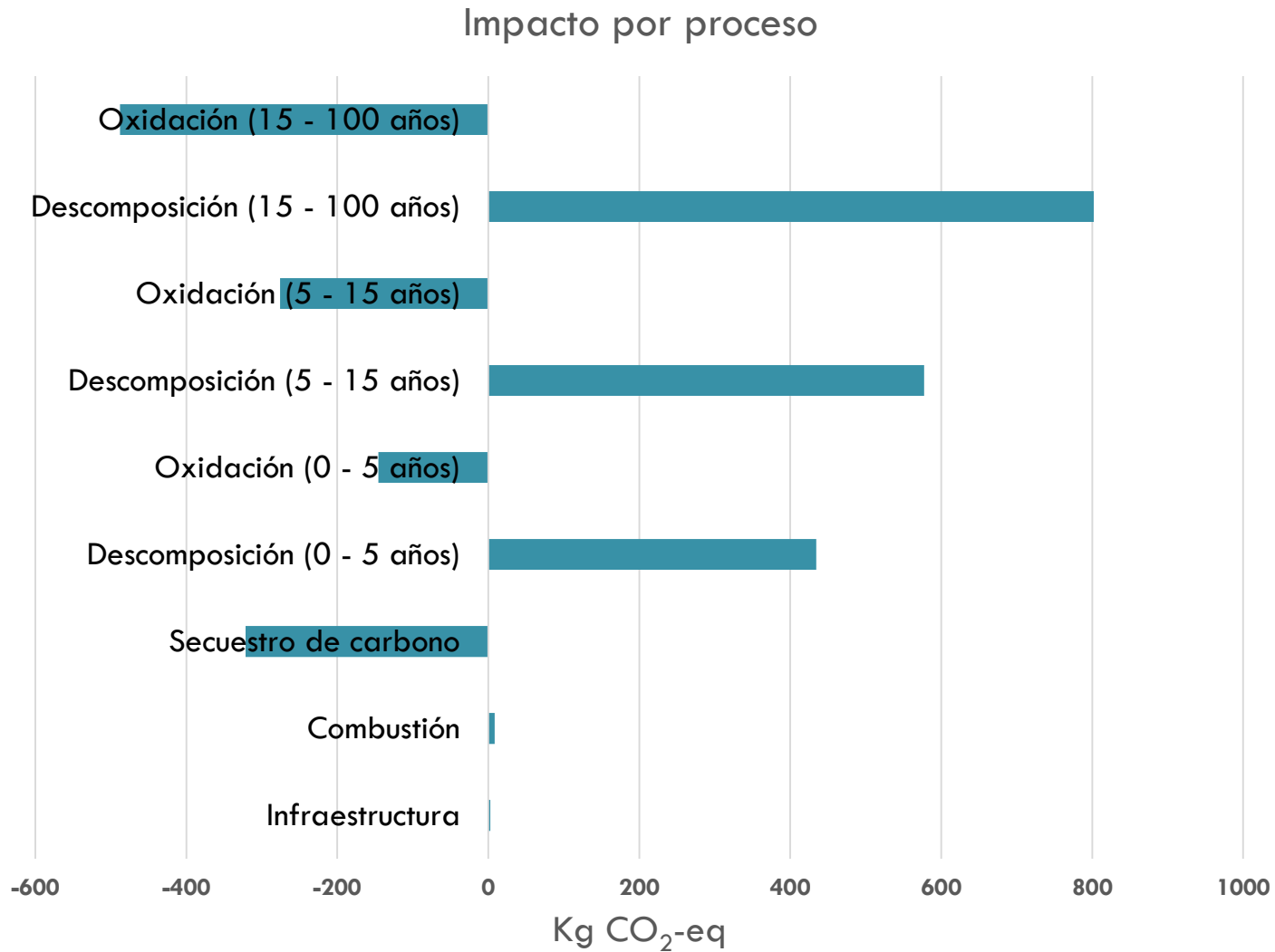
**DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS Y
GENERACIÓN DE BIOGÁS:
PORTILLO GRANDE**



DISTRIBUCIÓN DE IMPACTOS SEGÚN ESCENARIOS EN UN RELLENO SANITARIO

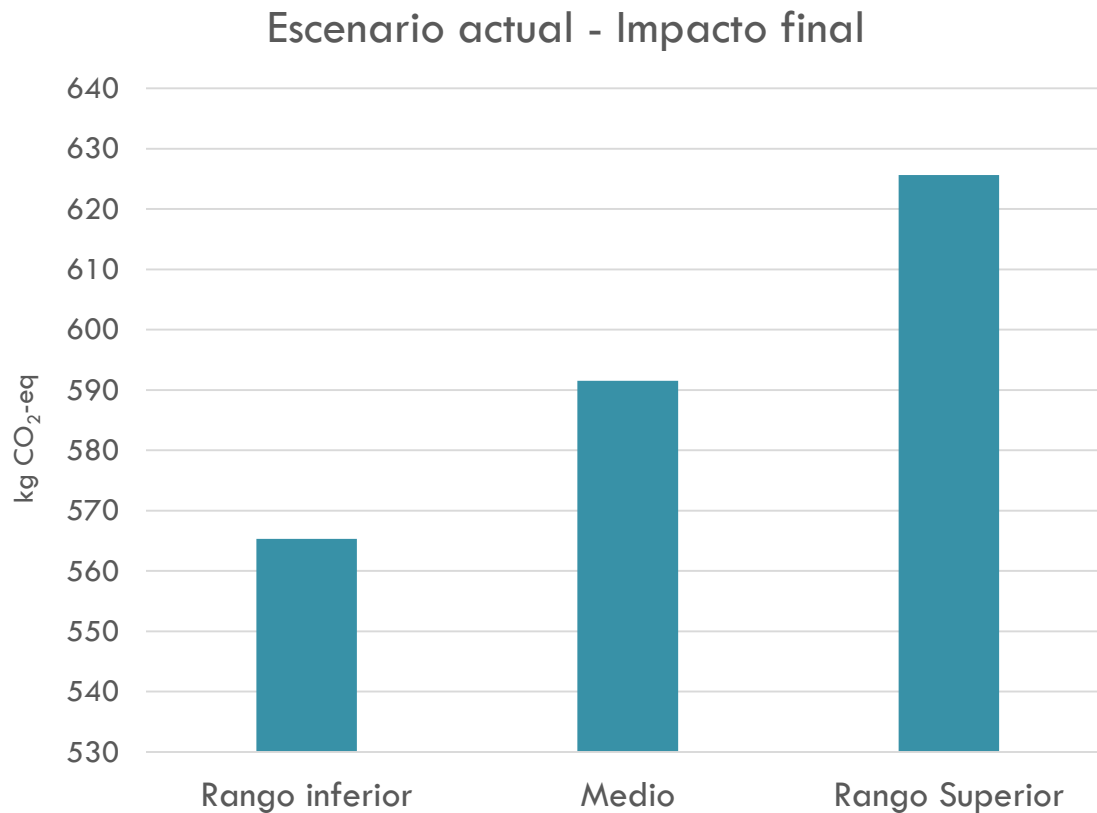


IMPACTOS POR ETAPA EN EL TRATAMIENTO ACTUAL

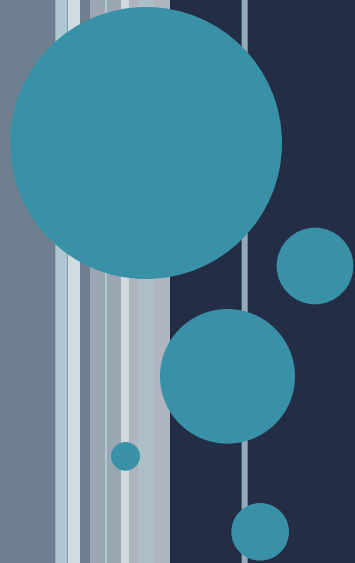


VARIACIÓN DE CONSTANTES DE DESCOMPOSICIÓN

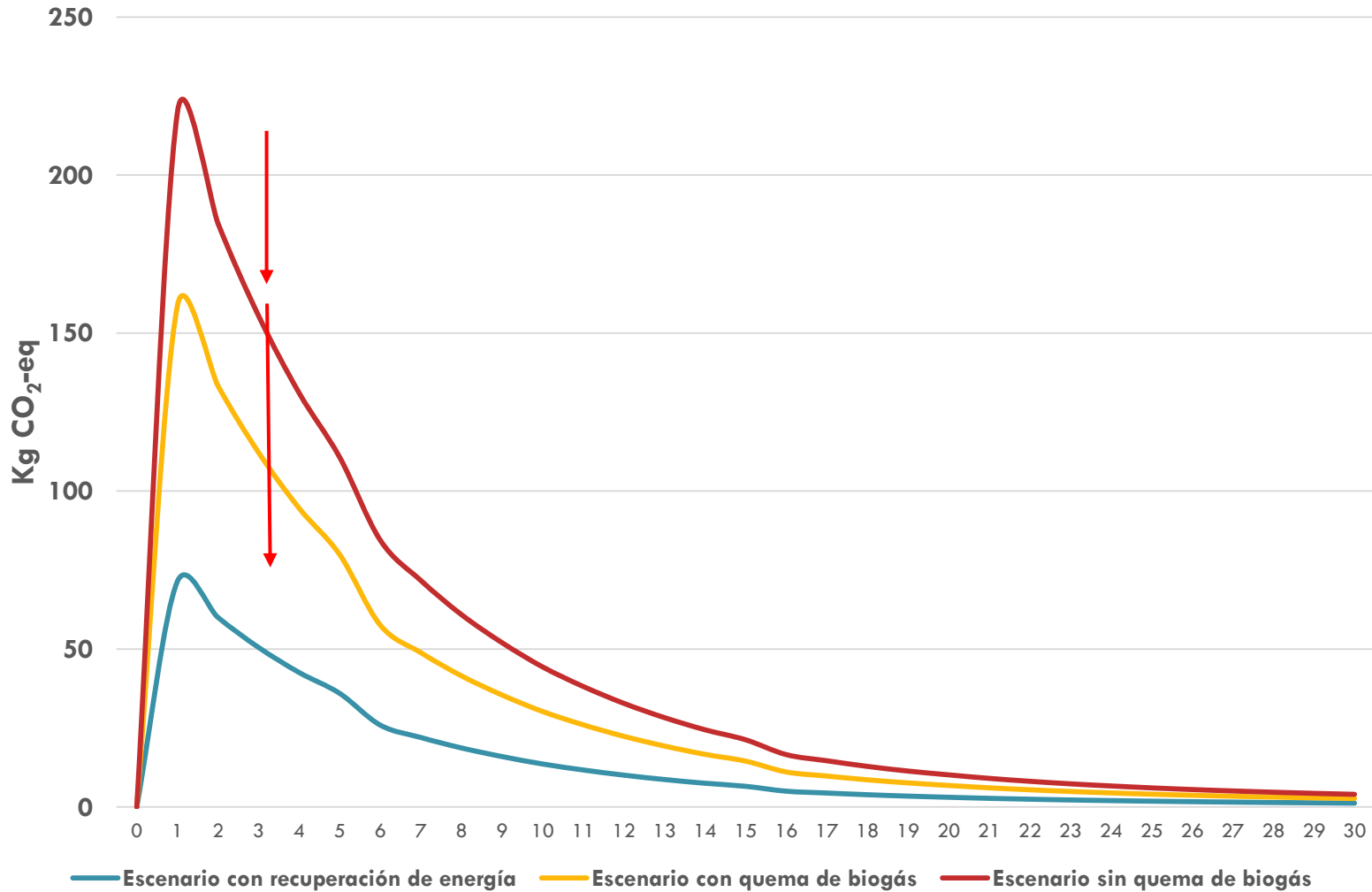
Fraciones	k_{inferior}	k_{medio}	k_{superior}
Materia orgánica	0.17	0.400	0.700
Madera, follaje	0.03	0.035	0.050



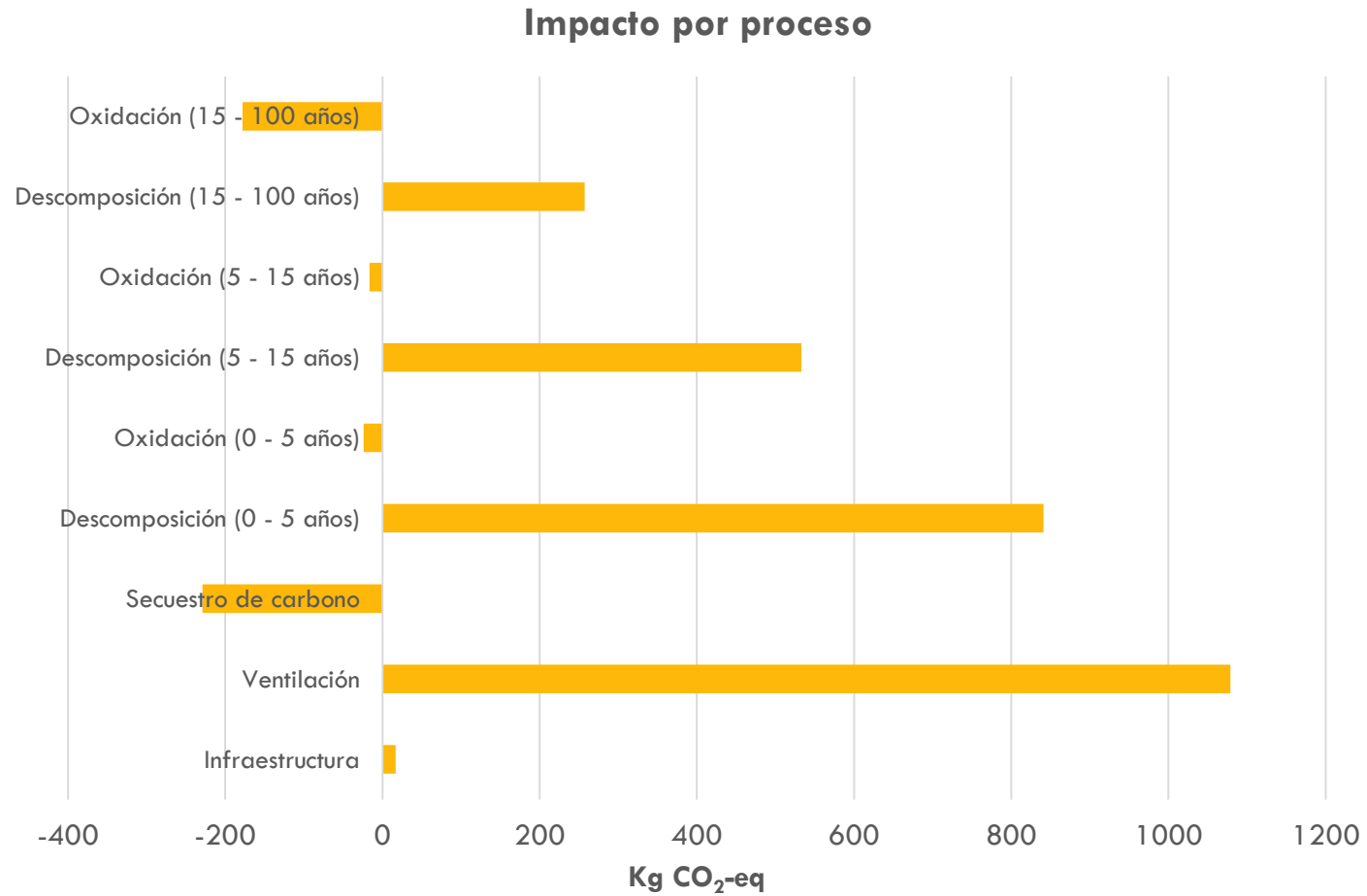
**DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS Y
GENERACIÓN DE BIOGÁS:
JAQUIRA**



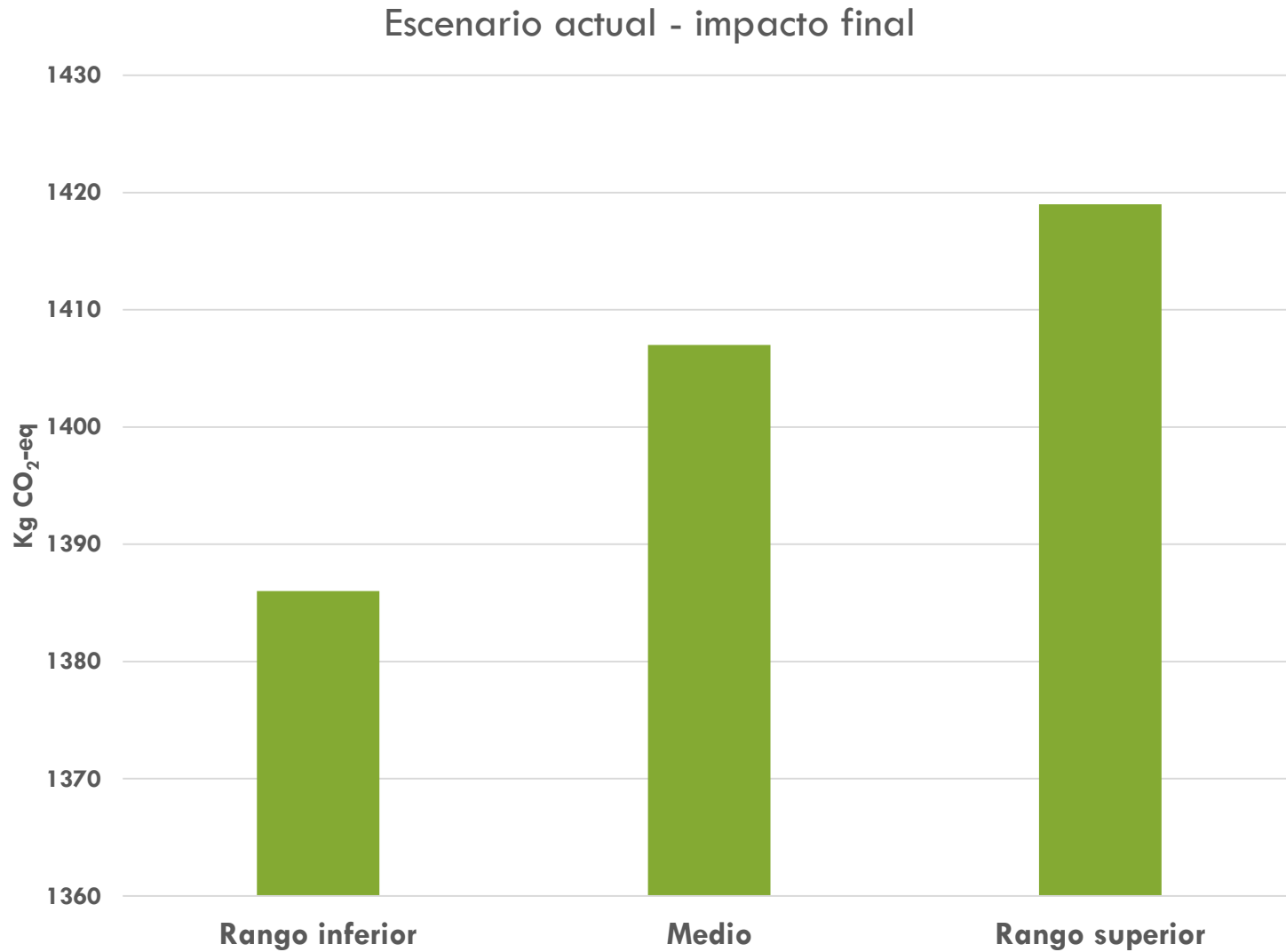
DISTRIBUCIÓN DE IMPACTOS SEGÚN ESCENARIOS EN UN RELLENO SANITARIO



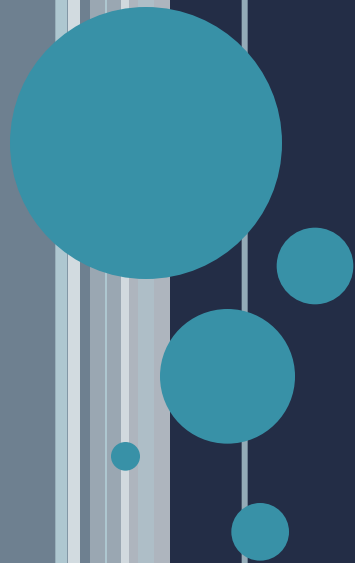
IMPACTOS POR ETAPA EN EL TRATAMIENTO ACTUAL



VARIACIÓN DE CONSTANTES DE DESCOMPOSICIÓN

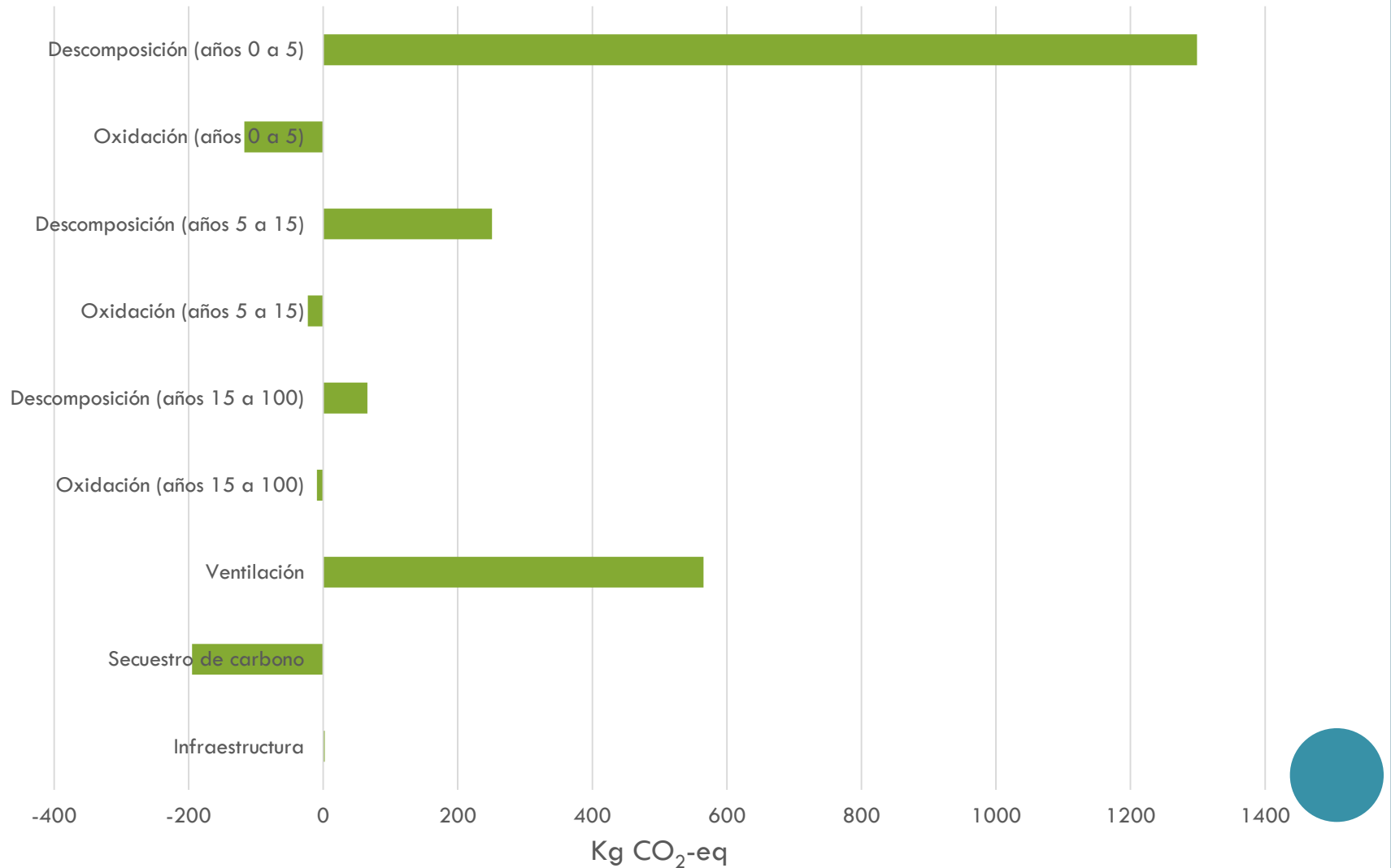


**DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS Y
GENERACIÓN DE BIOGÁS:
NAUTA**



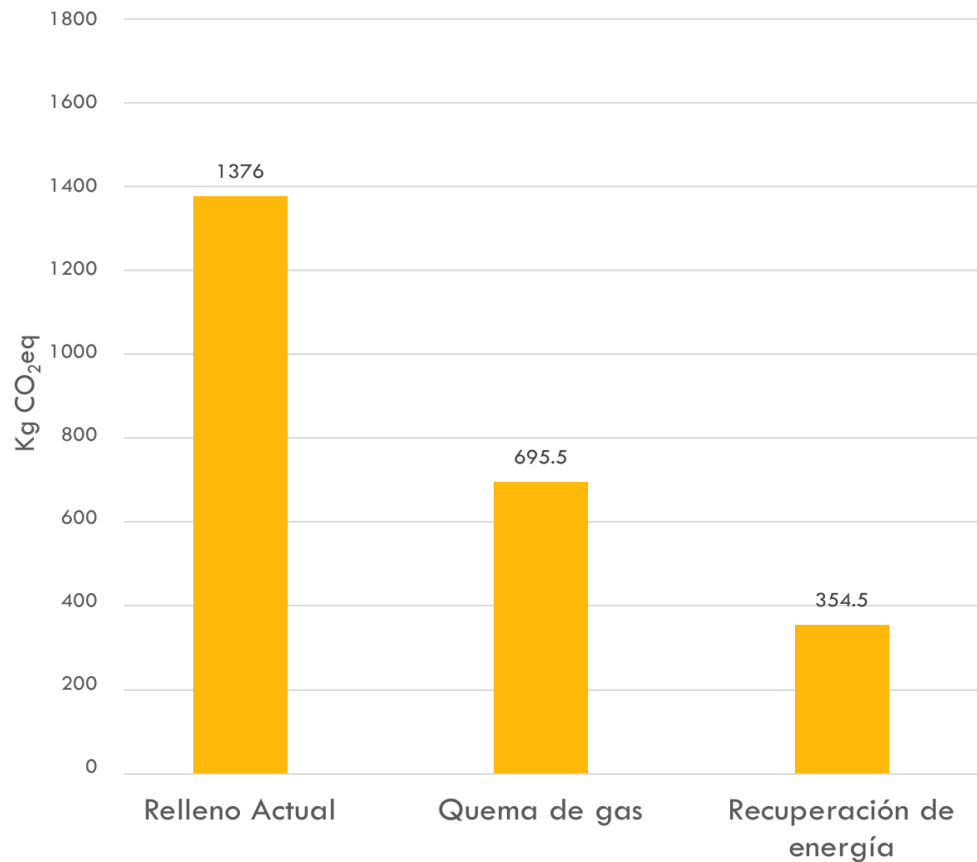
IMPACTOS POR ETAPA EN EL TRATAMIENTO ACTUAL

Impacto por proceso



COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Impacto de escenarios por unidad funcional*



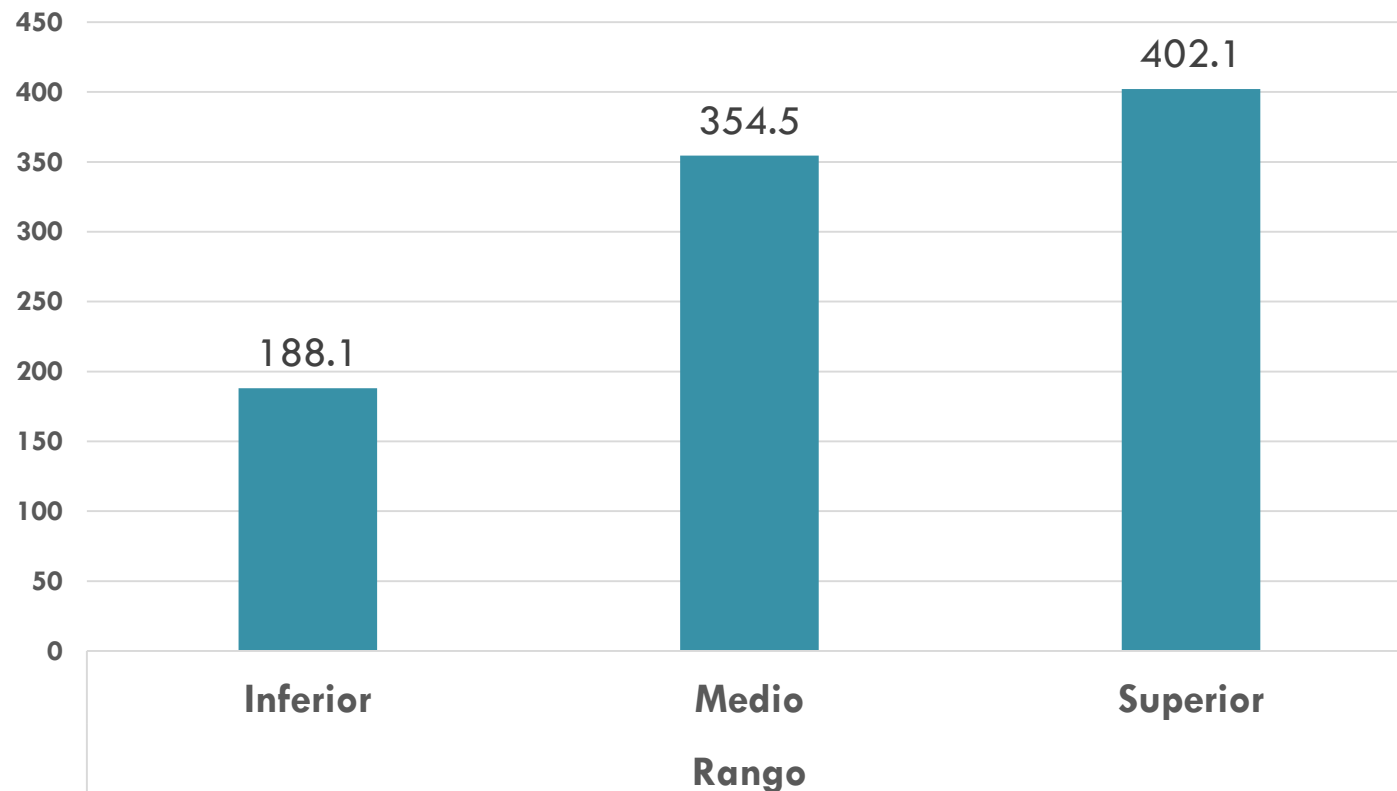
*1 tonelada de residuos rellena en el RS de Nauta, a lo largo de 100 años



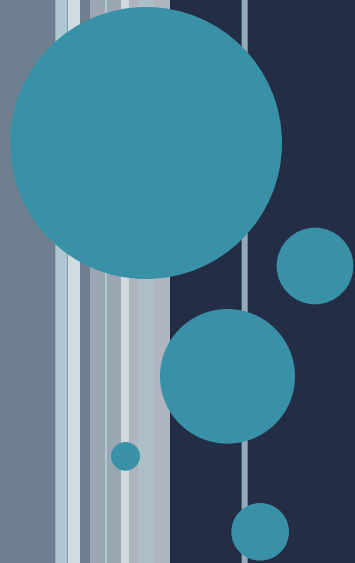
VARIACIÓN DE CONSTANTES DE DESCOMPOSICIÓN

Fracciones	k_{inferior}	k_{medio}	k_{superior}
Materia orgánica	0.17	0.400	0.700
Madera, follaje	0.03	0.035	0.050

Escenario: Recuperación de energía

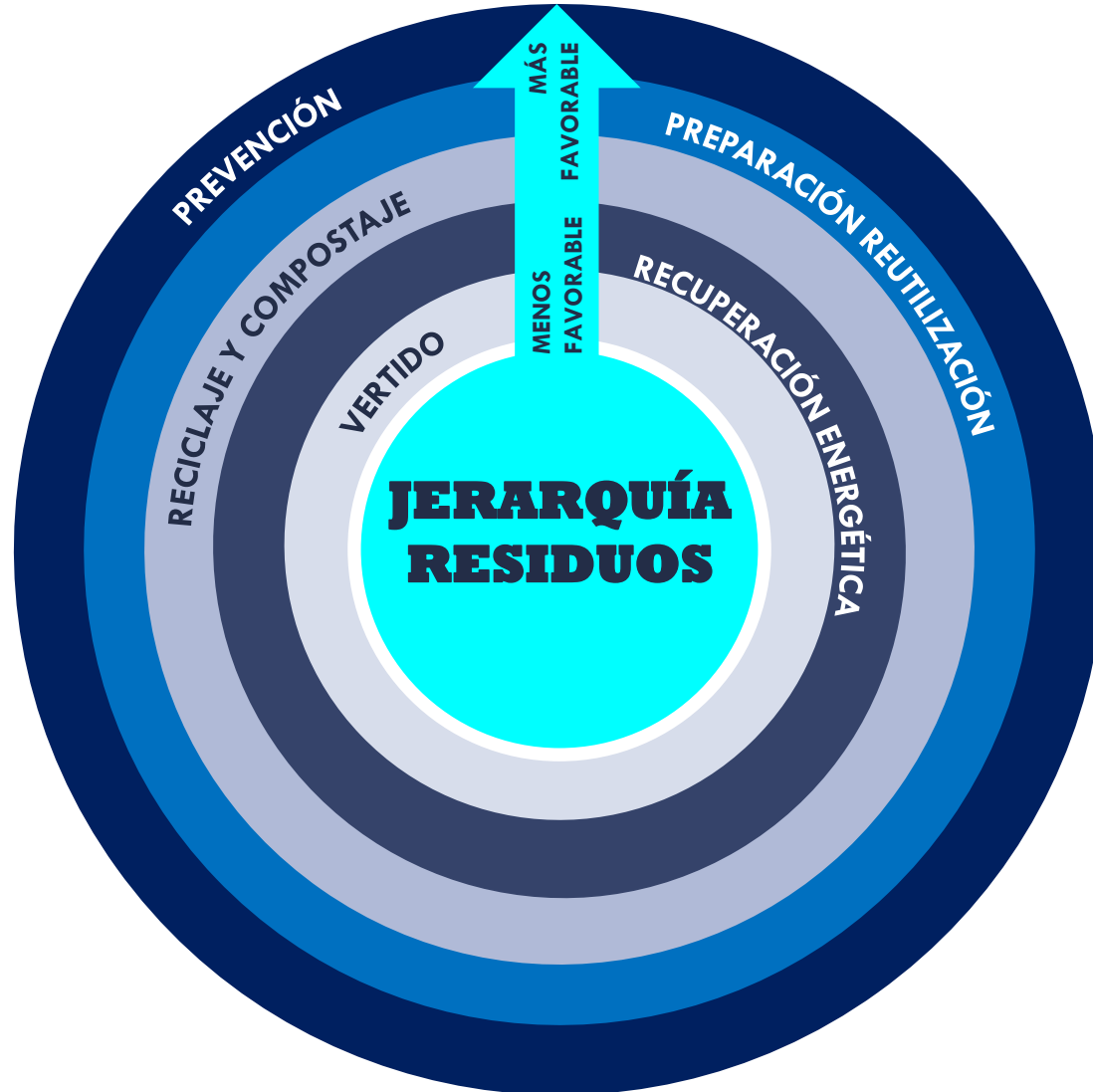


ESTRATEGIAS DE MEJORA Y RECOMENDACIONES



¿HACIA DONDE VA LA GESTIÓN RESIDUOS?

Directiva Marco de Residuos 2008/93/EC

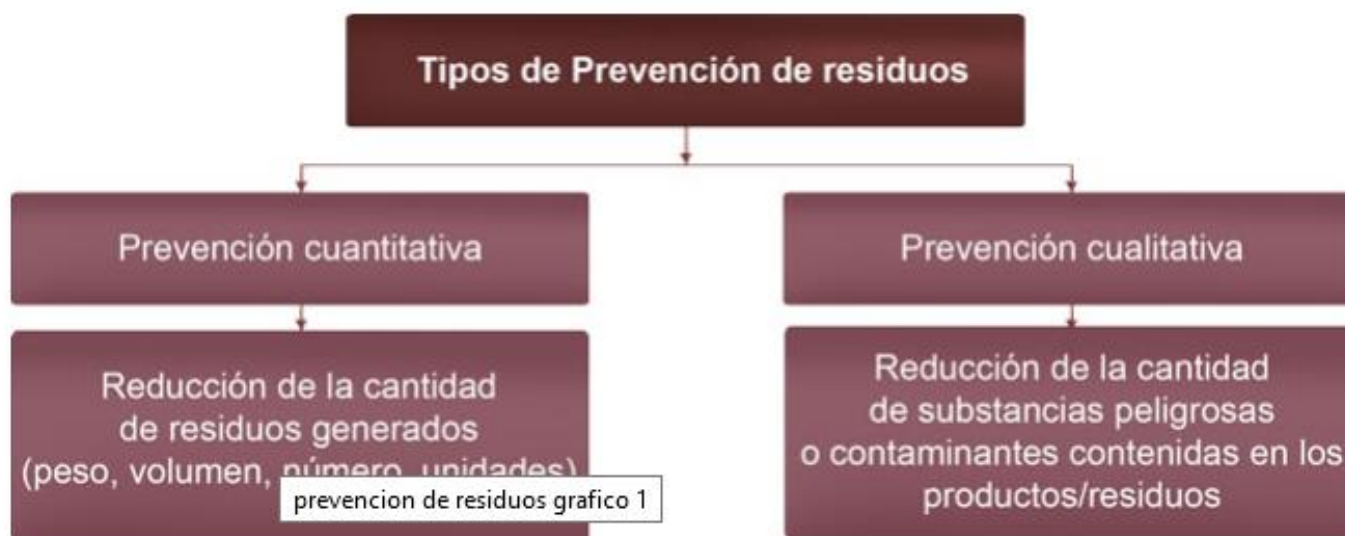


ESTRATEGIAS DE MEJORA



1 Prevención

Las acciones de prevención y reutilización se pueden desarrollar en etapas de concepción, producción, distribución, uso y gestión residuo



prevención de residuos grafico 1

Tipos de prevención de residuos



ESTRATEGIAS DE MEJORA



Reciclaje y compostaje

Recogida en masa

Recogida selectiva

Env	Resto	Papel y cartón	Vidrio	Resto
				
<p>Botella: envases de plástico, productos de higiene, tarrinas, envoltorio.</p> <p>Envase: bandejas de aluminio, aerosoles, botes de desodorante, tapas y tapones metálicos.</p>	<p>Contenedor de restos: este es el contenedor para otro tipo de residuos como alimentos, plantas, materiales orgánicos..</p>	<p>Papel y cajas: envases de aluminio, calzado, productos congelados, papel de envolver, papel diario, etc.</p>	<p>Vidrio: botellas de vidrio, envases de vidrio, etc.</p>	<p>Resto: residuos orgánicos, restos de comida, etc.</p>



ESTRATEGIAS DE MEJORA



Incineración



Ventajas

Reducción de masa y volumen de residuos y recuperación energía en aquellos residuos con un poder calorífico significativo

Desventajas

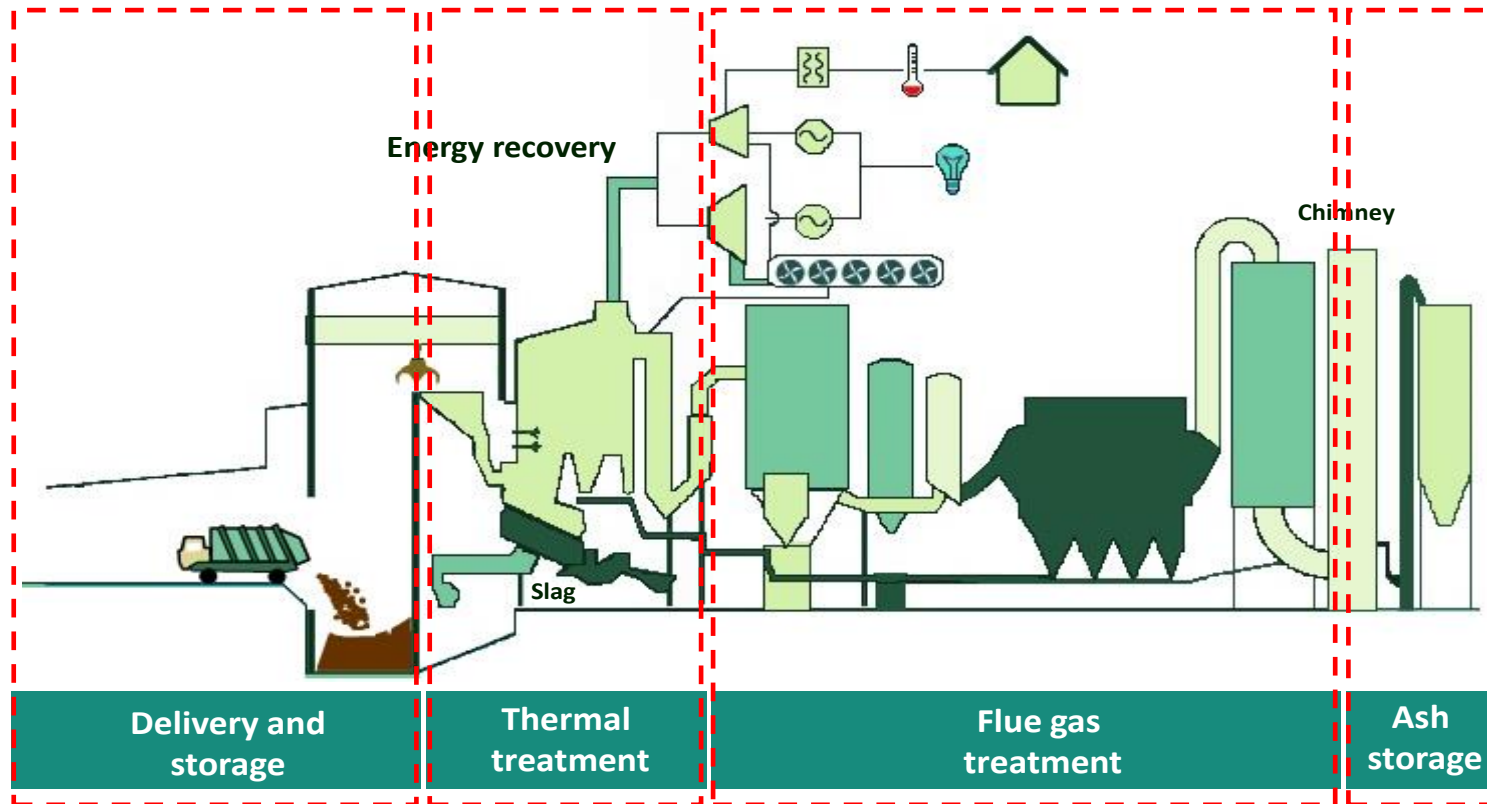
Se ha ganado una mala reputación debido a la emisión de sustancias tóxicas como dioxinas y furanos



ESTRATEGIAS DE MEJORA



Incineración



ESTRATEGIAS DE MEJORA



Vertido



5. Monitorización emisiones



4. Recuperación biogas



1. Caracterización residuo



3. Tratamiento lixiviados

Minimizar área zona descarga sin comprometer operación ya que determina cantidad cobertura e influencia cantidad lixiviados.

Compactación reduce espacio disponible para el resíduo y genera mayor estabilidad y generación de calor. Reduce olores, riesgo incendios y lixiviados



2. Zona descarga, compactación y aplicación cobertura



ESTRATEGIAS DE MEJORA



Vertido

Recuperación biogas

Opciones de gestión biogas

Captura gas

- Canalizar gas planta industrial para uso combustible
- Producir energía y/o vapor

Quema gas

- Transformar metano en CO₂

Instalar capas oxidación

- Oxidación de metano a CO₂ mediante bacterias

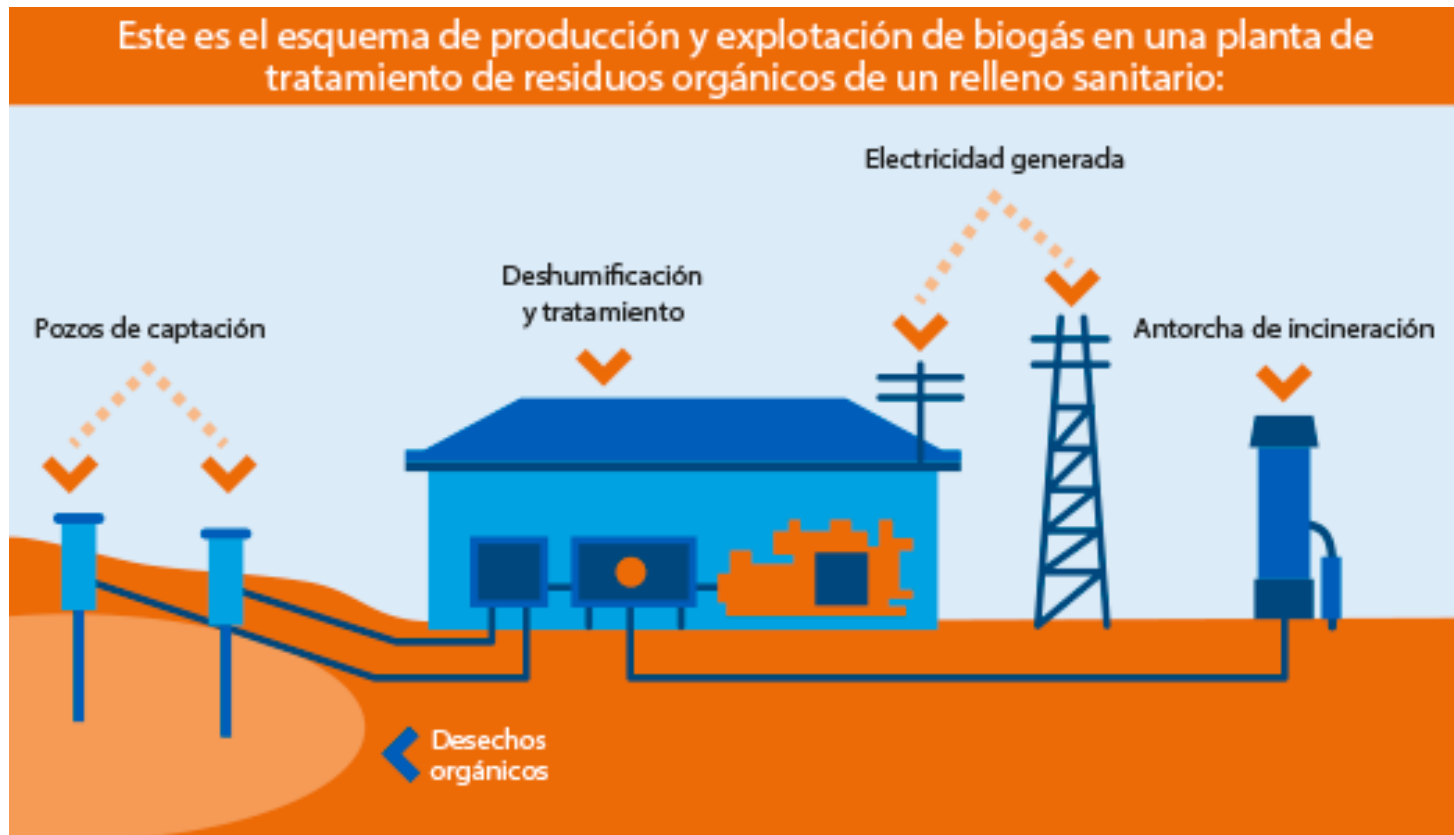


ESTRATEGIAS DE MEJORA



Vertido

Recuperación biogas



RECOMENDACIONES



Prevenir generación. *Mejor residuo es el que no se genera*



Recuperar materiales reciclables, fomentando economía circular



Evaluar la mejor tecnología tratamiento residuos de acuerdo a disponibilidad técnica y económica y atendiendo a criterios ambientales



Manejo adecuado de rellenos sanitarios

- Caracterizar residuo entrada
- *Operación controlada relleno*
- *Caracterización y tratamiento lixiviados*
- *Recuperación energía biogas*



Como síntesis:

- Las condiciones climáticas hacen que los desechos se descompongan más rápido que lo habitual
- La ausencia de tratamiento del biogás incrementa el impacto ambiental del relleno
- El mayor impacto ambiental se produce en los primeros años luego de disponer los residuos
- Existen opciones de mejora con menores impactos y más beneficios



APLICACIÓN A NDCs

Propuesta actual bien encaminada: quema de biogás para reducir GEIs es altamente efectiva.

Adicionalmente:

- Se debe priorizar la quema de biogás en zonas tropicales (mayor velocidad de descomposición)
- La recuperación de energía trae mayores beneficios (hasta 75% menor impacto que la combustión descentralizada)



APLICACIÓN A NDCs

Adicionalmente:

- Los factores de caracterización antiguos subestiman el impacto de los GEI

1996: 1 kg CH₄ → 21 kg CO₂-eq

2013: 1 kg CH₄ → 28 kg CO₂-eq

- Se deben utilizar factores de caracterización **actuales** para mejorar la precisión de los cálculos



PROYECTO IKI – ONU MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN RELLENOS SANITARIOS

Kurt Ziegler, Ian Vázquez-Rowe, Ramzy Kahhat, María Margallo

Lima
3 de julio de 2018



Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania



PERÚ
Ministerio
del Ambiente