

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



CETYS[®]
UNIVERSIDAD

Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis / Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Propuesta de sistema para redirigir el residuo sólido urbano en
Rheem Mexicali y lograr “Cero Residuos al Relleno Sanitario”**

para obtener el grado de

Maestría en Ingeniería e Innovación

LGAC: Sistemas y Procesos Industriales

Área de énfasis: Sistemas de Calidad

Presenta

Salvador David Rios Amezcua

Director: Dra. Dania Licea Verduzco

Codirector: Dra. Karla Garduño Palomino

Asesor Industria: Ing. Eduardo González Terán

Mexicali, Baja California. Septiembre del año 2020

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Tesis / Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Propuesta de sistema para redirigir el residuo sólido urbano en
Rheem Mexicali y lograr “Cero Residuos al Relleno Sanitario”**

para obtener el grado de
Maestría en Ingeniería e Innovación
LGAC: Sistemas y Procesos Industriales
Área de énfasis: Sistemas de Calidad

Presenta

Salvador David Rios Amezcua

Director: Dra. Dania Licea Verduzco
Codirector: Dra. Karla Garduño Palomino
Asesor Industria: Ing. Eduardo González Terán

Comité evaluador:

Dr. Miguel Alberto Salinas Yáñez

MC Abiud Flores Valentín

Dra. Dania Licea Verduzco

Mexicali, Baja California. Septiembre del año 2020

Agradecimiento y dedicatorias

Gracias a *Rheem* por todo el respaldo para realizar mis estudios de postgrado y la inspiración para llevarlos a cabo.

Dedicado a mi esposa Ivonne por su apoyo y comprensión. Y a mis hijas, Renata y Elena, con la intención de motivar su deseo de hacer del mundo un lugar mejor que como lo encontraron.

Carta institucional



El nuevo grado de confort.™

Mexicali, B.C. a 11 de septiembre del 2020

Estimados miembros del Colegio de Ingeniería, Dirección de Posgrado y Campus Mexicali:

Por medio del presente hago constatar que el proyecto de aplicación

**Propuesta de sistema para redirigir el residuo sólido urbano en Rheem Mexicali y lograr
"Cero Residuos al Relleno Sanitario"**

el cual fue desarrollado por

Salvador David Rios Amezcua

Matrícula: **M036479**

que cursa la Maestría de **Ingeniería e Innovación**, se encuentra en implementación con avances satisfactorios en Rheem Mexicali y al completarse dará respuesta a uno de los objetivos para 2025 en la iniciativa denominada *Designing for Zero Waste*.

Atentamente:

A handwritten signature in blue ink that reads "Eduardo Gonzalez Terán".

**Eduardo Gonzalez Terán
Director de Operaciones
RHEEM MEXICALI S. DE R.L. DE C.V.**

Rheem Mexicali S de RL de CV
Calzada Roble Industrial 398
Mexicali, Baja California
CP 21384
Tel. (686) 837-3560



INTEGRANDO CONFORT A TU HOGAR®

www.rheem.com.mx

Índice

Agradecimiento y dedicatorias	i
Carta institucional.....	ii
Lista de abreviaturas	vii
Resumen.....	viii
Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Planteamiento del problema.....	6
1.5 Preguntas de investigación	11
1.6 Objetivos	12
1.7 Hipótesis	13
Capítulo 2: Literatura.....	14
2.1 Marco teórico	14
2.2 Casos de estudio.....	30
Capítulo 3: Metodología	40
3.3.1 Fase 1 - Identificar la composición del RSU.....	40
3.1.2 Fase 2 - Identificar residuos con valor de recuperación en el RSU.....	41
3.1.3 Fase 3 - Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU.	41
3.1.4 Fase 4 - Definir el plan para implementar el nuevo modelo.	42
3.2 Plan de trabajo	43
3.3 Cronograma	44
3.4 Recursos requeridos	44
Capítulo 4: Resultados	45
4.1 Fase 1 - Identificar la composición del RSU.....	45
4.3 Fase 3 - Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU.	52
4.4 Fase 4 - Definir el plan para implementar el nuevo modelo.	56
4.4.1 Etapa 1 - Programa de capacitación	56
4.4.2 Etapa 2 - Infraestructura para segregar	57
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones	62

5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	66
Referencias	67
Anexos	73

Índice de Figuras

Figura 1.1.1 - Modelos innovadores <i>Rheem</i>	1
Figura 2.1.2 - Presencia global de <i>Rheem</i>	2
Figura 1.4.1 - Orden de corrientes de mayor a menor dentro de confinamiento	7
Figura 1.4.2 - Disposición de los residuos en porcentaje	8
Figura 1.4.3 - Modelo actual del RSU para un año de <i>Rheem</i> Mexicali.....	10
Figura 1.4.4 - RSU por mes	10
Figura 2.1.1 - Teoría del comportamiento planeado	16
Figura 2.1.2 - Método del cuarteo	17
Figura 2.1.3 - Barreras para reciclar residuos de comida	22
Figura 2.1.4 - Porcentaje global de residuos por categoría	24
Figura 2.1.5 - El rol del reciclaje en el ciclo de vida de un producto	25
Figura 2.1.6 - Tratamiento del residuo municipal en Europa	27
Figura 2.2.1 – Composición de una de las categorías de residuos	30
Figura 2.2.2 – Propuesta de recolección, valoración y distribución del residuo orgánico en Hong Kong	33
Figura 2.2.3 – Sistema para manejo de residuos en AIT	33
Figura 2.2.4 - Relaciones entre conciencia hacia la sustentabilidad, compromiso y comportamiento	34
Figura 2.2.5 – Revisión de las prácticas actuales de las instalaciones para CBWTF en Uttarakhand, India	35
Figura 2.2.6 – Esquema de cuatro puntos para toma de decisiones en sustentabilidad	36
Figura 2.2.7 - Práctica actual sobre los residuos y mejor opción por residuo	37

Figura 2.2.8 – Modelo de estrategia sustentable en campus de Jaypee University of Engineering and Technology	38
Figura 3.2.1 - Plan de trabajo	43
Figura 4.1.1 - Imágenes de la generación de muestras por área y cuarteo en <i>Rheem Mexicali</i>	46
Figura 4.3.1 - Modelo actual del RSU <i>Rheem Mexicali</i>	52
Figura 4.3.2 - Modelo futuro propuesto del residuo sólido urbano de <i>Rheem Mexicali</i> ...	53
Figura 4.3.3 - Clasificación y logos para segregación de RSU para reciclaje o co-procesamiento	55
Figura 4.4.1 - Ejemplos de islas de segregación para áreas generadoras de RSU en <i>Rheem Mexicali</i>	57
Figura 4.4.2 - Ejemplo de colocación de islas de segregación	59
Figura 4.4.3 - Contenedores de reciclaje usados para manejar material de reciclaje	60
Figura 4.4.4 – Layout de estación de segregación y zona de almacenamiento	61
Figura 5.1.1 - Comparativa de tasas de desviación	64
Figura 5.1.2 - Imágenes de la capacitación <i>Rheem</i> en programa “Cero Residuos al Relleno Sanitario”	65

Índice de Tablas

Tabla 1.4.1 - Corrientes residuales actuales	6
Tabla 2.1.1 - Clasificación de Generadores de acuerdo al volumen de residuo generado	20
Tabla 2.1.2 - Motivadores y barreras de la gestión integral sustentable de residuo sólido	22
Tabla 2.1.3 – Categorías de generación de residuo sólido	24
Tabla 2.2.1 – Categorización de residuos por código de colores y corrientes residuales en hospitales de Kuwait	30
Tabla 2.2.2 – The Material Composition of Municipal Solid Waste Malaysia	39
Tabla 3.3.1 - Cronograma	44

Tabla 4.1.1 - Muestra de RSU por área y peso proyectado al año	46
Tabla 4.1.2 - Subproductos por área y cantidades	47
Tabla 4.1.3 - Residuos anuales estimados	48
Tabla 4.2.1 - Subproductos con valor para el proveedor agrupados para procesamiento en sus instalaciones	49
Tabla 4.2.2 - Residuos con valor por área	51
Tabla 4.4.1 - Matriz de contenedores	58
Tabla 4.4.2 - Corrientes residuales requeridas para el proyecto	59
Tabla 4.4.3 - Cantidad de contenedores por semana	60

Lista de abreviaturas

AEE	Aparatos Eléctrico-Electrónicos
GHG	<i>Green House Gas</i> (Gas de Efecto Invernadero)
HW	<i>Hazardous Waste</i> (Residuos peligrosos)
ISSWM	<i>Integrated Sustainable Solid Waste Management</i> (Gestión Integral Sustentable de Residuo Sólido)
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
MSW	<i>Municipal Solid Waste</i> (Residuos sólidos municipales)
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctrico-Electrónicos
RSU	Residuo Sólido Urbano
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuo Peligroso
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industria
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SPA	Secretaría de Protección al Ambiente
ZW	<i>Zero Waste</i> (Cero Residuos)
ZWTL	<i>Zero Waste To Landfill</i> (Cero Residuos al Relleno Sanitario)
ZWIA	<i>Zero Waste International Alliance</i>

Resumen

El corporativo de Industrias *Rheem* estableció la meta de “Cero Residuos al Relleno Sanitario” (ZWTL) para 2025 a todas sus plantas de operaciones a nivel mundial.

La planta de calentadores de agua *Rheem* Mexicali ya recicla la mayor parte de los residuos industriales y está por debajo de la tasa de desviación de residuos requerida del 97%. El residuo sólido urbano (RSU) siendo el residuo de mayor volumen dentro de lo confinado se volvió clave para el éxito de la iniciativa.

Este proyecto analizó el modelo actual del RSU en *Rheem* Mexicali y realizó una propuesta de solución para desviar el residuo con valor de recuperación que contenga y cumplir con la meta de “Cero Residuos al Relleno Sanitario”.

Capítulo 1: Introducción

1.1 Introducción

Rheem Manufacturing Company es líder mundial en la fabricación sustentable y de alta calidad e innovativa de calentadores de agua, calentadores de agua de paso, aires acondicionados, hornos, calentadores de agua para alberca y sistemas *HVAC* para aplicaciones residenciales y comerciales. La Figura 1.1.1 muestra algunos de los innovadores productos *Rheem* de última generación en eficiencia de energía.



Figura 3.1.1 - Modelos innovadores *Rheem*.
Fuente: <https://www.rheem.com/about>

Rheem Manufacturing Company continua su liderazgo con su atrevido enfoque a mejoras en sus productos y procesos para reducir dramáticamente su impacto en el medio ambiente, a la vez que empodera a sus clientes y empleados a trabajar y vivir sustentablemente. Todo es parte de su emprendedora visión hacia el futuro y su fuerte compromiso: Diseñar para Cero Residuos.

Las marcas *Rheem* y sus productos tienen presencia mundial. Sus plantas de operaciones se encuentran en Estados Unidos, México, China, Australia, Brasil y Chile. La planta *Rheem* Mexicali pertenece a la División de Calentadores de Agua y se especializa en la fabricación de calentadores residenciales que cumplen con estándares *Ultra Low NOx*. Ha operado desde el año 2001 y con su posición estratégica surge principalmente a la zona oeste de Estados Unidos y a British Columbia en Canadá.



Figura 4.1.2 – Presencia global de *Rheem*.
Fuente: <https://rheem.com.mx/>

Para celebrar los 100 años de la marca *Rheem*, el corporativo estableció la iniciativa *Designing for Zero Waste* para la que creó 3 metas de sustentabilidad para 2025 destinadas a retar a la organización a mejorar empujando sus límites:

- *Degrees of Innovation:* Lanzar líneas de productos de calentamiento, enfriamiento y calentamiento de agua de desplieguen una reducción del 50% en impacto a la huella de carbono.
- *Degrees of Efficiency:* Reducir la emisión es de gases de efecto invernadero en 50% y lograr Cero Residuos al Relleno Sanitario o Vertedero en las plantas de operaciones a nivel mundial.

- *Degrees of Leadership*: Entrenar a 250,000 plomeros y contratistas en productos o instalaciones sustentables y mejores prácticas de reciclaje.

Este proyecto se centra en la iniciativa *Degrees of Efficiency*, donde se seleccionó a “Cero Residuos al Relleno Sanitario” como inicio de actividades porque esta involucra a todos los elementos de las plantas de operaciones e implica un cambio en la cultura hacia incluir sustentabilidad en la cultura y forma de trabajar, esto será necesario para el éxito de todas las iniciativas. La meta puesta es que mínimo el 97% de los residuos de la planta sean desviados a reciclaje o algún co-procesamiento evitando así ser enviados al relleno sanitario.

El presente proyecto planteará una propuesta para lograr que la planta de operaciones *Rheem Mexicali* cumpla con la iniciativa de sustentabilidad asignada por su corporativo de “Cero Residuos al Relleno Sanitario o Vertedero”.

1.2 Antecedentes

La planta *Rheem* Mexicali es socialmente responsable y cumple con normativas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Cuenta con el Certificado de Industria Limpia otorgado en 2018 por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); actualmente aplica para recertificación. Así mismo, *Rheem* se encuentra certificado bajo el sistema de gestión ambiental ISO14001:2015.

Sus procesos industriales y la planta en general han tenido una atención constante hacia el tratamiento de sus residuos de manejo especial y peligrosos manteniendo un compromiso con la sociedad, el medio ambiente y la economía de la empresa, más el esfuerzo no ha sido dirigido por un enfoque de sustentabilidad como tal. Esto se refleja principalmente en que solo se ha aplicado reciclaje en los residuos industriales de mayor volumen como son el acero, cartón y plásticos provenientes de sus procesos de manufactura.

La parte de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se hará en una etapa posterior a “Cero Residuos al Relleno Sanitario”. Y las iniciativas *Degrees of Innovation* y *Degrees of Leadership* serán lideradas desde otras partes de la organización hacia dentro de la planta.

1.3 Justificación

La iniciativa de “Cero Residuos al Relleno Sanitario” es un reto que impulsa a *Rheem Mexicali* a ir más allá de su estado actual hacia una cultura que incluya sustentabilidad, busca obtener sus beneficios y da un nuevo enfoque que permite romper paradigmas actuales dando más herramientas para ser mejores.

Ese logro respaldaría públicamente a la marca *Rheem* ante una sociedad que percibiría mejor el compromiso de la empresa con el ambiente y la sociedad, permitiendo que sus clientes y asociados se identifiquen y empaticen con la empresa más allá de solo conocer el producto.

La Maestría en Ingeniería e Innovación de CETYS tiene dentro de su programa la materia de Desarrollo Sustentable, así como algunas otras materias administrativas de análisis y solución de problemas que contienen herramientas de ingeniería que pueden aplicarse en este caso para resolver la situación en favor de los objetivos de *Rheem*.

Personalmente, tengo el deseo de participar en el proyecto para aplicar los conocimientos adquiridos en la maestría, misma en la que *Rheem* me ha apoyado desde el inicio haciendo posible mis estudios de posgrado. Entiendo que contribuyendo a alcanzar esta meta el impacto positivo no se limita a la empresa y su imagen, sino que el beneficio es real y llega a todas las personas comenzando por la ciudad donde se ubica la planta, me sentiría orgulloso de contribuir a la prosperidad de la sociedad sumándome a la iniciativa de mejorar la calidad del ambiente y del mundo.

1.4 Planteamiento del problema

De los manifiestos del manejo de los residuos de 2018 se obtienen las corrientes residuales de la planta. La Tabla 1.4.1 muestra las corrientes residuales de *Rheem Mexicali* durante 2018, su clasificación, su cantidad en toneladas, su disposición final.

Tabla 1.4.1 - Corrientes residuales actuales.

Clasificación	Descripción del residuo	Toneladas anuales	Disposición
Manejo Especial	Acero	5863.380	Reciclaje
Manejo Especial	Cartón	476.788	Reciclaje
Manejo Especial	Residuo sólido urbano	164.940	Confinamiento
Manejo Especial	Plástico	39.617	Reciclaje
Residuo peligroso	Lodo de tratadora de agua	39.399	Confinamiento
Residuo peligroso	Residuos de soldadura	31.978	Confinamiento
Manejo Especial	Madera	28.929	Reciclaje
Residuo peligroso	Polvo de granalla	20.405	Confinamiento
Residuo peligroso	Residuos de lubricante	17.134	Reciclaje
Residuo peligroso	Sólidos con aceite, solvente, pintura, porcelana	13.221	Confinamiento
Residuo peligroso	Residuos de aceite	12.065	Reciclaje
Residuo peligroso	Residuos de porcelana	11.501	Confinamiento
Manejo Especial	Espuma de poliuretano	10.303	Confinamiento
Manejo Especial	Trampa de grasa	10.050	Confinamiento
Manejo Especial	Poliestireno	6.500	Reciclaje
Residuo peligroso	Residuos de polyol	5.164	Reciclaje
Residuo peligroso	Contenedores vacíos que contuvieron químicos	2.505	Confinamiento
Manejo Especial	Aluminio	2.292	Reciclaje
Residuo peligroso	Residuos de aceite	2.200	Reciclaje
Manejo Especial	Super saco	1.646	Reciclaje
Manejo Especial	Cobre	1.309	Reciclaje
Residuo peligroso	Sólidos con polyol	0.863	Incineración
Residuo peligroso	Sólidos con isocianato	0.863	Incineración
Residuo peligroso	Filtros de porcelana	0.508	Confinamiento
Manejo Especial	Bronce	0.488	Reciclaje
Residuo peligroso	Residuos de isocianato	0.400	Reciclaje
Residuo peligroso	Polvo de porcelana	0.340	Confinamiento
Residuo peligroso	Lámparas fluorescentes	0.073	Reciclaje
Residuo peligroso	Filtros de granalla	0.068	Confinamiento
Residuo peligroso	Ladrillos	0.062	Confinamiento
Residuo peligroso	Residuos biológico-infecciosos	0.012	Incineración
Residuo peligroso	Residuos biológico-infecciosos	0.009	Incineración
		6765.012	Total

Fuente: Bitácoras y manifiestos 2018 de *Rheem Mexicali*.

Por la naturaleza del producto, el acero es un gran contribuidor. Los dos principales residuos ya son reciclados, acero y cartón, pero el tercer contribuidor que es el RSU actualmente va a confinamiento.

En la Figura 1.4.1 se muestra las corrientes residuales dentro de confinamiento ordenadas de mayor a menor contribuidor, aquí se observa que el 80% de los residuos se compone de RSU, lodo de la tratadora y residuos de soldadura. El residuo más significativo es el RSU con el 54%, trabajar aquí dará el mayor impacto posible y de ser requerido más impacto debe trabajarse en reducir o recuperar material del lodo o la soldadura.

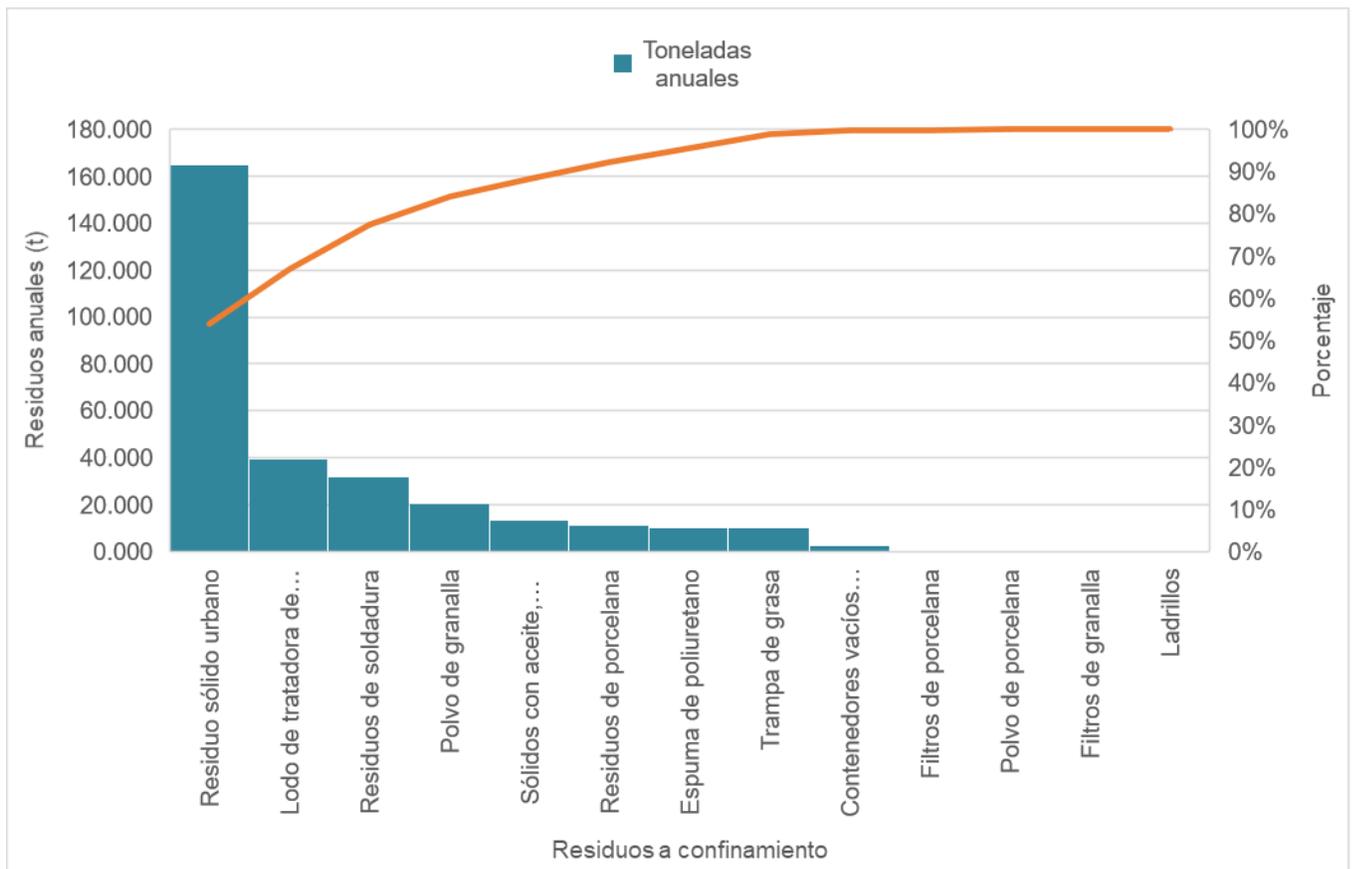


Figura 1.4.1 - Orden de corrientes de mayor a menor dentro de confinamiento (toneladas).
Fuente: Bitácoras y manifiestos 2018 de Rheem Mexicali.

La Figura 1.4.2 analiza las disposiciones de los tipos de residuos. Predomina el reciclaje constituyendo el 95.462% del volumen anual, la incineración es el 0.026% y el confinamiento fue seccionado para su diferenciación entre RSU con 2.438% y el resto del confinamiento con el restante 2.074%.

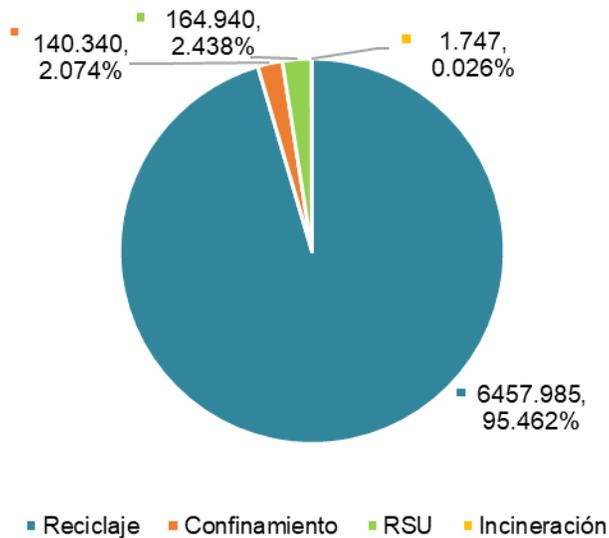


Figura 1.4.2 - Disposición de los residuos en porcentaje (toneladas, porcentaje).
Fuente: Bitácoras y manifiestos 2018 de *Rheem Mexicali*.

Actualmente, el 95.488% de los residuos no va a confinamiento, sino que es desviado. El problema que esto evidencia es que la tasa de desviación de residuos de *Rheem Mexicali* es inferior al 97% establecido como “Cero Residuos al Relleno Sanitario” a partir del 2025 por el corporativo.

Los residuos sólidos urbanos son los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas (p. e., de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques) o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (SEMARNAT, 2012).

Actualmente, el RSU o basura es enviado al vertedero donde no tiene ningún co-procesamiento por parte de *Rheem*. Es aquí donde se centra este proyecto por ser la mayor área de oportunidad para recuperar material y mejorar la tasa de desviación de la planta. Esta corriente residual es material no industrial y no peligroso compuesto de pequeñas cantidades de artículos de uso diario que son desechados por el público en general y que puede ser asimilado por la recolección de la ciudad.

Toda la planta *Rheem* Mexicali genera RSU, las principales fuentes son las áreas con mayor concentración de personas que no corresponden a procesos industriales: La cocina, el comedor, áreas comunes, las oficinas y baños.

El proceso actual para a disposición de RSU es el siguiente: Cada persona deposita su basura en contenedores de uso genérico distribuidos por toda la planta. Periódicamente durante el día laboral se recogen los contenedores, ya sea por el servicio de limpieza para áreas comunes, servicio de comedor para la cocina o personal *Rheem* para producción. Los residuos se concentran en dos contenedores generales en el patio. Los dos contenedores pertenecen a la empresa que proporciona el servicio de recolección. Un contenedor tipo *roll off* se usa para la mayor parte de los residuos y otro contenedor tipo frontal lleva la basura de la cocina. Usualmente, el contenedor *roll off* se recoge una vez por semana mientras que el frontal se recoge 2 veces por semana. El servicio de recolección se lleva el RSU a sus instalaciones y proporciona un manifiesto por cada envío, aquí se lista la corriente residual y la cantidad de residuo transportada, además de una factura por los costos de flete y disposición del residuo.

La Figura 1.4.3 muestra el modelo actual que sigue el RSU en *Rheem* Mexicali. Se separó en áreas según el grupo que recolecta: Procesos recolectada por producción, las áreas comunes por el proveedor de limpieza y la cocina por el proveedor de comedor. Los residuos pasan por uno de los dos contenedores y al final son recolectados por un proveedor que los lleva al relleno sanitario; en el caso de Mexicali es vertedero a cielo abierto.

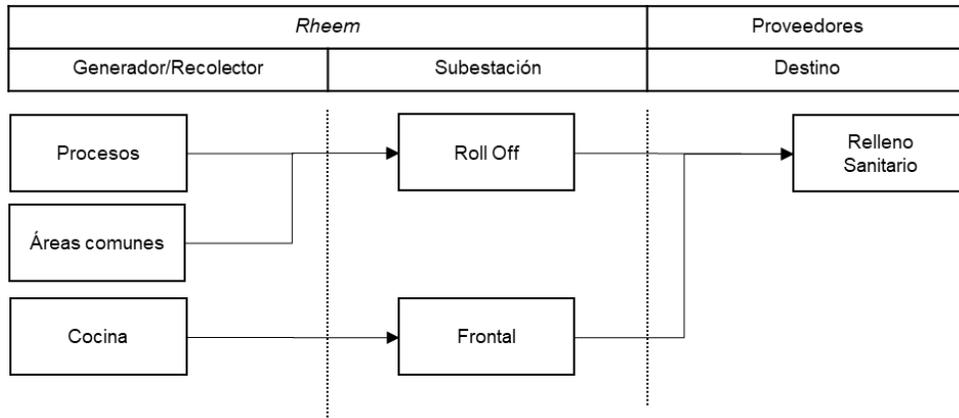


Figura 1.4.3 - Modelo actual del RSU para un año de *Rheem* Mexicali.
 Fuente: Bitácoras, manifiestos y facturas 2018 de *Rheem* Mexicali.

La Figura 1.4.4 muestra la cantidad de RSU por mes del año 2018 para conocer su comportamiento y crear las bases de comparación contra los resultados de un modelo futuro. El aumento de desperdicios que inicia en diciembre se debe al arranque de dobles turnos de producción por aumento de demanda y puede llegar a mayo, un plan de gestión de residuos debe poder procesar la cantidad de residuos en el mes con mayor contribución como 17,850kg en mayo.

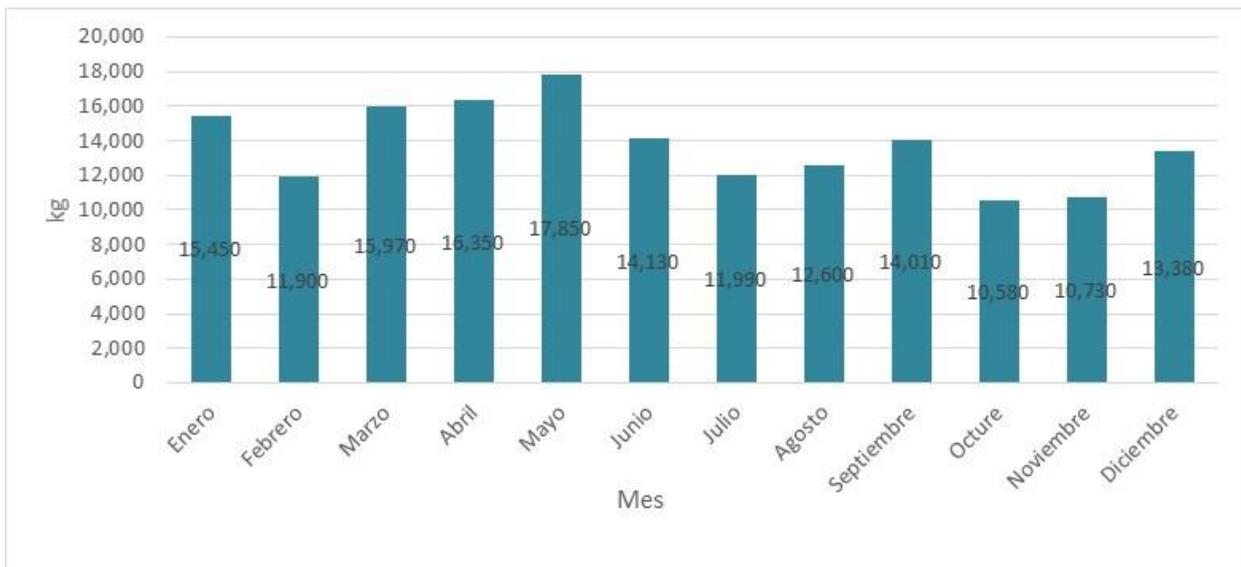


Figura 1.4.4 - RSU por mes (kilogramos).
 Fuente: Bitácoras y manifiestos 2018 de *Rheem* Mexicali.

1.5 Preguntas de investigación

Pregunta general:

- *¿Cómo puede desviar Rheem Mexicali su residuo sólido urbano para que no vaya directo al relleno sanitario y así lograr una tasa de desviación de residuos del 97% o superior?*

Preguntas específicas:

- *¿Cuál es la composición actual del RSU?*
- *¿Qué residuos tienen valor de recuperación dentro del RSU actual?*
- *¿Qué nuevo modelo sería capaz de desviar material del RSU?*
- *¿Qué se requiere para implementar ese nuevo modelo?*

Variables identificadas:

- Tipo de residuo o subproducto
- Áreas generadoras de RSU

1.6 Objetivos

Objetivo general:

- *Presentar una propuesta de sistema para desviar el residuo sólido urbano en Rheem Mexicali que logre Cero Residuos al Relleno Sanitario o vertedero. Esto es, una tasa de desviación de residuos del 97% o superior.*

Objetivos específicos:

- *Identificar la composición del RSU.*
- *Identificar residuos con valor de recuperación en el RSU.*
- *Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU.*
- *Definir el plan para implementar el nuevo modelo.*

1.7 Hipótesis

La segregación para reciclaje y co-procesamiento del residuo con valor de recuperación dentro del RSU de *Rheem* Mexicali logra que la tasa de desviación de residuos sea igual o superior al 97%.

Capítulo 2: Literatura

2.1 Marco teórico

En esta sección se establecen los conceptos y lineamientos a seguir para generar la metodología, y se discuten casos que aportan herramientas para lograr los objetivos.

Aprovechamiento de los recursos

“Conjunto de acciones cuyo objetivo es el recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, re-manufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía.” (SEMARNAT, 2018)

Cero Residuos (Zero Waste ZW)

La sociedad e industria pueden llegar a ver a los residuos como cosas sin valor, pero esto sería un enfoque falso al entender como esos residuos tienen un precio o como algunos pueden causar un daño al medio ambiente como cambio climático, cambios en la biodiversidad, incremento en la contaminación de aire, agua o suelos, deforestación y la reducción de recursos y materiales a consecuencia del del consumo desmedido de procesos no sostenibles. (Nizar et al., 2018)

Cero Residuos (Zero Waste ZW) y Cero Residuos al Relleno Sanitario o Vertedero (Zero Waste To Landfill ZWTL)

El concepto de Cero Residuos es promovido por la *Zero Waste International Alliance* desde 2009 como “una meta que es ética económica, eficiente y visionaria para guiar a las personas en cambiar su estilo de vida y prácticas para emular los ciclos sustentables naturales, donde todos los materiales desechados están diseñados para ser los recursos de otros”. Idealmente, implementar Cero Residuos eliminaría todas las descargas a tierra, agua o aire que son una amenaza para la salud del planeta y los seres vivos. Para Cero Residuos debe lograrse que el 90% de los residuos sean desviados del relleno

sanitario (vertedero), incineración y del medio ambiente. Y es por lo que ZWTL puede no considerarse ZW completamente. (Franco et al, 2019).

Clasificación por colores

La Norma Ambiental para el distrito Federal NADF-024-AMBT-2013 establece los criterios y especificaciones técnicas para separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de residuos en el Distrito Federal (hoy CDMX). (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2015). Aquí se hace una declaración de los colores de los contenedores para la segregación en la fuente:

- | | |
|-----------------|--|
| 1) Verde | Residuos biodegradables susceptibles de ser aprovechados |
| 2) Gris | Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje |
| 3) Naranja | Residuos Inorgánicos de aprovechamiento limitado |
| 4) Marrón | Residuos de manejo especial y voluminosos |
| 5) Transparente | Fracción de los Residuos que deberán ser entregados de manera diferenciada |
| 6) Beige | Papel y cartón con potencial de reciclaje |
| 7) Gris Claro | Metales con potencial de reciclaje |
| 8) Azul | Plásticos con potencial de reciclaje |
| 9) Blanco | Vidrio con potencial de reciclaje |

Conocimiento y expectativas de estudiantes sobre sistemas de comida sustentable en educación superior

La educación contemporánea debe desarrollarse en 3 áreas para tener éxito en las metas de sustentabilidad (Migliorini et al., 2020):

- 1) Área cognitiva, que comprende habilidades de conocimiento y pensamiento;
- 2) Área socioemocional, que incluye habilidades sociales como colaboración, negociación, comunicación, autorreflexión y autorrefinación; y
- 3) Área conductual, que comprende las competencias de acción, indispensable para el desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles.

El siguiente modelo Figura 2.1.1 explica la *teoría del comportamiento planeado* hacia el residuo de comida. Definen la intención de construir como la “intención de reducir el desperdicio de comida” y el comportamiento de construir como el “comportamiento del desperdicio de comida” con una relación negativa entre ellos. Se incorporó emociones y hábitos como otras variables, y se fue capaz de explicar 46% de la variación del comportamiento del desperdicio de comida. Se ha podido explicar la mayor parte de la variación en el desperdicio de comida relacionándola a características individuales de una persona, sin embargo, también hay factores contextuales como lo económico, sociocultural, industrial y ambiental del país que influencia a los individuos forjando su comportamiento. (Aktas et al., 2018).

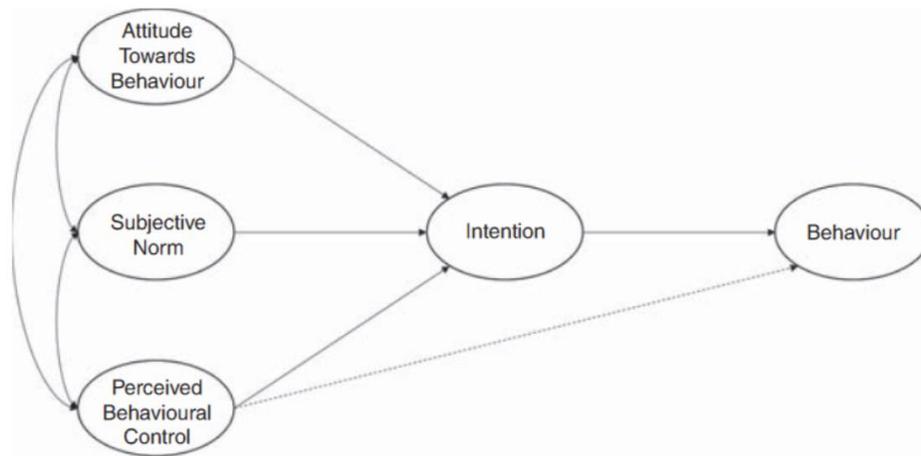


Figura 2.1.1 – Teoría del comportamiento planeado.
Fuente: Aktas et al.

Cuarteo - Método

La Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985 (SECOFI, 1985) establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio (ver Figura 2.1.2).

Para efectuar este método de cuarteo, se requiere la participación de cuando menos tres personas. El equipo requerido antes descrito, está de acuerdo con el número de personas que participan en el cuarteo. Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del estudio de generación según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61-. En ningún caso se toma más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo. El contenido de dichas bolsas se vacía formando un montón

sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m de cemento pulido o similar y bajo techo. El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o biello, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D (ver Figura 2.1.2), y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50kg de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22. De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10kg aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos "in situ", según Norma Oficial Mexicana NOM-AA-19.

La muestra obtenida para los análisis físicos, químicos y biológicos debe trasladarse al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas, evitando que queden expuestas al sol durante su transporte, además se debe tener cuidado en el manejo de la bolsa que contiene la muestra para que no sufra ninguna rotura. El tiempo máximo de transporte de la muestra al laboratorio, no debe exceder de 8 horas.

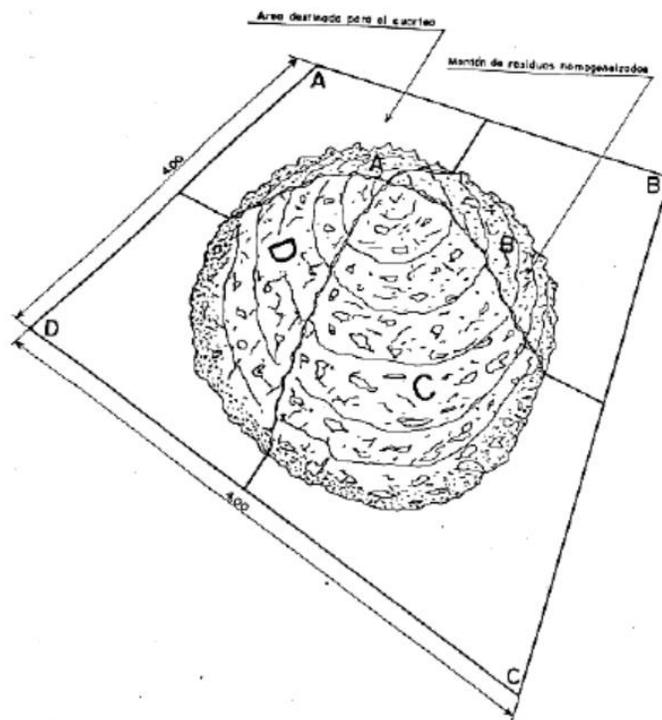


Figura 2.1.2 - Método del cuarteo.
Fuente: NMX-AA-015-1985.

Se establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo" (SECOFI, 1985).

El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_v = p/V$$

en donde:

P_v = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m^3

p = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg

V = Volumen del recipiente, en m^3

Cuarteo - Cuantificación de subproductos

“Se establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales según NMX-AA-022-1985” (SECOFI, 1985).

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00)
- Envase de cartón encerado
- Fibra dura vegetal (esclerénquima)
- Fibras sintéticas
- Hueso
- Hule
- Lata
- Loza y cerámica
- Madera
- Material de construcción
- Material ferroso
- Material no ferroso
- Papel
- Pañal desechable
- Plástico rígido y de película
- Poliuretano
- Poliestireno expandido

- Residuos alimenticios
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrio de calor
- Vidrio transparente
- Otros

Efectividad de la educación

En un estudio sobre la efectividad de un programa de educación en manejo de residuos de un hospital se utilizaron fases para establecer una base (*baseline*), dar entrenamiento (*intervention*), y seguimiento (post-intervention). (Abdo et al., 2019)

La fase de entrenamiento de manejo de residuos incluyó:

- 1) Sesiones educativas. Se dio sesiones educativas a todos los participantes, basados en las guías del *Manual for Safe Management of Wastes 2016*, Las sesiones duraron más de 2 horas por 3 días sucesivos en la semana, y esto se repitió por 2 semanas para cubrir a todos los participantes en todos los turnos. Se incluyó información de segregación y código de color, transportación, almacenamiento y disposición de desperdicio infeccioso y filoso. Las instrucciones se mantuvieron tan simples como fue posible.
- 2) Entrenamiento practico en el trabajo. Se dio entrenamiento y guía práctica de distintos aspectos de residuos infecciosos y filosos.
- 3) Distribución de recordatorios en el trabajo. Se colocaron posters con la forma de segregar y el código de colores en lugares estratégicos.

Gestión integral de residuos

Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, des su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región. (SEMARNAT, 2018).

Una estrategia sustentable para la gestión de residuos que se señala como la opción deseada a través de la literatura es la prevención de residuos, considerando otras como

la minimización, reúso, reciclaje, recuperación de energía (incineración) y disposición (relleno sanitario). (Oyedele et al., 2013)

Manejo de residuos sólidos o gestión de residuos sólidos

Se dice de la transformación de los desechos de nuevo en productos en productos útiles, como son el reciclaje y el compostaje, e incluye la eliminación, como los vertederos.

Un objetivo es proteger al medio ambiente y público del daño que puedan producir los residuos, algunos de ellos pueden ser dañinos al ser mal manejados.

En México, la legislación sobre prevención está respaldada por la Ley General de Prevención y gestión de residuos y establece que residuo es el "Material o producto cuyo propietario o titular descarta, se encuentra en sólido, semisólido, líquido o gas en contenedores o tanques, y puede ser capaz de ser valorado o requerido sujeto a tratamiento o eliminación ". (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2015)

Los residuos resultantes de la transformación de materia en los procesos de manufactura, embalajes y demás materiales de comida y oficinas se consideran RSU, pero cuando su volumen pasa de 10 toneladas por año se convierten en RME. (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2015)

La Tabla 2.1.1 muestra la clasificación de generadores según el volumen generado de residuos donde se clasifica a *Rheem* como gran Generador según información en (Cruz Netro et al., 2016).

Tabla 2.1.1 – Clasificación de Generadores de acuerdo al volumen de residuo generado.

Clasificación	Residuo generado
Generador	Menor que 400kg
Pequeño generador	Igual o mayor que 400kg y menor que 10t
Gran generador	Mayor que 10t

Fuente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Manejo integral

Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio. Almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social. (SEMARNAT, 2018).

En instituciones, como las educativas, se espera sistemas integrales de gestión de residuos. Además de las obligaciones morales y éticas para adoptar esquemas de manejo de residuos, el establecimiento de una filosofía como la de cero residuos puede ayudar a las empresas a reducir recursos fiscales requeridos para la gestión de residuos. Pero en algunos casos, las instituciones pueden desconocer como participar en el movimiento ambiental eficaz y eficientemente, especialmente hacia el manejo de residuos y su reducción. (Ebrahimi & North, 2017)

Modelos de economía circular

La economía lineal se basa en un esquema usar-y-descartar, lo que lleva al sobre uso de recursos y desperdicio. El modelo circular integra un alógica que crea, captura y entrega valor en y dentro de círculos cerrados de materiales; no necesariamente apuntan a una necesidad de balance ecológico, social y económico en contraste con los modelos tradicionales de negocio. (Sehnem et al., 2019).

Motivadores y barreras de gestión integral sustentable de residuo sólido

La gestión integral sustentable de residuo sólido (*Integrated sustainable solid waste management* - ISSWM) debe considerar motivadores y barreras como se muestra en la Tabla 2.1.2, además de sus interacciones para una mejor implementación de un sistema. (Gahana Gopal et al., 2018).

Tabla 2.1.2 – Motivadores y barreras de la gestión integral sustentable de residuo sólido.

Drivers	Barriers
D1 Institutional effectiveness	B1 Poor environmental commitment
D2 Robust policy and framework	B2 Lack of technical expertise
D3 Public Participation	B3 Poor social values and ethics
D4 Innovative and cost-effective technology	B4 Huge population
D5 Financial stability	B5 Unscientific waste disposal
D6 Improved resource availability	B6 Unscientific planning
D7 Effective waste segregation and collection	B7 Illiteracy
D8 Recycling and reproduction	B8 Ineffective processes and administration
D9 Commercial and profitable ISSWM ventures	

Fuente: Elaboración de Gahana Gopal et al.

Identificar barreras dentro de un contexto específico es el primer paso para impulsar un comportamiento proambiental. En la práctica, las políticas y la legislación tienen un efecto en el diseño de las instalaciones públicas. (Siu & Xiao, 2016).

Según comerciantes de restaurantes, las principales barreras para reciclar los residuos de comida son las mostradas en la Figura 2.1.3. (Michalec et al., 2018):

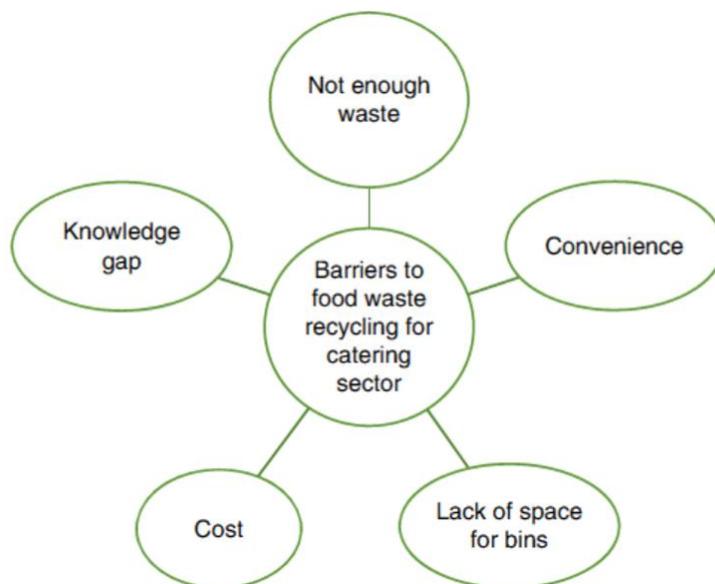


Figura 2.1.3 – Barreras para reciclar residuos de comida.
Fuente: Michalec et al.

La mayoría de los consumidores están conscientes del problema de los residuos de alimentos, pero no están conscientes de la cantidad que ellos disponen y tienden a subestimar la cantidad de sus propios residuos. (Knezevic et al., 2019).

Residuo de manejo especial

“Los Residuos de Manejo Especial (RME) están definidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) como aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados residuos sólidos urbanos o peligrosos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos” (SEMARNAT, 2012).

“Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos” (SEMARNAT, 2004).

Residuo peligroso

“Aquellos residuos que poseen alguna de las características CRETIB que les confieren peligrosidad (corrosividad, C; reactividad, R; explosividad, E; toxicidad, T; inflamabilidad, I; o ser biológico-infecciosos, B), así como los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados, según lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)” (SEMARNAT, 2012).

Residuos sólidos

Los residuos sólidos son ampliamente clasificados como orgánicos e inorgánicos. La composición del residuo se categoriza en orgánico, papel, plástico, vidrio, metales y “otros” como se muestra en la Tabla 2.1.3. (Rajesh, 2019)

Tabla 2.1.3 – Categorías de generación de residuo sólido.

Types	Sources
Organic	Food scraps, garden waste, wood
Paper	Paper scraps, cardboard, newspapers, magazines, bags, boxes, wrapping paper, shredded paper and paper beverage cups
Plastic	Bottles, packaging, containers, bags, lids, cups
Glass	Bottles, broken glassware, bulbs
Metal	Cans, foil, tins, appliances, vehicle spares
Other	Textiles, leather, rubber, laminates, e-waste, appliances, other materials

Fuente: Elaboración de Rajesh.

El residuo orgánico contribuye como mayoría en el residuo sólido global comparado contra el residuo inorgánico y se muestra en la Figura 2.1.4. (Rajesh, 2019).

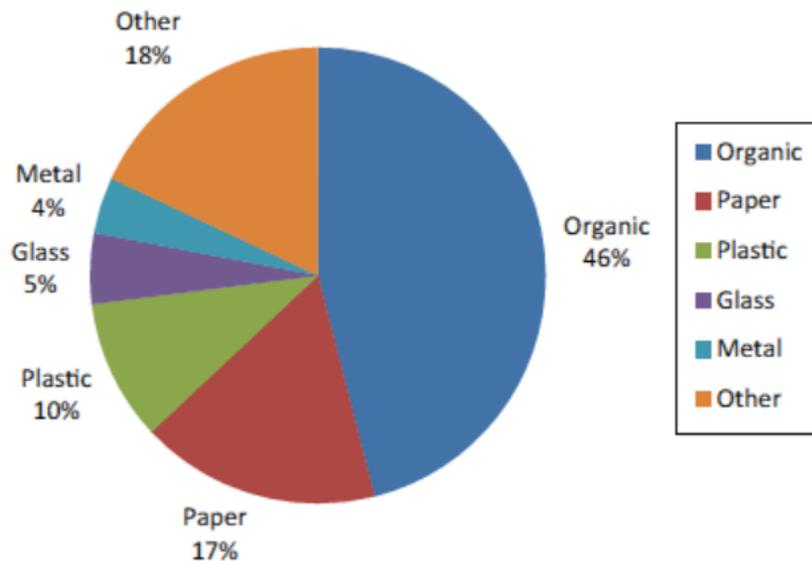


Figura 2.1.4 – Porcentaje global de residuos por categoría.
Fuente: Elaboración de Rajesh.

El nivel socioeconómico de un país puede influir la composición de su residuo sólido. Estadísticamente el residuo orgánico es la proporción más grande con cerca del 44%,

seguido por papel y cartón con 17%, luego plástico con 12%, vidrio con 5%, metal con 4%, caucho y piel con 2%, madera con 2% y otros 14%. (Sharma & Jain, 2020).

En países en vías de desarrollo, el residuo orgánico, incluyendo la comida, ocupa más del 50% del residuo sólido municipal, y proviene principalmente de las casas. El residuo va a vertederos a cielo abierto donde causa lixiviado que contamina los mantos acuíferos y también genera gas metano que es uno de los gases de efecto invernadero. (Ju et al., 2016).

Reciclar

El reciclaje es una alternativa de gestión al final de la vida útil de un producto mediante la cual se recupera valor del material y usualmente se realiza cuando la recuperación funcional del valor no es técnica ni económicamente factible (como reutilización, restauración o re-manufactura). (Ortegon et al., 2019).

El reciclaje incluye las actividades de devolver un producto, componentes o material a un proceso que transforma estas entidades en materiales que pueden usarse para crear nuevos productos. El sistema de reciclaje puede incluir procesos como recuperación de productos, transporte, trituración, clasificación y procesamiento de materiales.

Con el reciclaje, la estructura original de la parte o su material rara vez se conserva. (Ortegon et al., 2019). La Figura 2.1.5 muestra la posición del reciclaje.

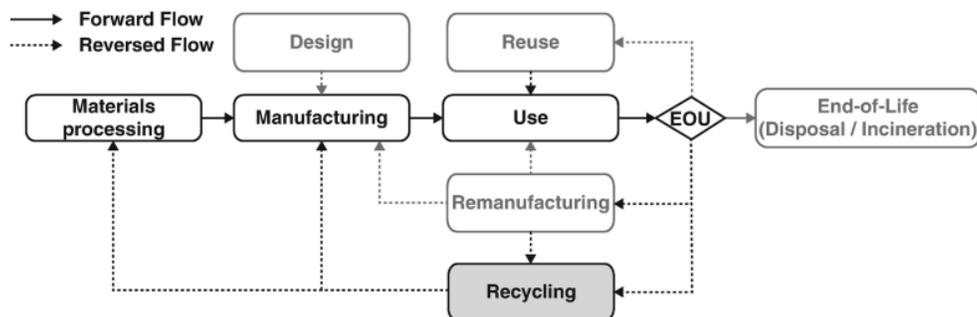


Figura 2.1.5 – El rol del reciclaje en el ciclo de vida de un producto.
Fuente: Elaboración de Ortegon et al.

Relleno sanitario

“Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales” (LGPGIR, 2015).

Residuos a energía (Waste To Energy WTE)

La conversión de residuos en energía es el proceso de generar energía a partir de residuos comerciales e industriales, subproductos agrícolas, estiércol, así como RSU, que no son reciclables. Básicamente se pueden aplicar 2 tecnologías para generar energía de los residuos; incineración y recolección de metano. (Amo-Asamoah et al., 2020).

Hacer composta de los residuos a gran escala requiere una segregación en la fuente efectiva y transporte, lo que puede resultar en altos costos de operación. Para reducir este problema se requiere adoptar un centro de composta cercano. (Umar, 2020)

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es un proceso de descomposición controlada de materiales biodegradables bajo condiciones controladas donde el oxígeno libre está ausente y convierte las entradas en biogás y digestato. Puede clasificarse como una fuente de energía renovable que podría reemplazar los combustibles fósiles y utilizarse para la producción de energía. (Hussain et al., 2020)

Pero como se observa en la Figura 2.1.6, los países con las mayores tasas de incineración de residuos son los mismos que los que tiene las mayores tasas de reciclaje y composta. Esto es importante al ver que en la literatura se critica negativamente a las instalaciones para generar energía a partir de residuos. (Chaliki et al., 2016)

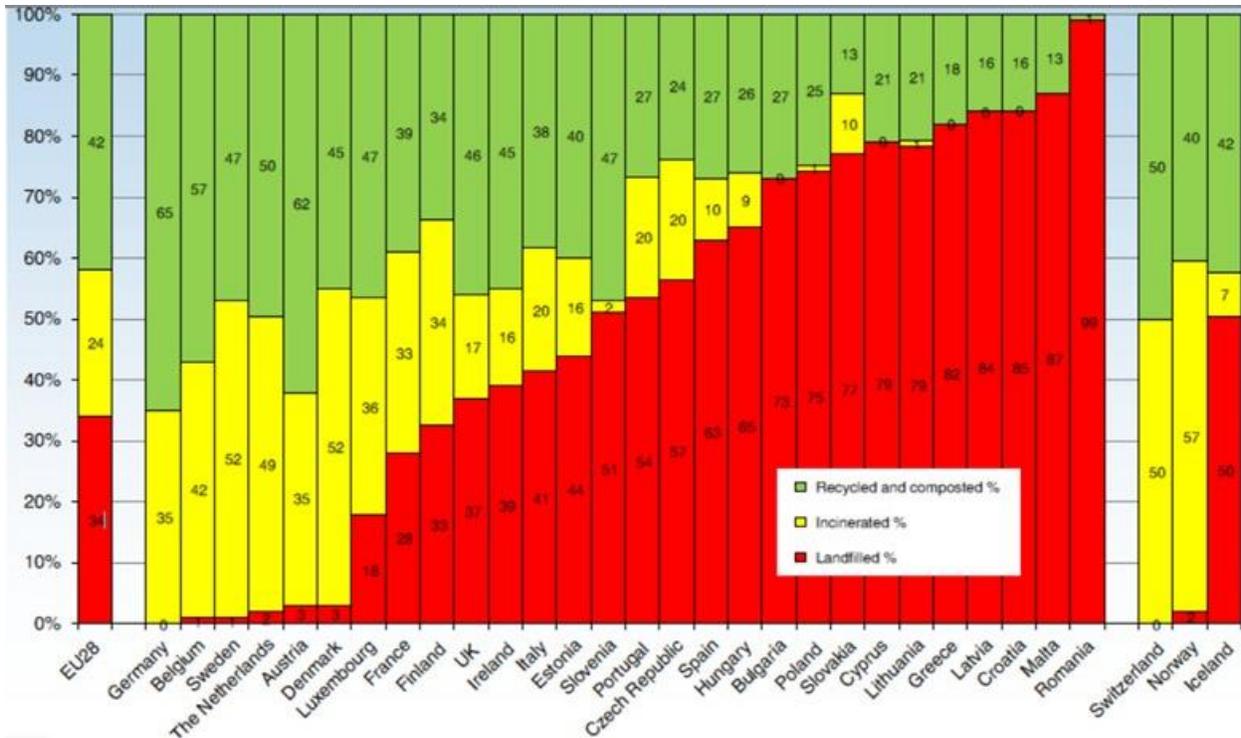


Figura 2.1.6 – Tratamiento del residuo municipal en Europa.
Fuente: Elaboración de Chaliki et al.

Residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos

“Las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) se convierten en una materia prima alternativa – económica y nutricionalmente aceptable para la alimentación animal. Mediante el uso de recursos propios de la zona y métodos de conservación anaeróbica, empleando la tecnología de los ensilajes, constituyen en una opción de bajo costo, que contribuye a mejorar la economía campesina, permitiendo producciones más sostenibles y limpias, reduciendo los impactos ambientales. (Ramírez N. et al., 2017)

La importancia de encontrar un co-procesamiento para los restos de comida viene de su volumen, se estima que el 46% de los residuos sólidos en el mundo son residuos de comida (Pace et al., 2018), por ejemplo, en los restaurantes se estima que de un 5 a 10 por ciento de comida preparada que no se vende. (Tan et al., 2019).

Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

“Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus

envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos” (SEMARNAT, 2004).

Existe una aversión a admitir que uno mismo genera desperdicios o residuos, ya sea de comida u otros materiales. Las palabras “desperdicio” y “residuo” implican el mal uso o despilfarro de recursos. La forma como los países desarrollados pueden diferenciar si un material es residuo es a través de las palabras que lo describen: “eficiente/ineficiente”, útil/inútil, orden/desorden, limpio/sucio, vivo/muerto, fértil/estéril. (DeLorenzo et al., 2019)

Residuos de Aparatos Eléctrico-Electrónicos (RAEE)

Son los aparatos eléctricos o electrónicos que se desechan o descartan. Comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto cuando se descarta, salvo que individualmente sean considerados peligrosos, caso en el cual recibirán el tratamiento previsto para tales residuos. (Gobierno de Colombia, 2017)

Segregación en la fuente

Esta es la práctica de apartar los residuos después de usar los materiales justo en la fuente que lo genera para evitar que se mezclen materiales en las corrientes residuales. Las formas más comunes de lograr en el artículo son los sorteos manuales y los mecánicos. (Oduro-Kwarteng et al., 2016).

Sitio de disposición final

“Lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva” (LGPGIR, 2015).

Tiradero a cielo abierto o vertedero

Instalación utilizada tradicionalmente para la disposición final de residuos en México que incluye Sitios de Disposición Final de residuos controlados y no controlados. (SEMARNAT, 2018)

Tratamiento

“Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad” (SEMARNAT, 2004).

Uso final del sitio de disposición final

“Actividad a la que se destina el sitio de disposición final, una vez finalizada su vida útil” (SEMARNAT, 2004).

2.2 Casos de estudio

En esta sección se estudian casos relacionados con la gestión integral de residuos que ayudarán a generar modelos y metas para definir entregables.

An analysis of trends related to hospital solid wastes management in Kuwait

Este estudio analiza la generación de residuos en un hospital en Kuwait. Para su categorización agrupan los residuos en bolsas con código de color, dentro de los colores tienen diferentes corrientes residuales estudiadas en proporción como se muestra en la Tabla 2.2.1. También profundizan en una categoría para mostrar cómo está compuesta y se representa con la Figura 2.2.1. (Alhumoud & Alhumoud, 2007)

Tabla 2.2.1 – Categorización de residuos por código de colores y corrientes residuales en hospitales de Kuwait.

Color coding of polyethylene bag	Type of waste material collected
Black/blue	Non-infectious and non-hazardous waste (e.g. food remains, cardboard, paper, wood, etc.)
Red	Human anatomical waste, items contaminated with blood and body fluids, and waste generated from disposable items other than sharps, rubber gloves and tubing, tissues and bandage, drop-bags, medical remains, scalpels, infectious and pathological waste from the patients, blood plasma remains, cloth, etc.
Yellow (puncture proof)	Waste sharps, surgical needles, microbiological waste from pathological laboratory, items contaminated with blood and body fluids, and waste generated

Fuente: Elaboración de Alhumoud & Alhumoud.

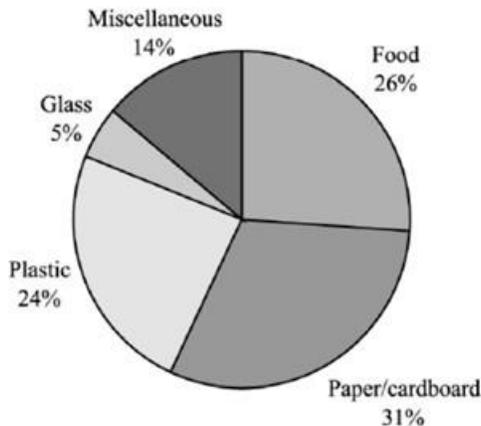


Figura 2.2.1 – Composición de una de las categorías de residuos.

Fuente: Elaboración de Alhumoud & Alhumoud.

Assessment of different methods of treatment for an integrated municipal waste management for an Algerian city

En este documento se hace una evaluación de métodos de manejo de residuos municipales en una ciudad de Algeria. Aquí se menciona una jerarquía de gestión de residuos utilizada ampliamente en países desarrollados y en vías de desarrollo. (Sefouhi et al., 2014)

- Reducción en la fuente (o prevención de desechos), incluye reutilización y compostaje (en el lugar).
- Reciclaje y compostaje (externo)
- Combustión con recuperación de energía
- Disposición mediante vertedero

Assessment of sustainable recycling at the University of Jordan

Este estudio valora el proceso de iniciar un programa sustentable de reciclaje siguiendo una metodología dividida en 2 etapas. (Moqbel et al., 2020)

- 1.1) Evaluación del desperdicio e iniciación del programa. Primero se estudió la generación del desperdicio sólido y sus características, al segregar el desperdicio y monitorear su variación.
- 1.2) Exploración de la disponibilidad del alumnado y personal para reciclar. Este es un factor importante pues la participación de las personas es clave.
- 1.3) Iniciación del programa de reciclaje y evaluación del soporte administrativo. Se lanzó un programa experimental para evaluar potencial y retos usando el 50% del campus.
- 2.1) Se monitoreó la eficiencia. Se hizo un estudio enfocado en dos escuelas.
- 2.2) Operación del programa y evaluación del soporte. Se continuó con evaluaciones al programa y ajustes según fue requerido.

Awareness, attitude and practice of biomedical waste management amongst public health-care staff in Karnataka, India

En este estudio se midió la percepción del personal médico sobre su confianza y otros puntos para aplicar el entrenamiento recibido en manejo de residuos médicos. Cerca del 14% del staff de apoyo piensan que el manejo seguro de los residuos será una carga económica, 35% de los médicos piensa similar. El 11% considera que ese será carga de trabajo extra. Y aunque la mayoría del personal (80%) cree haber adquirido conocimiento sólido en el manejo de desperdicio biomédico, aún se tiene un 90% de personal que siente la necesidad de más entrenamiento. (Golandaj & Kallihal, 2020).

Food waste collection and recycling for value-added products: potential applications and challenges in Hong Kong

En este caso de estudio se analizan los residuos de Hong Kong debido al cierre eminente de sus 3 rellenos sanitarios. Aquí se propone empacar los residuos de comida en bolsas ópticas (por ejemplo, verde) mientras que el residuo sólido municipal se empacaría en bolsas comunes. Todos los residuos serían enviados a estaciones de segregación donde los residuos de comida serían separados del RSU usando sensores ópticos. Por un lado, los residuos de comida sorteados podrían convertidos en bienes con valor (por ejemplo, composta, alimentos para cerdos, alimento para peces). Por otro lado, los residuos de comida sorteados podrían ser enviados a las propuestas de instalaciones para tratamiento de residuos orgánicos y de generación de bio-gas. (Lo & Woon, 2016). El diagrama de la Figura 2.2.2 muestra este el proceso.

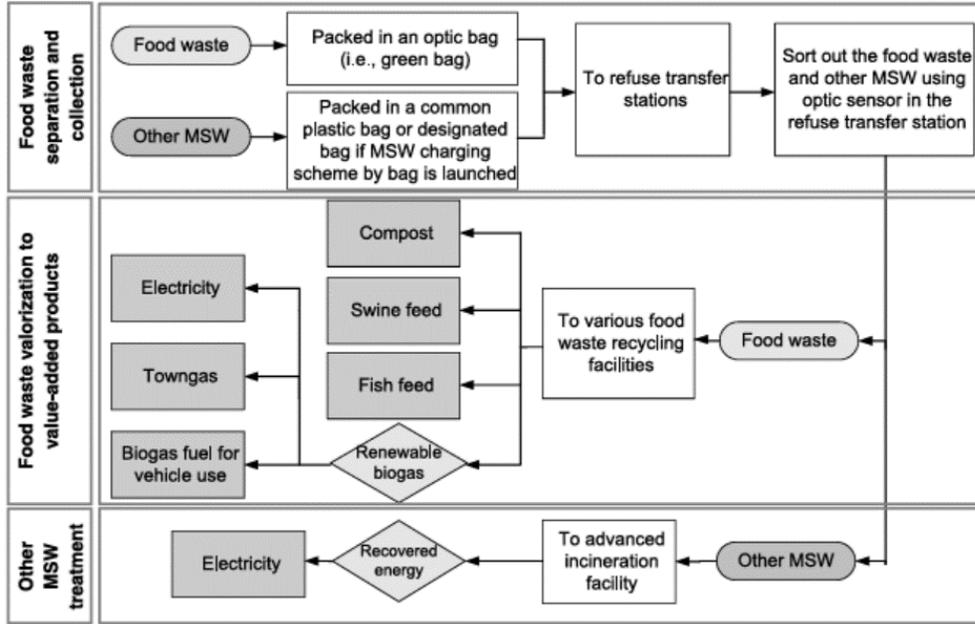


Figura 2.2.2 – Propuesta de recolección, valoración y distribución del residuo orgánico en Hong Kong.
Fuente: Elaboración de Lo & Woon.

Greening of a campus through waste management initiatives

En este documento se revisan los efectos de las iniciativas 3R (Reduce, Reúsa, Recicla) en un campus *Asian Institute of Technology* en Tailandia. (Tangwanichagapong et al., 2017). Aquí se aplica el siguiente modelo de la Figura 2.2.3:

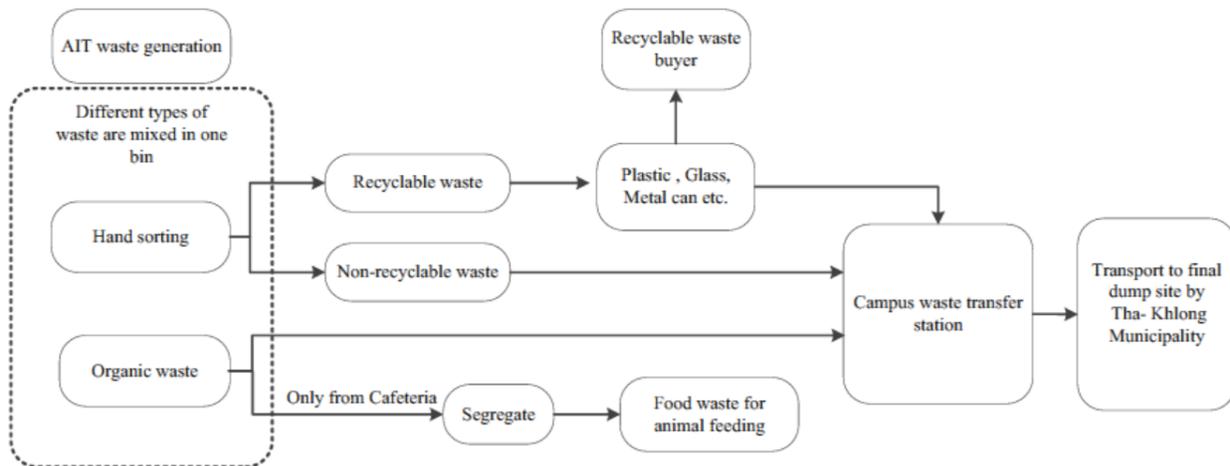


Figura 2.2.3 – Sistema para manejo de residuos en AIT.
Fuente: Elaboración de Tangwanichagapong et al.

Links between sustainability related awareness and behavior

En este estudio se analizan indicadores de la Universidad de Michigan. Entre sus hallazgos tiene que hay una influencia positiva directa de la conciencia hacia la sustentabilidad sobre el comportamiento, aunque n hacia todos los posibles comportamientos esperados. Pero no encontraron una relación así de compromisos sobre el comportamiento. (Cogut et al., 2019). La Figura 2.2.4 muestra el mapa conceptual que señala que la conciencia lleva a una prevención en el comportamiento, pero no se obtiene lo mismo del compromiso.

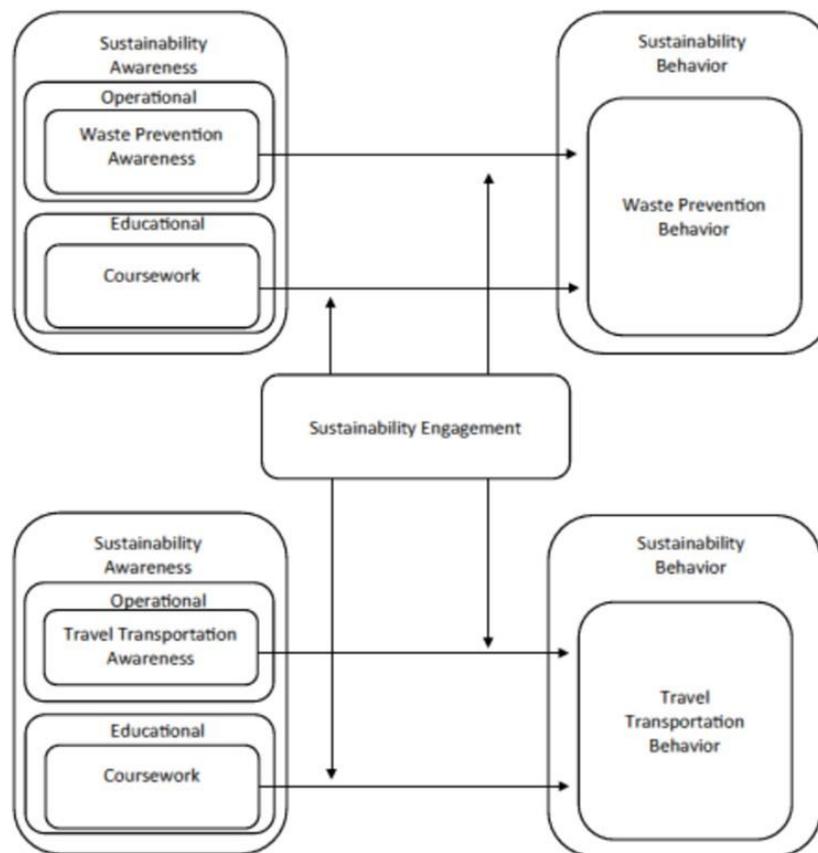


Figura 2.2.4 - Relaciones entre conciencia hacia la sustentabilidad, compromiso y comportamiento.
Fuente: Elaboración de Cogut y otros.

Management practices and modeling the seasonal variation in health care waste

Aquí se hace una categorización de los residuos biomédicos comunes (CBWTF) en instalaciones de Uttarakhand, India, y se modela como se muestra en la Figura 2.2.5

para una clara representación de la generación y ruta de los residuos según colores de bolsas asignados a las categorías. En los registros de los residuos notan que su comportamiento no es lineal por lo que generan un modelo matemático a través de un análisis de regresión polinomial. (Thakur & Anbanandam, 2017).

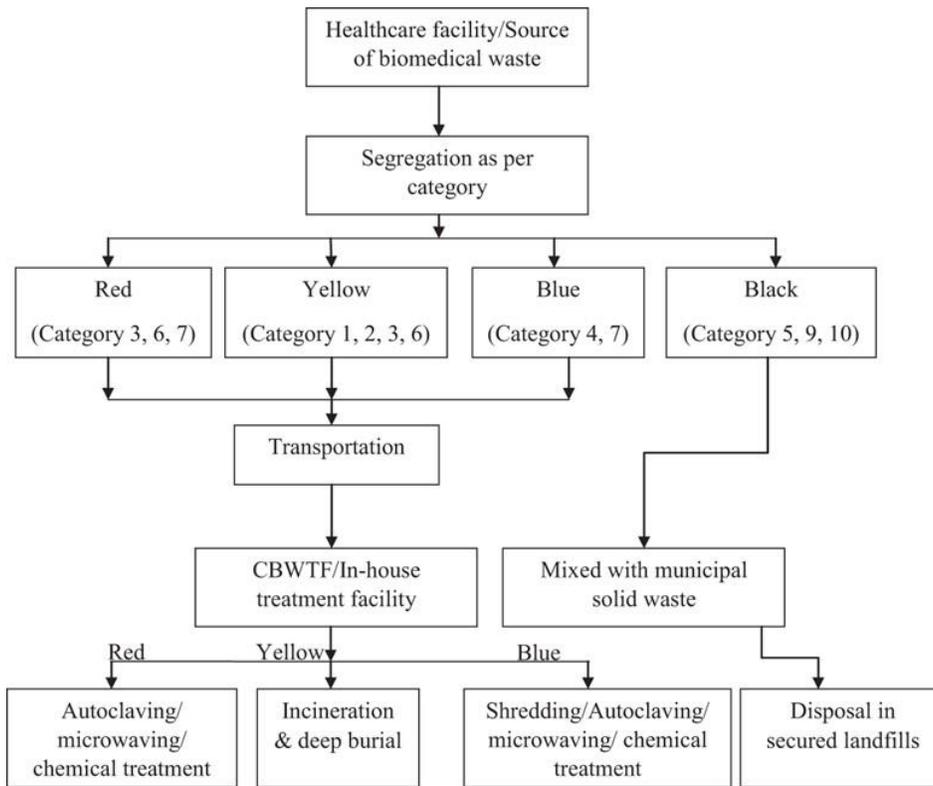


Figura 2.2.5 – Revisión de las prácticas actuales de las instalaciones para CBWTF en Uttarakhand, India. Fuente: Elaboración de Vikas Thakur and Ramesh Anbanandam.

Nudging waste diversion at Western State Colorado University: application of behavioral insights

Aquí se muestra las mejoras de efectividad que obtuvieron en un sistema ya establecido y bueno aplicando técnicas con base en tres teorías psicológicas. La *teoría de la elección racional* que dice que antes de realizar una acción se consideran los costos y beneficios, *teoría del comportamiento planificado* que dice que la facilidad con que se puede realizar una acción tiene influencia sobre la decisión, y la teoría del *descuento hiperbólico* que dice que dadas opciones se tiende a tomar la de beneficios al plazo más corto. (McCoy et al., 2018). Esta universidad mejoró aún más su sistema ya existente aplicando técnicas

de “arquitectura de la elección” que empujaron a las personas a tomar decisiones de segregación más apropiadas, como acercar a tareas específicas aquellos contenedores que querían que fueran más usados.

Personal waste management in higher education

En este caso de estudio se menciona como en sustentabilidad as *Higher education institutions* (HEIs) requieren una línea de toma de decisiones apoyada en cuatro puntos. La Figura 2.2.6 plantea este esquema, es un esquema constante en sustentabilidad, pero agregan el propósito. (Michael & Elser, 2019)

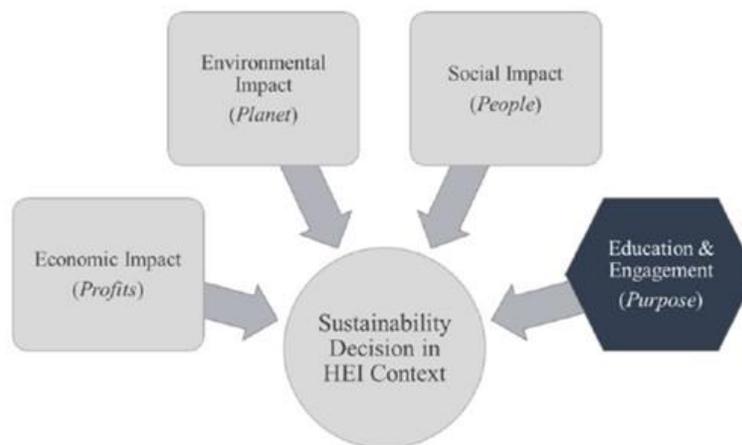


Figura 2.2.6 – Esquema de cuatro puntos para toma de decisiones en sustentabilidad.
Fuente: Elaboración de Michael & Elser.

Otro punto interesante es que analizan el tiempo que cada persona dedica a la administración de residuos:

- a) 1hrs/año ~ 15seg/día o 1.2min/ semana
- b) 4hrs/año ~ 1min/día o 5min/ semana
- c) 8hrs/año ~ 2min/día o 10min/semana

Solid Waste and Water Quality Management Models for Sagarmatha National Park and Buffer Zone, Nepal

En este caso sobre residuos sólidos y calidad del agua en Nepal, se hace un estudio de 14 tipos de residuos diferentes que subsecuentemente son agrupados en 4 categorías

principales: Plástico, metal, vidrio y otros (que incluyen residuos de cocina, papel, polvo y demás). La cuantificación se hizo sobre el residuo de 7 días consecutivos. Había diferentes métodos de disposición como quemar, incinerar, enterrar, transportación a otro lugar, reusar, reciclar y se relacionaron con los residuos identificados y cuantificados para su estudio y mejora como se muestra en la Figura 2.2.7. (Manfredi et al., 2010).

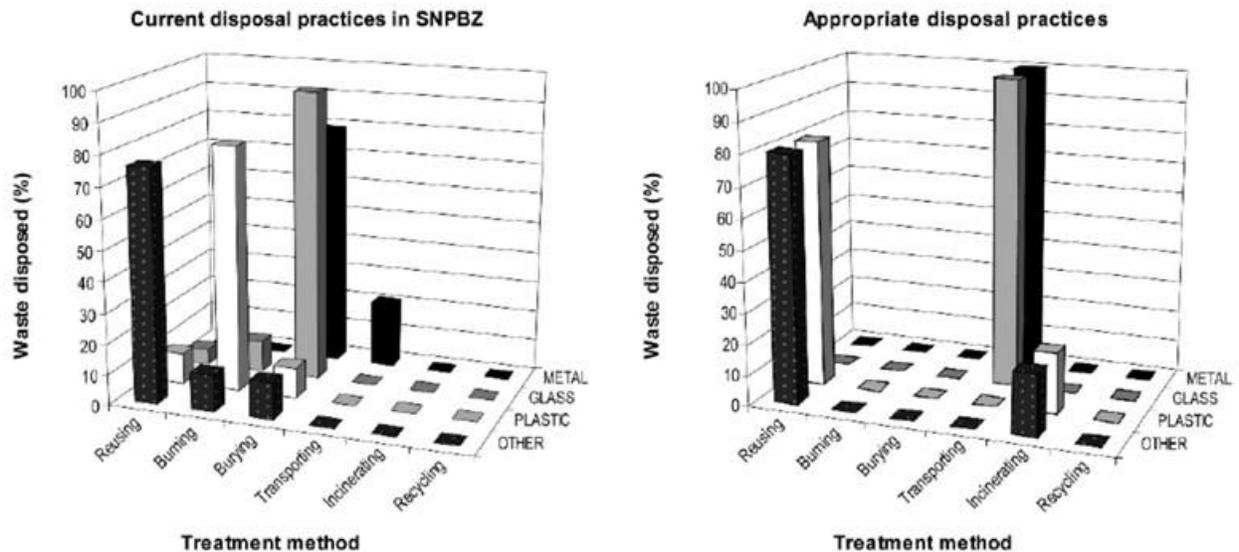


Figura 2.2.7 – Práctica actual sobre los residuos y mejor opción por residuo.
Fuente: Elaboración de Manfredi et al.

Sustainable waste management strategy for a campus: a case study of JUET, Guna

Este estudio que genera una estrategia para la Jaypee University of Engineering and Technology (JUET) y como se describe en la Figura 2.2.8 es necesario generar una conciencia ambiental que pueda ser propagada a los ciudadanos al inculcar dos aspectos: percepción de los problemas ambientales y un comportamiento hacia los problemas con enfoques sustentables. Las instituciones educativas de mayor nivel tienen un rol clave en desarrollar una sociedad sustentable. (Shankar Y & Khandelwal, 2017)

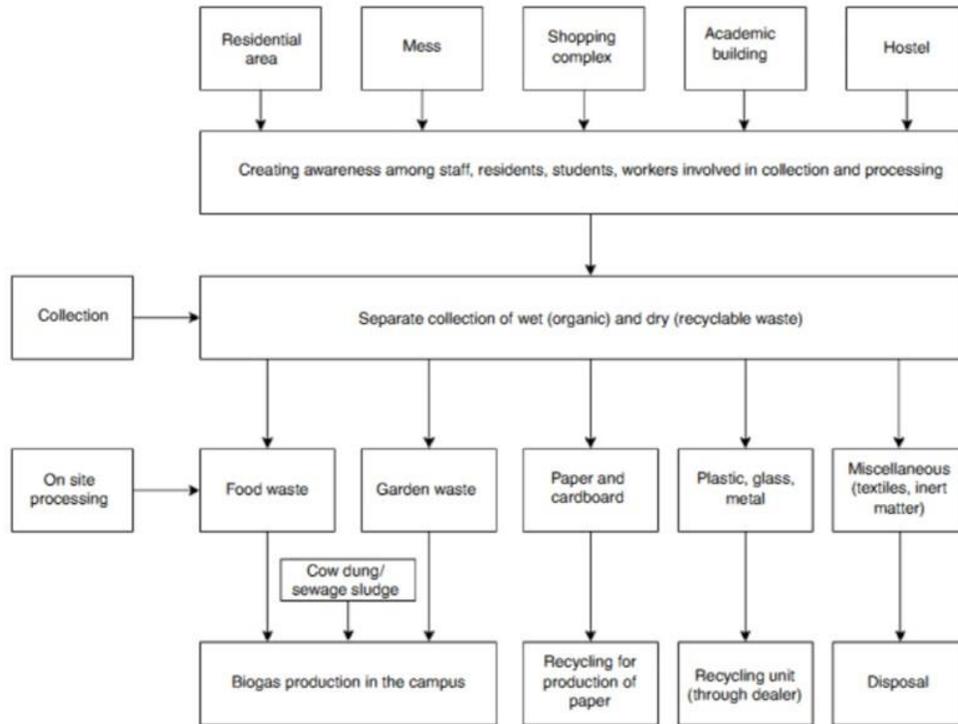


Figura 2.2.8 – Modelo de estrategia sustentable en campus de Jaypee University of Engineering and Technology.
Fuente: Elaboración de Shiva Shankar Y. and Rachit Khandelwal

Toward integrated and sustainable waste management system in University of Malaya: UM zero waste campaign

En este documento se hace un estudio sobre el residuo sólido municipal donde establecen la composición del MSW de diversos sitios. Se muestra el tipo de arreglo que se hizo con la información y que la mayor proporción la tienen los restos de comida y material orgánico. (Yusoff, 2018).

Tabla 2.2.2 – The Material Composition of Municipal Solid Waste Malaysia

Component	2001	2001	2002	2003	2004	2005	2005	2007	2010
Food waste & organics	68.4	32	56.3	37.4	49.3	45	47.5	42	43.5
Mix plastics	11.8	16	13.1	18.9	17.1	24	N/A	24.7	25.2
Mix paper	6.3	29.5	8.2	16.4	9.7	7	18.5	12.9	22.7
Textiles	1.5	3.4	1.3	3.4	N/A	N/A	2.13	2.5	0.9
Rubber & Leather	0.5	2	0.4	1.3	N/A	N/A	N/A	2.5	N/A
Wood	0.7	7	1.8	3.7	N/A	N/A	4.41	5.7	N/A
Yard waste	4.6	N/A	6.9	3.2	N/A	N/A	2.72	N/A	N/A
Ferrous	2.7	3.7	2.1	2.7	2	6	N/A	5.3	2.1
Glass	1.4	5.5	1.5	2.6	3.7	3	N/A	1.8	2.6
Pampers	N/A	N/A	N/A	5.1	N/A	N/A	N/A	3.81	N/A
Other	2.1	1.9	8.4	5.3	18.2	15	21.93	2.6	1.8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración de Chua et al, 2001, extraído de Yusoff, 2018.

What makes manufacturing companies more desirous of recycling?

Este estudio describe destinos de los residuos sólidos de una compañía que los separa en *packaging wastes* y *none-packaging solid wastes*, y los revisa independientemente de si tiene obligación de reciclar o no:

- 1) Enviar los residuos al basurero.
- 2) Almacenar en algún lugar de sus instalaciones.
- 3) Dar el material a otra compañía sin ningún propósito.
- 4) Reciclar en instalaciones de la misma compañía.
- 5) Dar el material a otra compañía con propósitos de reciclaje.

Concluye que el primero no agrega valor ni a la compañía ni a la sociedad. El segundo y tercero pueden servir con propósitos de reciclaje, pero solo indirectamente. El cuarto y quinto si tienen el propósito de directo de reciclar, pero también son los más adaptables a sistemas de producción sustentables. (Başaran, 2012)

Capítulo 3: Metodología

La metodología se divide en 4 fases que corresponden al logro de cada uno de los objetivos específicos y permiten obtener los entregables que habilitan el objetivo general, una propuesta de sistema para redirigir el residuo sólido urbano en *Rheem Mexicali* y lograr “Cero Residuos al Relleno Sanitario”

Estratégicamente se da la instrucción de subcontratar el mínimo de las actividades del proyecto y en su lugar utilizar recursos de las distintas áreas de *Rheem* con el objetivo de mostrar al personal el esfuerzo del programa y darles pertenencia hacia la iniciativa.

3.3.1 Fase 1 - Identificar la composición del RSU.

La primera fase se compone de los siguientes pasos:

- 1- Seccionar estratégicamente a *Rheem Mexicali* en áreas generadoras de RSU que faciliten el estudio geográficamente y por área de trabajo. Con ellas, generar muestras de RSU por área durante una semana o el periodo de tiempo entre recolecciones. Registrar el peso de cada muestra y estimar el peso anual a partir de la relación de horas entre la generación de las muestras y horas disponibles al año.
- 2- Obtener subproductos aplicando el método del cuarteo de normas mexicanas. Utilizar una clasificación similar a la cuantificación de subproductos con la adecuación que se requiera para analizar los residuos con el proveedor. Registrar peso para cada subproducto y el porcentaje correspondiente en la muestra.
- 3- Estimar volúmenes anuales de subproductos utilizando los resultados del cuarteo contra el tiempo anual de operación 2019 de *Rheem Mexicali*. Registrar cada subproducto contra el peso esperado al año.

3.1.2 Fase 2 - Identificar residuos con valor de recuperación en el RSU.

Rheem Mexicali cuenta con varios proveedores de servicios de recolección certificados, y estratégicamente se decide para este proyecto consolidar los servicios con el proveedor que pueda colocar la mayor cantidad de subproducto.

La segunda fase se compone de los siguientes pasos:

- 1- Identificar subproductos con valor de recuperación procesables por el proveedor certificado y agrupar en lo posible para minimizar los recursos requeridos para segregar. Registrar subproductos que pueden ser reciclados o tener algún co-procesamiento en los procesos de recuperación de material del proveedor y los grupos creados.
- 2- Confirmar que el volumen de residuos sea significativo.

3.1.3 Fase 3 - Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU.

La tercera fase se compone de los siguientes pasos:

- 1- Identificar el modelo actual para el RSU. Registrar destinos y las toneladas correspondientes.
- 2- Generar el modelo futuro como propuesta de solución para el RSU. Registrar destinos y las toneladas correspondientes. Señalar las mejoras y requerimientos especiales del modelo.
- 3- Comparar modelos de estado actual y futuro. Señalar los beneficios.

3.1.4 Fase 4 - Definir el plan para implementar el nuevo modelo.

La cuarta fase se compone de dos etapas:

- 1- Capacitar personal para lograr la cultura requerida.
Requiere generar material, señalar requerimientos y retos.
- 2- Desarrollar infraestructura para el sistema.
 - a. Listar requerimientos.
 - b. Generar *layouts*
 - c. Crear corrientes residuales requeridas
 - d. Actualizar el proceso de recolección

3.2 Plan de trabajo

El plan se basa en la secuencia de los objetivos los entregables que implica cada uno para avanzar al siguiente objetivo. Completar las 4 fases culmina en la implementación de un sistema de segregación de residuos.

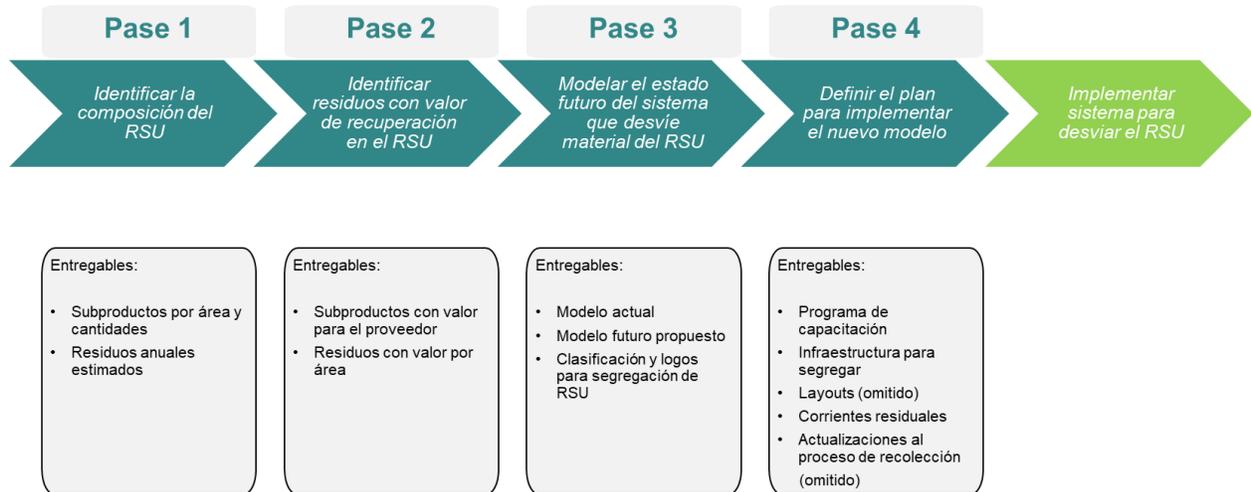


Figura 3.2.1 - Plan de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Cronograma

Los tiempos se miden en semanas por ser un área nueva para la planta y que se trata de un proyecto que comparte recursos con otros. La tabla 3.3.1 muestra la secuencia de actividades para dar respuesta a los objetivos.

Tabla 3.3.1 – Cronograma.

Semanas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fase 1 - Identificar la composición del RSU																				
- Seccionar áreas generadoras y preparar muestra																				
- Obtener subproductos con método de cuarteo																				
- Estimar residuos anuales																				
Fase 2 - Identificar residuos con valor de recuperación en el RSU.																				
- Identificar subproductos con valor de recuperación																				
- Confirmar que el volumen de residuos sea significativo																				
Fase 3 - Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU																				
- Identificar el modelo actual para el RSU																				
- Generar el modelo futuro para el RSU																				
- Comparar modelos de estado actual y futuro																				
Fase 4 - Definir el plan para implementar el nuevo modelo																				
- Capacitar personal para lograr la cultura requerida																				
- Desarrollar infraestructura para el sistema																				
Inicio del programa "Cero Residuos a Relleno Sanitario"																				

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Recursos requeridos

- 17,000 usd para equipo, herramientas, infraestructura y material.
- 2 ingenieros de proyectos.
- 1 técnico del departamento de ambiental.
- 120m2 de piso para estación de segregación.

Capítulo 4: Resultados

Es este capítulo se muestran los resultados de aplicar la metodología de 4 fases descrita en el capítulo 3. El propósito fue completar los objetivos para generar una propuesta de mejora para aumentar la tasa de desviación de residuos a 97% o más.

Lo primero fue identificar la composición del RSU, y se procesó esa información para obtener un estimado anual para cada residuo. Lo siguiente fue establecer qué residuos tienen valor de recuperación, por lo que se revisó con proveedores que material podía reciclarse con sus procesos actuales y tenía un volumen apropiado, además de que se requería para que los recibieran. Posteriormente se modeló un nuevo sistema como propuesta para recuperar ese material y redirigirlo a reciclaje o co-procesamiento. Finalmente se definió un plan para implementar ese modelo, aquí fue necesario detallar que podía incluirse en este proyecto y que requeriría proyectos o actividades complementarias.

4.1 Fase 1 - Identificar la composición del RSU.

Para este proyecto se seccionó el arreglo de *Rheem Mexicali* en áreas que se pudieran analizar y controlar estratégicamente. La división se hizo en función de las áreas de trabajo, grupo que genera algún residuo en particular y la estimación de residuos similares según su ubicación.

La Tabla 4.1.1 lista las áreas en que se seccionó el universo generador de RSU en *Rheem Mexicali*: Oficinas, Proceso, Comedor, Cocina, Pasillos y Baños. Para cada área se agrega el peso de la muestra recolectada durante la semana y la cantidad exacta de días en que reunió. Se multiplicó el peso de la muestra contra la relación de horas de muestra y tiempo total laborado en 2019 para estimar un residuo anual total de 178,430kg.

El residuo de los baños corresponde totalmente a desecho de papel higiénico por lo que será omitido en el cuarteo y no tendrá más análisis.

Tabla 4.1.1 – Muestra de RSU por área y peso proyectado al año.

Días laborados	Turno (hr)	Área	Días de muestra (día)	Horas de muestra (hr)	Peso de muestra (kg)	Peso estimado al año (t/año)
175	24	Oficinas	5	95	342	20,045
72	19	Proceso	5	95	1,038	60,838
		Comedor	5	95	76	4,454
		Cocina	3	57	770	75,217
		Pasillos	3	57	102	9,964
		Baños	5	95	135	7,912
					2,463	178,430

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.1.1 muestra los contenedores frontales extra utilizados para segregar los residuos por área como preparación del cuarteo, el pesaje por bote (cuadrante), las agrupaciones de residuos en cuadrantes que dan el nombre al muestreo, la forma como se revuelven los residuos para obtener la muestra representativa y los métodos de pesaje. Todas las acciones fueron realizadas por personal de *Rheem*.

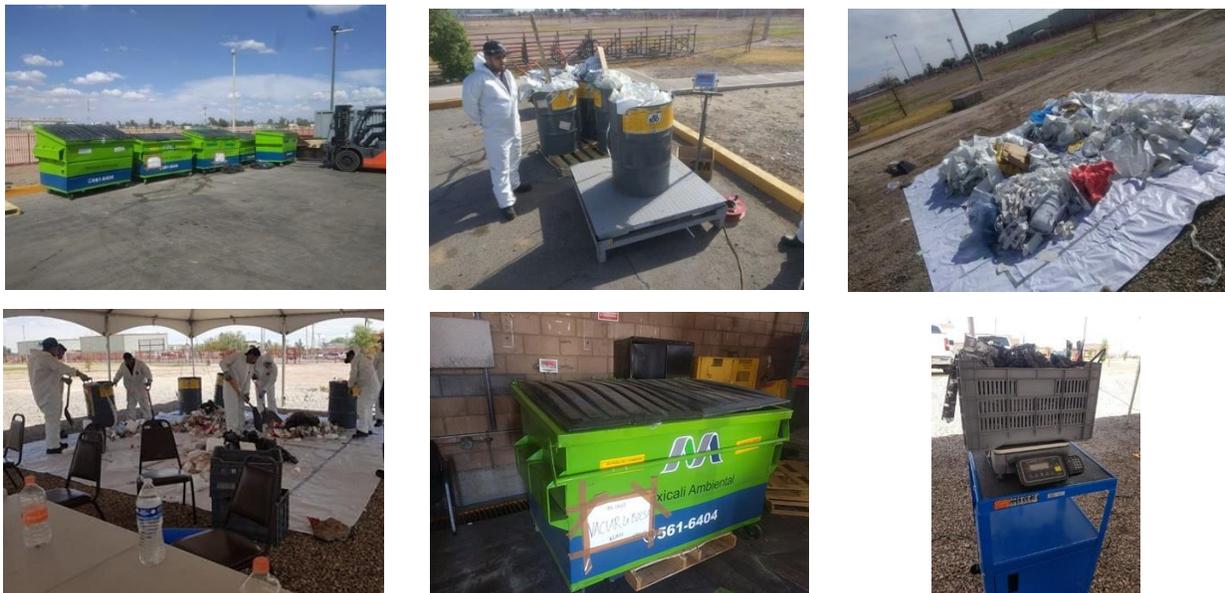


Figura 4.1.1 – Imágenes de la generación de muestras por área y cuarteo en *Rheem Mexicali*.

Fuente: Elaboración propia.

Después de aplicar el método del cuarteo en el RSU por área seleccionada según la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-015-1985, se generó la lista de subproductos mostrada en la Tabla 4.1.2 donde se observa qué residuo genera cada área y su contribución al RSU. Algunos residuos son específicos a algunas áreas, como el acero y la madera, otros son comunes entre las áreas como cartón y ciertos plásticos. Las cantidades mayores son: papel en oficina, papel encerado en producción proveniente de las etiquetas del producto, plástico en el comedor, orgánico en cocina y pasillos.

Tabla 4.1.2 – Subproductos por área y cantidades.

Subproductos	Oficinas		Proceso		Comedor		Cocina		Pasillos	
	(Kg)	%								
Acero	-	-	0.81	2.28	-	-	-	-	-	-
Alambre galvanizado	-	-	1.21	3.41	-	-	-	-	-	-
Aluminio	0.30	0.43	-	-	1.63	7.56	0.29	0.39	1.46	4.22
Baterías	0.06	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-
Biodegradable, finos y orgánico putrescible	-	-	-	-	-	-	-	-	21.51	62.20
Bolsa de plástico	2.53	3.64	1.74	4.90	-	-	6.54	8.69	1.67	4.83
Bolsa metalizada	-	-	-	-	-	-	0.52	0.69	-	-
Botella de vidrio	-	-	-	-	1.9	8.82	0.66	0.88	0.9	2.60
Cartón	0.63	0.91	2.48	6.99	-	-	6.4	8.50	1.05	3.04
Esponja	-	-	0.07	0.20	-	-	-	-	-	-
Fierro	0.06	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-
Finos	0.37	0.53	3.95	11.13	7.68	35.64	-	-	-	-
Foam	0.12	0.17	0.27	0.76	-	-	-	-	-	-
HDPE	-	-	2.55	7.18	-	-	-	-	-	-
Látex	0.12	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	-	-	4.21	11.86	-	-	-	-	-	-
Orgánico putrescible	-	-	-	-	0.65	3.02	-	-	-	-
Orgánico	-	-	-	-	-	-	52.53	69.76	-	-
Otros plásticos	0.76	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-
Papel	63.74	91.75	0.99	2.79	-	-	-	-	-	-
Papel Encerado	-	-	14.66	41.30	-	-	-	-	-	-
Papel metalizado	0.12	0.173	0.5	1.41	-	-	-	-	0.65	1.88
Pet	0.64	0.92	0.39	1.10	3.66	16.98	1.82	2.42	3.27	9.46
Plástico 7	-	-	0.82	2.31	-	-	-	-	-	-
Plástico metalizado	-	-	-	-	0.99	4.59	-	-	-	-
RAEE's	0.02	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
Tapas PP	-	-	-	-	1.85	8.59	0.05	0.07	0.28	0.81
Textil	-	-	0.85	2.39	-	-	-	-	0.53	1.53
Unicel y foam	-	-	-	-	3.19	14.80	6.49	8.62	3.26	9.43
	69.47	100.00	35.50	100.00	21.55	100.00	75.30	100.00	34.58	100.00

Fuente: Elaboración propia con información del cuarteo 2019.

La Tabla 4.1.3 muestra la cantidad de subproductos esperados para un año según las horas trabajadas del 2019 y los resultados del cuarteo. Estos datos se compararán contra el material que es capaz de reciclar o co-procesar el proveedor de servicios de recolección de *Rheem* y generar una lista de materiales que pueden ser desviados. Los mayores contribuidores son proceso y cocina. Los subproductos que se revisen con el proveedor de reciclaje serán aquellas que se midan en toneladas y o puedan agruparse y lograr esa cantidad o no tendría sentido la segregación.

Tabla 4.1.3 – Residuos anuales estimados.

Subproductos	Oficinas (kg)	Proceso (kg)	Comedor (kg)	Cocina (kg)	Pasillos (kg)	Total (kg)
Acero	-	1,388	-	-	-	1,388
Alambre galvanizado	-	2,073	-	-	-	2,073
Aluminio	87	-	337	290	421	1,134
Baterías	17	-	-	-	-	17
Biodegradable, finos y orgánico putrescible	-	-	-	-	6,198	6,198
Bolsa de plástico	730	2,982	-	6,533	481	10,726
Bolsa metalizada	-	-	-	519	-	519
Botella de vidrio	-	-	393	659	259	1,311
Cartón	182	4,250	-	6,393	303	11,127
Esponja	-	120	-	-	-	120
Fierro	17	-	-	-	-	17
Finos	107	6,769	1,587	-	-	8,464
<i>Foam</i>	35	463	-	-	-	498
HDPE	-	4,370	-	-	-	4,370
Látex	35	-	-	-	-	35
Madera	-	7,215	-	-	-	7,215
Orgánico putrescible	-	-	134	-	-	134
Orgánico	-	-	-	52,472	-	52,472
Otros plásticos	219	-	-	-	-	219
Papel	18,392	1,697	-	-	-	20,088
Papel Encerado	-	25,124	-	-	-	25,124
Papel metalizado	35	857	-	-	187	1,079
Pet	185	669	757	1,818	942	4,370
Plástico 7	-	1,405	-	-	-	1,405
Plástico metalizado	-	-	205	-	-	205
RAEE's	6	-	-	-	-	6
Tapas PP	-	-	382	50	81	513
Textil	-	1,456	-	-	153	1,609
Unicel y <i>foam</i>	-	-	659	6,483	939	8,082
	20,045	60,838	4,454	75,217	9,964	170,518

Fuente: Elaboración propia con información del cuarteo 2019.

4.2 Fase 2 - Identificar residuos con valor de recuperación en el RSU.

Después de diálogo con el proveedor de servicios de recolección certificado de *Rheem*, se cruzó la lista Residuos anuales estimados (Tabla 4.1.3) contra los procesos con los que cuenta el proveedor. Se generó la Tabla 4.2.1 que muestra los subproductos con valor para el proveedor agrupados para procesamiento en sus instalaciones.

Tabla 4.2.1 – Subproductos con valor para el proveedor agrupados para procesamiento en sus instalaciones.

Subproductos	Proveedor	
	Clasificación	Proceso/Destino
Cartón Papel	Papel y Cartón	Segregación y reciclaje
Bolsa de plástico Tapas PP Otros plásticos HDPE Pet	Plástico	Segregación y reciclaje
Acero Alambre galvanizado Aluminio Fierro	Metal	Segregación y reciclaje
Biodegradable, finos y orgánico putrescible Bolsa metalizada Botella de vidrio Esponja Finos <i>Foam</i> Látex Madera Papel Encerado Papel metalizado Plástico 7 Plástico metalizado Textil Unicel y <i>foam</i>	Basura no reciclable	Relleno sanitario (Vertedero)
Baterías RAEE's	Electrónica	Disposición
Orgánico putrescible Orgánico	Orgánico	Combustible alternativo para generación de energía

Fuente: Elaboración propia en conjunto con el proveedor de recolección de residuos de *Rheem Mexicali*.

Algunos residuos son para reciclaje, otros residuos deben tener un co-procesamiento previo, otros pueden utilizarse como combustible alternativo y el resto continúa siendo enviado al relleno sanitario a falta de un proceso de recuperación de material disponible.

El papel y el cartón puede recibirse junto y se considera un avance para la segregación en instalaciones del proveedor, lo mismo aplica para los plásticos reciclables que pueden recibirse juntos y los metales también pueden agruparse sin problemas para el reciclaje. Los subproductos con valor serán recibidos por el proveedor, quien descontará su contribución de la factura por los servicios de recolección. Cada grupo tomará el precio del residuo con menor valor en él, Rheem accede a esta práctica por la practicidad que brinda el formar la menor cantidad de grupos posibles y se respalda con que en este punto el proyecto no pretende una ganancia.

El residuo orgánico composteable no es suficiente cantidad para justificar el proceso de recolección con ese fin y el residuo orgánico no composteable como la comida procesada es un volumen alto que debe ser atendido, por lo que se opta por combinar ambos residuos y utilizarlos como combustible alterno para horno cementero. Esta opción no es la más deseada, pero es funcional durante el tiempo que lleve encontrar un mejor co-procesamiento.

El RAEE y baterías también puede ser recibido por el proveedor para dar un procesamiento apropiado alterno a irse al relleno sanitario. Esto es más una forma apropiada de disposición que un beneficio en elevar la tasa de desviación.

El resto se cataloga como “Basura no reciclable” y va al vertedero siguiendo el proceso actual. Dentro de esta categoría aún hay materiales con valor de recuperación, pero el bajo volumen hace difícil crear otra clasificación, un ejemplo es el vidrio.

El proveedor confirma ser capaz de procesar los residuos segregados para reciclaje en sus instalaciones, así como de proporcionar el manifiesto correspondiente por corriente residual.

La Tabla 4.2.2 muestra los residuos con valor seccionados por área y sus acumulados por grupo. Se calcula casi poco más de 108 toneladas recuperables de un total de RSU estimado de 170 toneladas de la Tabla 4.1.1 (Muestra de RSU por área y peso proyectado al año); esto corresponde a recuperar el 63.52% del RSU. Las 62 toneladas restantes se componen de basura no reciclable que seguiría yendo al vertedero y RAEEs que también tendrían clasificación que puede aplicarse en contenedores para su segregación y posterior distribución con los proveedores para su apropiada disposición.

Tabla 4.2.2 – Residuos con valor por área.

Clasificación	Subproductos	Oficinas (kg)	Proceso (kg)	Comedor (kg)	Cocina (kg)	Pasillos (kg)	Total
Papel y Cartón	Cartón	182	4,250	-	6,393	303	11,127
	Papel	18,392	1,697	-	-	-	20,088
Plástico	Bolsa de plástico	730	2,982	-	6,533	481	10,726
	HDPE	-	4,370	-	-	-	4,370
	Otros plásticos	219	-	-	-	-	219
	Pet	185	669	757	1,818	942	4,370
	Tapas PP	-	-	382	50	81	513
Metal	Acero	-	1,388	-	-	-	1,388
	Alambre galvanizado	-	2,073	-	-	-	2,073
	Aluminio	87	-	337	290	421	1,134
	Fierro	17	-	-	-	-	17
Orgánico	Orgánico putrescible	-	-	134	-	-	134
	Orgánico	-	-	-	52,472	-	52,472
		19,811	17,429	1,610	67,555	2,227	108,633

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Fase 3 - Modelar el estado futuro del sistema que desvíe material del RSU.

La Figura 4.3.1 es el modelo actual para el sistema de RSU en *Rheem Mexicali* como se vio en el planteamiento del problema, pero con la adición de los valores de los residuos anuales estimados por área de estudio según el cuarteo y ponderado por las horas de operación de la planta en 2019. En este modelo todos los residuos van al vertedero. Actualmente se llenan dos tipos de contenedores, un *roll off* y un frontal, ambos se envían a vertedero. La diferencia es el tiempo para recogerlos, el frontal contiene los residuos de la cocina que se envían a vertedero con mayor frecuencia para evitar mantenerlos en planta más allá de dos días después de generados.

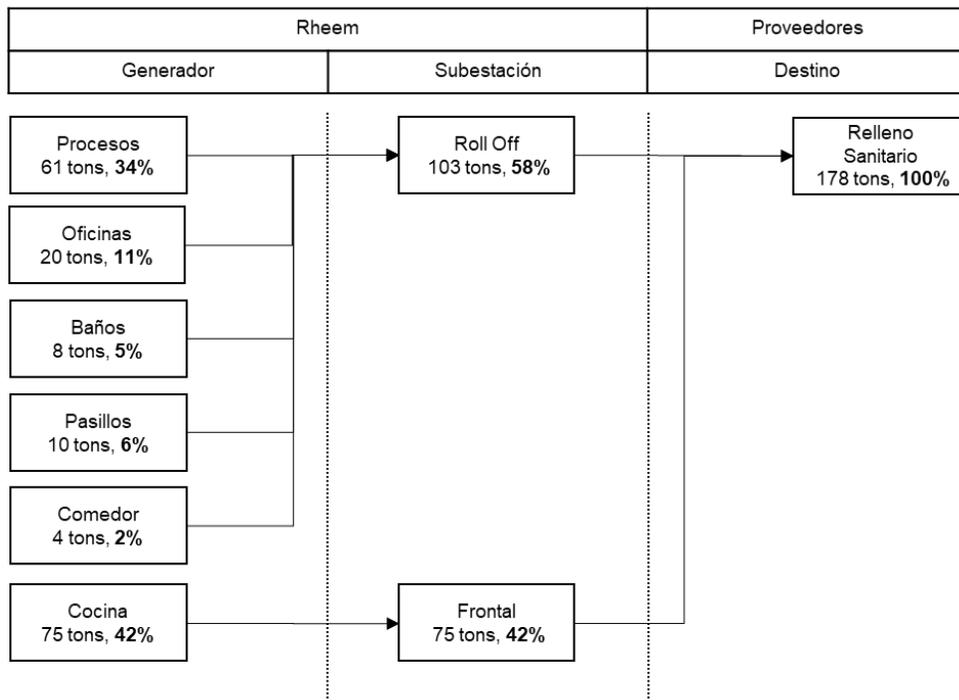


Figura 4.3.1 - Modelo actual del RSU *Rheem Mexicali* (toneladas).
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.3.2 es el modelo futuro para el sistema de RSU en *Rheem Mexicali* y fue creado como propuesta de solución. Similar al mostrado en la Figura 2.2.5 (Thakur & Anbanandam, 2017), muestra una mejora de la tasa de desviación requerida por la desviación del RSU. La re-ingeniería consiste en tomar las categorías generadas con los residuos con valor de recuperación y aquellos que deben tener un procesamiento más apropiado como aparecen en la Tabla 4.2.2 (Residuos con valor por área) para integrarlas al sistema con el fin de extraer esos residuos y desviarlos.

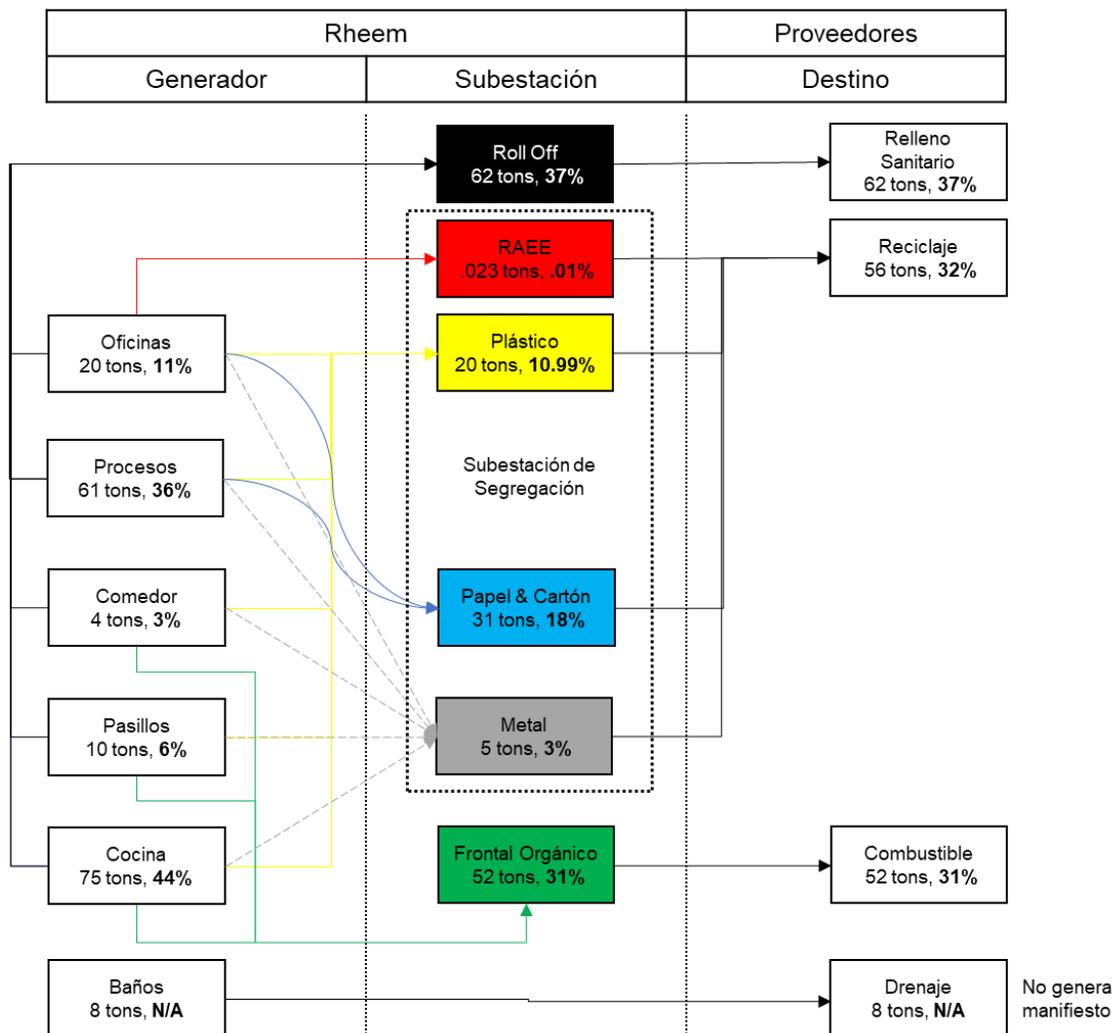


Figura 4.3.2 - Modelo futuro propuesto del RSU *Rheem Mexicali* (toneladas).
Fuente: Elaboración propia.

Las diferentes categorías de residuo permiten hacer una segregación inicial interna de los residuos en planta para que el proveedor colecte el material y se facilite la segregación de ellos en sus instalaciones.

El modelo actual envía todo el RSU al vertedero, mientras que el modelo propuesto futuro incluye procesos de segregación en cada área generadora de RSU, permitiendo recuperar material con valor para desviarlo o con algún co-procesamiento ya establecido como se muestra en la Tabla 4.2.1 (Subproductos con valor para el proveedor agrupados para procesamiento en sus instalaciones). La clasificación "Papel y cartón" se descompondría en papel y cartón en las instalaciones del proveedor para reciclaje. La clasificación "Plástico" se descompondría en bolsas de plástico, tapas PP, HDPE, pet y otros plásticos en las instalaciones del proveedor para reciclaje. La clasificación "Metal" se descompondría en acero, alambre galvanizado, aluminio y fierro en las instalaciones del proveedor para reciclaje. La clasificación "Electrónica" se descompondría en baterías y RAEEs en las instalaciones del proveedor para su correcta disposición. La clasificación "Orgánico" se iría directo al material que se usa como combustible alternativo en horno cementero, este residuo tendrá un cargo extra por ese transporte y aplicación.

La ventaja que el modelo propone es la desviación de hasta 108 toneladas anuales de un posible total de 170, dando una tasa de desviación de 63.529% para el RSU. Desviar el 63.529% del RSU mencionado en el planteamiento del problema en la Figura 1.4.2 (Disposición de los residuos en porcentaje) subiría la tasa de desviación de residuos a aproximadamente 97.053%.

El sistema propuesto requiere principalmente un cambio en la cultura labora en *Rheem Mexicali* para agregarle la consciencia del enfoque en sustentabilidad. También se ocupa la infraestructura que habilite el sistema, como botes para islas de segregación y actualización en algunos procesos.

La planta *Rheem* Mexicali presenta sus clasificaciones al corporativo y en conjunto se desarrollan las imágenes de la campaña de “Cero Residuos al Relleno Sanitario”.

Las imágenes que aplican para planta Mexicali se muestran en la Figura 4.3.3. Los colores y logos no corresponden a un estándar regulatorio como el visto en NADF-024-AMBT-2013 sino a disponibilidad y estándares de carácter comercial, los colores disponibles fueron distribuidos entre las necesidades de todas las plantas *Rheem* buscando homologar entre ellas. Clasificación de colores:

- Azul: Papel y Cartón
- Amarillo: Plástico
- Gris: Metal
- Negro: Basura no reciclable
- Rojo: Electrónica
- Verde: Orgánico



Figura 4.3.3 – Clasificación y logos para segregación de RSU para reciclaje o co-procesamiento.
Fuente: Elaboración propia en conjunto con Corporativo *Rheem*.

A la iniciativa de “Cero Residuos al Relleno Sanitario” se diseñó el *slogan* “Go Zero”. Las clasificaciones que agrupan los residuos son las generadas en la Tabla 4.2.1 (Subproductos con valor para el proveedor agrupados para procesamiento en sus instalaciones) y corresponden a los procesos con que ya se cuentan en las instalaciones del proveedor de *Rheem* por lo que hasta este punto no se necesita desarrollar nuevos procesos con proveedores para los residuos.

4.4 Fase 4 - Definir el plan para implementar el nuevo modelo.

El plan se divide en 2 etapas para su administración. La primera etapa es el programa de capacitación con la información de los resultados de las fases previas y se busca ajustar la cultura actual hacia una que incluya el enfoque de sustentabilidad. La segunda etapa es la infraestructura que habilitará el proceso de segregación.

4.4.1 Etapa 1 - Programa de capacitación

El programa de capacitación considera entrenar a los más de 500 empleados de la planta *Rheem* Mexicali previo al arranque del programa, se incluye a los proveedores y contratistas que laboran en la planta o la visitan. El plan de capacitación para “Cero Residuos al Relleno Sanitario” pasa a formar parte del programa de capacitación regular. La capacitación cuenta con presentación, manual del instructor, video de introducción y sugiere un ejercicio práctico. En los anexos se incluye presentación de la capacitación y en ella se cubren los siguientes objetivos:

- Conocer el programa “Cero Residuos al Relleno Sanitario” de *Rheem*
- Situación actual de los residuos en *Rheem*
- Procedimientos y cómo podemos aportar

La capacitación cuenta con un manual donde se tienen los detalles de la información a compartir. Al final del curso se incluye una prueba práctica para evaluar al grupo.

La efectividad de la segregación del RSU en *Rheem* deberá ser monitoreada mensualmente durante el primer año haciendo los ajustes pertinentes y después solo una vez por año. El proveedor mantendrá su ajuste a factura mientras el residuo mantenga una consistencia manejable en su proceso de reciclaje.

4.4.2 Etapa 2 - Infraestructura para segregar

La segregación de residuos en cada área requiere islas de botes de segregación. La Figura 4.4.1 muestra los tipos de contenedores etiquetados con las clasificaciones creadas en Figura 4.3.2 (Modelo futuro propuesto del residuo sólido urbano de *Rheem Mexicali*). Los contenedores para oficinas y pasillos tienen características más estéticas mientras que los de proceso, comedor y cocina son de mayor volumen.



Figura 4.4.1 – Ejemplos de islas de segregación para áreas generadoras de RSU en *Rheem Mexicali*.
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.4.1 muestra la cantidad y dimensiones de los contenedores para manejar los residuos de cada área según a la cantidad de residuos de la Tabla 4.1.3 (Residuos anuales estimados) correspondientes a un ciclo de trabajo. Los contenedores son de 80 litros para las zonas con más variedad de residuos y menor volumen, y de 50 galones para las zonas con residuos en mayor volumen.

Tabla 4.4.1 – Matriz de contenedores.

Contenedores de 80 litros						
Área	PAPEL Y CARTÓN	PLÁSTICO	METAL	BASURA NO RECICLABLE	ELECTRÓNICA	ORGÁNICO
Oficinas	8	8	8	9	2	
Proceso						
Comedor						
Cocina						
Pasillos		4	4	4		4
	8	12	12	13	2	4

Contenedores de 50 galones						
Área	PAPEL Y CARTÓN	PLÁSTICO	METAL	BASURA NO RECICLABLE	ELECTRÓNICA	ORGÁNICO
Oficinas						
Proceso	21	11	11	45		
Comedor		3	3	5		3
Cocina		1	1	3		4
Pasillos		1	1	1		1
	21	16	16	54	0	8

Fuente: Fuente: Elaboración propia.

Se selecciona un área específica como estación de segregación en el área de carga y descarga donde actualmente están los contenedores *roll off* y frontal. Los residuos ya no serán llevados a solo los mismos dos puntos de RSU anteriores, sino que habrá un punto de concentración llamado “Estación de Segregación” constituido por las clasificaciones que pueden reciclarse, ahí se almacenarán los residuos con valor según el nuevo modelo y el proveedor de recolección incluirá en sus rutas el traslado de estos residuos.

Con la cantidad de contenedores generada en la Tabla 4.4.1 (Matriz de contenedores) se procede a asignar sus ubicaciones. Se intenta seguir la ubicación actual de botes pero con las adaptaciones que se espera fomenten el uso de las islas de segregación y de manera apropiada como se menciona por McCoy et al., 2018. Además de poner las islas de segregación cerca de la mayor fuente generadora, se aplican adaptaciones como se muestra en la Figura 4.4.2 para incentivar su uso, ubicarlas en el flujo de personas hacia la salida, ponerlas en un lugar visible donde se espera que se haga lo correcto y retirar botes individuales de oficina para que la opción sea los botes de segregación.

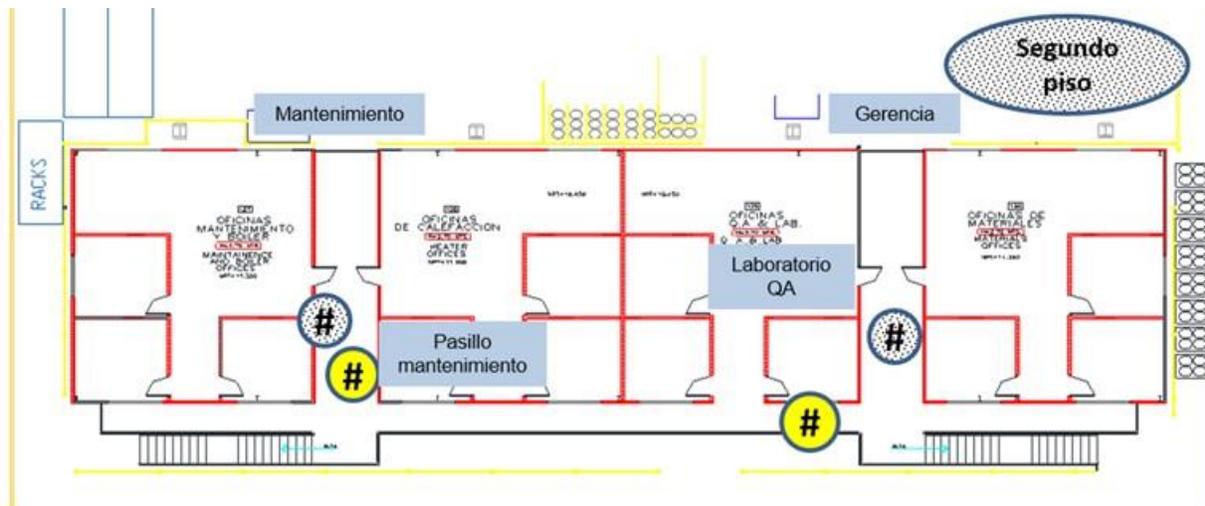


Figura 4.4.2 - Ejemplo de colocación de islas de segregación - Oficinas de producción.
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.4.2 muestra las corrientes residuales relacionadas con el proyecto según la clasificación de residuos de manejo especial de la SPA listadas en su página Web (SPA, 2018). En estas categorías se cubre el material a reciclar, algunas corrientes ya son existentes y otras deberán darse de alta con un Formato de Registro Estatal de Generador de Residuos de Manejo Especial. El proveedor de servicios de recolección deberá presentar manifiestos basados en estos residuos de manejo especial.

Tabla 4.4.2 – Corrientes residuales requeridas para el proyecto.

Corrientes residuales	Estatus
Frutas y verduras, así como cáscara, bagazo, semillas de las mismas.	Nueva
Restos de comida preparada	Nueva
Restos de carne, grasa, pellejo, huesos	Nueva
Papel (periódico, bond)	Nueva
Cartón	Existente
Plástico (envases, envolturas)	Existente
Latas	Nueva
Aluminio (envases, retacería)	Nueva
Madera	Existente
Tarimas (pallets)	Existente
Residuos tecnológicos	Existente

Fuente: Elaboración propia.

Se planea utilizar contenedores de cartón con tarima (*gaylord*) de lo que actualmente se recicla para entregar los residuos al proveedor. La Figura 4.4.3 muestra un ejemplo del uso de contenedores de cartón. Son cartones y tarimas enviadas a reciclaje, pero algunas se aplican como contenedores de otros materiales de reciclaje como cartón o plástico.



Figura 4.4.3 – Contenedores de reciclaje usados para manejar material de reciclaje.
Fuente: Sistema actual de reciclaje *Rheem Mexicali*.

La cantidad de contenedores estimada se expresa en la Tabla 4.4.3. El *roll off* y frontal son lo mismo que lo actual, pero la segregación de residuo con valor de recuperación o de destino diferente al vertedero requiere nuevos contenedores. Estos contenedores deberán recogerse en plataforma y cargarse en montacargas como ocurre con el reciclaje de plástico y cartón industrial.

Tabla 4.4.3 – Cantidad de contenedores por semana.

Clasificación	Contenedores semanales
PAPEL Y CARTÓN	7
PLÁSTICO	10
METAL	1
BASURA NO RECICLABLE	1 (<i>Roll Off</i>)
ELECTRÓNICA	1 (por mes)
ORGÁNICO	5 (Frontal)

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

Este capítulo presenta las conclusiones del proyecto que tuvo como objetivo general presentar una propuesta de sistema para desviar el residuo sólido urbano en *Rheem Mexicali* que logre Cero Residuos al Relleno Sanitario o vertedero. Esto es, una tasa de desviación de residuos del 97% o superior.

Posteriormente se discuten las acciones futuras recomendadas y proyectos paralelos que pueden fortalecer a *Rheem Mexicali* en el cumplimiento de sus iniciativas de sustentabilidad.

5.1 Conclusiones

En la Fase 1 se identificó la composición del RSU en *Rheem Mexicali* aplicando el método de cuarteo de la NMX-AA-015-1985. Los subproductos encontrados se listaron junto con sus estimados anuales en la Tabla 4.1.3 (Residuos anuales estimados) para ser comparados contra los procesos de reciclaje establecidos con los proveedores.

En la Fase 2 se identificó el residuo con valor de recuperación comparando los subproductos encontrados y su cantidad anual estimada contra los procesos de reciclaje y co-procesamiento ya establecidos con los proveedores certificados de servicios de recolección de *Rheem Mexicali*. Como se muestra en la Tabla 4.2.2 (Residuos con valor por área) se crearon 4 clasificaciones de residuos que agrupan los materiales que se pueden enviar directo a una segunda segregación en las instalaciones del proveedor para ser procesados de manera alterna en vez de ir al relleno sanitario.

En la Fase 3 se modeló el estado futuro como propuesta de solución que desvíe material del RSU. Se generó integrando al sistema las nuevas clasificaciones de residuos para segregación y mostró que se podría desviar 108 toneladas en la Tabla 4.2.2 (Residuos

con valor por área) de las 170 toneladas de RSU anual estimado contra las horas de producción en 2019 en la Tabla 4.1.1 (Muestra de RSU por área y peso proyectado al año). Los porcentajes de desviación dentro del RSU en el modelo propuesto son aproximadamente: Papel y cartón 18%, plástico 10.99%, metal 3%, basura no reciclable 37%, RAEE .01% y orgánico 31%.

Papel y cartón, plástico y metal sería para reciclaje. RAEE iría a un procesamiento de disposición apropiada a electrónicos. La basura no reciclable se enviaría al relleno sanitario. Lo orgánico, tanto fresco composteable como procesado, sería usado para la formulación de combustible alterno en el horno cementero en Hermosillo Sonora. Las razones son que el proveedor señaló el volumen de lo composteable como incosteable, y para lo procesado se pensó que aún no tendría el nivel de limpieza para utilizarlo como alimento porcino por lo que no se desarrolló a este punto.

Las cerca de 8 toneladas de papel higiénico correspondiente a los baños deja de contarse en el residuo confinado, ahora se enviarían al drenaje en lugar de al relleno sanitario por lo que no recibiría manifiesto de algún proveedor.

Se estima que el sistema de segregación del modelo propuesto puede desviar el 63.529% del total de RSU anual. Como se muestra en la Figura 5.1.1 y su interpretación, la tasa total de desviación en 2018 fue de 95.488% y el RSU constituyó el 2.438%, por lo que aplicando el modelo propuesto la tasa de desviación debería acercarse a 97.073%. El rango de 0.073% corresponde a más de 400t, y se espera que un aumento de producción aumente la tasa de desviación de residuos debido a que el mayor contribuidor es el acero industrial.

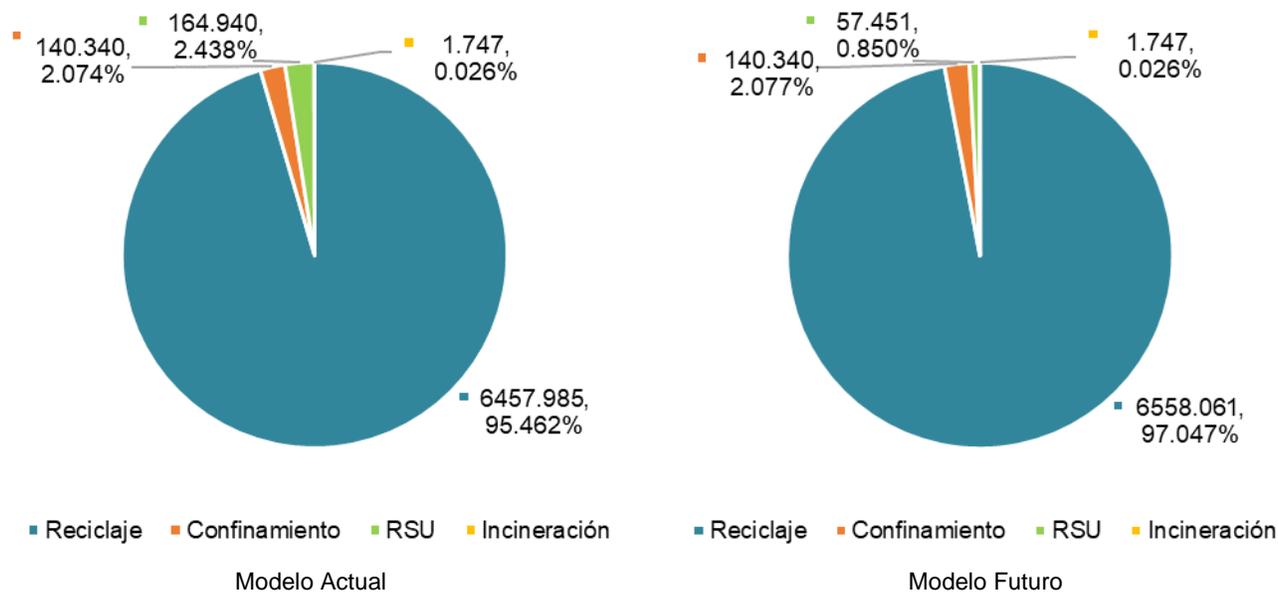


Figura 5.1.1 – Comparativa de tasas de desviación
 Fuente: Izquierda - Bitácoras y manifiestos 2018 de *Rheem Mexicali*. Derecha - Elaboración propia.

En la Fase 4 se definió un plan de 2 etapas para implementar el nuevo modelo que desvíe material del RSU. La primera etapa requirió la capacitación de todo el personal de *Rheem Mexicali* y proveedores con acceso a la planta para generar una cultura de segregación, y la segunda es establecer la infraestructura para manejar el residuo, como la adquisición de contenedores para crear islas de segregación en las áreas generadoras, un *layout* que incluya la ubicación estratégica de los contenedores, la creación de una estación de segregación para administrar los residuos y actualizaciones en los procedimientos de manejo de residuos especiales.

El éxito de este modelo depende principalmente del cambio de cultura en el personal y proveedores hacia una conciencia sobre el uso de recursos de manera responsable y desenvolverse en un esquema de sustentabilidad. El programa de “Cero Residuos al Relleno Sanitario” se integró a la capacitación de ingreso y debe mantenerse constante en los entrenamientos. Se completaron más de 600hrs individuales de entrenamiento en “Cero Residuos al Relleno Sanitario” donde se instruyó sobre la segregación de residuos en islas y se tuvo prácticas de segregación como señala el manual de la capacitación para el cierre de esta; los registros de los resultados muestran 85% en efectividad entre

los cursos. Evidencia de la aplicación de la capacitación y la práctica se muestran en la Figura 5.1.2. Aún deberá monitorearse mensualmente que la segregación sea efectiva además de recibir la retroalimentación del proveedor.



Figura 5.1.2 – Imágenes de la capacitación *Rheem* en programa “Cero Residuos al Relleno Sanitario”.
Fuente: Elaboración propia.

Es necesario mencionar que al momento de documentar este proyecto *Rheem Mexicali* ya ha completado la etapa de capacitación y la etapa de infraestructura está en desarrollo. Para la segunda etapa ya se tienen los contenedores, sus ubicaciones y plan de recolección. Se continúa trabajando en dar de alta las corrientes residuales y definir el contrato con el proveedor.

En conclusión, la hipótesis planteada de que la segregación y el co-procesamiento al residuo con valor de recuperación dentro del RSU de *Rheem Mexicali* logra que la tasa de desviación de residuos al relleno sanitario sea igual o superior al 97% es aceptada. La propuesta de solución es esencial en el logro de la iniciativa de “Cero Residuos al Relleno Sanitario” o vertedero en *Rheem Mexicali* y el proyecto fue aprobado para implementación.

5.2 Recomendaciones

Para combatir variación y mantener el enfoque de sustentabilidad en *Rheem Mexicali* se recomienda reforzar la iniciativa con proyectos de sustentabilidad paralelos.

En el modelo futuro el papel higiénico de los baños ya no va al relleno sanitario (vertedero), pero contribuye poco pues sale del sistema sin pasar al lado del reciclaje, sino que se elimina. Este destino del papel puede requerir nuevo equipo en los baños que prevengan atascamiento. El papel actualmente está especificado con el proveedor de servicios de limpieza como biodegradable y desfibrado total.

Los residuos de desechables del comedor como el *foam* son un área de oportunidad para una campaña posterior en que se reduzca el material difícil de reciclar aplicando recipientes reutilizables durante la comida. Se puede mejorar ajustando el sistema del comedor para poder procesar platos y cubiertos al volumen necesario o aprovechando el impulso de la cultura sustentable haciendo que cada individuo utilice algún equipo reutilizable como recipientes para la bebida.

El papel encerado es el mayor contribuidor al RSU en producción con 25t anuales y es generado por el uso de etiquetas en el producto. Este residuo va directo al relleno sanitario debido a que en la localidad no se cuenta con procesos establecidos para recuperar este material como ocurre con el papel y el cartón. Cualquier proyecto de eliminación, reducción o consolidación de etiquetas tendrá un impacto positivo en la tasa de desviación.

En un proyecto próximo, el registro de los manifiestos pasará a ser electrónico en el sistema de calidad para su control, análisis y seguimiento. Así, la tasa de desviación de todos los residuos podrá ser seguida instantáneamente y los residuos en general serán monitoreados año con año asegurando que se cumpla con el requerimiento de la tasa de desviación de 97% o más para mantener el estatus de “Cero Residuos al Relleno Sanitario”.

Referencias

- Abdo, N. M., Hamza, W. S., & Al-Fadhli, M. A. (2019). Effectiveness of education program on hospital waste management. *International Journal of Workplace Health Management*, 12(6), 457–468. <https://doi.org/10.1108/IJWHM-10-2018-0137>
- Aktas, E., Sahin, H., Topaloglu, Z., Oledinma, A., Huda, A. K. S., Irani, Z., Sharif, A. M., van't Wout, T., & Kamrava, M. (2018). A consumer behavioural approach to food waste. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(5), 658–673. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2018-0051>
- Alhumoud, J. M., & Alhumoud, H. M. (2007). An analysis of trends related to hospital solid wastes management in Kuwait. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18(5), 502–513. <https://doi.org/10.1108/14777830710778274>
- Amo-Asamoah, E., Owusu-Manu, D. G., Asumadu, G., Ghansah, F. A., & Edwards, D. J. (2020). Potential for waste to energy generation of municipal solid waste (MSW) in the Kumasi metropolis of Ghana. *International Journal of Energy Sector Management*. <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2019-0005>
- Başaran, B. (2012). What makes manufacturing companies more desirous of recycling? *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 24(1), 107–122. <https://doi.org/10.1108/14777831311291177>
- Chaliki, P., Psomopoulos, C. S., & Themelis, N. J. (2016). WTE plants installed in European cities: a review of success stories. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(5), 606–620. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2015-0018>
- Cogut, G., Webster, N. J., Marans, R. W., & Callewaert, J. (2019). Links between sustainability-related awareness and behavior: The moderating role of engagement. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(7), 1240–1257. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2018-0161>
- Cruz Netro, Z. G., Medina Álvarez, J. E., Cartas Carrillo, A., & Garza Flores, R. (2016). Solid waste management in Mexico's offshore platform construction: determining potential supply for a reverse logistics process. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, 17(1), 71–94. <https://doi.org/10.1007/s11066-016-9105-3>
- DeLorenzo, A., Parizeau, K., & von Massow, M. (2019). Regulating Ontario's circular economy through food waste legislation. *Society and Business Review*, 14(2), 200–216. <https://doi.org/10.1108/sbr-12-2017-0115>
- Ebrahimi, K., & North, L. A. (2017). Effective strategies for enhancing waste management

at university campuses. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(7), 1123–1141. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2016-0017>

M. L. Franco García, H. Bressers, J.C. Carpio Aguilar (2019). Towards Zero waste. *Towards Zero W, Circular Economy Boost: Waste to Resources*. Volume 6. https://doi.org/10.1107/978-3-319-92931-6_1

Gahana Gopal, C., Patil, Y. B., K.T, S., & Prakash, A. (2018). Conceptual frameworks for the drivers and barriers of integrated sustainable solid waste management: A TISM approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(3), 516–546. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2017-0117>

Gobierno de Colombia. (2017). Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Golandaj, J. A., & Kallihal, K. G. (2020). Awareness, attitude and practises of biomedical waste management amongst public health-care staff in Karnataka, India. *Journal of Humanities and Applied Social Sciences*, ahead-of-p(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/jhass-08-2019-0041>

Hussain, Z., Mishra, J., & Vanacore, E. (2020). Waste to energy and circular economy: the case of anaerobic digestion. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(4), 817–838. <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2019-0049>

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos - LGPGIR (2015) Diario Oficial de la Federación, última reforma publicada DOF 22-05-2015. México, D.F. Recuperado de <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos-62914>

Ju, M., Bae, S. J., Kim, J. Y., & Lee, D. H. (2016). Solid recovery rate of food waste recycling in South Korea. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(3), 419–426. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0464-x>

Knezevic, B., Kurnoga, N., & Anic, I. D. (2019). Typology of university students regarding attitudes towards food waste. *British Food Journal*, 121(11), 2578–2591. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2018-0316>

Lo, I. M. C., & Woon, K. S. (2016). Food waste collection and recycling for value-added products: potential applications and challenges in Hong Kong. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(8), 7081–7091. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4235-y>

Manfredi, E. C., Flury, B., Viviano, G., Thakuri, S., Khanal, S. N., Jha, P. K., Maskey, R. K., Kayastha, R. B., Kafle, K. R., Bhochohibhoya, S., Ghimire, N. P., Shrestha, B. B., Chaudhary, G., Giannino, F., Carten, F., Mazzoleni, S., & Salerno, F. (2010). Solid waste and water quality management models for sagarmatha national park and

buffer zone, Nepal. *Mountain Research and Development*, 30(2), 127–142. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00028.1>

McCoy, K., Oliver, J. J., Borden, D. S., & Cohn, S. I. (2018). Nudging waste diversion at Western State Colorado University: application of behavioral insights. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(3), 608–621. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2017-0063>

Michael, J., & Elser, N. (2019). Personal waste management in higher education: A case study illustrating the importance of a fourth bottom line. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(2), 341–359. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2018-0054>

Michalec, A., Fodor, M., Hayes, E., & Longhurst, J. (2018). Co-designing food waste services in the catering sector. *British Food Journal*, 120(12), 2762–2777. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2018-0226>

Migliorini, P., Wezel, A., Veromann, E., Strassner, C., Średnicka-Tober, D., Kahl, J., Bügel, S., Briz, T., Kazimierczak, R., Brives, H., Ploeger, A., Gilles, U., Lüder, V., Schleicher-Deis, O., Rastorgueva, N., Tuccillo, F., Talgre, L., Kaart, T., Ismael, D., & Rembiałkowska, E. (2020). Students' knowledge and expectations about sustainable food systems in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(6), 1087–1110. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2019-0356>

Moqbel, S., Abu-Zurayk, R., Bozeyya, A., Alsisan, R., & Al Bawab, A. (2020). Assessment of sustainable recycling at The University of Jordan. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2019-0334>

Nizar, M., Munir, E., Munawar, E., & Irvan. (2018). Implementation of zero waste concept in waste management of Banda Aceh City. *Journal of Physics: Conference Series*, 1116(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1116/5/052045>

Oduro-Kwarteng, S., Anarfi, K. P., & Essandoh, H. M. K. (2016). Source separation and recycling potential of municipal solid waste in Ghana. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(2), 210–226. <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2015-0038>

Ortegon K., Nies L., Sutherland J.W. (2019) Recycling. In: Chatti S., Laperrière L., Reinhart G., Tolio T. (eds) CIRP Encyclopedia of Production Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/978-3-662-53120-4_6611

Oyedele, L. O., Regan, M., von Meding, J., Ahmed, A., Ebohon, O. J., & Elnokaly, A. (2013). Reducing waste to landfill in the UK: identifying impediments and critical solutions. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 10(2), 131–142. <https://doi.org/10.1108/20425941311323136>

- Pace, S. A., Yazdani, R., Kendall, A., Simmons, C. W., & VanderGheynst, J. S. (2018). Impact of organic waste composition on life cycle energy production, global warming and Water use for treatment by anaerobic digestion followed by composting. *Resources, Conservation and Recycling*, 137(May), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.030>
- Rajesh, P. (2019). Solid waste management- sustainability towards a better future, role of CSR – a review. *Social Responsibility Journal*, 15(6), 762–771. <https://doi.org/10.1108/SRJ-11-2018-0286>
- Ramírez N., V. M., Peñuela S., L. M., & Pérez R., M. D. R. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 107–124. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.76>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial - SECOFI (1985, 18 marzo). Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método De Cuarteo. *Norma Mexicana NMX-AA-015-1985*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial - SECOFI (1985, 18 marzo). Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico “In Situ”. *Norma Mexicana NMX-AA-019-1985*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial - SECOFI (1985, 18 marzo). Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos. *Norma Mexicana NMX-AA-022-1985*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>
- Secretaría de Protección al Ambiente - SPA (2018). Registro como Generador de Residuos de Manejo Especial. *Dirección de Gestión Ambiental*. Recuperado de <http://www.spabc.gob.mx/direccion-de-gestion-ambiental/>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (2015). Norma ambiental para el distrito federal NADF-024-AMBT-2013, que establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos del Distrito Federal. *Gaceta Oficial Del Distrito Federal*, 22–43. Recuperado de http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/NADF_024.html
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente de México. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html#:

~:text=Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20urbanos1,otra%20actividad%20que%20se%20desarrolla

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT (2018). Lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios de la SEMARNAT a través del Programa para la prevención y gestión integral de residuos. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-residuos>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT (2004, 20 octubre). Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>

Sefouhi, L., Kalla, M., & Bahmed, L. (2014). Assessment of different methods of treatment for an integrated municipal waste management for an Algerian city. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(4), 493–504. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2013-0008>

Sehnem, S., Campos, L. M. S., Julkovski, D. J., & Cazella, C. F. (2019). Circular business models: level of maturity. *Management Decision*, 57(4), 1043–1066. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2018-0844>

Shankar Y, S., & Khandelwal, R. (2017). Sustainable waste management strategy for a campus: a case study of JUET, Guna. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 28(5), 610–623. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2016-0008>

Sharma, K. D., & Jain, S. (2020). Municipal solid waste generation, composition, and management: the global scenario. *Social Responsibility Journal*, 16(6), 917–948. <https://doi.org/10.1108/SRJ-06-2019-0210>

Siu, K. W. M., & Xiao, J. X. (2016). Design and management of recycling facilities for household and community recycling participation. *Facilities*, 34(5–6), 350–374. <https://doi.org/10.1108/F-08-2014-0064>

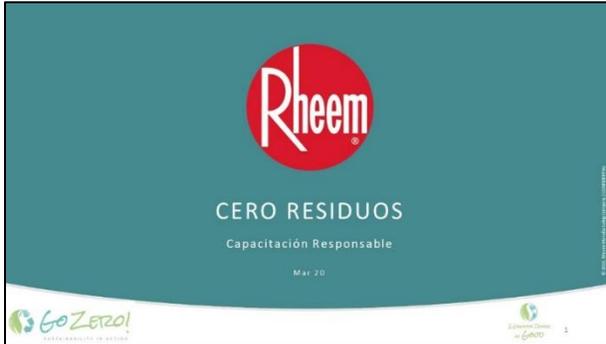
Tan, B. C., Lau, T. C., Yong, G. F., Khan, N., & Nguyen, T. P. L. (2019). A qualitative study of green practices adoption for restaurants in Malaysia. *Social Responsibility Journal*, 15(8), 1087–1099. <https://doi.org/10.1108/SRJ-07-2017-0119>

Tangwanichagapong, S., Nitivattananon, V., Mohanty, B., & Visvanathan, C. (2017). Greening of a campus through waste management initiatives: Experience from a higher education institution in Thailand. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(2), 203–217. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2015-0175>

- Thakur, V., & Anbanandam, R. (2017). Management practices and modeling the seasonal variation in health care waste: A case study of Uttarakhand, India. *Journal of Modelling in Management*, 12(1), 162–174. <https://doi.org/10.1108/JM2-08-2015-0058>
- Umar, T. (2020). Frameworks for reducing greenhouse gas (GHG) emissions from municipal solid waste in Oman. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(4), 945–960. <https://doi.org/10.1108/MEQ-11-2019-0231>
- Yusoff, S. (2018). Toward integrated and sustainable waste management system in University of Malaya: UM zero waste campaign. *E3S Web of Conferences*, 48. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184804007>

Anexos

Presentación para capacitación en programa “Cero Residuos al Relleno Sanitario” de Rheem Mexicali.



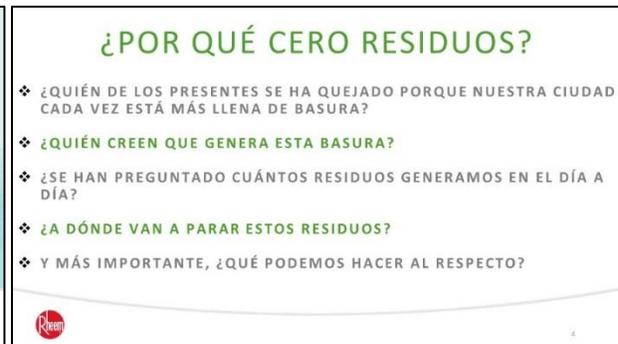
Plantilla 1/20



Plantilla 2/20



Plantilla 3/20



Plantilla 4/20



Plantilla 5/20



Plantilla 6/20

Generación Anual de Residuos en Rheem Mexicali

Área	kg/año
Proceso	60838
Oficinas	20045
Comedor	4454
Pasillos y caseta	9964
Cocina	75217
Baños	7912
TOTAL	178430

Equivalente a 178 toneladas

Plantilla 7/20



Plantilla 8/20

Programa Cero Residuos

- Reducir en un 97% los residuos que se van al relleno sanitario.
- Educar y concientizar a los usuarios sobre sus acciones
- Maximizar el uso y conservación de los recursos

Plantilla 9/20

Proceso de Implementación

1. Asignación de colores por categoría de residuo

HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO	BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO	LATAS Y MATERIALES FERROSOS	RESIDUOS SÓLIDOS	BATERÍAS Y ARTÍCULOS ELECTRÓNICOS	ORGÁNICO

Plantilla 10/20

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

SI	NO
<p>HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hojas blancas • Cuadernos • Revistas, periódicos • Cartón limpio 	<ul style="list-style-type: none"> • Papel de baño • Cartón sucio (restos de comida)
<p>BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Botellas de agua • Jugo • Soda • Yogurt • Galones • Productos de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> • Desechables de plástico • Vasos • Foam • Empaques

Plantilla 11/20

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

SI	NO
<p>LATAS Y MATERIALES FERROSOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latas 	<ul style="list-style-type: none"> • Papel aluminio • Empaques laminados
<p>RESIDUOS SÓLIDOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vidrio • Desechables de plástico • Foam • Envoltorios • Plumas • Papel encerado • Papel aluminio • Cajas de pizza 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo aquello que sea un residuo recuperable.

Plantilla 12/20

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

BATERÍAS Y ARTÍCULOS ELECTRÓNICOS



ORGÁNICO



SI

- Baterías
- Accesorios de computadora
- Cables
- Equipos eléctricos

NO

- Todo aquello que no contenga un componente electrónico.
- Envoltorios
- Plástico film
- Papel aluminio

33

Plantilla 13/20

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 4 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de producción






-  HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO
-  BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO
-  LATAS Y MATERIALES FERROSOS
-  BASURA NO RECICLABLE

34

Plantilla 14/20

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla dúplex con 2 clasificaciones de residuos



-  HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO
-  RESIDUOS SÓLIDOS
-  PAPEL Y CARTÓN
-  BASURA NO RECICLABLE

Mono con 1 clasificación de residuo



-  RESIDUOS SÓLIDOS
-  BASURA NO RECICLABLE

35

Plantilla 15/20

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 5 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de pasillos



-  HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO
-  BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO
-  LATAS Y MATERIALES FERROSOS
-  PAPEL Y CARTÓN
-  PLÁSTICO
-  METAL
-  RESIDUOS SÓLIDOS
-  ORGÁNICO
-  BASURA NO RECICLABLE
-  ORGÁNICO

36

Plantilla 16/20

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 4 Clasificaciones de residuos ubicada en el área del comedor



-  BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO
-  LATAS Y MATERIALES FERROSOS
-  PLÁSTICO
-  METAL
-  RESIDUOS SÓLIDOS
-  ORGÁNICO
-  BASURA NO RECICLABLE
-  ORGÁNICO

37

Plantilla 17/20

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla completa con 6 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de oficinas



-  HOJAS, CUADERNOS, LIBROS Y CARTÓN LIMPIO
-  BOTELLAS Y PRODUCTOS DE PLÁSTICO
-  LATAS Y MATERIALES FERROSOS
-  PAPEL Y CARTÓN
-  PLÁSTICO
-  METAL
-  RESIDUOS SÓLIDOS
-  ORGÁNICO
-  BATERÍAS Y ARTÍCULOS ELECTRÓNICOS
-  BASURA NO RECICLABLE
-  ORGÁNICO
-  ELECTRÓNICA

38

Plantilla 18/20



Plantilla 19/20



Plantilla 20/20

Manual para capacitación en programa “Cero Residuos al Relleno Sanitario” de Rheem Mexicali.



1. Se debe iniciar dando la bienvenida a los integrantes del curso agradeciendo su participación en la implementación de programas destinados a crear una empresa sustentable.
 - Definir rápidamente que es una empresa sustentable: es aquella empresa que No sólo se preocupa por el bienestar de sus empleados y la calidad de sus productos; sino también por el impacto ambiental de sus actividades.
 - Se debe comentar en forma general lo visto en el video mencionando la problemática y la forma de solucionarlo.

2. Se debe mencionar en forma general el objetivo del corporativo en relación a empresa sustentable para el año 2025 a través de una iniciativa denominada “**Mayor grado de bienestar**”, cuyos objetivos específicos son:
 - a. La reducción de gases de efecto invernadero en un 50%.
 - b. Dejar de confinar los residuos sólidos generados en los procesos de manufactura

- c. Capacitar a 250 000 plomeros y contratistas en temas relacionados con mejores prácticas de reciclaje, montajes e instalaciones de productos sostenibles.

Se debe de hacer énfasis de que el presente curso corresponde al objetivo de dejar de confinar residuos sólidos generados en los procesos, a través de un programa denominado “cero residuos”.

Objetivos del Curso

- Conocer el Programa Cero Residuos de Rheem



- Situación actual de los residuos en Rheem

- Procedimientos y cómo podemos aportar



3

Se debe mencionar que la presentación se dividirá en 3 secciones en donde se asentarán las bases para el nuevo manejo de residuos sólidos en la empresa Rheem, estas 3 secciones son:

- Conocer el programa cero residuos: que es y cuál es su alcance.
- Situación actual de los residuos en Rheem: que cantidad de residuos generamos en la empresa y en qué áreas se generan.
- Identificar nuevos procedimientos: se dará a conocer la nueva forma de trabajo para segregar los residuos de acuerdo a su clasificación.

Debe mencionarse que los logos presentados en la diapositiva representan el programa que se va a implementar y que pronto lo verán en distintos anuncios (en la planta) que promueven la campaña.



– Cero Residuos en Mexicali –



5

En esta diapositiva se anuncia que se iniciará oficialmente con la explicación del programa “cero residuos” y su técnica de aplicación en la cual están involucrados todo el personal de Rheem Mexicali en todas sus áreas y niveles. En donde se espera que en el mediano plazo (1 año) se estén segregando el 100% de los residuos generados y mandando a confinamiento solo el 3% de estos.

¿POR QUÉ CERO RESIDUOS?

- ❖ ¿QUIÉN DE LOS PRESENTES SE HA QUEJADO PORQUE NUESTRA CIUDAD CADA VEZ ESTÁ MÁS LLENA DE BASURA?
- ❖ ¿QUIÉN CREEN QUE GENERA ESTA BASURA?
- ❖ ¿SE HAN PREGUNTADO CUÁNTOS RESIDUOS GENERAMOS EN EL DÍA A DÍA?
- ❖ ¿A DÓNDE VAN A PARAR ESTOS RESIDUOS?
- ❖ Y MÁS IMPORTANTE, ¿QUÉ PODEMOS HACER AL RESPECTO?



7

En

esta diapositiva se debe de leer en voz alta cada una de las preguntas de forma corrida (sin esperar respuesta de los participantes debido a que no es la sección de preguntas). Posteriormente el expositor debe de dar respuesta a cada una en forma general y seguida para ser escuchadas por el participante y genere conciencia en estos sobre la problemática actual de esta ciudad.

❖ **¿Quién de los presentes se ha quejado porque nuestra ciudad cada vez está más llena de basura?**

Pienso que todos estamos conscientes de que la contaminación de residuos sólidos ha alcanzado a esta ciudad, y lo observamos en la basura que vemos en las calles, en las banquetas, en lotes baldíos y en la gran cantidad de terreno que es utilizado como relleno sanitario.

❖ **¿Quién creen que genera esta basura?**

Esta basura es generada por el principal consumidor de productos y generador de residuos: el hombre.

❖ **¿Se han preguntado cuántos residuos generamos en el día a día?**

La ciudad de Mexicali genera 20200 toneladas de residuos al mes (sin considerar el valle). Estos residuos no son manejados de forma correcta y sus porcentajes de reciclaje son muy bajos y en ciertos productos es nulo.

❖ **¿A dónde van a parar estos residuos?**

Estos residuos se depositan en lugares denominados rellenos sanitarios (tiraderos a cielo abierto en el caso de Mexicali) en donde no se cuenta con la infraestructura necesaria para ser confinados adecuadamente, por lo cual generan alta contaminación del suelo, mantos acuíferos y del aire.

❖ **Y más importante, ¿qué podemos hacer al respecto?**

Todos podemos poner nuestro grano de arena para resolver esta problemática y vamos a empezar aquí en la empresa mostrándote un nuevo proceso de manejar los residuos que generamos y podamos así a contribuir a mejorar nuestro medio ambiente, esto a través de la segregación de los residuos para posteriormente ser trasladados a un proceso de reciclaje.

Definiendo residuo y basura

RESIDUO

- **Material que sobra al realizar alguna actividad pero que puede ser reutilizado en cualquier otra.**



BASURA

- **Aquello a lo que ya no lo podemos dar otro uso y por tanto debemos deshacernos de ella.**



Se debe de leer de forma clara la definición de residuo y basura haciendo énfasis en que el residuo es todo aquel material que puede ser reutilizado o reciclado, esto es: transformarlo en otro producto distinto y poder ser utilizado nuevamente.

En el caso contrario la basura es todo aquello (material) que no podemos destinarle un proceso de recuperación (reciclaje) porque a la fecha no se cuenta con la tecnología adecuada para su transformación, por lo cual estos productos son destinados a confinamiento.

Un ejemplo claro de residuo es: las botellas de soda y agua se reciclan para ser transformadas en materiales de empaque.

Un ejemplo claro de basura es: los restos de comida.

Más adelante se mostrarán ejemplos para diferenciar entre un residuo y basura.

Realidad de los Residuos



	Tiempo en degradarse	Reciclaje	Efectos
	700 años	Sólo el 20% se reciclan	Más de 100 mil muertes de animales marinos y 1 millón de aves marinas al año
	700 años	Menos del 4% se reciclan	
	200 años	Sólo el 5% se reciclan	
	1000 años	Poca probabilidad de reciclaje	

11

Mencionar que los plásticos más comunes que utilizamos como son las bolsas, utensilios y botellas al no ser depositados en lugares definidos para su reciclaje o para su confinamiento estos pueden llegar en forma de basura a los mares, ríos o bosques y su tiempo de biodegradación promedio entre 700 a 1000 años, esto a su vez genera cambios en la fauna marina (apoyarse en la tabla). En México el porcentaje de reciclaje de plásticos varía de un 4% al 20% dependiendo de su clasificación.

Generación Anual de Residuos en Rheem Mexicali

Área	kg/año
Proceso	60838
Oficinas	20045
Comedor	4454
Pasillos y caseta	9964
Cocina	75217
Baños	7912
TOTAL	178430



Equivalente a 178 toneladas



En Rheem Mexicali se generan un total de 178 toneladas anuales de residuos sólidos y estos se producen en 6 áreas distintas como se muestra en la tabla (apoyarse en tabla). Un total de 178 toneladas anuales son generadas y confinadas. La meta con el programa cero residuos es lograr mandar a confinamiento solo el 3% de los residuos generados y buscar reciclar el resto.

¿Cómo funciona Cero Residuos?

¿Cómo participar?



15

Se debe mencionar que para que el programa cero residuos funcione es necesaria la participación de todo el personal de Rheem en todas sus áreas tanto en procesos, oficinas, patios externos, cocina y comedor. Esta participación consiste en practicar de forma diaria la cultura del reciclaje a través de la separación de la basura de acuerdo a su clasificación. Así mismo motivar a nuestros compañeros a que ejecuten estas prácticas y en dado caso auxiliarlos en el día a día con las dudas que puedan tener sobre la separación de sus residuos.

Programa Cero Residuos



- Reducir en un 97% los residuos que se van al relleno sanitario.
- Educar y concientizar a los usuarios sobre sus acciones
- Maximizar el uso y conservación de los recursos



17

Menciona los 3 objetivos del programa cero residuos (apoyarse y leer la diapositiva).

Debe mencionarse que el primer objetivo de reducción del 97% de los residuos que se mandan a relleno sanitario es una meta propuesta por nuestro corporativo muy alcanzable dado que contamos con los métodos y la infraestructura necesaria para ello. Es un programa a mediano plazo en donde el avance del programa se va a monitorear cada 15 días hasta llegar al objetivo.

El éxito de este programa se basa en lograr concientizar a los usuarios sobre la importancia de separar los residuos para que estos puedan ser llevados a procesos de reciclaje y transformación, logrando así hacer un mejor uso de los recursos y protegiendo a nuestro medio ambiente.

Proceso de Implementación

1. Asignación de colores por categoría de residuo



10

Se debe mencionar que los residuos sólidos generados en Rheem fueron categorizados en 6 clasificaciones de acuerdo a su composición, y para cada una de ellas se asignó un color específico que nos permite identificar el tipo de residuo que debe integrarse en ese color. Se debe de leer la redacción que viene impresa en cada color y mencionar que para cada área de la empresa fueron diseñados banners (letreros) que los encontrarán en distintos lugares de la planta ayudarán a identificar el lugar en donde se depositarán los residuos. Estos banners estarán acompañados de contenedores (botes) en dónde deberán ser colocados los residuos.

En esta diapositiva se debe leer a detalle la redacción de cada ícono siendo claro y preciso.

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

	 SI	 NO
  	<ul style="list-style-type: none">• Hojas blancas• Cuadernos• Revistas, periódicos• Cartón limpio	<ul style="list-style-type: none">• Papel de baño• Cartón sucio (restos de comida)
  	<ul style="list-style-type: none">• Botellas de agua• Jugo• Soda• Yogurt• Galones• Productos de limpieza	<ul style="list-style-type: none">• Desechables de plástico• Vasos• Foam• Empaques



21

Se debe explicar cómo manejar los residuos hojas, cuadernos, libros y cartón limpio (color azul)) haciendo énfasis en que los productos deben estar limpios (sin contaminantes de restos de comida o algún químico) y botellas y productos de plástico (color amarillo), esto es se debe leer a detalle para cada clasificación lo que **SI** está permitido depositar en contenedores y lo que **NO** está permitido (apoyarse en el esquema). En esta diapositiva se permite hacer preguntas al auditorio si quedan claros conceptos o si hay alguna duda de donde depositar algún producto en específico.

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

	 SI	 NO
<p>LATAS Y MATERIALES FERROSOS</p>  <p>METAL</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Latas	<ul style="list-style-type: none">• Papel aluminio• Empaques laminados
<p>RESIDUOS SÓLIDOS</p>  <p>BASURA NO RECICLABLE</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Vidrio• Desechables de plástico• Foam• Envoltorios• Plumas• Papel encerado• Papel aluminio• Cajas de pizza	<ul style="list-style-type: none">• Todo aquello que sea un residuo recuperable.



23

Se debe explicar cómo manejar los residuos de latas y materiales ferrosos (color gris) y residuos sólidos (color negro) haciendo énfasis en que estos últimos son residuos de desperdicio no reciclables debido a que el material no se recupera o se encuentra contaminado por orgánico o algún químico. Se debe leer a detalle para cada clasificación lo que **SI** está permitido depositar en contenedores y lo que **NO** está permitido (apoyarse en el esquema).

En esta diapositiva se permite hacer preguntas al auditorio si quedan claros conceptos o si hay alguna duda de donde depositar algún producto en específico.

Proceso de Implementación

2. Clasificar los tipos de Residuos

	 SI	 NO
<p>BATERÍAS Y ARTÍCULOS ELECTRÓNICOS</p>  	<ul style="list-style-type: none">• Baterías• Accesorios de computadora• Cables• Equipos eléctricos	<ul style="list-style-type: none">• Todo aquello que no contenga un componente eléctrico-electrónico.
<p>ORGÁNICO</p>  	<ul style="list-style-type: none">• Cáscaras de fruta• Restos de comida	<ul style="list-style-type: none">• Envoltorios• Plástico film• Papel aluminio



25

Se debe explicar cómo manejar los residuos de baterías y artículos electrónicos (color rojo) y los residuos orgánicos (color verde). Se debe leer a detalle para cada clasificación lo que **SI** está permitido depositar en contenedores y lo que **NO** está permitido (apoyarse en el esquema). En esta diapositiva se permite hacer preguntas al auditorio si quedan claros conceptos o si hay alguna duda de donde depositar algún producto en específico.

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 4 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de producción



27

En la siguiente imagen se presenta un conjunto de 4 contenedores el cual denominamos isla de segregación. Esta isla está integrada por 4 clasificaciones de residuos que corresponden al color azul, amarillo, gris, negro y estarán ubicadas en distintas zonas dentro del proceso productivo. Estas 4 clasificaciones están definidas por el tipo de residuos que se generan en el proceso.

La isla además de estar definida por código de colores se encuentra acompañada del banner (letrero) que indica en forma redactada los productos que le corresponden a cada contenedor (bote).

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla dúplex con 2 clasificaciones de residuos



HOJAS, CUADERNOS,
LIBROS Y CARTÓN
LIMPIO

RESIDUOS
SÓLIDOS



Mono con 1 clasificación de residuo



RESIDUOS
SÓLIDOS



29

En aquellas zonas dentro del proceso en donde solo se generen 2 tipos de residuos serán colocados 2 contenedores que se denominan islas dúplex y esta clasificación corresponde al color azul y negro. La isla dúplex no viene acompañada de banner, pero se referencia por una franja de color que rodea el contenedor.

En las zonas dentro del proceso en donde solo se genera 1 solo tipo de residuo será colocada una mono isla y esta se referencia por una franja negra correspondiente a los residuos sólidos no recuperables.

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 5 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de pasillos



31

En la siguiente imagen se presenta un conjunto de 5 contenedores el cual denominamos isla de segregación. Esta isla está integrada por 5 clasificaciones de residuos que corresponden al color azul, amarillo, gris, negro, verde y estarán ubicadas en distintas zonas en los pasillos exteriores de la planta. Estas 5 clasificaciones están definidas por el tipo de residuos que se generan en el exterior de la planta tomando en cuenta el comportamiento del trabajador y de los visitantes (proveedores).

La isla además de estar definida por código de colores se encuentra acompañada del banner (letreros) que indica en forma redactada los productos que le corresponden a cada contenedor (bote).

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla con 4 Clasificaciones de residuos ubicada en el área del comedor



33

En la siguiente imagen se presenta un conjunto de 4 contenedores el cual denominamos isla de segregación. Esta isla está integrada por 4 clasificaciones de residuos que corresponden al color amarillo, gris, negro, verde y estarán ubicadas en el área del comedor. Estas 4 clasificaciones están definidas por el tipo de residuos que se generan al momento en que el trabajador consume sus alimentos.

La isla además de estar definida por código de colores se encuentra acompañada del banner que indica en forma redactada los productos que le corresponden a cada contenedor (bote).

En el área de comedor encontrarán islas tal como se muestra en la imagen, sin embargo, también podrán observar islas con botes de mayor capacidad (botes actuales) los cuales encontrarán rotulados y contarán con sus banners para clasificar los residuos respetando los mismos colores asignados a comedor.

3. Implementación de Islas de Segregación

Isla completa con 6 Clasificaciones de residuos ubicada en el área de oficinas



En la siguiente imagen se presenta un conjunto de 6 contenedores el cual denominamos isla de segregación. Esta isla está integrada por 6 clasificaciones de residuos que corresponden al color azul, amarillo, gris, negro, rojo y verde. Estarán ubicadas en el área de oficinas. Estas 6 clasificaciones están definidas por el tipo de residuos que se generan en los procesos de oficinas (se incluyen las oficinas que se encuentran localizadas dentro del proceso productivo).

La isla además de estar definida por código de colores se encuentra acompañada del banner que indica en forma redactada los productos que le corresponden a cada contenedor (bote). Es importante señalar que los botes pequeños localizados debajo de cada escritorio en las oficinas serán retirados, esto para garantizar el éxito del programa cero residuos en relación a lograr el 100% de la segregación de los productos de forma adecuada. Para esto la empresa facilitará islas cercanas en los pasillos para que los usuarios de oficina cuenten con acceso rápido a estas y puedan depositar sus residuos

¿TIENE SENTIDO VERDAD?



GRACIAS



En esta diapositiva se agradece la atención del auditorio mencionando que se espera que todo haya sido expuesto de forma clara y haciendo mención a la pregunta Tiene sentido verdad?

Aquí se recuerda que es de vital importancia la participación del personal para el éxito del programa “cero residuos”.



Esta diapositiva se coloca en la presentación y se invita al público a que genere sus preguntas.

Una vez contestadas se les invita a realizar una práctica de segregación de residuos que consiste en lo siguiente:

1. Solicitar 1 voluntario
2. Entregarle 1 bolsa de papel de plástico en donde se encuentren contenidos los siguientes residuos:
 - a. Una lata de soda
 - b. Una botella de agua y soda
 - c. Un lápiz
 - d. Una pluma
 - e. Una hoja de reporte obsoleto
 - f. Un mouse
 - g. Una cáscara de plátano

- h. Medio sándwich envuelto en papel aluminio
- i. Un cartón de empaque

Nota: previo a introducir los residuos en la bolsa estos se pueden mostrar al público colocándolos todos juntos sobre una mesa y posteriormente embolsarlos.

3. El voluntario debe de pasar a la isla de segregación de 6 clasificaciones que se encuentra ubicada dentro del aula de entrenamiento y depositar la totalidad de los residuos que le fueron entregados.
4. Concluida la segregación el auditorio debe de dar su opinión sobre la práctica o en su caso generar preguntas.
5. Realizar las correcciones sobre la segregación (si aplica) y resolver dudas finales.

Se da por concluido el entrenamiento.