

ANEXO I

1. Escenario Pesimista del Diseño de la Planta de compost.

1.1. Balance de masas.

Se establece el peso en agua y el peso seco de cada componente, como se muestra en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Características de RSU de entrada a la planta.

COMPONENTES	Peso (kg)	Humedad (%)	Peso Seco (kg)	Peso Agua (kg)
Residuos comida	62.00	70	18.60	43.40
Plásticos	10.15	5	9.65	0.51
Papel- Cartón	5.97	15	5.07	0.90
Metales	0.81	0	0.81	0.00
Vidrios	6.79	0	6.79	0.00
Textiles	2.05	10	1.84	0.20
Otros	19.24	30	7.17	3.07
TOTAL	98.00		49.92	48.08

Se establece el porcentaje en peso, de la línea de materia orgánica y línea de rechazos. Los porcentajes de residuos, para cada línea se estableció, mediante los estudios mostrados, en la Guía de Reciclaje Inclusivo y Recicladores de Base en el Ecuador, publicado por el MAE en 2015, dichos valores se detallan en la tabla 1-2. El rechazo de ambas líneas se gestiona en la celda emergente del vertedero de Porlón.

Tabla 1-2. Porcentaje de residuos por cada línea de tratamiento.

COMPONENTES	Línea Materia Orgánica	Línea Rechazos
Residuos comida	80%	20%
Plásticos	30%	70%
Papel- Cartón	45%	55%
Metales	0%	100%
Vidrios	10%	90%
Textiles	20%	80%
Otros	50%	50%

1.1.1. Residuos procesados en la línea de tratamiento materia orgánica.

Lo determinamos mediante, el porcentaje de la línea de materia orgánica, calculamos tanto el peso seco como el peso en agua, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1-3.

Tabla 1-3. Línea de Materia Orgánica (COMPOST VERDE)

COMPONENTES	PORCENTAJE	Peso Línea M.O (kg)	Peso Seco Línea M.O (kg)	Peso Agua Línea M.O (kg)
Residuos comida	80	49.60	14.88	34.72
Plásticos	30	3.05	2.89	0.15
Papel- Cartón	45	2.69	2.28	0.40
Metales	0	0.00	0.00	0.00
Vidrios	10	0.68	0.68	0.00

Textiles	20	0.41	0.37	0.04
Otros	50	5.12	3.58	1.54
TOTAL		61.54	24.69	36.85
HUMEDAD DE LÍNEA DE MATERIA ORGÁNICA				0.5988
				59.88%

De esta forma por cada 100 kg de RSU que ingresan a la planta, 59.88 kg son procesados en la línea de materia orgánica, de los cuales 24.69 kg son materia seca y 36.85 kg son peso de agua.

Mediante la diferencia entre el peso total de la línea de materia orgánica y el peso de agua, se establece la humedad de la línea de la materia orgánica siendo de 59.88 % en peso, lo que corresponde al Compost Verde.

1.1.2. Residuos procesados en la línea de rechazos.

Lo determinamos mediante el porcentaje de la línea de rechazos, calculamos tanto el peso seco como el peso en agua, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1-4.

Tabla 1-4. Línea de rechazos

COMPONENTES	PORCENTAJE	Peso Línea Rechazo (kg)	Peso Seco Línea Rechazo (kg)	Peso Agua Línea Rechazo (kg)
Residuos comida	20	12.40	3.72	8.68
Plásticos	70	7.11	6.75	0.36
Papel- Cartón	55	3.28	2.79	0.49
Metales	100	0.81	0.81	0.00
Vidrios	90	6.11	6.11	0.00
Textiles	80	1.64	1.47	0.16
Otros	50	5.12	3.58	1.54
TOTAL		36.46	25.24	11.23
HUMEDAD DE LÍNEA DE RECHAZOS				0.31
				30.79%

De esta forma por cada 100 kg de RSU que ingresan a la planta, el 36.46 kg son procesados en la línea de rechazos de los cuales 25.24 kg son materia seca y 11.23 kg son peso de agua.

Mediante la diferencia entre, el peso total de la línea de rechazos y el peso de agua se establece, la humedad de la línea de rechazos en 30.79%.

1.1.3. Cantidad de residuos obtenidos para rechazo primario.

Debemos establecer los porcentajes de recuperación de los elementos factibles de reciclaje, lo realizamos mediante los estudios mostrados en la Guía de Reciclaje Inclusivo y Recicladores de Base en el Ecuador, publicado por el MAE en 2015

- Un 20% del papel-cartón
- Un 25% de los plásticos
- Un 20% de vidrio
- Un 15% de los metales

Calculamos el peso en porcentaje peso para cada uno, mediante el peso de la línea de rechazo, lo multiplicamos por el porcentaje de recuperación establecido anteriormente, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 1-5.

Tabla 1-5. Elementos recuperados

	% Recuperación	Peso (kg)	
Papel- Cartón	20	3.28	0.66
Plásticos	25	7.11	1.78
Vidrios	20	6.11	1.22
Metales	15	0.81	0.12
TOTAL			3.78 % peso

El rechazo primario es la diferencia entre el peso total de los residuos que son tratados en la línea de rechazos y los subproductos recuperados, se detalla a continuación en la tabla 1-6.

Tabla 1-6. Rechazo Primario

RECHAZO PRIMARIO	36.46-3.78	32.69 % peso
-------------------------	------------	--------------

1.2. Dimensionamiento de las Áreas de Fermentación y Maduración.

Se optó por el método tradicional de hilera, con volteos periódicos con un período de tres meses, incluyendo las fases de fermentación y maduración. Se establecerá el área necesaria para la gestión de los residuos por un mes.

1.2.1. Análisis del proceso de fermentación.

Se establece el peso seco, de los diferentes componentes biodegradables, es decir la fracción orgánica de los RSU, dichos datos los tomamos de la tabla Línea de materia orgánica (COMPOST VERDE) (tabla 1-3). Se muestra en la tabla 1-7.

Tabla 1-7. Fracción Orgánica Biodegradable de los RSU

COMPONENTES	Peso Seco Línea M.O (kg)
Residuos comida	14.88
Papel- Cartón	2.28
Textiles	0.37
TOTAL	17.53

Los restantes componentes, de la línea de materia orgánica, son los no biodegradables, o la fracción orgánica no biodegradable de los RSU. Se muestra en la tabla 1-8.

Tabla 1-8. Fracción Orgánica No Biodegradable de los RSU

COMPONENTES	Peso Seco Línea M.O (kg)
Plásticos	2.89
Metales	0.68
Vidrios	0.00
Otros	3.58
TOTAL	7.16

Las características del compost verde se determinan a través de los balances de masa anteriormente planteados, los valores se muestran en la tabla 1-9.

Tabla 1-9. Características del Compost Verde

CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST VERDE	
Peso	61.54 % en peso
Humedad	59.88 %
Peso seco	24.69 % en peso
Peso agua	36.85 % en peso
Peso seco de la fracción orgánica biodegradable	17.53 kg

Se halla las pérdidas que sufrirá el compost verde, debido a la evaporación se da la pérdida de agua y debido a la transformación biológica de sólidos totales hay pérdidas en la materia seca. Los resultados se muestran en la tabla 1-10.

Tabla 1-10. Pérdidas del Compost Fermentado

Pérdidas	% pérdida	peso	unidades
Por Agua	40	14.74	kg agua
Por transf. biológica	30	5.26	kg materia seca
TOTAL		20.00	kg

Por lo tanto, restando las pérdidas debido a la evaporación y a la transformación biológica de los sólidos totales nos da las características finales del compost fermentado, que se expresan en la tabla 1-11.

Tabla 1-11. Características del Compost Fermentado

Peso seco del compost fermentado	19.43	kg
Peso agua en compost fermentado	22.11	kg
Peso total del compost fermentado	41.54	kg

La producción total de compost fermentado supone el 41.54 % de la entrada total de RSU al vertedero de Porlón.

1.2.2. Parámetros de diseño del área de compostaje.

Para la determinación del área de compostaje necesitamos los datos estipulados en la tabla 1-12 los cuales han sido recolectados del estudio de caracterización del GAD Municipal de Riobamba, mediante los mismos se calcula la producción mensual de RSU.

Tabla 1-12. Datos

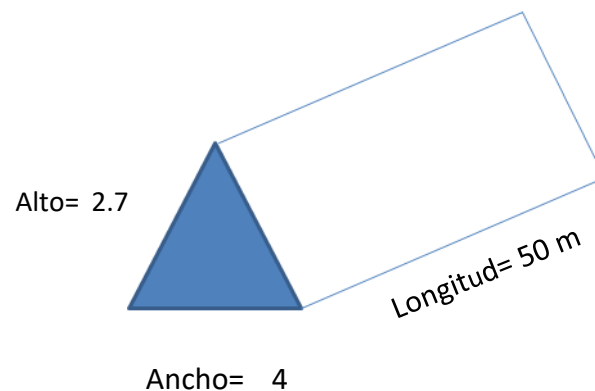
Producción	0.6	kg/hab/día
Población	275300	hab
Producción mensual	4955400	kg/mes
	4955.4	t/mes

Una vez determinada la producción mensual de RSU, y conociendo los porcentajes en peso, de producción del compost verde de 61.54 % y 41.54 % de compost fermentado, vamos a hallar la producción mensual de compost bruto, fermentado y media, expresado en la tabla 1-13.

Tabla 1-13. Producción Mensual Compost

Compost bruto	$4955.4 * 0.6154 = 3049.55$	t/mes
Compost fermentado	$4955.4 * 0.4154 = 2058.46$	t/mes
Compost producción media	$0.5 * (3049.55 + 2058.46) = 2554.0$	t/mes

Se establece los parámetros de diseño del área del compostaje, los cuales se detallan a continuación:



- Densidad del compostaje: 0.6 t/mes
- Ancho de la hilera: 4 m
- Alto de la hilera: 2.7 m
- Sección de hileras triangular SI
- Separación entre hileras: 2 m
- Longitud de las hileras: 50 m

Se determina el volumen del compost mensual, mediante el cociente de la producción media de compost y la densidad del compost, el volumen almacenado por hilera, lo determinamos mediante el producto de la densidad, el ancho, alto y la longitud de la hilera.

El tiempo de compost se determinó de 3 meses por la cual, tendríamos 3 bloques de 13 hileras, a esto se adiciona un bloque más para que actué como pulmón de carga y descarga del compost, teniendo así el número total de hileras.

La superficie ocupada por cada bloque se determina con el ancho de la hilera, la separación por hilera y la longitud de la misma. La superficie total necesaria será el producto de la superficie de cada bloque y el número de bloques. Todos los resultados se expresan en la tabla 1-14.

Tabla 1-14. Dimensionamiento del área de compostaje.

Volumen Compost mensual	4256.67	m ³ /mes
Vol. Almacenado x hilera	324	m ³ /hilera
# de hileras al mes	13	hileras

Tabla 1-15. Cálculo del compost maduro y afino

Peso seco de compost maduro tras afino	11.04	kg
Peso agua en compost maduro y afino	19.90	kg
Peso total compost maduro afinado	30.94	kg

Esto indica que por cada 100 kg de RSU se obtiene 30.94 kg compost. Por lo tanto la producción diaria de compost maduro y afinado lo calculamos de la siguiente manera:

Producción de compost diaria= 165.18 t RSU/ día * 0.3094 t compost/ ton RSU= 51.11 t compost/ día.

Si consideramos la densidad de los RSU de 0.6 ton/m³, la producción diaria de compost en volumen es **85.19 m³/día.**

ANEXO II

1. Humedad de los RSU a incorporar a la celda emergente del vertedero de Porlón escenario pesimista.

La implementación del Sistema de Tratamiento tiene como fin reducir los residuos orgánicos e inorgánicos reaprovechable a depositar a la celda emergente del vertedero de Porlón, por este motivo se va a establecer una evaluación con el sistema de tratamiento y sin él.

- **Implementando el Sistema de Tratamiento.**

Al implementar el sistema de tratamiento, se trabaja con la caracterización de la línea de rechazos aplicando el porcentaje de recuperación de la IRM, a esto se añade el producto de afino del compost como se muestra en la tabla 1-8 del Anexo I, se determina el peso seco y el de agua esto en función del porcentaje de humedad característico de cada tipo de residuo. Dichos valores se presentan en la tabla 2-1.

Tabla 2-1. Tabla de caracterización de los RSU tras la implementación del Sistema de Tratamiento.

Componentes	Peso (kg)	% Humedad	% Recuperación	Peso Seco (kg)	Peso Agua (kg)
Residuos comida	12.40	70	0%	3.72	8.68
Plásticos	5.33	5	25%	5.06	0.27
Papel- Cartón	2.63	15	20%	2.23	0.39
Metales	0.69	0	15%	0.69	0.00
Vidrios	4.89	0	20%	4.89	0.00
Textiles	1.64	10	0%	1.47	0.16
Otros	5.12	30	0%	3.58	1.54
TOTAL	39.84			21.65	11.04

Una vez establecidos el peso seco y el peso de agua, determinamos la humedad como el cociente del peso que ingresa a la celda emergente entre el peso de agua obteniendo el 27.71 % de porcentaje de humedad.

- **Sin implementar el Sistema de Tratamiento.**

La determinación del porcentaje de humedad de los RSU del cantón Riobamba sin establecer un sistema de tratamiento lo obtenemos mediante el estudio de caracterización de RSU. Se establecerá el peso seco y de agua de cada tipo de residuo. En la tabla 2-2 se muestra sus valores.

Tabla 2-2. Tabla de caracterización de los RSU sin la implementación del Sistema de Tratamiento.

Componentes	Peso (kg)	% Humedad	Peso Seco (kg)	Peso Agua (kg)
Residuos comida	62.00	70	18.60	43.40
Plásticos	10.15	5	9.65	0.51
Papel- Cartón	5.97	15	5.07	0.90

Metales	0.81	0	0.81	0.00
Vidrios	6.79	0	6.79	0.00
Textiles	2.05	10	1.84	0.20
Otros	10.24	30	7.17	3.07
TOTAL	98		49.92	48.08

Una vez establecidos el peso seco y el peso de agua, determinamos la humedad como el cociente del peso que ingresa a la celda emergente entre el peso de agua obteniendo el 48.08% de porcentaje de humedad.

ANEXO III

1. Vida útil de la celda emergente del vertedero de Porlón aplicando el Sistema de Tratamiento con escenario pesimista.

La vida útil de la celda emergente se basará en los datos obtenidos del estudio de caracterización realizado por la CONSULTORACAV CÍA. LTDA, contratada por el GAD Municipal de Riobamba, el presente estudio se diseñó para dar servicio a una población de 275300 habitantes, en dicho estudio se estableció una producción per cápita promedio de 0.6 kg/hab/día, los mismos servirán como datos base.

Tabla 3-1. Datos del cantón Riobamba

Producción	0.6	kg/hab/día
Población	275300	hab
Producción anual	60290700	kg/año

1.1. Volumen de terreno de las instalaciones de la celda emergente del vertedero de Porlón.

El terreno donde se encuentra la celda emergente del vertedero de Porlón se caracteriza por ser un suelo erosionado, mediante el estudio de caracterización de suelos realizado por la CONSULTORACAV CÍA. LTDA, contratada por el GAD Municipal de Riobamba, dichos resultados se presentan a continuación:

Superficie de la celda emergente: 32000

Estratos de suelos: según los diferentes sondeos realizados se determinaron que en general está compuesto por estratos de limo arenoso de baja plasticidad y presencia de grava.

Coefficiente de permeabilidad: se establecieron cinco sondeos para determinar la conductividad cada uno a una profundidad de 20 m, teniendo una conductividad entre 0.0000259601 m/s (más bajo) y 0.0001068638 m/s (más alto).

1.1.1. Cálculo del volumen de la capa de impermeabilización del fondo del vaso de la celda emergente.

Impermeabilización del fondo del vaso de la celda emergente: está conformada por los 20 m del estrato natural + 0.2 m de arcilla + geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor, además dispone de capa de drenaje de lixiviados de 0.60 m de grava.

1.1.2. Cálculo del volumen de la capa de sellado superior de la celda emergente.

Capa de sellado de la celda emergente: se colocará 0,25 m de material explotado en el sitio, debidamente compactado, la cual servirá para cubrir los desechos sólidos previamente compactados + 1 mm de geomembrana de polietileno de alta densidad para evitar el ingreso de agua lluvia a la celda + 0,25 m de material explotado en el sitio, debidamente compactado, el cual servirá para cubrir la geomembrana + 0,40 m de tierra vegetal, la cual no deberá compactarse, para facilitar el enraizamiento y crecimiento de las especies arbustivas nativas a ser sembradas.

1.1.3. Cálculo del volumen de residuos a depositar en la celda emergente.

La población actual del cantón Riobamba es de 275300, la generación per cápita es de 0.6 kg/hab/día, mediante estos datos establecemos la producción anual de residuos sólidos, además se determina una vida útil de la celda emergente de 10 años, los resultados se indican en la tabla 3-2.

Tabla 3-2. Volumen a depositar en la celda emergente

Producción	0.6	kg/hab/día
Población	275300	hab
Producción anual	60290700	kg/año
	60290.7	t/año
Producción a 10 años	602907000	kg
	602907	t

1.1.4. Cálculo del volumen por tipo de residuos.

El porcentaje de material de recubrimiento depende del tipo de residuo a depositar esto se establece en función de la densidad de los residuos, se consideró los valores establecidos en Tchobanogluos, los mismos se presentan en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Porcentaje de material de recubrimiento en función del tipo de residuo.

Tipo de residuo	Densidad (ton/m ³)	% material de recubrimiento
Baja densidad	0.6	5%
Alta densidad (balas)	0.9	3%
Alta densidad (compactación in situ)	1.2	0%

Los volúmenes a ocupar por cada tipo de residuo se determina a partir del cociente entre la producción de residuos futura (10 años), y el producto entre la densidad y el porcentaje de material de recubrimiento, los valores se presentan en la tabla 3-4.

Tabla 3-4. Volumen de RSU según su tipo.

Volumen de RSU (baja densidad)	1057731.579	m ³
Volumen de RSU(balas)	690615.1203	m ³
Volumen de RSU (alta densidad)	502422.5	m ³

1.1.5. Cálculo del volumen total de capas (impermeabilización + sellado).

Para determinar el volumen total de las capas, debemos de establecer los espesores de cada capa.

Superficie de la celda emergente: 32000 m².

Capa de impermeabilización: (0.2 de arcilla + 0.6 de grava)= 0.8 m de espesor.

Capa de sellado superficial: (0.5 de material de recubrimiento + 0.4 de tierra vegetal) = 0.9 de espesor.

Se procede al cálculo de los volúmenes esto se realiza en función del espesor de cada capa y la superficie de la celda emergente, los cálculos se detallan en la tabla 3-5.

Tabla 3-5. Volumen total de capas.

Volumen de impermeabilización	25600	m ³
Volumen capa de sellado	28800	m ³
Volumen total capas	54400	m ³

1.1.6. Cálculo del volumen real ocupado por tipo de residuos.

Los volúmenes reales a ocupar por cada tipo de residuo se determina a partir de la suma del volumen total de capas y el volumen por tipo de residuo para cada uno, los cálculos se presentan en la tabla 3-6.

Tabla 3-6. Volumen real necesario por tipo de residuo.

Vol. total baja densidad	1112131.58	m ³
Vol. total balas	745015.12	m ³
Vol. total baja densidad	556822.50	m ³

1.2. Cálculo de la vida útil de la celda emergente implementando el Sistema de Tratamiento escenario optimista.

Una vez ya establecido el volumen necesario para el depósito de los diferentes tipos de residuos, se procede con la estimación de la vida útil de la celda emergente, aplicando el sistema de tratamiento se establece los porcentajes de recuperación a obtener en la IRM para el escenario optimista tenemos los siguientes valores:

- Un 20% del papel-cartón
- Un 25% de los plásticos
- Un 20% de vidrio
- Un 15% de los metales

Establecemos la cantidad de residuos a gestionar una vez establecido el sistema de tratamiento comprendido por el compostaje y la recogida selectiva, por lo cual se trabaja con los pesos de la línea de rechazos de la planta de compost a esta se establecen los porcentajes de recuperación a obtener en el IRM, los resultados se detallan en la tabla 3-7.

Tabla 3-7. Cantidad de RSU establecido el Sistema de Tratamiento.

COMPONENTES	Peso (kg)	% Recuperación	Peso (kg)	% Humedad
Residuos comida	12.40	-	12.40	70
Plásticos	7.11	35%	5.33	5
Papel- Cartón	3.28	25%	2.63	20
Metales	0.81	20%	0.69	0
Vidrios	6.11	30%	4.89	0
Textiles	1.64	-	1.64	10
Otros	5.12	-	5.12	30
TOTAL	36.46		32.69	
			39.84	línea de rechazo primario + afino
			3.78	llega menos al vertedero

Esto nos indica que por cada 100 kg de RSU producidos con la implementación del Sistema de tratamiento a vertedero solo llega el 39.84 kg RSU siendo el producto de la línea de rechazos de la IRM y el afino de la planta de compost.

La producción anual a vertedero se determina mediante el producto de la producción anual de residuos y el porcentaje que ingresa a vertedero, como lo indica la tabla 3-8.

Tabla 3-8. Producción anual a vertedero.

Producción anual a vertedero	60290.7*0.3984	24022.71 ton/año
-------------------------------------	----------------	------------------

El volumen se determina como el cociente de la producción anual a vertedero entre el producto de la densidad y porcentaje de recubrimiento, los cálculos se presentan en la tabla 3-9.

Tabla 3-9. Volumen para producción anual a vertedero por tipo de residuo.

Volumen de RSU (baja densidad)	42145.11 m ³ /año
Volumen de RSU(balas)	27517.43 m ³ /año
Volumen de RSU (alta densidad)	20018.93 m ³ /año

Al determinar el volumen a ocupar por los residuos podemos establecer la vida útil de la celda emergente en función del tipo de residuo a depositar, primero se determina el volumen útil de la celda emergente es el volumen disponible menos el volumen total de las capas, como se indica en la tabla 3-10.

Tabla 3-10. Volumen útil de la celda emergente.

Vol. útil de la celda emergente	406425-54400	352025 m ³
--	--------------	-----------------------

La vida útil para cada tipo de residuo se establece mediante el cociente del volumen útil y el volumen para producción anual a vertedero los resultados se muestran en la tabla 3-11 a continuación:

Tabla 3-11. Vida útil de la celda emergente para cada tipo de RSU aplicando el Sistema de Tratamiento

Vida útil de RSU (baja densidad)	8.35	años
Vida útil de RSU(balas)	12.79	años
Vida útil de RSU (alta densidad)	17.58	años

Esto nos indica que la vida útil de la celda emergente se incrementa al implementar un sistema de tratamiento de RSU, hasta 8 años más para RSU de baja densidad, 12 años para RSU compactados en balas y en 17 años para RSU de alta densidad.

ANEXO IV

1. Cálculo de la producción de biogás de los RSU a incorporar a la celda emergente del vertedero de Porlón tras la implementación del Sistema de Tratamiento escenario pesimista del GAD Municipal de Riobamba.

La degradación anaeróbica de los RSU a disponer a vertedero, genera un gas conocido como biogás, dicho gas tiene una composición química en la tabla 2 se muestra el análisis químico elemental, recopilado de (Tchobanogluos), se presenta a continuación:

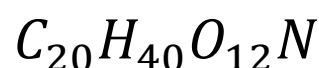
Componentes	Peso (kg)	% Humedad	Peso seco	Peso húmedo	C	H	O	N	S Cenizas
					12	1	16	14	1
Residuos comida	30.00	70	9.00	21.00	4.5	0.6	2.7	0.2	1
Plásticos	10.00	5	9.50	0.50					
Papel- Cartón	20.00	15	17.00	3.00	7	1	7	0.2	0.8
Metales	3.00	0	3.00	0.00					
Vidrios	10.00	0	10.00	0.00					
Textiles	3.00	10	2.70	0.30	1.05	0.3	1.05	0.15	0.15
Otros	3.00	30	2.10	0.90					

Tomando como referencia la Tabla 2, recopilada de Tchobanogluos, vamos a establecer el análisis químico en función a nuestros pesos de los diferentes tipos de RSU, esto se hace en función de la tabla de caracterización de rechazos tabla 34. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 4-1.

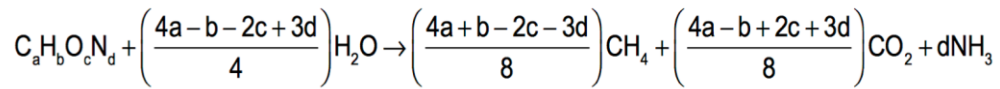
Tabla 4.1. Análisis químico de los RSU a gestionar en la celda emergente del vertedero de Porlón.

Componentes	Peso (kg)	% Humedad	Peso seco	Peso húmedo	C	H	O	N	S Cenizas
Residuos comida	12.40	70	3.72	8.68	1.86	0.25	1.12	0.08	0.41
Plásticos	5.33	5	5.06	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Papel- Cartón	2.63	15	2.10	0.53	0.92	0.13	0.92	0.03	0.11
Metales	0.69	0	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vidrios	4.89	0	4.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Textiles	1.64	10	1.47	0.16	0.57	0.16	0.57	0.08	0.08
Otros	5.12	30	3.58	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	32.69		28.67	11.17	3.35	0.54	2.61	0.19	0.60
				Número moles	0.28	0.54	0.16	0.01	0.60
				Función N	20	40	12	1	

El resultado del análisis químico de los RSU a gestionar en la celda emergente del vertedero de Porlón, tiene esta composición y un peso molecular de 486 g/mol:



La ecuación que se da en los RSU suponiendo se de una descomposición completa de la fracción orgánica biodegradable, más conocida como biometanización.



La fórmula que caracteriza nuestra fracción orgánica se indica a continuación:

a	20	c	12
b	40	d	1

Mediante dichos valores se procede a calcular el peso de CH₄, CO₂, NH₃, H₂O, reemplazando los valores de a, b, c, d en la ecuación 1, los valores se presentan en la tabla 4-2.

Tabla 4-2. Valores de metano, CO₂, NH₃, H₂O

CH ₄	CO ₂	NH ₃	H ₂ O
11.63	8.38	1	4.75

Esto nos indica que cada mol de materia orgánica está constituida por 11.63 moles de CH₄ + 8.38 moles de CO₂ + 1 mol de NH₃.

Se procede a determinar el peso molecular de cada componente, los resultados se expresan en la tabla 4-3.

Tabla 4-3. Peso molecular de los componentes de la materia orgánica biodegradable.

CH ₄	186
CO ₂	368.5
NH ₃	17

Sabiendo que cada 100 kg de RSU tiene 28.67 kg de materia orgánica seca y como se determinó anteriormente que por cada 486 g/mol de materia orgánica se tiene 186 g/mol de CH₄, 368.5 g/mol CO₂, 17 g/mol de NH₃. Establecemos los g/mol de CH₄, CO₂ y NH₃, presentes en 28.67, los valores se expresan en la tabla 4-4.

Tabla 4-4. Kg presentes en la materia orgánica.

CH ₄	10.97	kg
CO ₂	21.74	kg
NH ₃	1.00	kg

Se procede a establecer el volumen producido de CH₄, CO₂ y NH₃, por cada 100 kg de RSU producidos, para esto se fijan los pesos específicos siendo para el CH₄ y CO₂ 0.718 kg/m³ y NH₃ 1.977 kg/m³, en la tabla 4-5, se expresa los resultados obtenidos.

Tabla 4-5. Volumen producido por cada 100 kg de residuos.

CH₄	15.28	m ³
CO₂	11.00	m ³
TOTAL	0.26	m ³ / Kg residuos

Se determina el volumen de biogás que generaran los residuos depositados en la celda emergente del vertedero de Porlón durante un año, establecida la producción anual de RSU en 60290.7 ton/año, se obtiene:

- 9214658.81 m³ CH₄
- 6630122.95 m³ CO₂

ANEXO V

2. Cálculo de la producción de lixiviados aplicando el Método de Bilitewski aplicando el Sistema de tratamiento escenario pesimista.

El método de Bilitewski es mucho más completo que los dos anteriores debido que se considera

$$Q_L = (P_i - E_i - E_{S_i} - dA_i + dR_i - LP_i)$$

Dónde:

Q_L = Caudal de lixiviados ($m^3 / \text{año}$)

P_i = Precipitación ($m^3 / \text{año}$).

E_i = Evaporación ($m^3 / \text{año}$).

E_{S_i} = Escurrimiento superficial de aguas ($m^3 / \text{año}$).

dA_i = Consumo de agua (descomposición de residuos, generación y extracción de biogás) ($m^3 / \text{año}$).

dR_i = Agua proveniente de los residuos (humedad que excede a la capacidad de campo o que proviene de la descomposición) ($m^3 / \text{año}$).

LP_i = Retención temporal de líquidos (debido a la capacidad de retención de los residuos y del material de cobertura) ($m^3 / \text{año}$).

La precipitación media anual se ha establecido de acuerdo a los datos recolectados por la estación meteorológica de la ESPOCH a cargo del INAMI, se ha tomado el periodo desde el año 2009 al 2018, obteniendo una precipitación anual media de 503.01 mm/año.

El área de la celda emergente es de 32513 m^2 , una vez establecidos todos los datos se prosigue al cálculo.

BALANCE HÍDRICO.

- **Precipitación Total.**

$$P_{total} = P * A$$

$$P_{total} = 503.01 \text{ mm/año} * 32513 \text{ m}^2$$

$$P_{total} = 16354.36 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Escorrentía**

$$E_s = C.esc * P_{total}$$

El coeficiente de escorrentía está en función de la pendiente del terreno y la permeabilidad del suelo, la zona de estudio tiene una pendiente suave del 2%, y se caracteriza por un limo arenoso de permeabilidad de $1 \cdot 10^{-7}$, considerándose un suelo semipermeable. En la tabla 5-1 se muestra las características para establecer el coeficiente de escorrentía.

Tabla 5-1. Coeficiente de escorrentía.

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del suelo	PENDIENTE DEL TERRENO				
		Pronunciada >50%	Alta >20%	Media >5%	Suave >1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.70	0.65	0.6
	Semipermeable	0.70	0.65	0.50	0.55	0.5

$$Es = 0.55 * 16354.36 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Es = 8994.90 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Infiltración**

$$I = P_{total} - Es$$

$$I = 16354.36 \text{ m}^3/\text{año} - 8994.90 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$I = 7359.46 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Evaporación total.**

$$E_{total} = 0.1 * I$$

$$E_{total} = 0.1 * 7359.46 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$E_{total} = 735.95 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Consumo y extracción debido a gas**

Se da la estimación como un caso conservador en la formación de biogás.

- **Aporte de agua de humedad residuos**

El porcentaje de humedad de los residuos sólidos a vertedero depende del tipo de sistema de tratamiento que se ha de implementar, implementando el sistema de tratamiento escenario optimista se estima una humedad del 27.71 %.

$$dR_i = \% \text{ humedad RSU} * \text{volumen de los residuos}$$

$$dR_i = 0.2771 * \left(\frac{24022713.43 \text{ kg/año}}{216.19 \text{ kg/m}^3} \right)$$

$$dR_i = 30790.94 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Retención temporal de líquidos.**

Se da la estimación como un caso conservador en la retención temporal de líquidos.

- **MÉTODO DE BILITEWSKI**

$$Q_L = (P_i - E_i - Es_i - dA_i + dR_i - LP_i)$$

$$Q_L = (16354.36 - 21946.28 - 8994.90 + 30790.94)$$

$$Q_L = 16204.12 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q_L = 44.39 \text{ m}^3/\text{día}$$