

# **PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA**

## **MODELO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES**

**Besomi, Sergio Ariel – LU 128477**

Ingeniería en Informática

**Petringa, Miguel Hernán – LU 128479**

Ingeniería en Informática

Tutor:

**Maimbil, Edgard Hernán, UADE**

Colaborador:

**Romera, Nahuel Hernán, USAL**

**Noviembre 1, 2014**



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**



## 1. RESUMEN

El territorio actual de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con una población de 2.890.151 habitantes según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado por el INDEC 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Censo), generando aproximadamente más de 6.000 toneladas diarias de residuos.

Con la formación y desarrollo de las ciudades, la problemática de la gestión de los residuos se incrementó y su mala administración comenzó a originar los primeros problemas ambientales graves (peste negra en Europa en el siglo XII que eliminó a la mitad de la población del continente).

En la República Argentina esta situación se puso de manifiesto con la epidemia de fiebre amarilla, promediando el siglo XIX, favorecida en gran medida por el hecho de que los residuos eran utilizados como rellenos de las calles públicas.

La sustentabilidad ambiental urbana de una ciudad es inviable sin una adecuada gestión de sus residuos (líquidos, sólidos y gaseosos). Esta gestión comprende desde la evacuación hasta la disposición final de los residuos generados por los vecinos (domiciliarios) y/o las actividades comerciales, productivas y de servicios.

Los residuos sólidos urbanos (en adelante RSU) generados por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires son actualmente dispuestos por CEAMSE (empresa dedicada al desarrollo ambiental nacional, cuya actividad comprende la gestión integral de los RSU), en rellenos sanitarios que tienen como finalidad darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos. Sabiendo que existen restricciones tanto sociales y ambientales como legales para su continuidad, se advierte un grave problema para continuar con la disposición de los residuos en esos sitios en el mediano plazo.

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires, asumió el compromiso de cumplimentar y reglamentar la Ley N° 1.854, donde se establecen metas progresivas para reducir la disposición final de residuos en rellenos sanitarios. Sin embargo, aún con el cumplimiento progresivo de las metas, quedan miles de toneladas a disponer. Es por ello que es necesario tomar medidas para llevar a cabo una adecuada disposición final para esos residuos y lograr una reducción de la contaminación actual.

A los efectos de evidenciar el comportamiento actual del sistema de gestión de RSU del CEAMSE y poder realizar una correcta toma de decisiones e implementar nuevas políticas de gestión, el presente trabajo consiste en el desarrollo de un modelo de simulación (construido en la plataforma VenSim PLE Plus) que contiene diferentes interfaces de visualización de resultados, cuyas evoluciones pueden ser ajustadas en tiempo real a partir de la modificación de los parámetros críticos que condicionan el comportamiento del sistema y constituyen las acciones de las decisiones operativas de ensayo. Dicho modelo se basa en la disciplina conocida como Dinámica de Sistemas, utilizada para abordar sistemas complejos realimentados a partir de interrelaciones de subsistemas acoplados dinámicamente.

## 2. ABSTRACT

The current territory of the Autonomous City of Buenos Aires has a population of 2.890.151 inhabitants, according to the National Census of Population and Housing 2010 conducted by INDEC (National Institute of Statistics and Census), generating approximately 5000 tons of waste daily.

With the formation and development of cities, the problem of waste management has seriously increased, resulting in serious environmental problems (Black Death in Europe in the twelfth century that wiped out half the population of the continent).

In Argentina the situation became apparent with the yellow fever epidemic, averaging the nineteenth century, helped greatly by the fact that the waste fillers were used as public streets.

The urban environmental sustainability of a city is impossible without proper management of waste (liquid, solid and gaseous). This ranges from the evacuation management to disposal of waste generated by residents (domestic) and / or commercial activities, production and service.

Municipal solid waste (MSW onwards) generated by the Autonomous City of Buenos Aires are currently managed by CEAMSE (company whose business includes the management of MSW and national environmental developing) in landfills that are intended to give a true and safe destination to solid waste generated in urban areas. Knowing that there are social, environmental and legal constraints to continue with this activity, it is evident that there is a serious problem to continue with the disposal of waste at these sites in the medium term.

The Autonomous City of Buenos Aires is committed to complete and regulating Law No. 1854, establishing progressive targets to reduce waste disposal in landfills. However, even with the gradual fulfillment of the goals, there are still thousands of tons of urban waste waiting to be disposed. That is why action is needed to perform proper disposal for this waste and achieve actual pollution reduction.

In order to demonstrate the current performance of CEAMSE's management system, and to take correct decisions and implement new management policies, this paper explains the development of a simulation model (built on the platform VenSim PLE Plus)

containing different result visualization interfaces, whose evolution can be adjusted in real time based on the modification of the critical parameters that determine the system's behavior, and allows to take operational actions during the simulation. This model is based on the discipline known as System Dynamics, to tackle the complexity of feedback systems from the interrelation of dynamically coupled Subsystems.

---

## CONTENIDOS

1.	RESUMEN.....	1
2.	ABSTRACT .....	3
3.	INTRODUCCIÓN .....	7
3.1	OBJETIVO.....	7
3.2	PROBLEMÁTICA.....	8
3.3	HERRAMIENTAS.....	8
3.3.1	VENSIM.....	8
3.3.2	MATLAB.....	9
3.3.3	MICROSOFT EXCEL .....	9
3.4	MARCO LEGAL .....	9
3.5	LÍMITES Y ALCANCE .....	12
4.	RELEVAMIENTO.....	14
4.1	ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS .....	33
5.	METODOLOGÍA .....	41
5.1	CONCEPTO DE DINÁMICA DE SISTEMAS.....	42
5.2	ELEMENTOS, RELACIONES Y ESTRUCTURAS .....	43
5.2.1	VARIABLES DE ESTADO .....	43
5.2.2	VARIABLES DE FLUJO .....	44
5.2.3	RELACIONES CAUSALES .....	45
5.2.4	RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA.....	46
5.2.5	RETROALIMENTACIÓN POSITIVA .....	47
5.2.6	RETRASOS .....	48
5.3	ARQUETIPOS DEL DISEÑO DE SISTEMAS .....	48
5.4	PROCESO DEL MODELADO .....	49
5.4.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	49
5.4.2	CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA .....	49
5.4.3	FORMALIZACIÓN .....	49
5.4.4	COMPORTAMIENTO DEL MODELO .....	49
5.4.5	EVALUACIÓN DEL MODELO .....	50

5.4.6	EXPLORACIÓN DEL MODELO .....	50
5.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO .....	50
5.6	MOTIVACIÓN DEL ENFOQUE.....	51
6.	DESCRIPCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO .....	52
6.1	DIAGRAMA DE INFLUENCIAS .....	53
6.2	EXPLICACIÓN DEL DIAGRAMA DE INFLUENCIAS .....	53
6.3	DIAGRAMA DE FORRESTER .....	55
6.4	VARIABLES UTILIZADAS.....	56
6.5	MÓDULOS .....	58
6.5.1	MÓDULO DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS EN RELLENO SANITARIO.....	58
6.5.2	MÓDULO DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	60
6.5.3	MÓDULO DE RECICLAJE .....	62
7.	RESULTADOS .....	64
7.1	SITUACION ACTUAL .....	64
7.2	ESCENARIOS .....	70
7.2.1	AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE RECICLAJE EN UN 30% EXTRA .....	70
7.2.2	AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE RECICLAJE DEBDO A LA REINVERSIÓN DE DINERO OBTENIDO .....	76
7.2.3	AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE RECICLAJE A SU POTENCIA MÁXIMA, ESCENARIO UTÓPICO .....	82
7.3	CONCLUSIÓN SOBRE LOS ESCENARIOS PLANTEADOS .....	88
8.	CONCLUSIONES .....	89
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	91
10.	ANEXOS.....	93
10.1	ANEXO A: Fórmulas utilizadas en el modelo.....	93
10.2	ANEXO B: SCRIPT MATLAB PARA CÁLCULO DE FUNCIÓN DE AJUSTE DE LOS RSU A DISPONER ANUALMENTE.....	100
10.3	ANEXO C: TABLA PARA DE DATOS PARA OBTENER LA CURVA DE AJUSTE..	105
10.4	ANEXO D: LEGISLACIÓN VIGENTE EN TODO EL TERRITORIO ARGENTINO REFERIDA A LOS RSU. ....	106

### **3. INTRODUCCIÓN**

El presente documento es un trabajo de investigación y desarrollo orientado a detectar la problemática actual del sistema de disposición final de residuos sólidos urbanos (en adelante RSU) en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en adelante CABA), como así también poder identificar los puntos de apalancamiento existentes que permitirían a dicho sistema incrementar su efectividad y disminuir el uso de espacios de relleno para la disposición final de los RSU.

Debido a que este escrito es un trabajo de investigación y desarrollo, podremos evidenciar dos secciones principales en el mismo:

- En la primera, repasaremos toda la evidencia relevada y recolectada de las distintas fuentes a las que fuimos accediendo, con el fin de abastecernos de información suficiente para poder reflejar de forma verídica la realidad que enfrenta hoy en día el sistema completo de Generación y recolección, Tratamiento y Disposición final de RSU de la provincia.
- En la segunda parte, recrearemos el sistema actual de Disposición final de RSU utilizando un modelo virtual que, alimentado por los datos recolectados en la primera parte, podrá servirnos para analizar distintos escenarios del contexto actual y futuro de este sistema, permitiéndonos evidenciar vulnerabilidades y encontrar nuevas oportunidades de mejora que permitan disminuir el uso de los rellenos sanitarios.

#### **3.1 OBJETIVO**

A pesar de las distintas propuestas del Gobierno de la Ciudad, incluyendo la Ley de Basura Cero (ver Marco Legal) y los programas de concientización urbana que incluyen publicidad visual en distintos medios, hoy en día no se ha podido cumplir con las expectativas de reducción de disposición final de RSU en rellenos sanitarios.

El objetivo de este informe es reproducir el contexto actual del sistema de gestión de residuos y demostrar que efectivamente las leyes establecidas no se cumplen haciendo que los rellenos sanitarios se completen cada vez con mayor rapidez reduciendo su vida útil. Además, el objetivo propuesto nos permitió desarrollar un sistema que habilita al usuario a utilizar distintas variables en tiempo real con el fin de detectar patrones que permitan alcanzar el

cumplimiento de las normativas vigentes. Más adelante repasaremos el enfoque utilizado para construir dicho sistema, las herramientas que se usaron para desarrollarlo y los datos de entrada necesarios para que el usuario pueda identificar puntos de apalancamiento estratégicos para hallar soluciones a los problemas mencionados anteriormente.

### **3.2 PROBLEMÁTICA**

En el marco de la normativa vigente de la Ciudad (se mencionara con más detalle en el tópic “Marco legal”), la ley establece un cronograma de reducción progresiva del enterramiento de residuos en rellenos sanitarios, tomando como base la cantidad de 1.497.656 toneladas de residuos enviadas a relleno sanitario durante el año 2004. Siguiendo este lineamiento, propone continuar con la reducción de la disposición final en rellenos hasta alcanzar un 75% de disminución programado para el año 2017. Por último, prohíbe totalmente el entierro de residuos aprovechables y reciclables para el año 2020, así como la incineración de los RSU en el ámbito de la CABA.

A pesar de los esfuerzos por parte del Gobierno de la Ciudad para afrontar los objetivos propuestos, a la fecha no se están cumpliendo y el panorama para los próximos seis años no es alentador, a menos que se tomen medidas al respecto

### **3.3 HERRAMIENTAS**

Para llevar a cabo este proyecto de investigación y desarrollo, se utilizaron distintas herramientas, las cuales sirvieron para satisfacer las necesidades de computar formulas, generar diagramas visuales de influencias entre distintas variables, generar modelos de abstracción mental y ejecutar scripts de programación para facilitar el trabajo manual.

A continuación mencionamos brevemente las de mayor grado de utilidad aplicada a este trabajo:

#### **3.3.1 VENSIM**

Es un software utilizado para desarrollar, analizar y modelar sistemas de retroalimentación dinámica. A pesar de hacer hincapié en los ciclos de retroalimentación (positivos y negativos), VENSIM permite también recrear situaciones de reacción-difusión dentro de un sistema complejo. Incluye la posibilidad de insertar tanto ecuaciones simples y

datos estáticos, como fórmulas matemáticas avanzadas y código de programación para manejar variables dinámicas realimentadas desde distintas fuentes de información.

### 3.3.2 MATLAB

Es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M).

Entre sus prestaciones básicas podemos encontrar la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.

Es un software muy usado en universidades y centros de investigación y desarrollo y en los últimos años ha aumentado el número de prestaciones que ofrece.

### 3.3.3 MICROSOFT EXCEL

Es la conocida aplicación de Microsoft para utilizar hojas de cálculo. Es una herramienta indispensable para manejar grandes cantidades de datos, tablas, gráficos y fórmulas.

## 3.4 MARCO LEGAL

Dentro del contexto de la gestión integral de residuos sólidos urbanos en Argentina, podemos encontrar una variedad de leyes, decretos y resoluciones que buscan regular desde el aspecto legal dicha gestión y poder asegurar un nivel de calidad de vida para sus ciudadanos.

A continuación presentamos una tabla (ver Tabla I) de la legislación vigente en materia de residuos sólidos urbanos en la CABA. (Ver Anexo D para la legislación completa)

Tabla I. Legislación vigente

LEGISLACIÓN VIGENTE			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Nación	Constitución Nacional	Art. 41	Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las actividades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental

LEGISLACIÓN VIGENTE			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
			generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.
Nación	Ley 25.675/02	General del Ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de política ambiental. Ley marco que debe ajustarse a normas específicas.
Nación	Ley 25.916/04	Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias.
CABA	Dec. 2.225/03	Recuperación de Basurales a Cielo Abierto	Tramita el proyecto de contrato a suscribirse entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Coordinación Ecológica Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), para la Recuperación y Erradicación de los Basurales a Cielo Abierto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
CABA	Res 56/03	Módulos Villa Domínico CEAMSE	Se convalida el depósito de residuos sólidos provenientes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, realizado por el CEAMSE, en los módulos de relleno sanitario de Villa Domínico.
CABA	Ley 992/03 Dec. Reg. 622/03 Dec. Mod. 422/04 Res 71/06	Formalización de Actividad de Recuperadores Urbanos	Se declaran "servicios públicos" a los servicios de higiene urbana de la CABA, incorporándose, en esta categoría, a los recuperadores de residuos reciclables. Se crea el registro de recuperadores, y de cooperativas y pequeñas y medianas empresas.
CABA	Res 50/05 Res 640/07 Res 808/07	Separación de Residuos Domiciliarios	Establece la obligación, para los generadores denominados "Hoteles", de cuatro y cinco estrellas, edificios públicos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - administrativos-, Corporación Puerto Madero y edificios de propiedad horizontal que tengan una altura superior a 19 pisos radicados en el

LEGISLACIÓN VIGENTE			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
			ejido de la Ciudad, de separar los residuos domiciliarios generados, y disponerlos en forma diferenciada, a partir del 20 de febrero de 2005.
CABA	Ley 1.854/05 Dec. Reg. 639/07	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes. En este sentido la Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero".
CABA	Res 191/06 Res 746/07	Manejo de Residuos Sólidos Urbanos	Crea el Programa Manejo Responsable de Residuos Sólidos Urbanos.
CABA	Res 753/07 Res 803/07	Registro Recuperadores Urbanos y Cooperativas	Se transfieren como subregistros el "Registro Único Obligatorio Permanente de Recuperadores Urbanos" y el "Registro Permanente de Cooperativas y Pequeñas y Medianas Empresas". Se aprueban el "Manual de Procedimiento para el Programa de Recuperadores Urbanos", las credenciales identificatorias y la reglamentación de inscripción en el "REPyME".
Buenos Aires	Decreto-Ley 9.111/78	Regulación de la disposición final de la basura en los partidos del Área Metropolitana	Comprende los partidos de Vicente López, San Isidro, San Fernando, Tigre, General Sarmiento, General San Martín, Tres de Febrero, Morón, Merlo, Moreno, La Matanza, Esteban Echeverría, Almirante Brown, Lomas de Zamora, Quilmes, Avellaneda, Lanús, Florencio Varela, Berazategui, Berisso, Ensenada y La Plata. La disposición final de los residuos se efectuará exclusivamente por el sistema de relleno sanitario y se efectuará únicamente por intermedio de CEAMSE.
Buenos Aires	Ley 1.142/02	Municipios no incluidos en Decreto-Ley 9.111/78	Para aquellos municipios no incluidos en el Decreto-Ley 9.111 unificar un centro actualizado de información en la materia resulta necesario crear el Registro Provincial de Tecnologías de Recolección, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos, en función de lo cual

LEGISLACIÓN VIGENTE			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
			deben establecerse pautas y normas de procedimiento para la inscripción de las tecnologías respectivas.
Buenos Aires	Ley 1.143/02	Plantas de Disposición Final no incluidos en Decreto-Ley 9.111/78	Recaudos mínimos a cumplimentar en las plantas de disposición de tales residuos, exceptuando las comprendidas por el Decreto-Ley N° 9.111/78, estableciendo un tratamiento diferencial en función de la carga diaria a disponer; Que deviene aconsejable establecer el punto diferencial de tratamiento normativo y operativo entre una carga diaria a disponer hasta 50 toneladas y una mayor a 50 toneladas.
Buenos Aires	Ley 13.592/06 Dec. Reg. 1.215/10	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene como objeto fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”.
Buenos Aires	Ley 13.657/07	Modificación del Art.8 de la Ley 13.592/06	Los Municipios comprendidos en el Decreto-Ley 9.111/78 tienen un plazo de tres (3) meses a partir de la entrada en vigor de la presente ley para manifestar su continuidad o no con lo estipulado en el artículo 3° de la norma precitada y notificar de ello al CEAMSE y a la Autoridad Ambiental Provincial. Transcurrido dicho plazo sin pronunciamiento alguno, se reputará que el Municipio continúa adherido al sistema del CEAMSE.

### 3.5 LÍMITES Y ALCANCE

El sistema de gestión integral de RSU en CABA está formado por tres subsistemas que se complementan entre sí.

El primero se conoce como Sistema de generación y recolección de RSU y consiste en recoger y transportar los residuos dispuestos en sitios indicados por el Gobierno de la Ciudad, utilizando vehículos apropiados para dicha tarea. Existen dos tipos de recolección:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuo.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

Los RSU recolectados son transportados a Estaciones de Transferencia, instalaciones donde los residuos de los vehículos recolectores son transferidos a equipos de transporte de gran capacidad de carga, los cuales finalmente son los encargados de llevar los residuos a las Plantas de Tratamiento o al Centro de Disposición Final.

El segundo subsistema abarca todo lo concerniente al Tratamiento de los RSU, incluyendo la separación de residuos en centros verdes, la compactación de los mismos y el reciclado de aquellos elementos que cumplen con las características necesarias para ser tratados y regenerados para volver a convertirse en materia prima.

Por último, el tercer subsistema y sobre el cual nos basamos para realizar este trabajo de investigación y desarrollo, es el de Disposición final de RSU. El mismo tiene como entrada los vehículos especializados con tolvas de gran tamaño que llevan los RSU compactados hasta los rellenos sanitarios. Los rellenos sanitarios son la salida de este subsistema y son construidos por ingenieros, de forma que los residuos quedan encapsulados entre los materiales de la cubierta superior y un sistema de membranas, lo que permite implementar sistemas de recolección y control de las emisiones líquidas y gaseosas.

En adelante, toda la información relevada y el modelo del sistema desarrollado estarán enfocados únicamente en este último subsistema de Disposición final de RSU, con el propósito de poder entender de forma más eficiente la funcionalidad del mismo y realizar pruebas específicas y generar distintos escenarios proyectados en el tiempo.

#### 4. RELEVAMIENTO

Si bien la construcción de un modelo que representara la actualidad del sistema de Disposición Final de Residuos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fue el mayor desafío del informe, este no tendría mucho sentido sin los datos que lo acompañan. En esta sección explicaremos cual fue el procedimiento para obtener los datos que alimentan al modelo, como así también cuales fueron los resultados de los mismos y el posterior análisis.

Los principales proveedores de datos fueron: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (C.E.A.M.S.E)

Antes de comenzar con los datos propiamente dicho plasmaremos como es el circuito que hoy hacen los RSU desde la generación hasta el tratamiento en los complejos ambientales y la disposición final en los rellenos sanitarios del C.E.A.M.S.E.

En primera instancia los RSU generados por las personas, empresas, organizaciones, etc. son recolectados por empresas contratadas por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

A principios del año 2014 se ha firmado un nuevo acuerdo con las empresas prestadoras de servicios de recolección debiendo incorporar camiones con carga lateral para los contenedores de residuos húmedos. Todos los barrios de la ciudad tendrán estos recipientes, con capacidades distintas según la zona, que convivirán con otros de color verde en los que deberán ser desechados los residuos reciclables.

Las empresas que ganaron la última concesión por diez años son *Cliba, Urbasur, Aseo y Ecología SA, Nittida, Industrias Metalúrgicas Pescarmona y Ashira*, mientras que para los barrios de Villa Lugano, Villa Riachuelo y Villa Soldati una empresa del Estado será la encargada de realizar la recolección y limpieza.

Estas empresas concesionarias realizan la recolección según dos tipos de recorridos dentro de CABA:

- Convencional
- Diferido

En lo que respecta al recorrido en sí cada una de estas empresas tiene definido un área de recolección de residuos dentro de CABA (Fig. 1), para luego llevar estos residuos a la estación de transferencia más cercana.

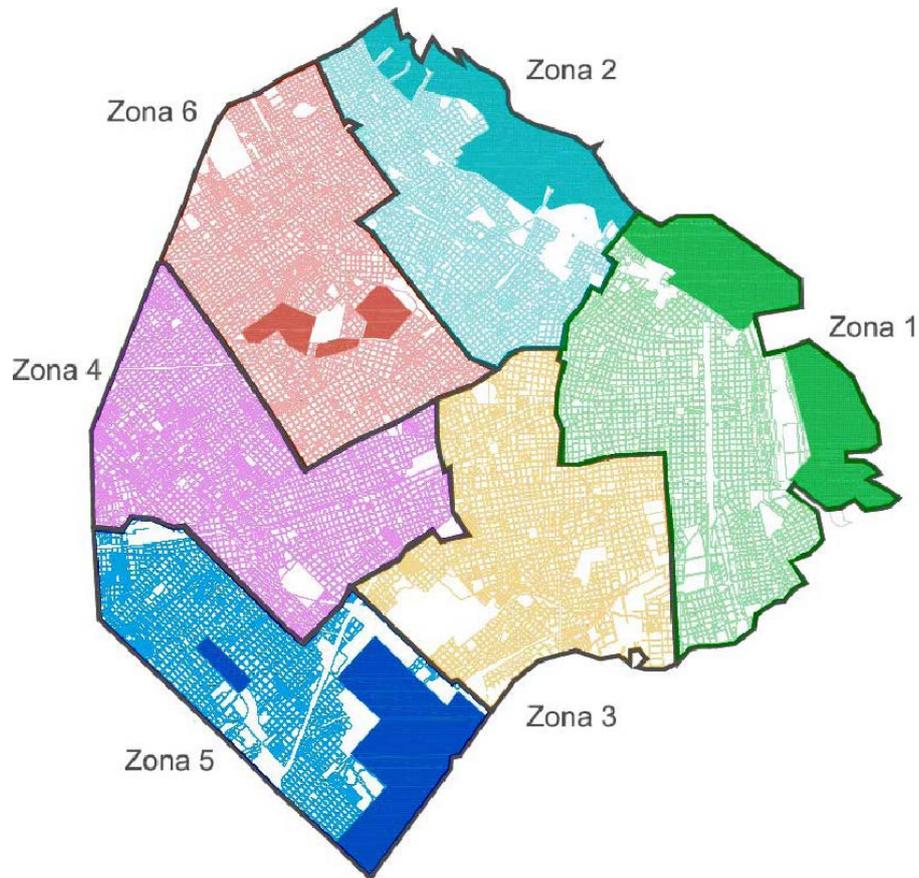


Figura 1: Zonas de Recolección de Residuos en CABA

Las estaciones de transferencia son instalaciones donde vehículos recolectores transfieren los residuos compactados, o no, por la prensa de su camión a tolvas donde luego son compactados por maquinaria pesada, para ser transferidos a vehículos de transporte de alta capacidad. Los vehículos de alta capacidad llevan los residuos compactados a los rellenos sanitarios.

La principal razón por la que se utilizan las estaciones de transferencia es para generar ahorros de transporte. En una primera instancia los camiones de recolección llevaban los residuos recolectados hasta el centro de disposición, los cuales no estaban lejos de los centros de las zonas de recolección. El problema fue que a medida que paso el tiempo los centros de disposición se alejaron haciendo que los costos y tiempos de llevar los residuos del camión al relleno sanitario se eleven en gran medida.

Al instalarse las estaciones de transferencia los camiones tienen que realizar un camino mucho más corto ya que estas estaciones están en puntos estratégicos de las zonas de recolección y además son diseñados con una estética que no afecte el paisaje urbano.

Además del beneficio en el ahorro de los costes de transporte, las ventajas que una estación de transferencia brinda son: el ahorro de trabajo y energía, reducción de roturas y desgaste mecánico de los camiones, una mayor versatilidad y por sobre todas las cosas la posibilidad de poder realizar un reciclado más exhaustivo.

El C.E.A.M.S.E es el dueño de las estaciones de transferencia que se encuentran en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y las mismas están ubicadas en los siguientes barrios: Pompeya, Colegiales, Flores, Zavaleta y Almirante Brown

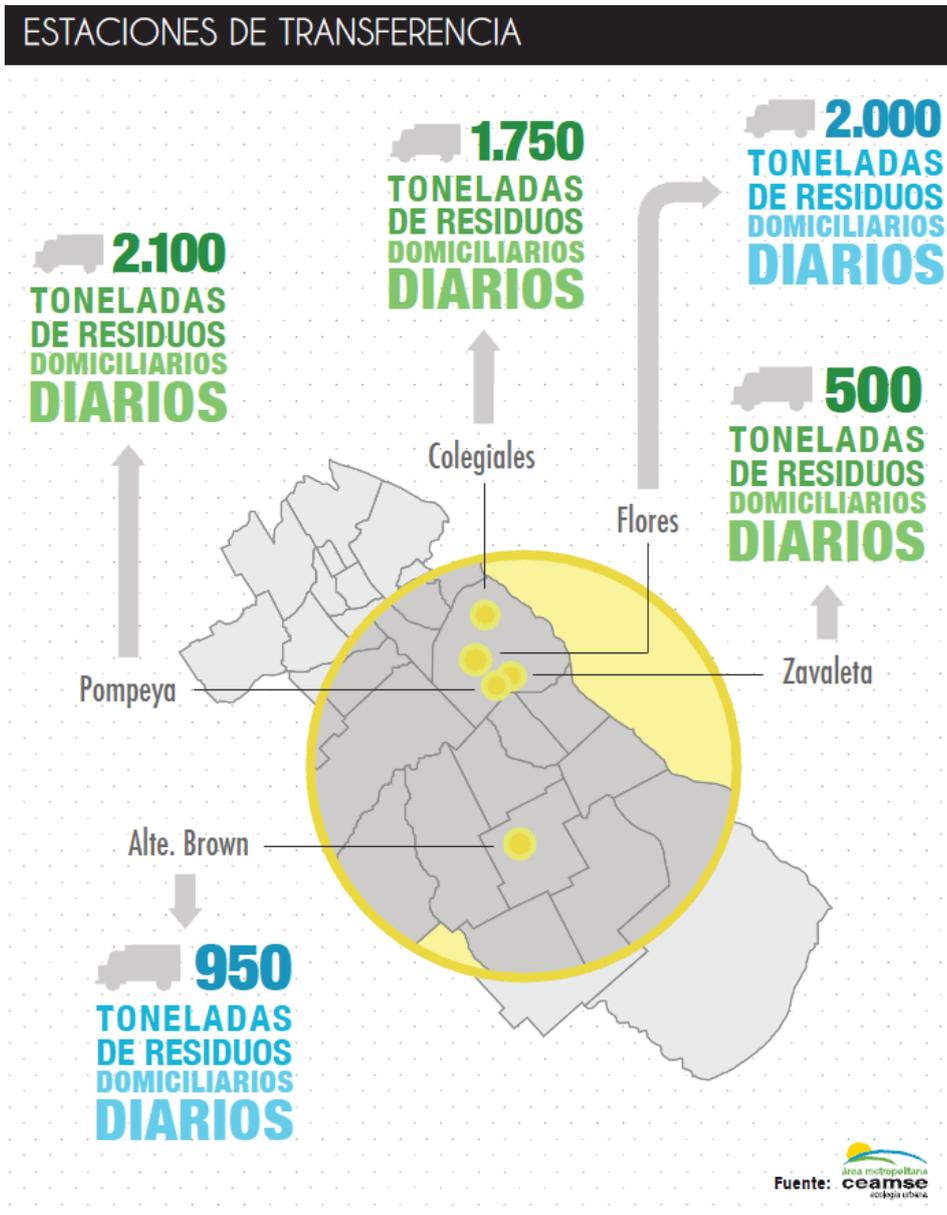


Figura 2. Estaciones de Transferencia del C.E.A.M.S.E

Una vez que las estaciones de transferencia realizan su trabajo, el resultado del mismo, cargado en camiones de alta capacidad, es llevado a los complejos ambientales que luego de varios procesos son depositados en rellenos sanitarios.

Si bien los complejos ambientales y rellenos sanitarios se encuentran fuera de CABA (Fig. 3), decidimos incorporarlos a nuestro modelo dado que los residuos generados en la ciudad son llevados y dispuestos allí y por consiguiente tienen una estrecha relación con las estaciones de transferencia.

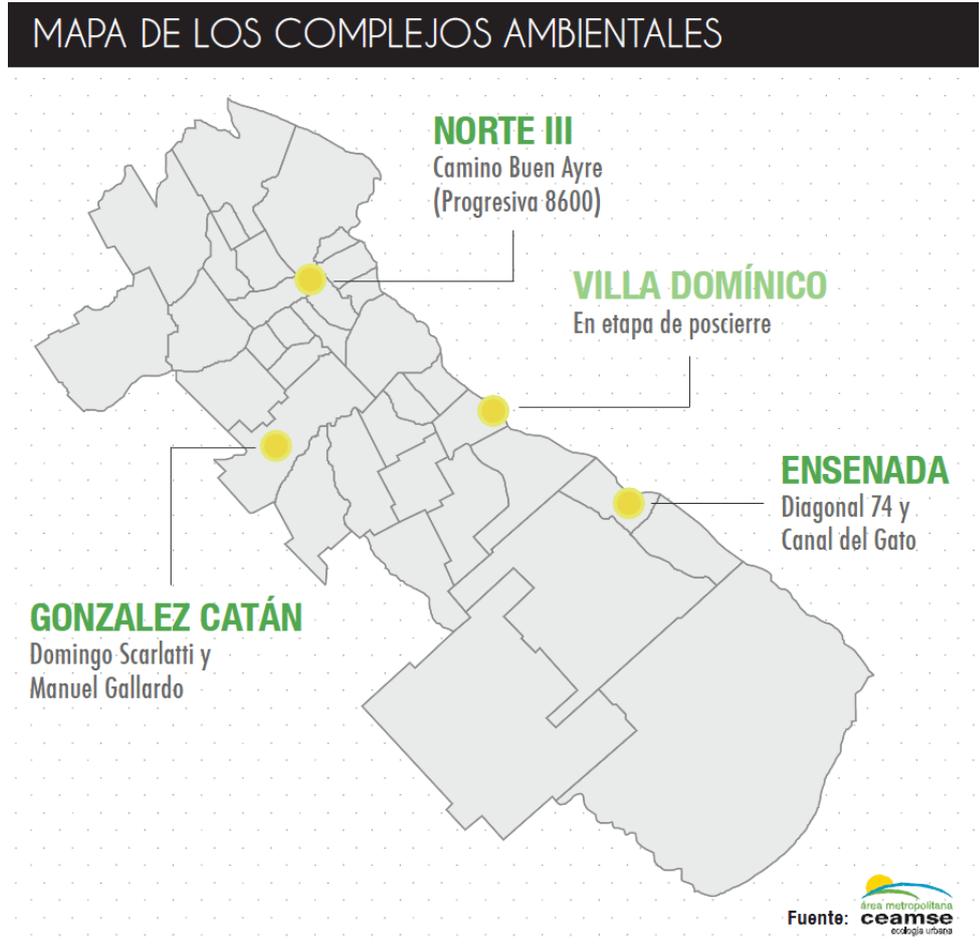


Figura 3. Mapa de Complejos Ambientales del C.E.A.M.S.E

La funcionalidad de los complejos ambientales es tratar los residuos mediante distintos procesos, con el objetivo de llevar al mínimo el volumen de residuos a ser depositados en un relleno sanitario, para así lograr un impacto ambiental menor y un medio ambiente más sano.

Una vez que los residuos dejan el centro ambiental son llevados a los rellenos sanitarios. Allí, gracias a las innovaciones de la ingeniería, se aplican diversos métodos para que los RSU no generen ningún tipo de peligro para la salud ni tampoco ningún tipo de daño al medio ambiente, ya sea en pleno uso o en etapas de cierre y post cierre. En el relleno sanitario se depositan los residuos en capas, y entre medio de cada capa se depositan toneladas de tierra cubriendo la totalidad de la superficie.

Esta técnica permite que en los rellenos sanitarios se lleve a cabo el tratamiento de líquidos lixiviados y el tratamiento de gases de efecto invernadero. El gas es un tipo de gas combustible que se genera por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica,

---

mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno.

Gran parte del ciclo de vida de los RSU de la CABA es llevado a cabo por el C.E.A.M.S.E, es por esto, que tuvimos que realizar varias consultas con responsables de distintas áreas para que pudiéramos entender cuál era el camino correcto sobre la disposición final de RSU. En una primera etapa tuvimos varias interacciones con la Jefa del Departamento Centro de Documentación del C.E.A.M.S.E, la Sra. *Lic. Alicia Susana Álvarez*, quien nos brindó todo tipo de información relacionada a nuestro tema. En los distintos tipos de documentos que logramos acceder la información que figuraba estaba desactualizada y en la mayoría de los casos las variables de las cuales nosotros necesitábamos información no se encontraban medidas.

Dada esta dificultad nos vimos en la obligación de acercarnos a la planta ubicada en Pompeya donde pudimos obtener toda la información necesaria para hacer que nuestro modelo funcione de la manera correcta reflejando la realidad del mejor modo posible.

Por otra parte, como muestra la Figura 4, podemos observar cual es el ciclo de vida de los residuos sólidos urbanos de la CABA.

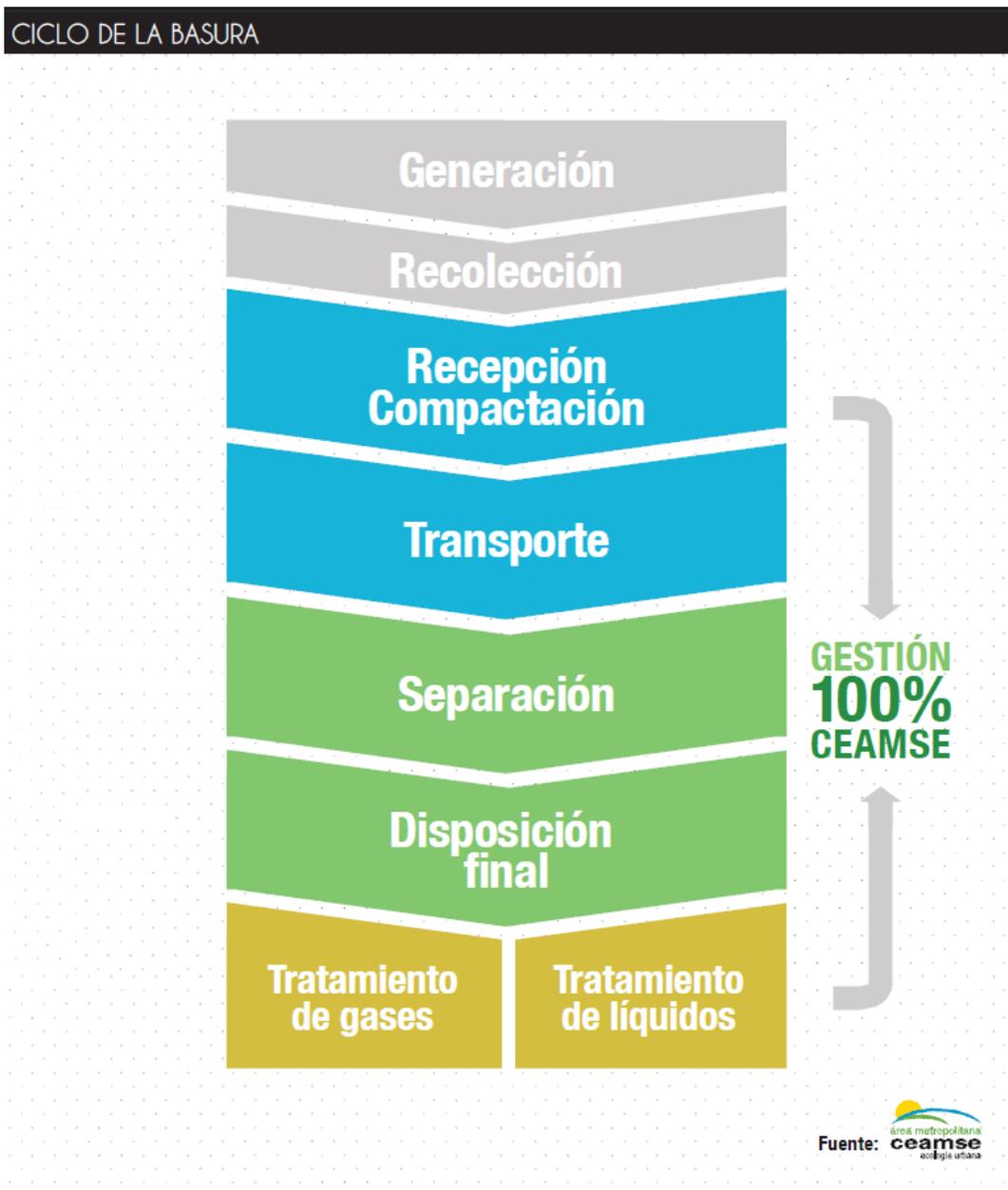


Figura 4. Ciclo de la Basura

La CABA es un gran generador de RSU y su comportamiento lo analizaremos en detalle en la próxima sección del informe. Según los datos históricos provistos por C.E.A.M.S.E la cantidad de residuos generados por CABA desde el año 1996 es la siguiente:

Tabla II. Cantidad de residuos dispuestos por CABA anualmente

Cantidad de residuos dispuestos por año	
Año	Cantidad de Residuos dispuestos en Rellenos Sanitarios
1996	1.590.755 Tn
1997	1.671.849 Tn
1998	1.817.550 Tn
1999	1.977.253 Tn
2000	1.953.375 Tn
2001	1.835.934 Tn
2002	1.443.047 Tn
2003	1.421.842 Tn
2004	1.492.867 Tn
2005	1.477.147 Tn
2006	1.536.453 Tn
2007	1.645.368 Tn
2008	1.884.460 Tn
2009	1.847.748 Tn
2010	2.110.122 Tn
2011	2.276.813 Tn
2012	2.131.078 Tn
2013	2.366.616 Tn

Así mismo los residuos dispuestos están compuestos en su mayoría por: residuos orgánicos producidos por los desechos de comida y papeles. En la Tabla III se ve claramente cuál es la composición de los residuos dispuestos.

Tabla III. Composición física de los Residuos Sólidos Urbanos en CABA

Composición de Residuos Sólidos Urbanos	
Tipo de Residuo	Composición
Desechos Alimenticios	41,95%
Plásticos	18,54%
Papeles y Cartones	16,64%
Residuos de Poda y Jardín	6,03%

Materiales Textiles	4,59%
Pañales Descartables y Apósitos	4,44%
Vidrio	3,09%
Materiales de Construcción y Demolición	1,81%
Metales Ferrosos	1,16%
Madera	0,67%
Goma, cuero, corcho	0,54%
Metales No Ferrosos	0,25%
Material Electrónico	0,12%
Otros	0,10%
Aerosoles	0,06%
Medicamentos	0,01%

El último paso del ciclo de vida de los residuos consta en la disposición final en rellenos sanitarios. Si bien es el último paso no deja de ser sino el más importante de todos, ya que lograr una evacuación segura a largo plazo es de suma importancia para lograr un mejor medio ambiente para todos. Por ello, la planificación, operatoria y posterior cierre se transforman en puntos claves.

Realizar el vertido de residuos en los rellenos resulta para las empresas el método más económico, si bien hoy en día existen varias técnicas de reciclado, reducción y tratamiento siempre queda remanentes que terminan siendo enterrados en los rellenos.

Se conoce como relleno sanitario a las instalaciones donde se depositan los RSU luego de ser tratados. Su diseño está pensado para hacer que el impacto ambiental sea el menor posible. Para lograrlo, se utilizan técnicas y metodologías basadas en principios de la ingeniería para evitar que el subsuelo, las napas subterráneas y el aire se contaminen. Como primera medida el fondo del pozo se impermeabiliza con arcilla y una membrana de polietileno de alta densidad. Sobre esos materiales se coloca la primera capa de suelo junto a un sistema de retención de líquidos lixiviados. Una vez realizada estas tareas el relleno puede entrar en funcionamiento. Luego, entre cada capa de RSU que se dispone, se vierte una capa de tierra.

A continuación explicaremos como están compuestos los rellenos sanitarios como así también cómo es su funcionamiento.

1. **Módulos:** Es una unidad de diseño encerrada perimetralmente por un terraplén de cerramiento y circulación, por donde se trasladan los camiones recolectores antes y después de la descarga de los residuos. Se compone de un recinto que impide el traslado y escape de líquidos lixiviados hacia el exterior del módulo y la filtración hacia las napas subterráneas. Además impide que el agua de crecientes o lluvias ingresen desde el exterior.

2. **Berma:** Una berma es un espacio llano, cornisa, o barrera elevada que separa dos zonas.

3. **Sectores:** Los módulos son subdivididos en pequeñas partes mediante las bermas de separación. Cada subdivisión se compone de terraplenes de menor altura impermeabilizados.

4. **Celdas:** Consiste en la subdivisión de los sectores en unidades más pequeñas. Las celdas están encerradas por bermas removibles con el objetivo de mantener los líquidos lixiviados dentro del área establecida evitando que entren en contacto con el agua de lluvia para luego ser tratados. Al llegar al límite de la berma, ésta será quitada para dejar paso a los líquidos lixiviados acumulados en ese recinto y permitir que lleguen a los tubos de extracción y control. Trabajando de esta manera se logra minimizar el volumen de los mismos. Además, mientras se realizan los pasos mencionados, se debe cuidar que el fondo de las celdas como así también de los sectores se encuentren impermeabilizados y en forma de pendiente que posibilite la correcta extracción de los líquidos lixiviados hacia el sistema de colección y captación.

5. **Control y extracción del Lixiviado:** Una vez generados los líquidos lixiviados y teniendo en cuenta que éstos deben ser transportados a las plantas que hacen el tratamiento para luego permitir el volcado, el diseño de las bermas como su construcción en el interior de las celdas y módulos, debe ser lo mejor posible para lograr la máxima efectividad al momento de separar el agua de lluvia de los líquidos lixiviados. En los sitios previstos para la acumulación del líquido lixiviado, se colocan caños para el control y extracción del mismo.

6. **Impermeabilización:** El fondo debe ser impermeabilizado con el objetivo de evitar el filtrado de líquidos lixiviados hacia las napas y la expulsión de gases hacia el exterior. De esta manera se logra prevenir contaminar tanto el agua subterránea como el aire del medio ambiente. Para lograr la impermeabilización existen dos maneras, la primera por selección natural del suelo y la segunda creando barreras impermeables artificialmente. En el

primero de los casos la barrera es por un orden geológico donde sólo se coloca una membrana flexible para lograr un cierre 100% hermético. En el segundo de los casos se utiliza una membrana menos flexible sobre una barrera de arcilla

7. **Distribución y Compactación:** Los residuos son descargados sobre un borde de celda, allí comienza el trabajo de distribución y compactación. En primera instancia una topadora empuja hacia el interior de la celda los residuos. Luego, un compactador montado sobre ruedas de acero diseñadas para dicho fin, comienza la distribución de los residuos en capas no más de 30cm de espesor por toda la celda. Al mismo tiempo que ocurre la distribución, gracias al accionar de las ruedas de acero del compactador, se realiza la compactación y trituración de los residuos logrando así un desmenuzamiento y desgarramiento completo.

8. **Cobertura:** Cuando se alcanzan las cotas finales del proyecto en cada celda, se procede a la cobertura final de los mismos con una capa de suelo de 20 cm de espesor mínimo, a continuación una capa de suelo arcilloso compactado, de 40 cm de espesor como mínimo, a efectos de: minimizar el ingreso de agua de lluvia que generaría lixiviado, evitar la emanación de olores, proliferación de vectores como insectos y roedores y posibilitar que comience la etapa de descomposición anaeróbica de los residuos. Sobre esta superficie se coloca una capa de suelo vegetal, con un espesor igual o mayor a 20 cm, extraído y acopiado previamente durante el proceso de preparación del módulo, como se mencionó anteriormente. Cuando los taludes de residuos, que por la secuencia operativa deban permanecer transitoriamente expuestos, se procede a la cobertura provisoria de los mismos. La superficie superior del módulo debe ser uniforme y libre de depresiones que permitan y/o faciliten la acumulación de agua sobre el terreno, y en el caso que se originen asentamientos diferenciales se debe proceder a su corrección.

9. **Disposición de Residuos:** Teniendo en cuenta que el servicio de disposición de residuos, debe ser prestado en forma ininterrumpida, permanentemente debe existir una capacidad receptiva para recibir residuos durante seis meses de operación, como mínimo. Se comienza a recibir los residuos en la primera celda del sector. Dicha área, en este período, es la única parte del módulo donde se acopiará el líquido lixiviado que comience a formarse, quedando el resto del recinto libre del mismo, debido al cerramiento que le presentan el sistema de bermas que lo rodean. Comienza al mismo tiempo la instalación de los tubos de

control y extracción del lixiviado en los sitios preestablecidos. A medida que continúe el ingreso de residuos y los mismos alcancen los lugares donde se encuentren las bermas removibles, éstas son retiradas, total o parcialmente, para permitir que el líquido lixiviado llegue a la base de los tubos de control y extracción del mismo. El procedimiento detallado continúa de la misma forma hasta completar el primer sector del relleno. A continuación y de acuerdo con la secuencia que se hubiera proyectado, la disposición de los residuos puede realizarse desde la parte superior del módulo, construyendo caminos transitorios sobre la cobertura de los residuos que permitan la circulación de los mismos.

10. **Manejo de Gases:** En la parte superior del módulo ya terminado, se colocan tubos verticales para monitoreo de los gases del relleno. También se instala el sistema de captación de gases para su tratamiento, que consiste en una serie de cañerías verticales y horizontales con perforaciones. El gas captado se conduce por medio de cañerías colectoras de mayor diámetro hasta la planta donde se procede a su quemado pudiendo ser aprovechada la energía así obtenida, para distintos usos.

11. **Control de asentamientos:** Periódicamente se realizan relevamientos del relleno terminado con instrumental topográfico apropiado, a fin de seguir la evolución de los asentamientos producidos.

12. **Control ambiental:** Antes de la instalación, durante la operación y luego del cierre del relleno sanitario se llevan a cabo las correspondientes tareas de control ambiental para comprobar que no se están produciendo afectaciones al aire, al suelo o a las aguas subterráneas y superficiales.

13. **Post cierre:** Durante la descomposición, los residuos depositados disminuyen su volumen, descendiendo el nivel superior del módulo cerrado. En vista de la heterogeneidad de los residuos, se pueden producir diferentes magnitudes de asentamientos en distintas áreas del relleno, generándose desniveles o hundimientos en los que se puede acumular agua que luego podría entrar al relleno y sumar volumen al líquido lixiviado. Se debe controlar y corregir la producción de estos asentamientos diferenciales. Asimismo, se pueden producir desniveles por efecto de la erosión hídrica que deteriorarían la cobertura y por lo tanto deben ser rápidamente corregidas. De la misma manera, en caso de producirse pérdidas de líquido lixiviado deben ser rápidamente corregidas y no permitir que el líquido salga fuera de los límites del módulo. Sobre el módulo también se debe controlar y corregir la cobertura vegetal,

cortando el pasto regularmente y resembrando cuando sea necesario, a fin de mantener la estética del relleno y evitar la erosión hídrica. La extracción y tratamiento de gases y líquidos lixiviados también debe ser permanentemente controlada.

En la Figura 5 podemos observar cómo es un corte transversal de un relleno sanitario del C.E.A.M.S.E

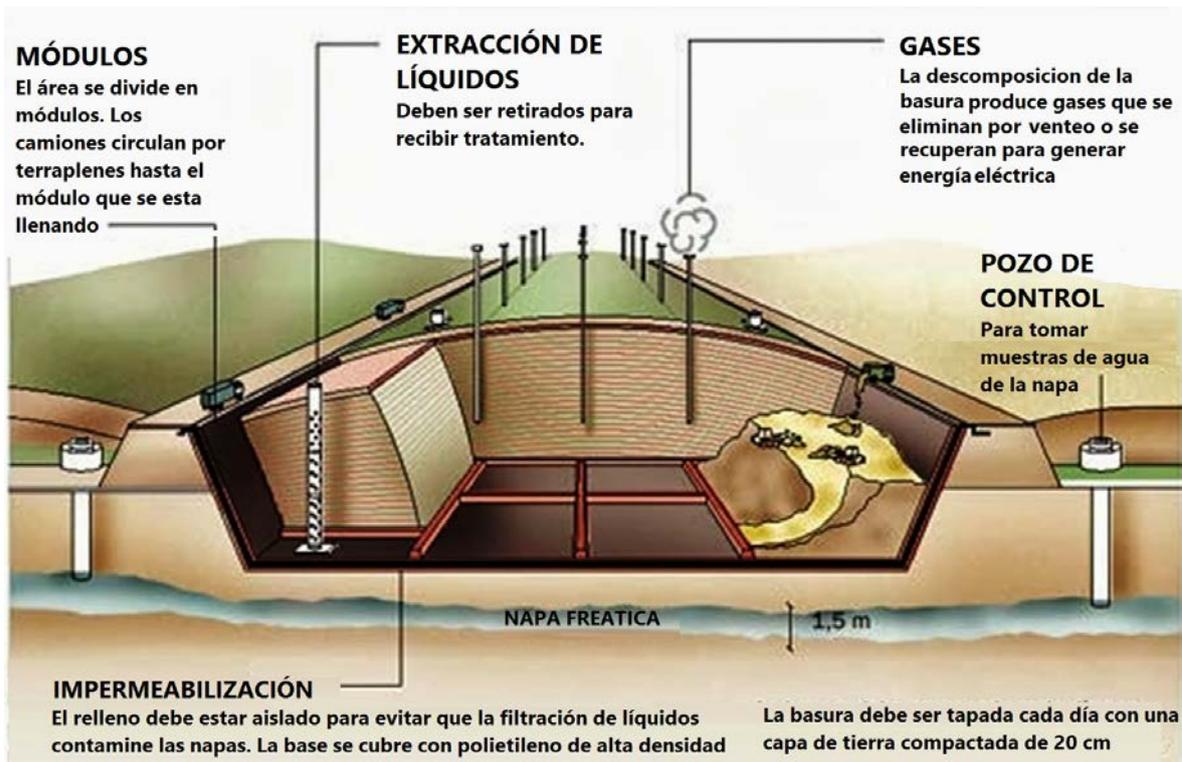


Figura 5. Corte Transversal de un relleno sanitario.

La capacidad promedio de los rellenos sanitarios, dato que no figura en ningún documento público pero que si pudimos acceder en las entrevistas, es aproximadamente de dieciocho millones de toneladas. En la actualidad existen cuatro rellenos sanitarios de los cuales uno, Villa Domínico, se encuentra en etapa de post cierre.

Dentro del relleno sanitario se pueden llevar a cabo dos tareas de tratamiento, una es la de los líquidos lixiviados y la otra es la de tratamiento de los gases.

En esta última queremos hacer hincapié debido a que gracias a ella se logra energía eléctrica que puede ser luego vendida permitiendo así lograr una reinversión con el fin de mejorar día a día las plantas de tratamiento, reciclado y reducción de residuo (lo que se

conoce como capacidad de reciclaje) y además aportar a la sustentabilidad económica del modelo integral de gestión de residuos.

La idea de implantar una planta de generación de energía a partir de los gases (principalmente el metano) generados de los residuos radica en el protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto es un tratado internacional que comenzó a regir a partir de Febrero del año 2005, formando parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). El objetivo del tratado fue fijar los límites para las emisiones de gases de efecto invernadero en aquellos países industrializados, entre otros.

Se propuso como meta lograr disminuir alrededor del 5% el nivel de emisiones de Gases de Efecto Invernadero con respecto a lo generado en la década del '90.

Para lograr las metas fijadas de reducción de emisiones, los países desarrollados pueden financiar proyectos de captura de estos gases en otros países en vías de desarrollo, acreditando tales disminuciones como si hubiesen sido hechas en territorio propio. Esto se cumple por medio del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).

Nuestro país, con el objetivo de sumarse al protocolo de Kyoto, creó el programa GENREN el cual especifica la generación de Energía Eléctrica a partir de fuentes renovables. Este programa fue promulgado por ENARSA.

Los rellenos sanitarios producen biogás cuando la materia orgánica se descompone bajo condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno). El biogás está compuesto aproximadamente de partes iguales de metano y dióxido de carbono; y concentraciones mínimas de compuestos orgánicos no metálicos. Ambos componentes principales (metano y dióxido de carbono) son considerados gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global.

La generación de energía eléctrica a partir de biogás no sólo reemplaza la utilización de combustibles fósiles, sino que al hacerlo, evita la emisión de metano a la atmósfera, un gas que en relación con el dióxido de carbono es 20 veces más potente para el calentamiento global.

Hoy en día el C.E.A.M.S.E dispone de dos plantas generadoras de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de los gases producidos por los residuos dispuestos en un módulo de relleno sanitario del Complejo Ambiental Norte III. La primera se conoce como “Central Biogás – San Martín Norte III-A” y la segunda como “Central Biogás – San Miguel Norte III-C”

La primera planta está compuesta por cinco 5 motores GE Jenbacher de última generación, ensamblados en la Argentina y accionados mediante la combustión de biogás, previamente acondicionado, proveniente de la perforación de 250 pozos de extracción en el sector Norte III-A

El equipamiento de la segunda planta está compuesto por 6 unidades impulsadas por motores alternativos de combustión interna alimentados con biogás proveniente del relleno sanitario Norte III-C.

En la central se ubica un sistema de succión e impulsión de biogás conformado por tres sopladores encargados de realizar la succión necesaria en todo el sistema de tuberías colectoras y transportar el flujo de biogás recolectado por el sistema, desde los pozos de extracción ubicados en el módulo hasta la estación de captación y pre tratamiento.

El biogás, una vez capturado y pre tratado, es destinado como combustible para los motores de la central térmica, y el excedente de dicha alimentación se trata mediante la incineración controlada en antorchas de llama oculta.

La energía generada en las centrales ubicadas dentro del Complejo Ambiental Norte III es volcada a la red nacional a través de un vínculo con la red del Distribuidor EDENOR.

Según pudimos averiguar en la entrevista que tuvimos con los responsables del C.E.A.M.S.E, las centrales obtienen por cada tonelada de residuo entre 1 y 1.5 m<sup>3</sup> de biogás. Asimismo por cada m<sup>3</sup> de biogás generado las usinas generan aproximadamente 2.15KW/hr de energía eléctrica.

Por otra parte, pudimos obtener más datos a través del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires donde tuvimos el agrado de poder tener una entrevista con la Sra. *Leticia Alves Canals* del Ministerio de Ambiente y Espacio Público quién nos pudo solventar varias de las dudas que tuvimos, en especial relacionadas con la normativa vigente y los planes a futuro

Nos brindó información sobre las leyes y tratamientos que hoy en día están vigentes en el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, especialmente haciendo hincapié en la “ley de basura cero“, correspondiente a la ley 1854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

La ley propone una progresiva reducción de la disposición final de residuos estableciendo plazos y metas específicas mediante la aceptación y puesta en marcha de ciertas medidas con el objetivo de: reducir la generación de residuos y la separación efectiva,

reciclado y recuperación de residuos. Como primer medida se incita a que las grandes empresas, generadoras de un gran volumen de residuos, realicen una separación efectiva de origen; en una siguiente etapa se sumarán los hogares particulares. Lo que la ley dicta es poner en bolsas verdes los residuos pasibles de ser reciclados mientras que los que no cumplen con este requisito en bolsas negras. Las bolsas verdes deben ser llevadas a los Centros Verdes, los cuales deben realizar una tarea más exhaustiva de selección para la posterior venta y vuelta a producción de aquellos residuos reciclados y recuperados.

Para que los centros verdes puedan realizar su tarea de la manera más efectiva posible se debe concientizar e informar a los ciudadanos de cuáles son los residuos factibles de ser reciclados.

Existen varias categorías de clasificación y dentro de ellas productos que pueden ser reciclados y productos que no. En la siguiente lista se muestran cuáles son dichos productos, para poder concientizar e informar.

- Papel
  - Reciclar
    - Diarios y Revistas
    - Todo tipo de papeles impresos o no, remitos, facturas, legajos
    - Cajas, envases de papel
    - Carpetas de papel, folletos y guías telefónicas
  - No Reciclar
    - Plastificados (envoltorios de golosinas)
    - Catálogos
    - Papel de fotografía, planchas de etiquetas
    - Servilletas de papel, papel tisú, papel de cocina
    - Envases de comida
- Cartón y Tetrabrik
  - Reciclar
    - Envases de cartón de alimentos y bebidas
    - Envases de alimentos, bebidas y otros.
  - No reciclar

- Vasos de cartón encerado
  - Vidrio
    - Reciclar
      - Botellas y envases de alimentos
      - Bebidas, etc.
      - Vasos y platos
      - Frascos
    - No Reciclar
      - Focos
      - Tubos Fluorescentes
      - Lamparitas
      - Cristales planos (de ventanas, automóviles)
      - Espejos, lentes, faroles de autos, tazas, platos.
  - Trapos y Telas
    - Reciclar
      - Ropa en desuso
      - Sábanas y manteles viejos
      - Trapos
    - No reciclar
      - Trapos y telas impregnadas o sucias
  - Metales
    - Reciclar
      - Latas
      - Ollas
      - Chapas
      - Hierro
      - Metales fundidos y aleaciones
      - Caños de plomo
      - Chapa de zinc
      - Aluminio, cobre y bronce.
    - No Reciclar

- Mercurio
- Baterías de celulares
- Metales ferrosos
- Autopartes
- Pilas
- Plásticos
  - Reciclar
    - Botellas
    - Envases de alimentos y de bebidas
    - Vajilla y cubiertos descartables
    - Sillas
    - Bidones, bolsas de nylon
    - Sachet
  - No Reciclar
    - Bidones con restos de agroquímicos y/o fertilizantes
    - Bidones o envases con restos en su interior no descripto en su envase (Envases sin rotulo de producto)
- Otros
  - Reciclar
    - Radiografías
    - Telgopor (No las bandejas de comida)
    - Baterías de los autos
    - Motores de electrodomésticos y heladeras
    - Computadoras
    - Colchones de goma espuma y lana
    - Goma
  - No Reciclar
    - Madera
    - Colchones de estopa
    - Cuero
    - Residuos peligrosos

- Patógenos
- Escombros

La ley establece un cronograma de reducción progresiva del enterramiento de residuos, tomando como base la cantidad de 1.497.656 toneladas de residuos enviadas a relleno sanitario durante el año 2004. Prohíbe totalmente el enterramiento de residuos aprovechables y reciclables para el año 2020, así como la incineración de los RSU en el ámbito de la CABA, hasta tanto no se cumplimente la meta del 75% establecida para el año 2017.

En la tabla (ver Tabla IV) podremos observar cuantitativamente cuales son las metas propuestas por la ley.

TABLA IV. Metas sobre toneladas máximas a disponer según Ley 1854

Metas Toneladas Máximas Ley 1854		
Año	Toneladas máximas a ser enterradas en rellenos sanitarios	Porcentaje de disminución
2004	1.497.656 Tn	0%
2010	1.048.359 Tn	30%
2012	748.828 Tn	50%
2017	374.414 Tn	75%
2020	0 Tn	100%

Para que estas metas se puedan llevar a cabo, la ley estipula una cierta cantidad de medidas a ser cumplidas. Las más importantes son la difusión social para la separación en origen como así también la difusión por un espacio público más limpio y la creación de nuevos puestos de trabajo en los Centros Verdes. Para ocupar los nuevos puestos de trabajo se comenzó con la integración de los cartoneros que estaban desocupados y trabajando en la calle, para ello los cartoneros, ó, recuperadores urbanos como se llaman actualmente, se encargan de separar los residuos reciclables de los que no lo son, llevando su actividad en los Centros Verdes.

Actualmente existen 7 centros verdes fijos en la ciudad, ubicados según muestra la Tabla V.

Tabla V. Ubicaciones de centros verdes en CABA

Ubicaciones de Centros Verdes		
Nombre	Ubicación	Tipo
Centro Verde Barracas	HERRERA 2124	Fijo
Centro Verde Villa Pueyrredón	AV. ROOSEVELT FRANKLIN D. 5890	Fijo
Centro Verde Chilavert	CHILAVERT, MARTINIANO, CORONEL 2745	Fijo
Centro Verde Soldati	BARROS PAZOS, JOSE 3701	Fijo
Centro Verde Varela	AV. VARELA 2505	Fijo
Centro Verde Retiro Norte	SALGUERO, JERONIMO & PADRE CARLOS MUJICA	Fijo
Centro Verde Núñez	AV. GRAL. PAZ e Int. CANTILLO	Fijo

Además de los centros fijos, existen entre 5 y 7 Centros Verdes móviles que cumplen con las mismas funciones de un centro verde fijo y que van mudándose por toda la ciudad.

El proceso de relevamiento, incluyendo documentos de la biblioteca del C.E.A.M.S.E y las entrevistas con los distintos responsables tanto del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires como del C.E.A.M.S.E, nos dio el conocimiento para poder conocer cuáles son las variables en juego en el proceso de la gestión de los residuos de la CABA y en específico como es la metodología de la Disposición Final de Residuos.

Luego del análisis de las variables, pudimos obtener los valores y así diagramar el modelo funcional, donde se ve en acción todas las causas y efectos relevados hasta el momento.

Sin embargo, como mencionamos anteriormente, hubo variables de las cuales los datos que se poseían no eran representativos o se encontraban muy desactualizados y es por eso que se tuvieron que quitar del modelo funcional.

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

Al momento de revisar la variable de disposición de RSU, nos encontramos que dicha cantidad no estaba representada bajo ninguna relación conocida por el momento. Es por esto, que a continuación explicaremos como obtuvimos la fórmula para poder determinar cuál será su comportamiento futuro.

Como primera medida se analizó la variación de disposición de residuos año a año para lograr obtener una tasa de crecimiento constante a lo largo del tiempo.

En la tabla VI veremos como no existe dicha relación entre los residuos dispuestos año a año, siendo éstos muy variables. Para realizar las tablas se tomaron en cuenta los últimos seis años de datos.

Tabla VI. Variación anual de generación

Cantidad de residuos dispuestos por año		
Año	Cantidad de Residuos dispuestos en Rellenos Sanitarios	Variación respecto al año anterior
2008	1.884.460	15%
2009	1.847.748	-2%
2010	2.110.122	14%
2011	2.276.813	8%
2012	2.131.078	-6%
2013	2.366.616	11%

Del año 2007 al año 2008 hubo una variación anual del 15% por eso es que aparece ese valor en la fila representada por dicho año.

Descartada la opción de buscar algún tipo de relación sobre la variación anual, se analizó la variación mensual de disposición de residuos, buscando alguna relación entre los meses del año y la disposición. Solo se pudo realizar la comparación entre los años 2010 y 2013 ya que en los documentos públicos del C.E.A.M.S.E sólo figuran las cifras mensuales de esos años. Por otra parte se tomaron de los 12 meses del año los primeros 3.

Como se muestra en la Figura 6 la variación mensual de los residuos tampoco tiene una relación estrecha.

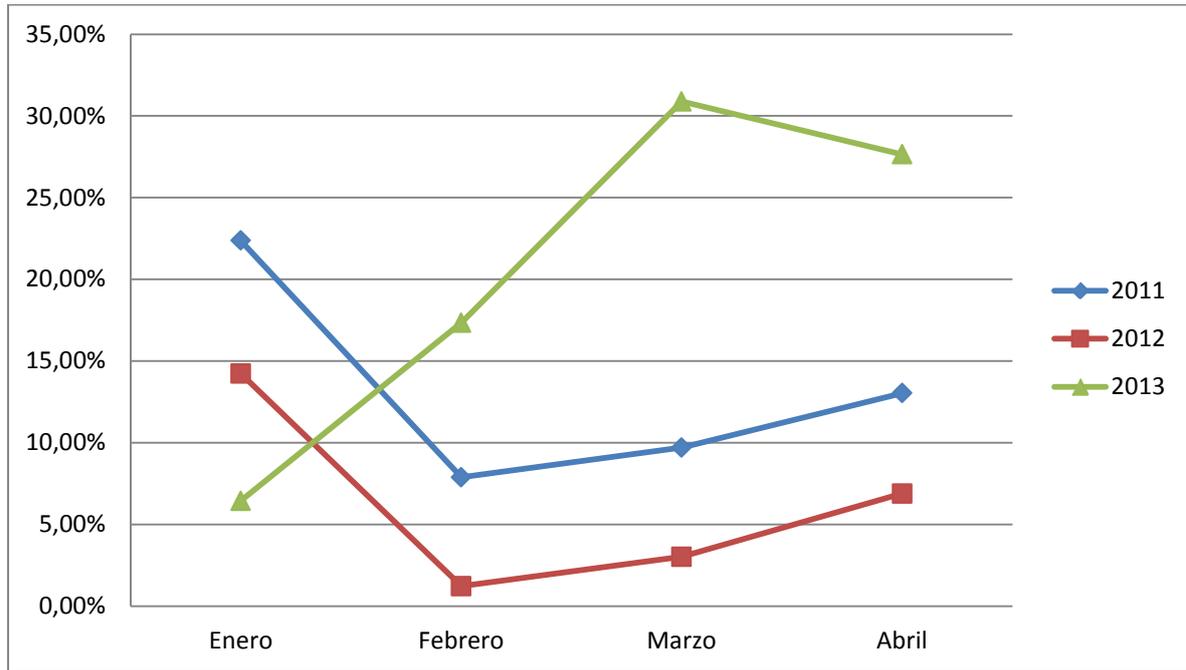


Figura 6. Variación mensual de los Residuos Sólidos Urbanos en CABA.

Ninguna de las dos opciones mencionadas anteriormente nos brindó una información certera por lo tanto se analizó la existencia de algún tipo de relación entre crecimiento de la población de la CABA y los residuos dispuestos.

Como podemos observar en la Figura 7, existe una relación muy dispar entre el crecimiento poblacional y la cantidad de residuos dispuestos. Por lo que esta relación no puede ser tomada para representar la tasa de crecimiento de los residuos dispuestos.

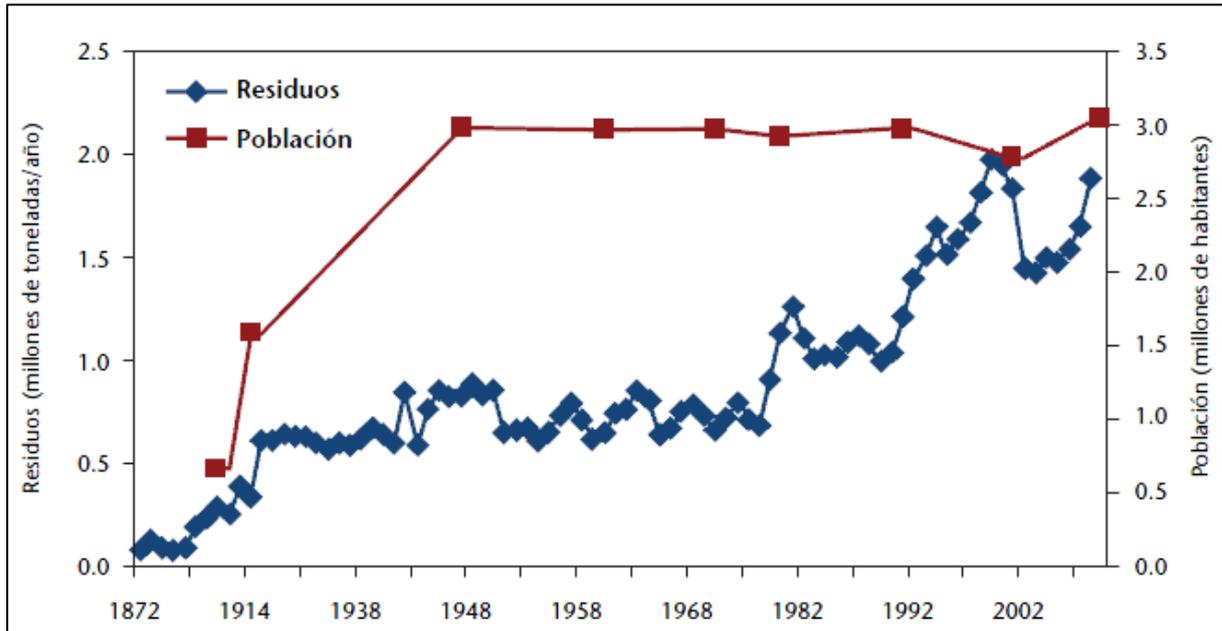


Figura 7.<sup>1</sup> Generación de residuos sólidos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires desde 1872 hasta el presente comparada con el crecimiento poblacional de la urbe. Fuentes: Prignano 1998. Fundación Metropolitana. Dirección General de Estadística Municipal de la Ciudad de Buenos Aires e INDEC.

Por último se analizó la relación entre la variación del Producto Bruto Interno (PBI) per cápita y la cantidad de residuos dispuestos entre los años 2002 y 2013. Se tomó a partir del 2002, debido a que la economía en nuestro país sufrió un golpe muy duro, haciéndola muy inestable hasta ese año. Luego del 2002, el PBI se comporta de manera racional ya que hasta el momento ha sido estable su variación.

En este caso se nota que dicha relación es totalmente funcional debido a que ambas curvas de crecimiento se van desarrollando casi a la par. En el único caso que vemos una diferencia entre las curvas es en el año 2012, que es cuando el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires inauguró la nueva planta de Tratamiento Mecánico Biológico (MBT).

<sup>1</sup> Realizado por María Semmartin y otros, Facultad de Agronomía, UBA en el informe "Los residuos sólidos urbanos. Doscientos años de historia porteña"

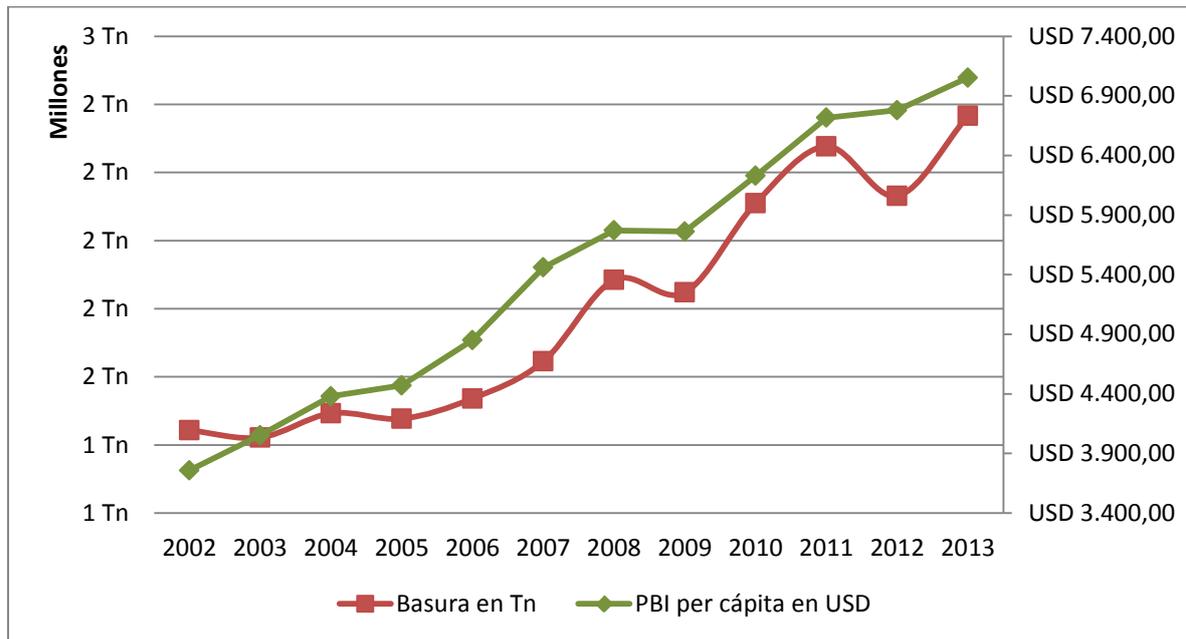


Figura 8. Relación entre PBI per cápita en USD y disposición de residuos en CABA.

Como mencionamos anteriormente los datos verdaderamente relevantes para el análisis son los obtenidos desde el año 2002 en adelante. La crisis financiera, económica y social produjo hasta el quiebre una inestabilidad tanto en el PBI como en la disposición de residuos, ya que, como sabemos, ambas están ligadas.

Para poder inferir cual será la cantidad de residuos a disponer tomamos los datos de los residuos dispuestos mostrados anteriormente en la Tabla I, y a partir de eso encontrar la función que más se ajuste a la realidad. Para ello usaremos la técnica de linealización mediante curvas de ajuste.

En la Figura 9 vemos como varía la cantidad de residuos dispuestos en CABA desde el año 2002 hasta el año 2013.

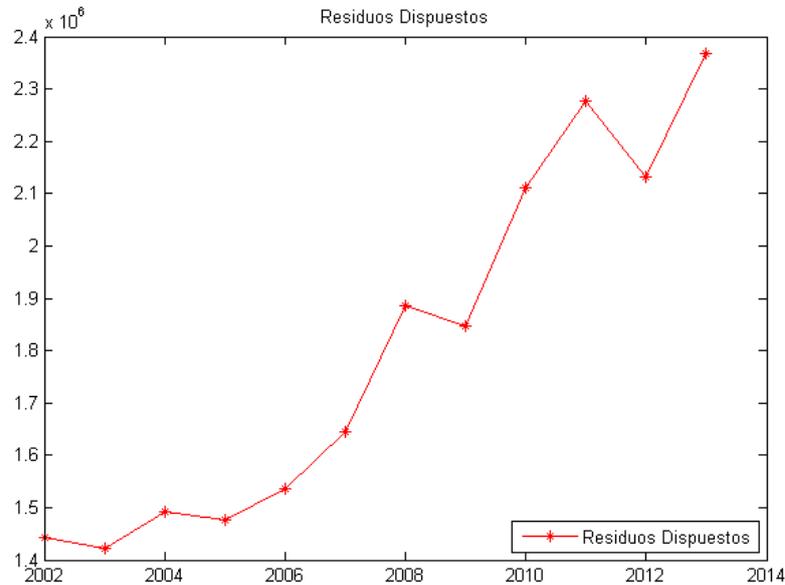


Figura 9. Residuos dispuestos en CABA desde 2002 hasta 2013

Mediante el análisis de los datos históricos se procedió a calcular las curvas de ajuste tomando en cuenta las siguientes funciones:

- Función Polinomial de grado 2
- Función Lineal
- Función Potencia
- Función Recíproca
- Función Exponencial en base e
- Función Exponencial en base 10
- Función Logarítmica

Observando las Figuras 10, 11 y 12 llegamos a la conclusión que la mejor curva que ajusta la disposición de residuos, es la curva de ajuste mediante una regresión polinómica de grado dos.

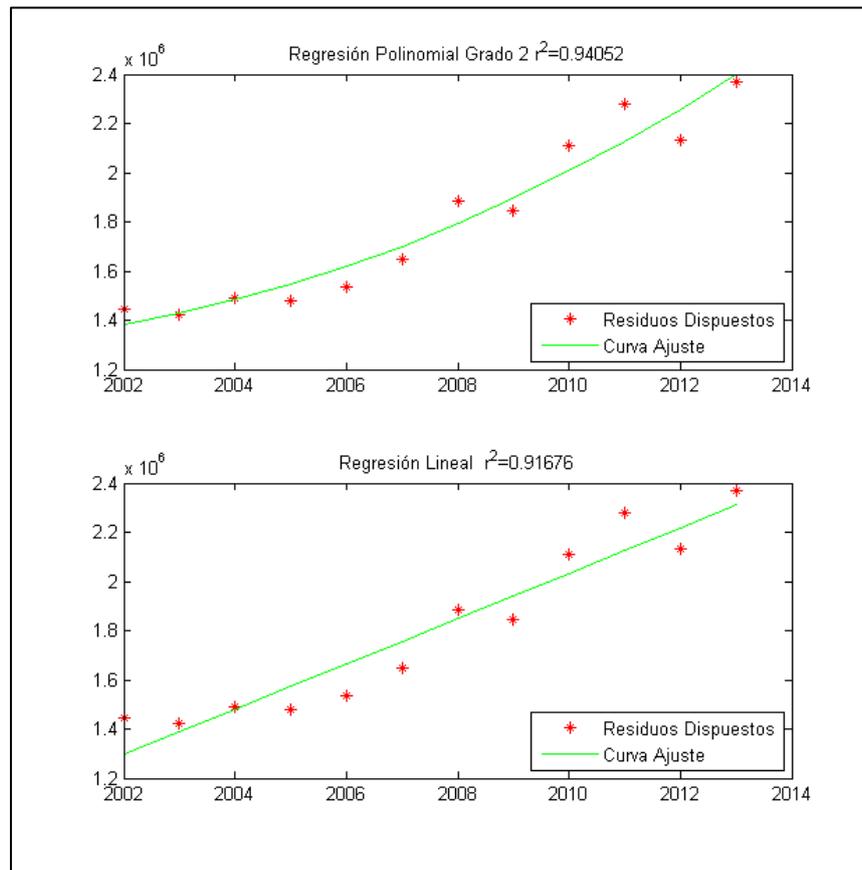


Figura 10. Curvas de Ajuste, funciones Polinómica grado 2 y Lineal

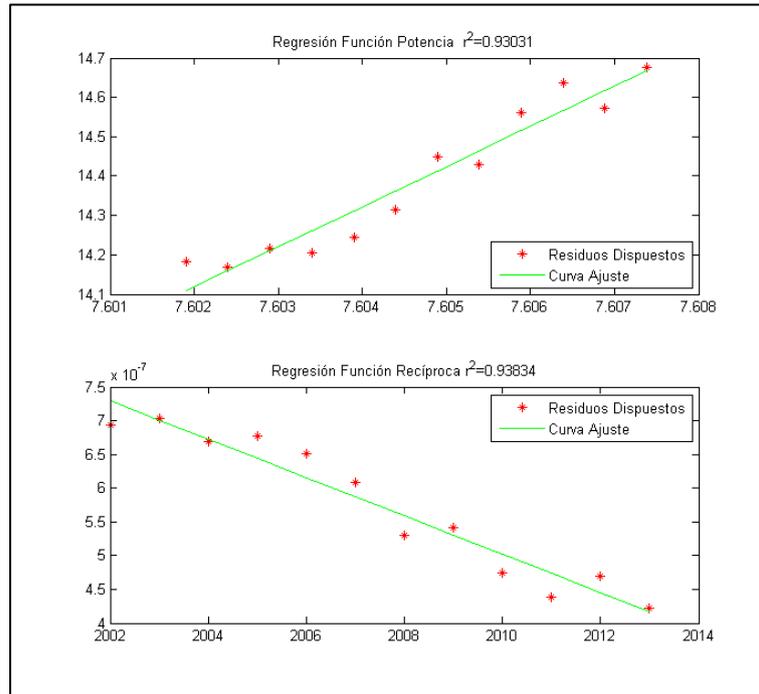


Figura 11. Curvas de Ajuste, funciones Potencia y Recíproca

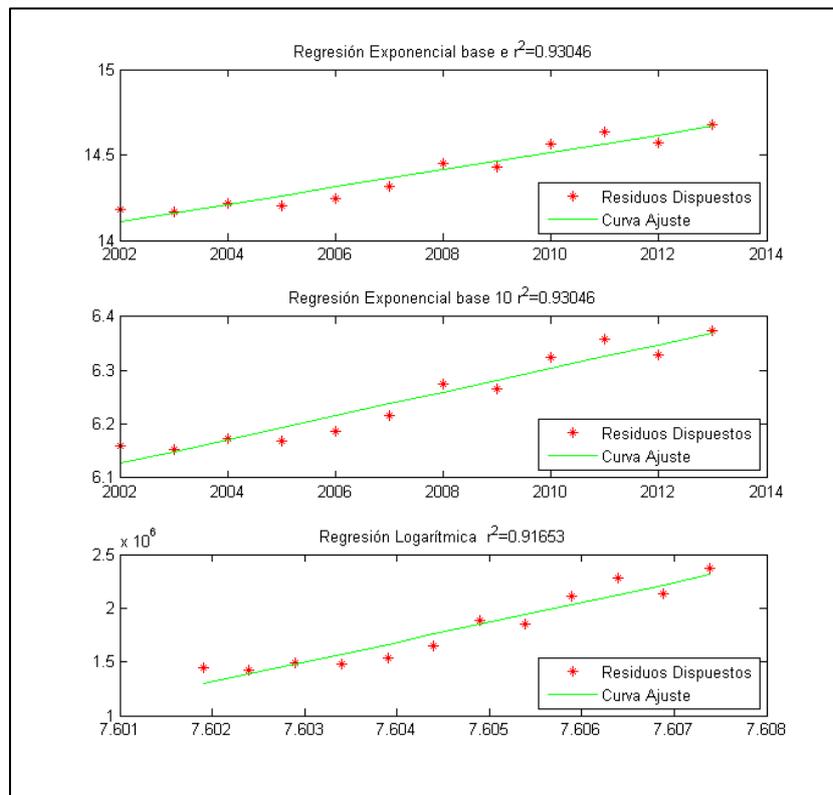


Figura 12. Curvas de Ajuste, funciones Exponencial en base e y en base 10 y logarítmica

Decimos que la función polinómica de grado dos, se ajusta más que las otras curvas de ajustes calculadas, debido al resultado del cálculo del coeficiente de correlación  $r^2$ . Cuanto más cercano es su valor a 1 mejor se ajusta.

La función polinómica de grado 2 es del tipo:

$$y = a * x^2 + b * x + c \quad (1)$$

Luego, los valores que se obtuvieron al calcular dicha curva con los datos históricos fueron los siguientes:

$$a = 4858.8 \quad (2)$$

$$b = -1.9416e + 007 \quad (3)$$

$$c = 1.9398e + 010 \quad (4)$$

La ecuación (1) es la que servirá para poder inferir la cantidad de residuos a disponer en un futuro. Si bien esta técnica sólo nos permite obtener valores futuros cercanos, gracias a la relación que existe con el PBI per cápita podemos calcular los valores del mismo utilizando la ecuación obtenida y comparar los resultados con la realidad. Si la curva trazada coincide con los datos estadísticos obtenidos querrá decir que la curva está bien desarrollada.

## 5. METODOLOGÍA

El enfoque que hemos optado utilizar para llevar a cabo el estudio del comportamiento de los datos relevados es el de la Dinámica de Sistemas. Dicho enfoque nos permite olvidarnos del problema en sí mismo como una parte aislada del sistema que lo compone, para poder evaluar el sistema completo propiamente dicho.

En la década de 1950, surge esta disciplina de la mano de un ingeniero del MIT, Jay Forrester, quien estudiaba las oscilaciones en las ventas de una empresa norteamericano. Forrester, en lugar de concentrarse en el problema de las ventas de la empresa, encontró un paralelismo entre los sistemas dinámicos de la compañía y un sistema hidrodinámico constituido por depósitos, canales con o sin retraso, variaciones de los depósitos por medio de flujos y el efecto de variables condicionantes.

Años más tarde, este ingeniero del MIT publicaría un artículo que demostraba cómo la misma metodología puede ser aplicada al funcionamiento de una ciudad y descubrió que el crecimiento poblacional no era lineal, ni siquiera exponencial como se pensaba hasta entonces.

Con el gradual aumento de la capacidad de cómputo debido a la evolución del hardware disponible, los principios descriptos permitieron abandonar el campo puramente teórico para aplicarse a modelos no-lineales complejos, simulándolos de forma eficaz y permitiendo resolver las distintas necesidades de negocios reales.

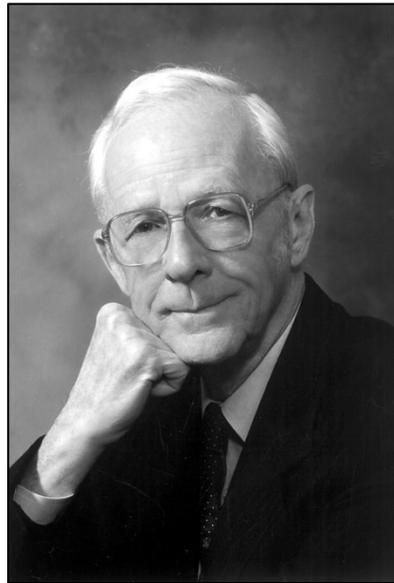


Figura 13. Jay Forrester

## 5.1 CONCEPTO DE DINÁMICA DE SISTEMAS

La Dinámica de Sistemas es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su cambio a través del tiempo basada en las existencias, los retardos y los bucles de realimentación.

Es un método en el cual se combinan el análisis y la síntesis, suministrando un ejemplo concreto de la metodología sistémica. La dinámica de sistemas suministra un lenguaje que permite expresar las relaciones que se producen en el seno de un sistema, y explicar cómo se genera su comportamiento.

Se utilizan conceptos del campo del control realimentado para organizar información en un modelo de simulación por ordenador. Un ordenador ejecuta los papeles de los individuos en el mundo real y la simulación resultante revela implicaciones del comportamiento del sistema representado por el modelo.

El pensamiento sistémico nos provee de herramientas orientadas a estudiar la interrelación de fuerzas ejercidas por los diferentes elementos de un sistema. La dinámica de

sistemas no es más que una forma de pensamiento sistémico que combina un número limitado de conceptos elementales para modelar sistemas que presenten procesos complejos de realimentación.

De ésta forma podemos definir a la estructura de un sistema como la configuración de las fuerzas o interrelaciones entre los componentes claves del mismo.

## **5.2 ELEMENTOS, RELACIONES Y ESTRUCTURAS**

Una vez que sabemos qué es lo que vamos a modelar, necesitamos contar con las herramientas que nos permitan ir del comportamiento a la modelización del mismo.

### **5.2.1 VARIABLES DE ESTADO**

Las variables de estados o niveles constituyen aquel conjunto de variables cuya evaluación es significativa para el estudio del sistema. Los estados representan magnitudes que acumulan los resultados de acciones tomadas en el pasado. Esta función de acumulación puede asimilarse a la del nivel alcanzado por un líquido en un depósito. De ahí proviene la denominación de nivel, siguiendo la similitud con un sistema hidrodinámico.

La elección de los elementos que se representan por variables de estado, en un modelo determinado, depende del problema específico que se esté considerando. En la elección de estas variables desempeña un papel fundamental la experiencia del diseñador del modelo.

Una característica común a todos los estados es que cambian lentamente en respuesta a las variaciones de otras variables. En los diagramas de Forrester los niveles se representan por medio de rectángulos.

	<i>Nube:</i>	representa una fuente o un pozo; puede interpretarse como un nivel que no tiene interés y es prácticamente inagotable.
	<i>Estado:</i>	representa una acumulación de un flujo.
	<i>Flujo:</i>	variación de un nivel; representa un cambio en el estado del sistema.
	<i>Canal de material:</i>	canal de transmisión de una magnitud física que se conserva.
	<i>Canal de información:</i>	canal de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve.
	<i>Variable auxiliar:</i>	una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo.
	<i>Constante:</i>	un elemento del modelo que no cambia de valor.
	<i>Retraso:</i>	un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material.
	<i>Variable exógena:</i>	variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema.

Figura 14. Variables de estado

A cada estado se le puede asociar un flujo de entrada y uno de salida.

### 5.2.2 VARIABLES DE FLUJO

Las variables de flujo determinan las variaciones en los estados del sistema. Las variables de flujo caracterizan las acciones que se toman en el sistema, las cuales quedan acumuladas en los correspondientes estados. De esta forma, determinan como se convierte la información disponible en una acción o actuación.

El símbolo que se aprecia en el cuadro anterior para representar las variables de flujo está inspirado en el símil hidrodinámico, según el cual las variables de flujo se pueden asociar a válvulas que regulen los caudales que alimentan determinados depósitos, cuyos niveles materializan el estado del sistema.

A las variables de flujo se les asocian ecuaciones que definen el comportamiento del sistema. El bloque representativo de un flujo admite, como señal de entrada, la información

proveniente de los estados, o de las variables auxiliares del sistema y suministra como salida el flujo que alimenta a un estado.

Las ecuaciones asociadas a una variable de flujo reciben la denominación de ecuaciones de flujo o funciones de decisión.

A todo estado se asocia una variable de flujo, o incluso varias, lo que gráficamente, y empleando los símbolos de la figura anterior, se puede representar de la siguiente manera:

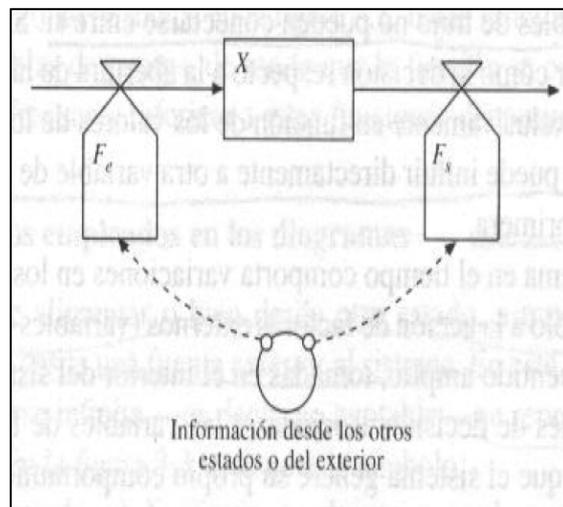


Figura 15. Variables de Flujo

### 5.2.3 RELACIONES CAUSALES

Si tenemos 2 elementos A y B, la influencia entre esos elementos se expresa “ $A \rightarrow B$ ”, es decir que B es una función de A, por más que desconozcamos de qué función se trata. El conjunto de estas relaciones se representa mediante un “diagrama de influencias” o “diagrama causal”, una suerte de grafo orientado en el que a cada relación se le coloca un signo.

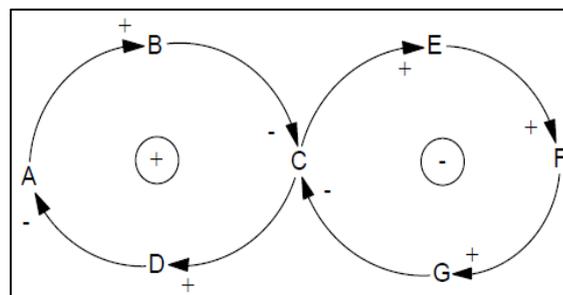


Figura 16. Relaciones Causales

Para poder describir y entender un sistema primeramente tenemos que conocer como está conformado, siendo los componentes elementales del mismo las distintas partes que lo componen y la manera en que estas se interrelacionan.

De una manera más concreta puede expresarse como que el sistema está compuesto por un conjunto C de elementos con R relaciones que definen sus influencias

Este conjunto R de relaciones, que pertenece al sistema, se representa con un diagrama de influencia o diagrama causal, siendo además la estructura del sistema. El nombre más comúnmente utilizado es el de diagrama de influencias.

Como mencionamos anteriormente el diagrama de influencias está compuesto grafos que a su vez están orientados. Gracias a esto podemos representar si las variaciones de las partes relacionadas tienen el mismo signo o no. Es decir que la relación entre un elemento A y un elemento B puede ser positiva o negativa.



Figura 17. Relación Positiva

En el ejemplo anterior, tenemos una relación positiva entre A y B lo que quiere decir que cuando A incremente B también lo hará. Así mismo, si la influencia de A sobre B fuera negativa se obtendría una relación inversa de A sobre B, es decir que cuando A incremente B disminuirá.

#### 5.2.4 RETROALIMENTACIÓN NEGATIVA

La retroalimentación negativa es el estabilizador por excelencia utilizado en la dinámica de sistemas (Fig. 18). La misma está formada por una acción, un estado, una discrepancia y un objetivo; y la forma más intuitiva de identificar un bucle de retroalimentación negativa es el hecho de que contiene un número impar de relaciones negativas.

El estado de una variable obtiene valores que van a estar determinados por una acción, siendo ésta consecuencia de la diferencia o discrepancia que haya entre el valor del estado alcanzado y el objetivo a alcanzar (una variable auxiliar). En otras palabras se podría decir que la diferencia que exista entre el estado y el objetivo va a determinar qué acción tomar hasta llegar a anular esa discrepancia, es decir alcanzar el objetivo.

Es por eso que con realimentaciones negativas se pueden anular desequilibrios o perturbaciones provenientes del exterior que afecte a cualquiera de los componentes.

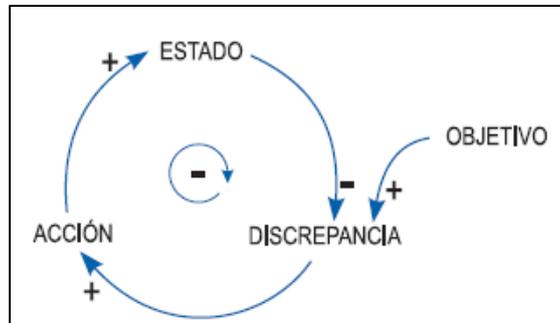


Figura 18. Retroalimentación negativa

### 5.2.5 RETROALIMENTACIÓN POSITIVA

Así como existe la retroalimentación negativa, además existe la retroalimentación positiva. En este caso las relaciones entre los componentes serán siempre positivas y los componentes del bucle serán: estado y acción. En caso de que hayan relaciones negativas en el bucle, las mismas se compensarán de a pares.

Este tipo de retroalimentación funciona de manera tal que el estado determina una acción que como consecuencia va a volver a influir sobre el mismo reforzándolo, de modo que este proceso se repite indefinidamente.

Si tomamos un ejemplo como la población y el crecimiento (estado y acción respectivamente), obtendríamos que cuanto mayor sea la población mayor será el crecimiento de la misma aumentándola, teniendo un bucle indefinido obteniendo como resultado un crecimiento explosivo de la población.

Es por eso que la retroalimentación positiva se trata como un amplificador de desequilibrios o perturbaciones que tienen como consecuencia producir inestabilidad en el sistema (Fig. 19).

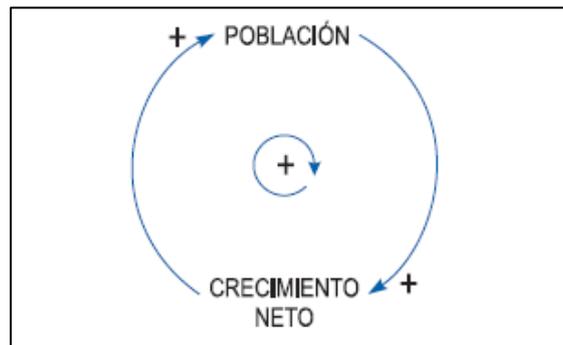


Figura 19. Retroalimentación positiva

### 5.2.6 RETRASOS

En adición a los dos tipos de retroalimentación, en los sistemas tenemos los llamados retrasos, los cuales nos ayudan a modelar aquellas influencias cuyo efecto se puede apreciar después de un cierto tiempo.

Los retrasos juegan un papel importante en el comportamiento de los sistemas. Si por ejemplo tuviésemos un sistema con retroalimentación positiva y tomamos por ejemplo el del crecimiento de población, el retraso va a determinar que dicho crecimiento no se produzca de manera exagerada o instantánea.

En cambio los retrasos en un sistema con retroalimentación negativa producen un efecto más sensible, debido a que éstos van a hacer más lento el periodo de alcance del objetivo, haciendo que a veces se tomen decisiones drásticas que conducirán a un sistema inestable.

### 5.3 ARQUETIPOS DEL DISEÑO DE SISTEMAS

La palabra arquetipo viene del griego ‘archetypos’, que significa "modelo primitivo u original". Los arquetipos sistémicos son patrones estructurales que se repiten en una gran cantidad de situaciones empresariales y que son la clave para aprender a ver estructuras, tanto en nuestra vida personal como en la laboral. Una analogía útil sería la de pensar a los arquetipos como un equivalente a los patrones de diseño utilizados en el campo de la programación de computadores.

Estas estructuras sistémicas fueron desarrolladas con el fin de catalogar y tipificar los comportamientos que usualmente se encuentran en las problemáticas a analizar por la

dinámica de sistemas. Los primeros arquetipos de la disciplina surgieron como extractos de estructuras genéricas y mecanismos que Jay Forrester y sus colegas desarrollaron en los 60'-70's-80's. Desde esos años, muchos nuevos se han agregado, pero los que sirven de base continúan siendo los mismos.

## **5.4 PROCESO DEL MODELADO**

### **5.4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En esta primera fase se trata de definir claramente el problema y de establecer si es adecuado para ser descrito con los útiles sistémicos que hemos desarrollado. Para ello el problema debe ser susceptible de ser analizado en elementos componentes, los cuales llevan asociadas magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo queremos estudiar.

### **5.4.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA**

Una vez asumida, en la fase anterior, la adecuación del lenguaje sistémico elemental para estudiar el problema, en esta segunda fase se trata de acometer dicho estudio, definiendo los distintos elementos que integran la descripción, así como las influencias que se producen entre ellos. El resultado de esta fase es el establecimiento del diagrama de influencias del sistema.

### **5.4.3 FORMALIZACIÓN**

En esta fase se pretende convertir el diagrama de influencias, alcanzado en la anterior, en el de Forrester. A partir de este diagrama se pueden escribir las ecuaciones del modelo (algunos entornos informáticos permiten hacerlo directamente). Al final de la fase se dispone de un modelo del sistema programado en un computador.

### **5.4.4 COMPORTAMIENTO DEL MODELO**

Esta cuarta fase consiste en la simulación informática del modelo para determinar las trayectorias que genera.

### **5.4.5 EVALUACIÓN DEL MODELO**

En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad. Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad. Así mismo, se incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar la sensibilidad del modelo, y por tanto, de las conclusiones que se extraigan de él, con relación a los valores numéricos de los parámetros que incorpora o las hipótesis estructurales.

### **5.4.6 EXPLOTACIÓN DEL MODELO**

En esta última fase el modelo se emplea para analizar políticas alternativas que pueden aplicarse al sistema que se está estudiando. Estas políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

## **5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO**

Los problemas a los que se aplica habitualmente la dinámica de sistemas incluyen relaciones y parámetros de los que se dispone de pocos datos empíricos. En un modelo de dinámica de sistemas se produce una integración de información de tipo cualitativo con información de tipo cuantitativo. Esta mezcla tan dispar puede producir problemas ya que hay una componente de imprecisión que no podemos eludir. El hecho de que asignemos un valor numérico concreto a un parámetro, o una forma funcional determinada a la expresión que relaciona dos variables, nos obliga a preguntarnos qué sucedería si el valor de ese parámetro o de esa función, fuesen otros, aunque esos valores sean próximos a aquel que hemos adoptado. El análisis de sensibilidad pretende precisamente abordar este problema.

Otra razón para realizar el análisis de sensibilidad es que los modelos, debido a su complejidad, pueden resultar difíciles de comprender. Este análisis aporta un instrumento para alcanzar una mejor comprensión sobre cuáles son los puntos de actuación en los que se pueden producir efectos más considerables.

El análisis de sensibilidad consiste en un estudio sistemático de cómo afectan a las conclusiones de un modelo las posibles variaciones en los valores de los parámetros y en las relaciones funcionales que incluye. La forma más simple de realizar el análisis consiste en modificar los valores numéricos de cada uno de sus parámetros. Para ello se incrementa el valor del parámetro cuya sensibilidad se quiere estudiar en un cierto porcentaje y se analiza en qué medida esta variación afecta a las conclusiones del modelo (a las trayectorias que genera). Realizándolo de forma sistemática para todos los parámetros, con incrementos y decrementos previamente establecidos, se puede tener una evaluación de los efectos de esas modificaciones sobre las conclusiones del modelo. Diremos que el modelo es insensible a las variaciones de los parámetros, si variaciones razonables de ellos no afectan sensiblemente a las conclusiones que se extraen del mismo.

## 5.6 MOTIVACIÓN DEL ENFOQUE

En sus inicios la Dinámica de Sistemas tuvo un crecimiento lento, y fue sólo recientemente que se produjo un claro crecimiento en su utilización más allá de unos pocos casos relativamente aislados.

El software disponible anteriormente hacía que la dificultad de implementación de ésta metodología se vea limitada a profesionales con fuertes conocimientos matemáticos, donde las relaciones causales sólo se podían expresar a través de ecuaciones diferenciales y los resultados de una debían llevarse a la próxima por medio de funciones.

Actualmente esto dejó de ser un condicionante, tanto por la gran capacidad de cómputo de las computadoras personales como por la gran cantidad de software disponible en la materia, estamos viendo una creciente adopción de ésta tecnología.

En la medida en que nuevos productos de software faciliten la implementación de este potente enfoque, y que crezca la apreciación de las empresas por el mismo como una oportunidad para mejorar su competitividad; al menos hasta que se desarrolle un enfoque aún más innovador, podemos decir sin temor a equivocarnos que la Dinámica de Sistemas seguirá creciendo en el mercado y en el ámbito académico.

## 6. DESCRIPCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

El diagrama de influencias diseñado intentará reflejar la actualidad del sistema de disposición final de RSU en CABA de la mejor manera posible. Como mencionamos en los objetivos, el modelo es una abstracción de la realidad que estará enfocado en mostrar cómo es el actual comportamiento de los rellenos sanitarios, analizando cómo es el circuito de ingreso de RSU al mismo, las salidas, los beneficios que se pueden obtener por la utilización de los mismos y su vida útil con la posterior construcción de un nuevo relleno sanitario. El modelo busca generar y mostrar la mejor solución para lograr una desaceleración en completar el ciclo de vida del relleno sanitario.

Teniendo en cuenta que durante el análisis de la información obtenida del relevamiento, entendimos cómo evoluciona la cantidad de RSU dispuestos año tras año, determinamos que era necesario realizar una proyección a futuro del sistema de disposición final para armar el planeamiento necesario y así cumplir con la normativa vigente. En específico como poder cumplir con las metas que propone la Ley 1854/05.

En primera instancia se modeló un diagrama de influencias (Fig. 20) en dónde sólo tomamos las variables necesarias junto a sus interrelaciones para poder representar el actual sistema de disposición final de RSU en CABA. Una vez armado y corroborado procedimos a encontrar cuales eran las variables que generan reacciones dentro del sistema, conocidas como variables de apalancamiento. Éstas variables responden a un estímulo generando distintos escenarios que pueden dar o no con la solución a la problemática actual.

Como primera medida, la disposición de RSU en los rellenos sanitarios es una técnica que según la ley debería quedar obsoleta en pocos años. Es por esto que para lograr cumplimentar con lo dicho se debe disminuir la cantidad de residuos a disponer en los rellenos. Para ello es necesario aumentar la cantidad de residuos tratados y así disminuir la cantidad de residuos sin tratar. Para lograr aumentar la cantidad de residuos tratados es necesario que las plantas de tratamiento del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires aumenten su capacidad o que se generen nuevas plantas. Hoy en día sólo existe una planta de tratamiento mecánico biológico que permite reducir aproximadamente en un 20% la cantidad de residuos a disponer. Además la adopción de este tipo de plantas permite que se puedan generar una mayor cantidad de residuos reciclables de los cuales se pueden obtener



dicha variable tomaba un valor constante pero como vimos en la sección de Relevamiento su valor está afectado por una función polinomial.

Luego el total mensual de residuos a disponer se divide en residuos sin tratar y residuos tratados. Éstos últimos toman un valor acorde a la capacidad actual de reciclaje de las plantas de recuperación y tratamiento en la CABA. Cabe mencionar que dicha capacidad se verá aumentada por la reinversión del dinero obtenido tanto de la venta de residuos reciclados como de la venta de energía eléctrica generada en los rellenos sanitarios. Sin embargo la reinversión dependerá de la decisión política.

Siguiendo el camino de los residuos sin tratar, nos encontramos que éstos van a parar directamente al relleno sanitario pasando previamente por una compactadora. Este proceso hace que de la cantidad de RSU sin tratar que llega, una parte sea dispuesta y la restante queda como sobrante. El sobrante en caso que no sean tratados cuidadosamente termina llegando a basureros ilegales.

Por el lado de los residuos tratados vemos que un porcentaje de los mismos pueden ser recuperados, dada por la capacidad de recuperación existente hoy en día, mientras que el restante se toma como residuo tratado imposible de recuperar el cual es dispuesto en el relleno sanitario junto con los residuos sin tratar compactados.

El relleno sanitario es un recinto que recibe RSU y que como todo recinto tiene una vida útil dada por la capacidad de almacenaje. Cuanto mayor sea la cantidad de RSU generada y dispuesta mayor será también el ritmo de acumulación de RSU en él. Por lo tanto, como se trata de un recinto finito, existe un mecanismo que permita avisar el momento de crear un nuevo relleno sanitario antes que el relleno operativo se sature. Para ello se monitorea la capacidad actual del relleno operativo, y al momento de alcanzar cierto punto de aviso, se comienza con el proceso de construcción de un nuevo relleno sanitario, incluyendo los tiempos necesarios para la adjudicación de un nuevo terreno público y su posterior construcción.

Asimismo existe un aprovechamiento, no explotado al 100%, de los rellenos sanitarios, obteniendo gas combustible para su posterior conversión en biogás y energía eléctrica. La cual puede ser vendida a las empresas de generación eléctrica y obtener así un reditúo económico que sirva como reinversión en la capacidad de reciclaje de las plantas de la CABA.

Los residuos tratados y reciclados también son acumulados para la posterior venta y reinserción en el mercado local. Mediante ésta venta se logra una obtención de dinero, el cual puede ser utilizado para aumentar la capacidad de reciclaje de las plantas de la CABA.

### **6.3 DIAGRAMA DE FORRESTER**

Luego de la confección del diagrama de influencias y el posterior estudio de las variables y relaciones entre las mismas, construimos el siguiente diagrama de Forrester (Fig. 21) con el fin de abandonar el plano meramente cualitativo y comenzar a llenar las variables de forma cuantitativa.



Nombre Variable	Tipo Variable	Unidad	Descripción
Time	Variable Sombra	Mes	Indica el mes en curso en la corrida de la simulación
RSU total en función del PBI	Variable Auxiliar	Tonelada	Cantidad de Residuos a disponer por CABA mensualmente.
Año de comienzo de simulación	Variable Auxiliar	Numérico	Año de comienzo de la simulación
Habilitar reintegro del dinero	Variable Auxiliar	Boolean	Permite alternar entre la opción de reinversión de dinero
Capacidad de reciclaje de Plantas GCBA sin reintegro	Variable Auxiliar	%	Capacidad de reciclaje de residuos en las plantas de CABA
Capacidad de reciclaje de Plantas GCBA con reintegro	Variable Auxiliar   Tabla	%	Capacidad de reciclaje de residuos en las plantas de CABA
Residuo tratado	Variable Auxiliar	Tonelada/Mes	Cantidad de residuo tratado
residuo sin tratar	Variable Auxiliar	Toneladas/Mes	Cantidad de residuo sin tratar
Capacidad de compactación	Variable Auxiliar	%	Capacidad de compactación de las estaciones de transferencia
Basurero ilegal	Variable de Nivel	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos en basureros ilegales
Sobrante	Variable Flujo	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos a ser dispuestos en basureros ilegales
Relleno sanitario utilizado	Variable de Nivel	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos en relleno sanitario activo
RSU entrada	Variable Flujo	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos a ser dispuestos en rellenos sanitarios
Residuo tratado imposible de reciclar	Variable Auxiliar	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos tratados a ser dispuestos en rellenos sanitarios
Capacidad de recuperación de reciclado	Variable Auxiliar	%	Capacidad de obtener residuos reciclados a partir de los residuos tratados
RSU entrada ocupación espacio	Variable Flujo	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos a ser dispuestos en rellenos sanitarios
Espacio relleno sanitario	Variable de Nivel	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos dispuestos acumulados
Acumulador de RSU en espacio	Variable Flujo	Toneladas/Mes	Disparador que vacía el relleno sanitario activo
Capacidad actual	Variable Auxiliar	%	Representación de un relleno sanitario en un momento dado
Capacidad relleno sanitario	Variable Auxiliar	Toneladas	Capacidad de un relleno sanitario
Delay construcción nuevo espacio	Variable Auxiliar	Delay	Tiempo para construir un nuevo espacio de relleno

Nombre Variable	Tipo Variable	Unidad	Descripción
Alerta de construcción	Variable Auxiliar	Boolean	Indicador sobre el alerta para construir un nuevo espacio de relleno
Necesidad de nuevo espacio	Variable Auxiliar	Boolean	Determina cuando crear un nuevo espacio de relleno
Construcción de nuevo espacio	Variable Auxiliar	Toneladas	Construcción del nuevo espacio de relleno
Capacidad relleno obtención gas	Variable Auxiliar	%	Capacidad de obtener biogás a partir del relleno sanitario
M3 de biogás a partir de los desechos	Variable Auxiliar	Metro Cúbico	Cantidad de gas generado a partir de los RSU en el relleno sanitario
Capacidad actual en plantas de energía eléctrica	Variable Auxiliar	Watts	Capacidad máxima de generación de energía eléctrica a partir del biogás
Residuos reciclados	Variable de Nivel	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos reciclados
Residuos apto reciclaje	Variable Flujo	Toneladas/Mes	Cantidad de residuos a ser reciclados
Valor Tn residuo reciclado	Variable Auxiliar	Pesos	Valor medido en pesos argentinos por tonelada de RSU reciclada
Producción de energía eléctrica	Variable Auxiliar	Kilowatts	Cantidad de energía eléctrica producida a partir del biogás
Rendimiento del biogás	Variable Auxiliar	KW/M3	Cantidad de KW generados a partir de 1 Metro cubico de biogás
Acumulador dinero por residuos reciclados	Variable Auxiliar	Pesos	Cantidad de dinero acumulado por venta de residuos reciclados
Acumulador dinero por energía eléctrica	Variable Auxiliar	Pesos	Cantidad de dinero acumulado por venta de energía eléctrica
Precio por KW	Variable Auxiliar	Pesos	Valor medido en pesos argentinos por KW de energía eléctrica generada

## 6.5 MÓDULOS

### 6.5.1 MÓDULO DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS EN RELLENO

#### SANITARIO

Si analizamos rápidamente el modelo final que presentamos, podremos notar que dentro de ese sistema conviven distintos módulos. La interacción entre los mismos produce el resultado final de lo que vemos en el diagrama y nos permite identificar que tan acoplados están dichos módulos. Más adelante realizaremos pruebas de sensibilidad con el fin de

identificar aquellas variables de apalancamiento que permiten alterar significativamente el comportamiento del sistema al incrementar o disminuir sus valores cuantitativos.

El módulo sobre el cual pusimos foco al iniciar este trabajo de investigación, es el que contiene la variable de nivel “Relleno Sanitario Utilizado”. Esta variable es alimentada por los RSU que entran mensualmente, y nos permite analizar la evolución del espacio ocupado del relleno. Además, el diagrama predice el punto de necesidad de construcción de un nuevo espacio de relleno. Esto trae aparejado un problema adicional, pues el nuevo espacio de relleno sanitario deberá estar disponible para su uso al momento en que el espacio actual alcance una saturación completa del mismo. Utilizando datos que nos fueron proporcionados por la biblioteca del CEAMSE, construimos este sub-módulo con el fin de representar de forma real la necesidad detectada de crear un nuevo espacio de relleno, el tiempo que se demora en construirlo, la capacidad del mismo y la capacidad del relleno actual al momento en que se dispara una alerta de construcción de un nuevo relleno.

Continuando el análisis de este módulo o subsistema, podremos identificar que no todos los RSU son reciclados o dispuestos finalmente en rellenos sanitarios. Es preocupante ver como una parte interesante de los residuos no tratados a ser dispuestos, termina siendo arrojada en basureros ilegales. Aquellos RSU que no son recolectados, tratados, que no pudieron llegar a ser compactados en las estaciones de transferencia o simplemente pasaron a formar parte de la merma de las estaciones de transferencia, terminan siendo arrojados en basureros ilegales. Actualmente existen cientos de basureros ilegales en CABA y en toda la provincia de Buenos Aires, sumando cientos de miles de toneladas de RSU. Esas toneladas de RSU ocupan un volumen importante y por supuesto las superficies que abarcan crecen cada vez más, generando villas de emergencia a sus alrededores. Estos basureros ilegales contaminan la superficie de la tierra, las napas de agua y el espacio aéreo con el gas metano expulsado sin tratar.

Por último, los valores de entrada de los RSU tratados y sin tratar no deben su incremento al aumento de la población en sí, sino que el origen de sus variaciones en los flujos de entrada se debe a la variación del Producto Bruto Interno del país. Este es un aspecto positivo de utilizar un enfoque sistémico, ya que antiguamente se creía que el incremento de RSU anual se debía al incremento de la población como tal, cuando en realidad puede

demostrarse fácilmente que las variaciones en la generación de RSU se deben principalmente a las fluctuaciones del PBI.

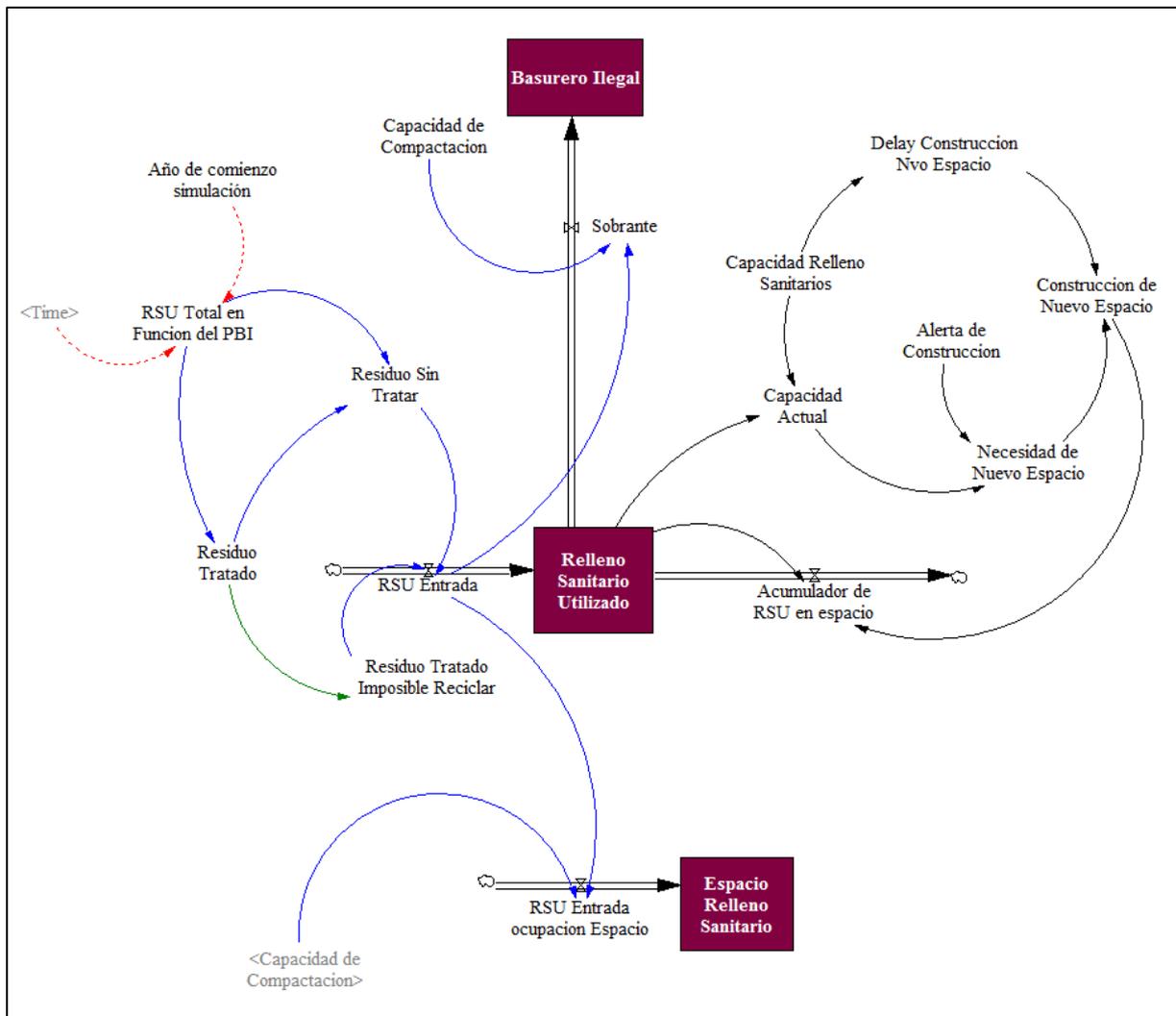


Figura 22. Módulo de disposición de residuos en relleno sanitario

### 6.5.2 MÓDULO DE OBTENCIÓN DE BIOGÁS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El siguiente modulo a analizar demuestra el tratamiento de los RSU luego de haber sido dispuestos en los rellenos sanitarios. Todo aquello que fue depositado en un relleno, haya sido tratado o no, produce naturalmente emanaciones y líquidos que se acumulan. Dichos líquidos se denominan lixiviados y son aquellos que se filtran en las napas subterráneas gracias a la acción de las lluvias. Por otra parte, cuando la materia orgánica se descompone

bajo condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno) da lugar a la producción de biogás. El biogás está compuesto por metano y dióxido de carbono, fundamentalmente el primero es considerado gas de efecto invernadero, razón por la cual su utilización reviste doble importancia. El sistema de obtención está compuesto por un conjunto de pozos de captación de biogás, una red de conductos de colección y transporte del mismo. Este combustible previamente acondicionado, alimenta a motores a gas los cuales se encuentran acoplados a generadores de energía eléctrica.

Mediante este proceso se instalaron dos Centrales a biogás, “San Martín Norte III-A” por un total de 5,1 MW, a partir del 25 de mayo de 2012 y “San Miguel Norte III-C” de 11,5 MW, desde el 05 de octubre de 2012.

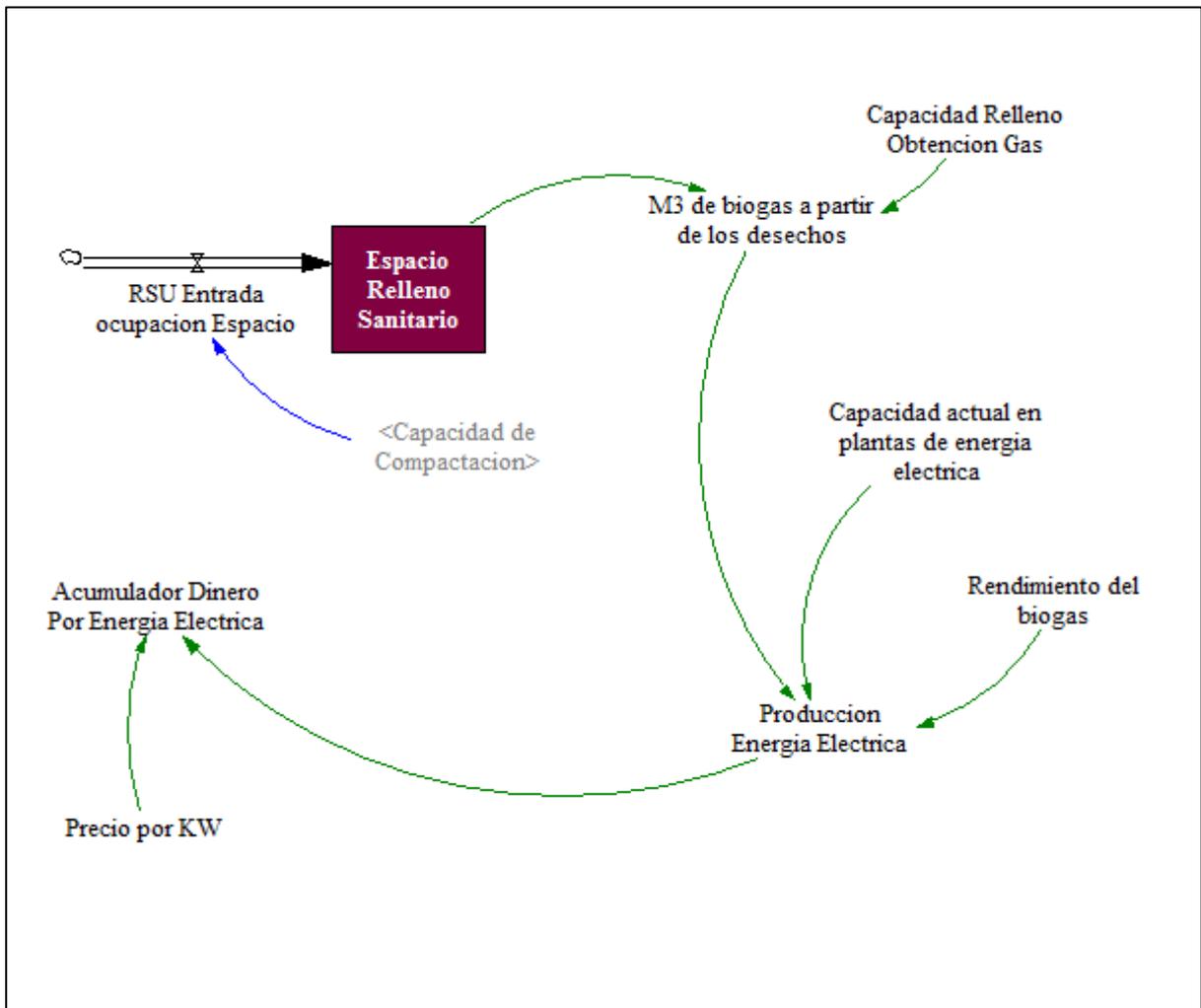


Figura 23. Módulo de obtención de biogás y generación de energía eléctrica.

### 6.5.3 MÓDULO DE RECICLAJE

El último subsistema del modelo abarca todo lo concerniente al reciclaje de RSU y sus factores condicionantes. La cantidad final de RSU a disponer en los rellenos sanitarios está estrechamente vinculada con la capacidad que tiene el sistema integral de gestión de residuos para reciclar los RSU que se generan a diario. Del total del flujo entrante de residuos, una parte no puede ser tratada y se lleva a las estaciones de transferencia, pero un porcentaje de ese total puede ser separado y reciclado. La capacidad de recuperación de RSU a ser reciclados es una variable muy interesante, la cual depende de las decisiones políticas que se tomen para poder incrementar su valor (es decir, aumentar la capacidad de reciclaje de RSU). Para esto se necesita inversión, publicidad y una toma de conciencia colectiva, lograr que el uso de materiales reciclables en la vida cotidiana sea algo mandatorio y sustituir aquellos que no permiten ser tratados y reciclados.

No solo es importante el reciclaje para disminuir la cantidad de RSU a disponerse en rellenos sanitarios, sino que la actividad en si misma conlleva a generar ingresos económicos por la venta de los materiales reciclados como materia prima. La actividad como tal no está pensada para generar un rédito para el Gobierno de la Ciudad, sino para alcanzar los fines mencionados anteriormente. Las ganancias que pueda proveer dicha actividad deberán ser utilizadas como reinversión para aumentar la capacidad de las plantas de tratamiento y reciclaje.

Alcanzar los objetivos propuestos por la Ley de basura cero no es algo imposible, pero se necesita esfuerzo, inversión y una toma de conciencia, no solo por parte del Gobierno de la ciudad, sino también de sus habitantes. Aumentar la capacidad de reciclaje y disminuir las toneladas a disponer en rellenos sanitarios es lo que se busca demostrar con este modelo.

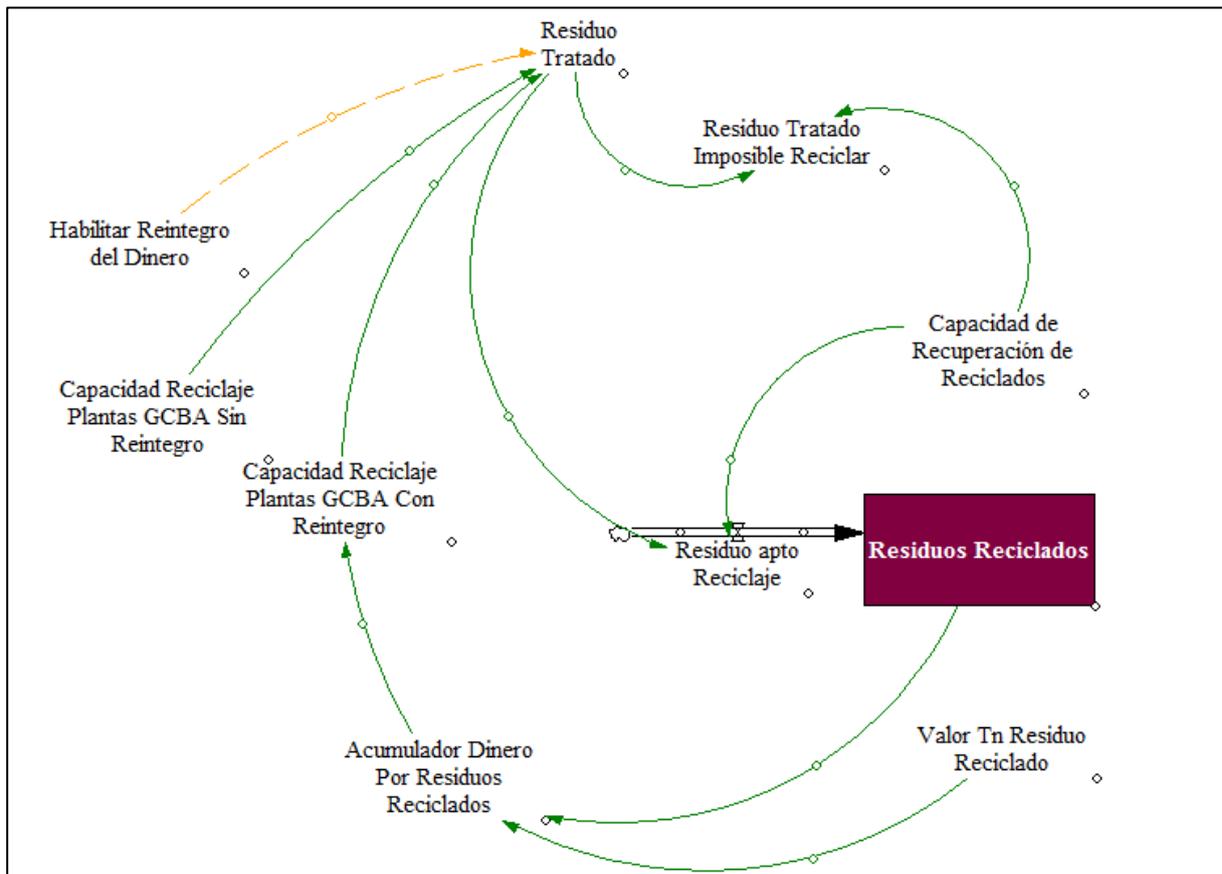


Figura 24. Módulo de reciclaje

## 7. RESULTADOS

En esta sección explicaremos en primera instancia cómo se comporta el modelo sobre la base actual del sistema de disposición final de residuos en la CABA. Esta situación actual será nuestro caso base de estudio.

Luego, plantearemos tres escenarios los cuales serán comparados contra el caso base para poder lograr un análisis de los resultados arrojados por el modelo. En los escenarios haremos foco en las distintas variables de apalancamiento para poder demostrar cuales son los pasos a seguir para cumplimentar con los objetivos propuestos en las leyes vigentes.

Los tres escenarios a plantear son:

- Aumento de la capacidad de las plantas de reciclaje en un 30% extra.
- Aumento de la capacidad de las plantas de reciclaje debido a la reinversión del dinero obtenido.
- Aumento de la capacidad de las plantas de reciclaje a su potencia máxima, escenario utópico.

### 7.1 SITUACION ACTUAL

Como mencionamos anteriormente la principal y única entrada de nuestro modelo se basa en la cantidad de RSU a ser dispuestos en la CABA. Esta variable relacionada a la generación de RSU en la CABA será la misma para todos los escenarios y responde bajo la curva de ajuste calculada en la sección de análisis de los datos dentro del relevamiento.

En la Figura 25 vemos como evoluciona la generación de RSU a ser dispuestos y luego en la Figura 26 los valores actuales (año 2014) y máximos al cabo de 15 años de simulación.

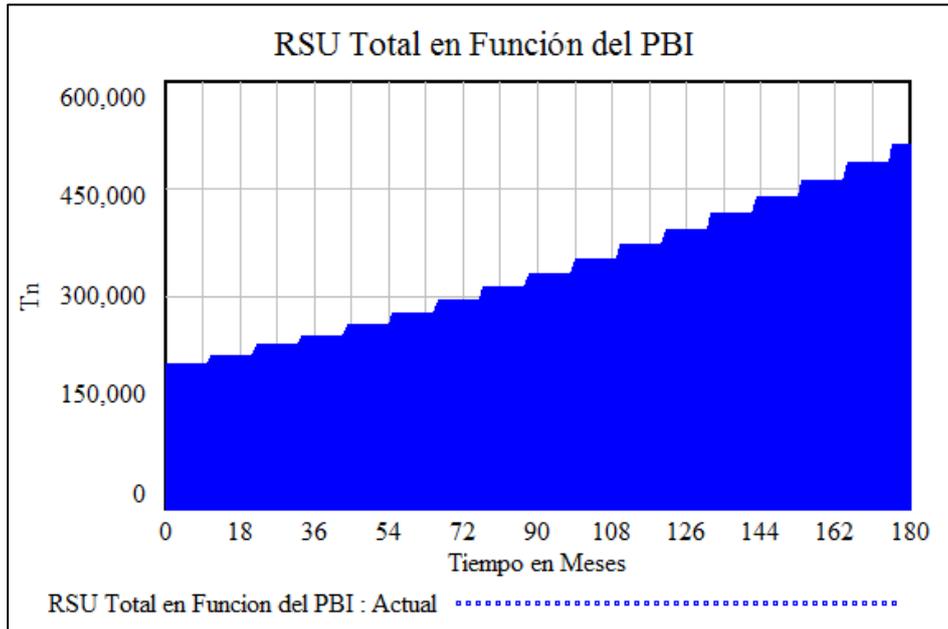


Figura 25. Evolución del RSU generado mensualmente en base al PBI

Time (Month)	"RSU Total en Funcion del PBI" Actual	RSU Total en Funcion del PBI
0	201728	201728
1	201728	201728
2	201728	201728
3	201728	201728
4	201728	201728
5	201728	201728
6	201728	201728
7	201728	201728
8	201728	201728
175	486741	486741
176	512341	512341
177	512341	512341
178	512341	512341
179	512341	512341
180	512341	512341

Figura 26. Valores actuales y máximos de RSU generado mensualmente en base al PBI

Continuando con el análisis, la siguiente variable a analizar entonces sería: el comportamiento del relleno sanitario con respecto a las cantidades de RSU que van arribando al mismo.

Para ello analizaremos cómo se comportan los residuos tratados y los residuos sin tratar. Recordemos que los residuos tratados dependen de la capacidad de reciclaje la cual en el caso base está en un 20% del total de los residuos que le llegan mientras que el 80% restante compone a los residuos sin tratar.

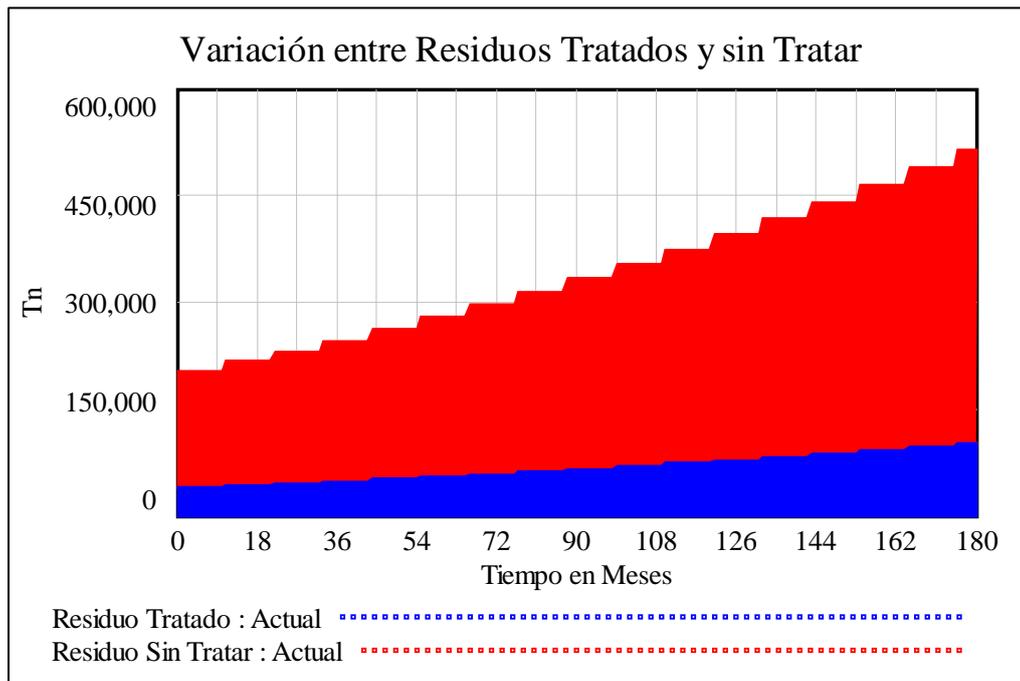


Figura 27. Comparación entre Residuos Tratados y Sin Tratar

Como vemos en la figura anterior (Fig. 27) a medida que el tiempo va avanzando la discrepancia entre las cantidades de residuos se hace cada vez mayor.

A pesar de todo, la cantidad de RSU a ser dispuesta en un relleno sanitario tendrá dos fuentes de entrada:

- Los residuos tratados imposibles de ser reciclados serán una fuente de ingreso, ya que no todo residuo tratado es posible de ser reciclado.
- Los residuos sin tratar son vertido íntegramente sobre el relleno sanitario.

En la Figura 28 se logra identificar como se va componiendo el RSU de entrada mediante la suma de las cantidades provenientes del RSU tratado y RSU sin tratar.

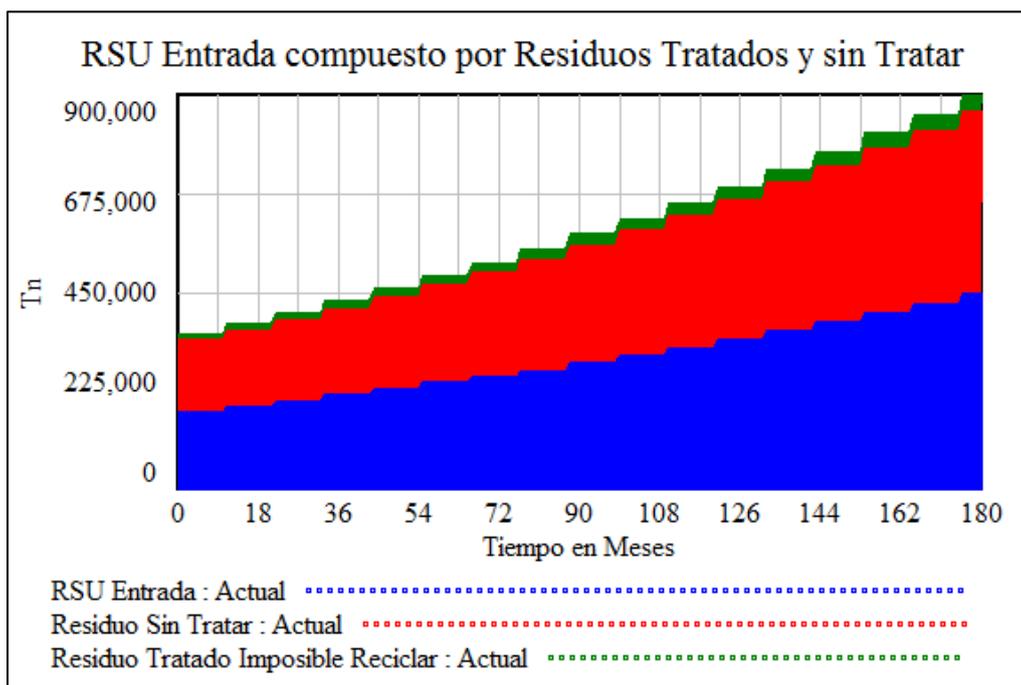


Figura 28. Composición de RSU de Entrada

En la siguiente figura (Fig. 29) demostramos numéricamente lo que vemos en la anterior figura (Fig. 28).

Time (Month)	0	1
Selected Variables Runs:	Actual	
Residuo Sin Tratar	161382	161382
Residuo Tratado Imposible Reciclar	14927.9	14927.9
RSU Entrada	176310	176310

Figura 29. Composición de RSU de Entrada – Parte 2

Si sumamos la cantidad de Residuo Sin Tratar con la cantidad de Residuo Tratado imposible de Reciclar obtenemos el valor del RSU Entrada

Una vez entendido como es la evolución del ingreso de residuos al relleno sanitario continuamos con el análisis de cómo será la vida útil del mismo y el comportamiento de las variables auxiliares que permitirán generar nuevos espacios en caso que el operativo llegue a su fin.

En la siguiente figura (Fig. 30) vemos como es el ritmo de crecimiento de los RSU dispuestos en el relleno, y como, gracias al accionar del alerta de necesidad de nuevo espacio por saturación, entra en juego la construcción de un nuevo relleno sanitario.

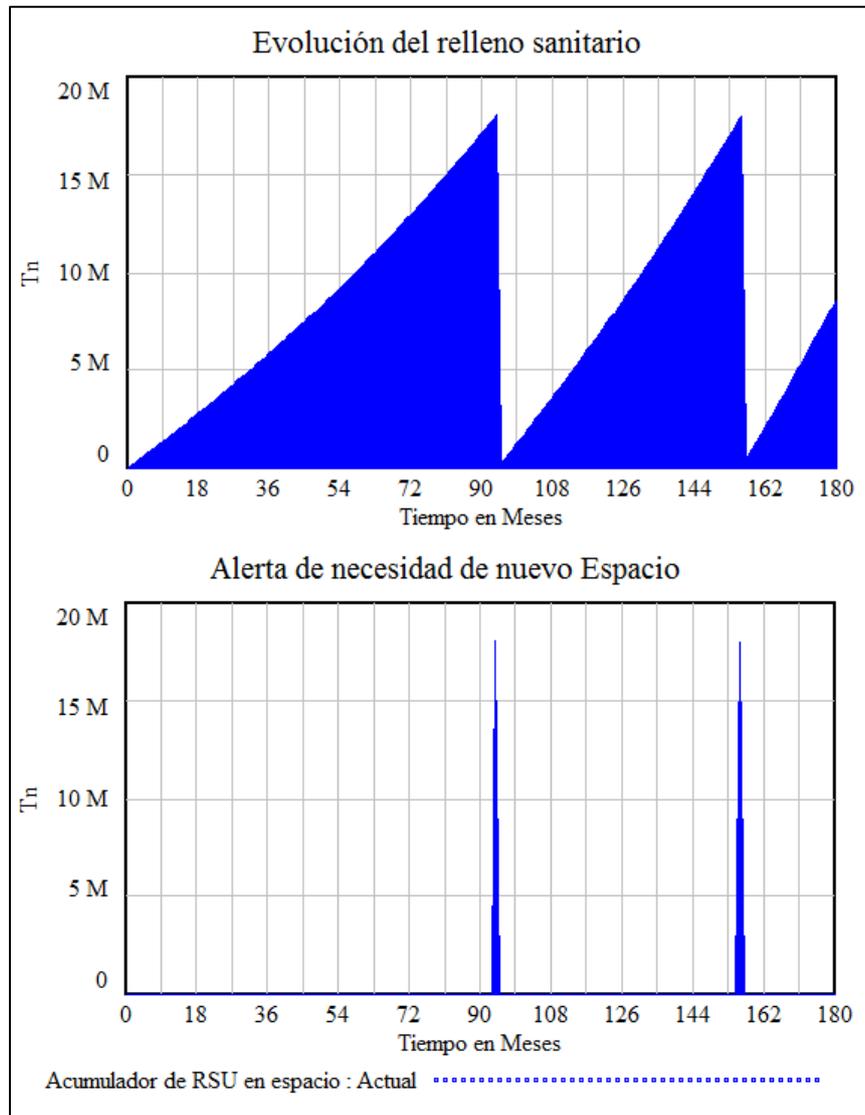


Figura 30. Evolución del relleno sanitario vs Alerta de necesidad de nuevo espacio.

Podemos observar que tanto en el mes noventa y cuatro como en el ciento cincuenta y siete se dispara la construcción de un nuevo relleno sanitario debido a que el actual operativo ya está en el límite de su capacidad (dieciocho millones de toneladas).

Éste resultado es sin dudas la mayor evidencia para demostrar que los planes que el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para reducir la disposición final de

residuos no está funcionando de la manera correcta. Primero, debido a que los rellenos sanitarios se espera que tengan una vida útil de aproximadamente 10 años y segundo dado que no se está cumpliendo con lo que la ley de basura cero exige.

Asimismo, utilizando sólo el 20% de capacidad de reciclaje se obtiene una gran cantidad de residuos reciclados a los cuales se les puede sacar provecho económico.

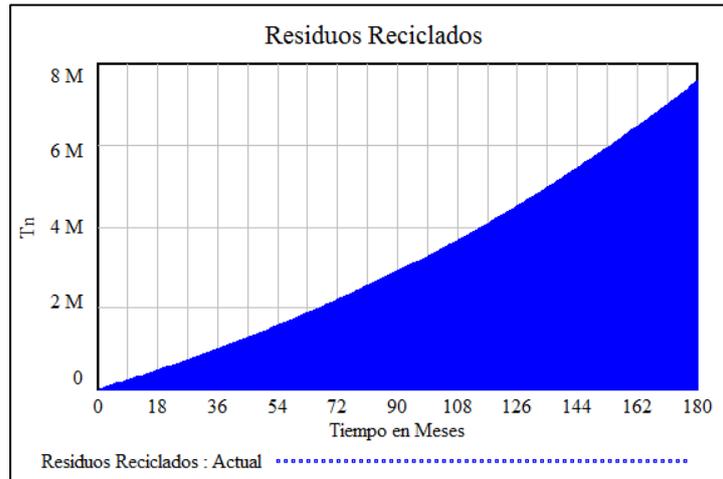


Figura 31. Residuos Reciclados con capacidad al 20%

Sin embargo hoy en día el dinero obtenido por la venta de residuos reciclados y por la producción de energía eléctrica no está siendo reinvertido en el sistema de disposición final.

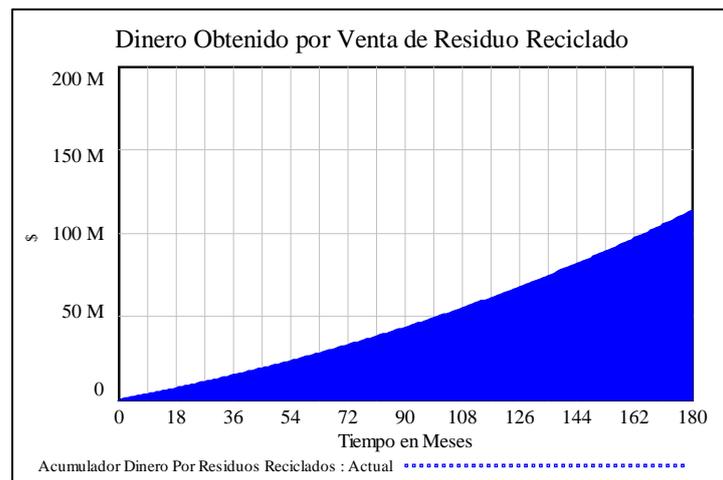


Figura 32. Dinero obtenido por venta de residuos reciclados

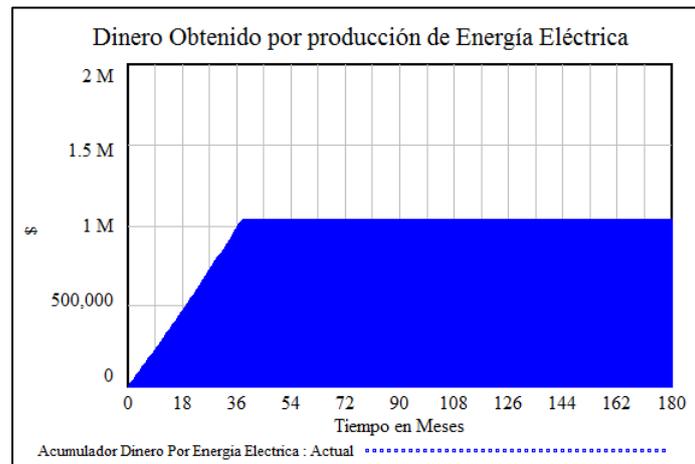


Figura 33. Dinero obtenido por producción de energía eléctrica

El dinero obtenido a través de la producción de energía eléctrica se ve truncado por la capacidad existente en las plantas de tratamiento de biogás y generación de energía eléctrica. Sin lugar a dudas, si las mismas pudieran ser ampliadas el rendimiento económico sería mucho mayor.

Por otra parte el dinero generado por la venta de residuos reciclados hoy en día está siendo utilizado para sostener y mantener el relleno sanitario en cambio de ser reinvertido en mejoras para la capacidad de reciclaje.

## 7.2 ESCENARIOS

### 7.2.1 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE RECICLAJE EN UN 30% EXTRA

Como vimos en la situación actual, el cumplimiento de las metas y objetivos propuestos por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires son imposibles de alcanzar.

Es por eso que aumentaremos la capacidad de las plantas de reciclaje un 30% extra, llevando su capacidad total al 50% desde el momento cero.

Además se aumentará la capacidad de obtención de RSU reciclados a partir de los RSU tratados en un 7% quedando con una capacidad operativa del 70% sobre el total de los RSU tratados.

La evolución de los RSU a disponer en la CABA sigue siendo la misma, como ya explicamos anteriormente, éstos son una variable independiente del modelo en sí y sólo sirve de entrada.

En la figura siguiente (Fig. 34) vemos como ha disminuido la cantidad de residuos sin tratar y por consecuencia como ha aumentado la cantidad de residuos tratados en comparación con la situación actual.

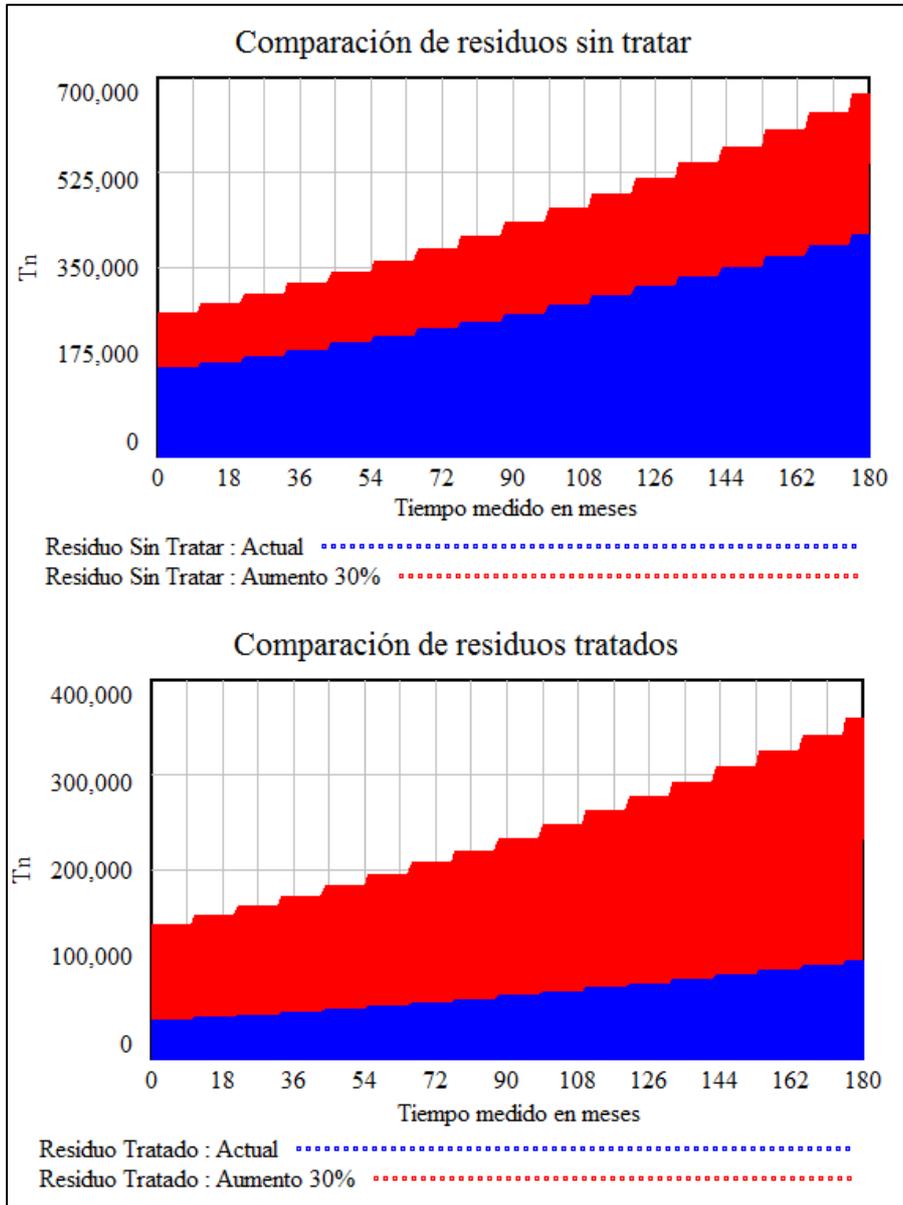


Figura 34. Comparación de residuos tratados y sin tratar entre situación actual y escenario con aumento del 30% de la capacidad de reciclaje

Sin embargo, a pesar de haber aumentado la capacidad de obtención de residuos reciclados, la cantidad de residuos tratados imposibles de reciclar también aumentó. Esto es

debido a que se ha incrementado la capacidad de reciclaje de residuos en un mayor porcentaje que la capacidad de recuperación de los RSU tratados.

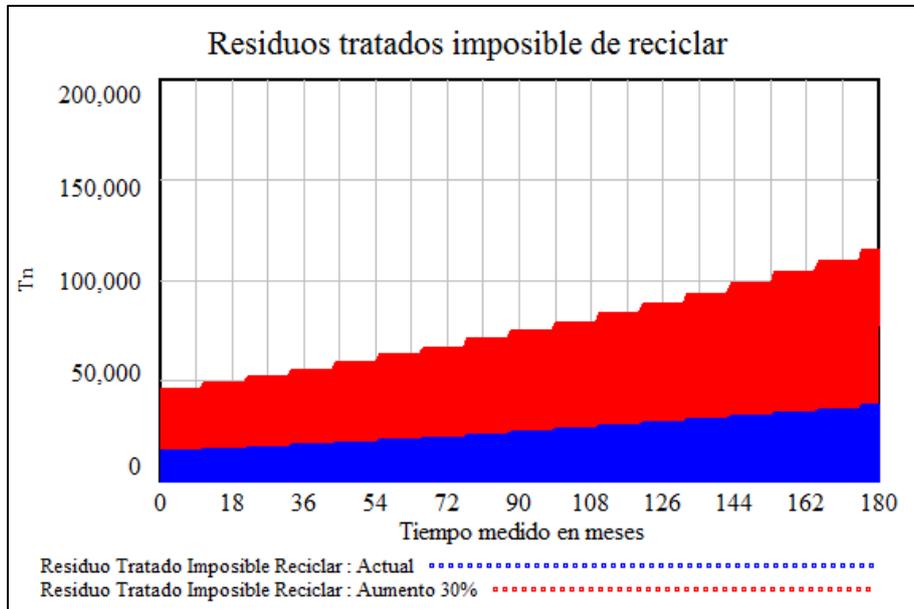


Figura 35. Comparación de residuos tratados imposible de reciclar.

Igualmente como veremos a continuación la cantidad de RSU ingresada en el relleno sanitario se ve reducida en un gran porcentaje.

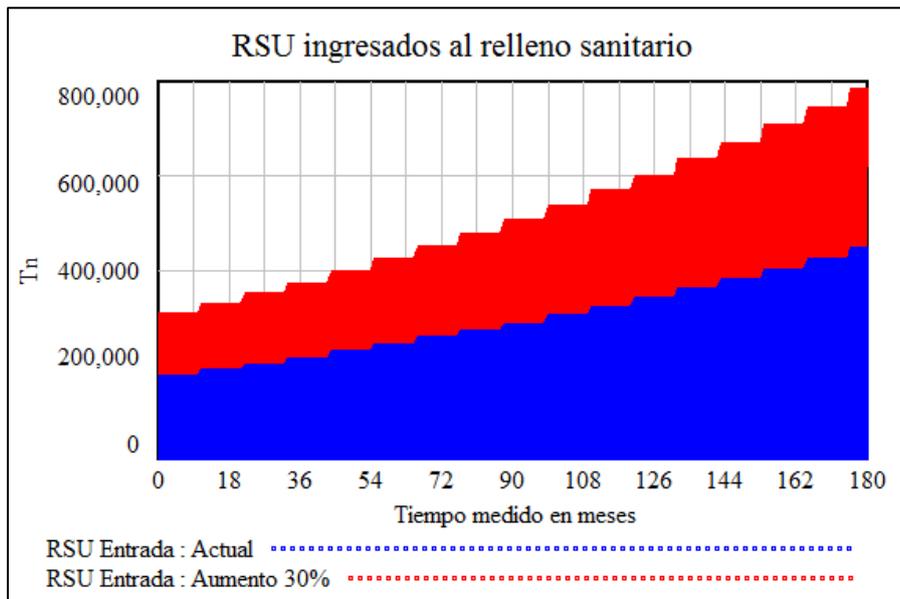


Figura 36. Comparación de RSU ingresados al relleno sanitario

Continuando con el análisis nos encontramos con el punto neurálgico de nuestro modelo. La evolución del relleno sanitario ahora estará marcada por los nuevos datos ingresados teniendo un nuevo comportamiento.

La figura (Fig. 37) detalla la diferencia en el ritmo de crecimiento de los RSU dispuestos en el relleno, y como, gracias al accionar del alerta de necesidad de nuevo espacio por saturación, entra en juego la construcción de un nuevo relleno sanitario.

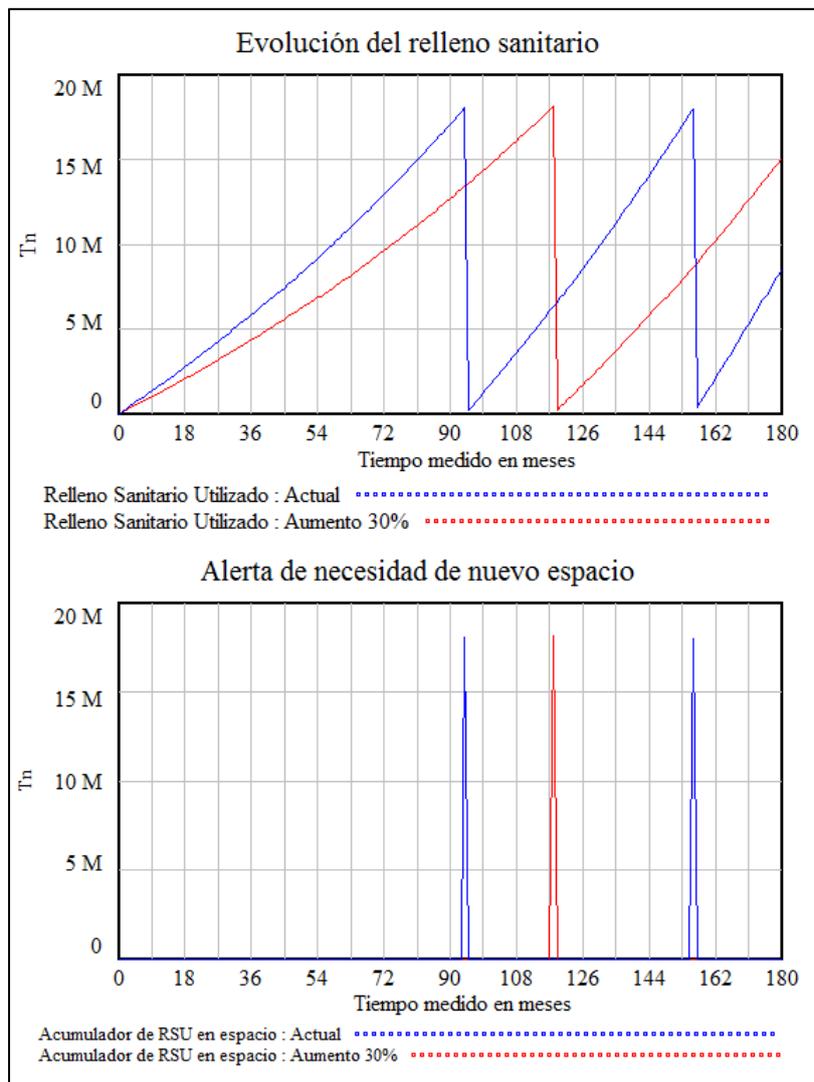


Figura 37. Comparación de la evolución del relleno sanitario vs Alerta de construcción de nuevo relleno entre el caso base y el escenario de aumento de 30% en capacidad de reciclaje.

Como vemos en la comparación el aumento de la capacidad de reciclaje sumado al aumento de la capacidad de reciclar más residuos tratados hicieron que el tiempo que tarde en

llenarse el relleno sanitario se eleve. Específicamente en el mes ciento dieciocho se empezaría a construir un nuevo relleno sanitario. Este aumento hizo que la vida del relleno sanitario sea la esperada.

A su vez, en lo que respecta al apartado económico notamos que la cantidad de dinero ingresado por venta de biogás disminuye ya que la cantidad de residuos en rellenos sanitarios es menor y es de esos residuos desde donde se obtiene el biogás. Por otra parte, la cantidad de residuos reciclados aumentó haciendo que el ingreso por venta de residuos reciclados también aumente notoriamente. (Fig. 38 y Fig. 39)

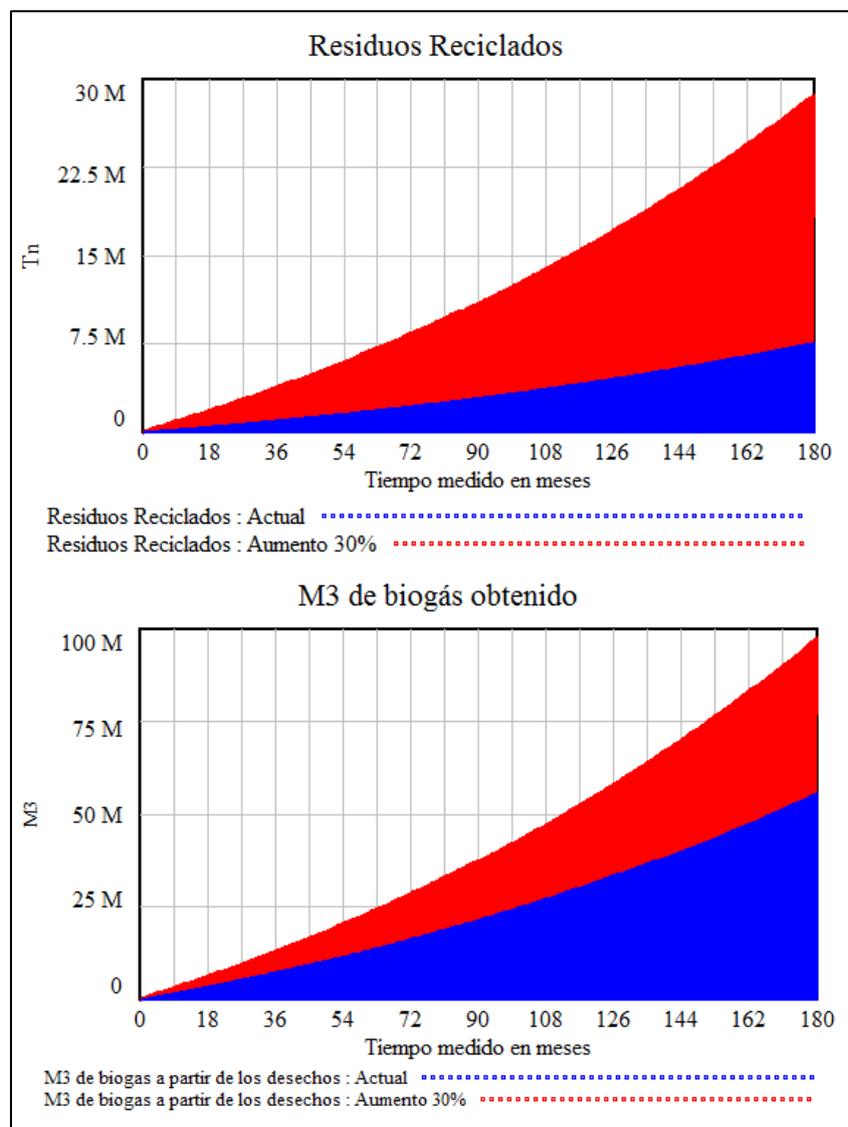


Figura 38. Comparación de los residuos reciclados obtenidos y metros cúbicos de biogás

obtenido entre el caso base y el escenario de aumento de capacidad de reciclaje en plantas de un 30%

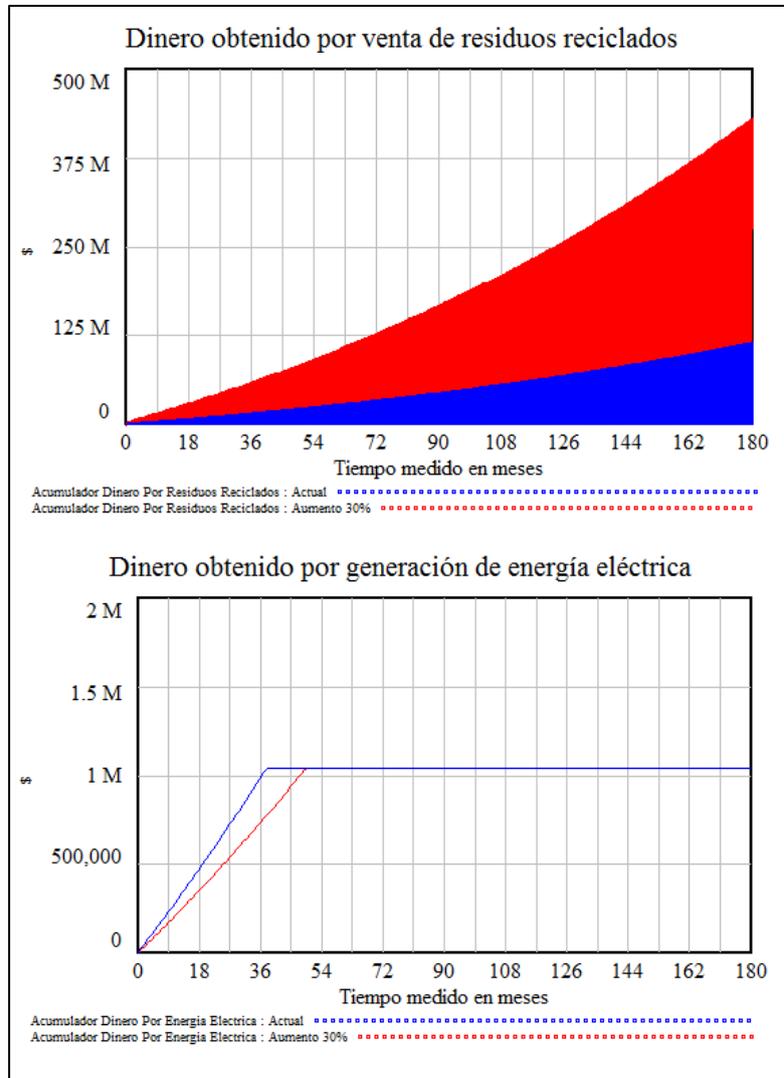


Figura 39. Comparación de dinero obtenido tanto por venta de residuos reciclados como por generación de energía eléctrica.

La diferencia de dinero respecto a la venta de residuos es bastante amplia dado que el aumento de residuos reciclados también aumentó de manera considerable.

El dinero obtenido por generación eléctrica es menor pero dado que se llega a la capacidad máxima de generación de energía la diferencia no es muy notoria. Igualmente el modelo responde de manera adecuada al cambio propuesto.

### **7.2.2 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE RECICLAJE DEBDO A LA REINVERSIÓN DE DINERO OBTENIDO**

En este nuevo escenario se planteará la situación hipotética en la cual el Gobierno decida reinvertir el dinero obtenido por la venta de residuos reciclados y la producción de energía eléctrica en nueva capacidad de reciclaje. Dicha capacidad comenzará a trabajar al 20% de su capacidad que es como está actualmente y a medida que se genere dinero irá aumentando su poder.

Además la capacidad de obtención de RSU reciclados a partir de los RSU tratados tendrá una capacidad operativa del 70% sobre el total de los RSU tratados.

La evolución de los RSU a disponer en la CABA sigue siendo la misma, como ya explicamos anteriormente, éstos son una variable independiente del modelo en sí y sólo sirve de entrada.

Dada la particularidad de la dependencia que tiene los residuos tratados con la capacidad de reciclaje de las plantas y éstas con el dinero reinvertido vemos como en un comienzo la cantidad de residuos tratados es similar al planteado en la situación actual y a medida que el dinero va ingresando como reinversión éstos aumentan hasta el punto que todos los residuos a disponer sean tratados debido a que se ha obtenido el 100% de la capacidad de reciclaje.

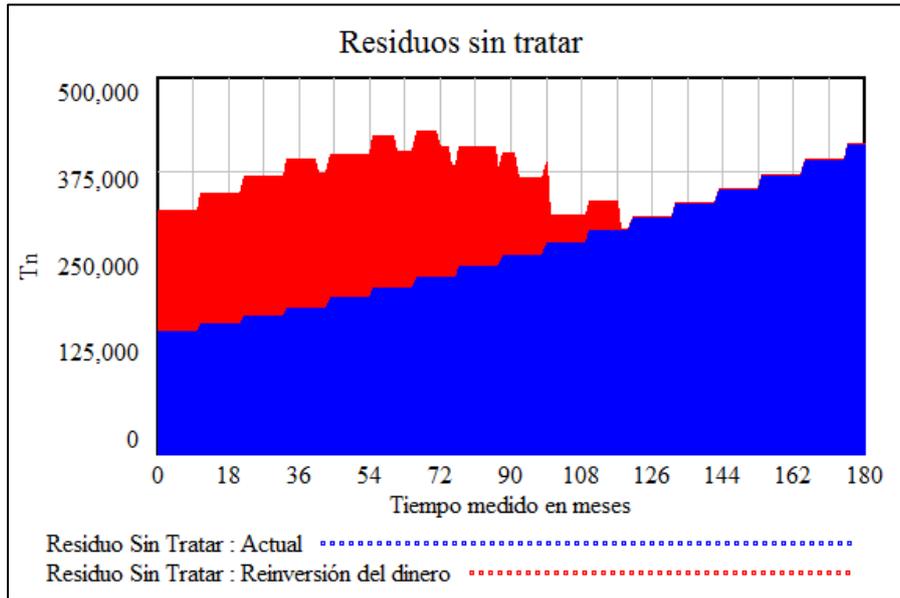


Figura 40. Comparación de Residuos sin tratar entre situación actual y escenario con reinversión del dinero obtenido.

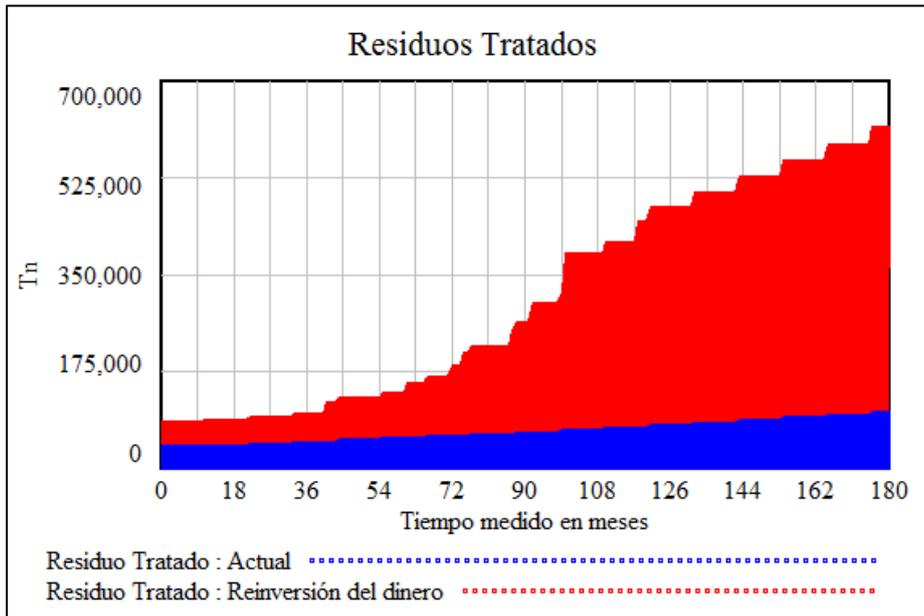


Figura 41. Comparación de Residuos tratados entre situación actual y escenario con reinversión del dinero obtenido.

En la Figura 40 vemos como la cantidad de residuos sin tratar con reinversión de dinero se asemeja a la cantidad de residuos sin tratar del caso base. La diferencia aparece cuando la reinversión comienza a dar sus frutos haciendo que la cantidad vaya disminuyendo hasta ser cero.

En la Figura 41 en cambio, vemos como la cantidad de residuos tratados va incrementando a medida que el dinero se va reinvertiendo, en un principio la cantidad es casi la misma mientras que a medida que el tiempo avanza y el dinero es reinvertido la diferencia es notable entre un escenario y otro.

Al igual que sucedió en el escenario anterior, pese a haber aumentado la capacidad de recuperación de residuos reciclados, la cantidad de residuos tratados imposibles de reciclar también aumentó. Además veremos que cuando la capacidad de reciclaje llegue al 100% el aumento será lineal dado que la capacidad de recuperación se mantiene estable a lo largo de toda la simulación.

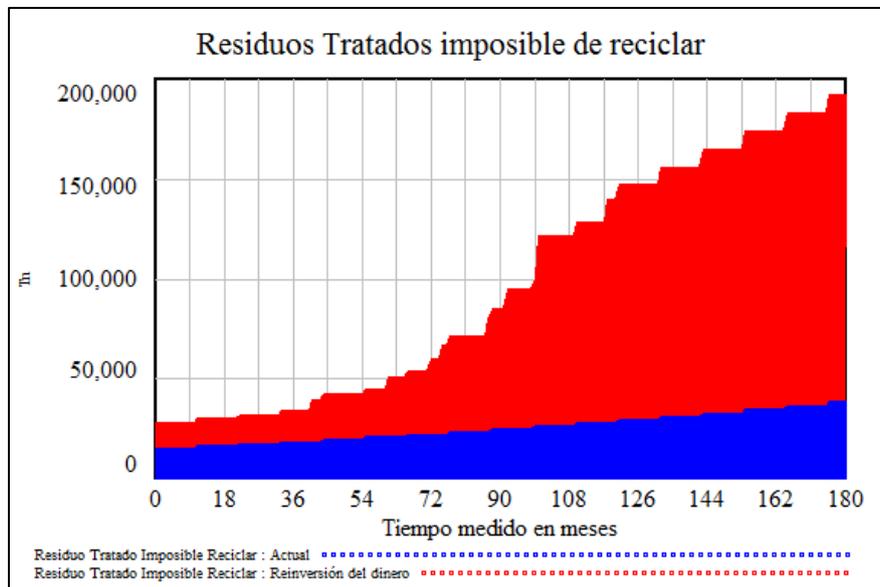


Figura 42. Comparación de residuos tratados imposibles de reciclar entre caso base y escenario con reinversión de dinero.

Asimismo, la cantidad de RSU a ser dispuesta en el relleno sanitario es muchísimo menor que en el caso base. Basta con ver la siguiente figura (Fig. 43) para dar cuenta de lo que mencionamos.

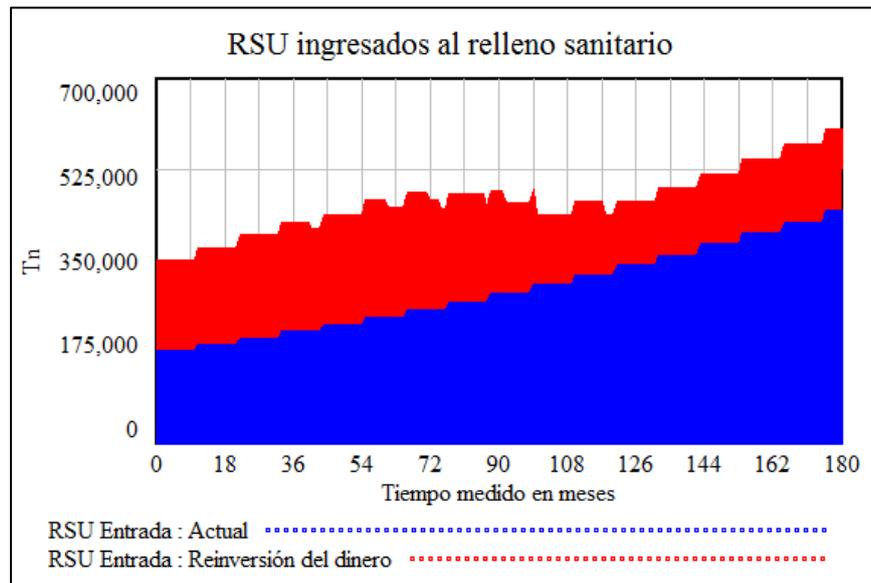


Figura 43. Comparación de residuos ingresados al relleno sanitario entre caso base y escenario con reinversión de dinero.

Del mismo modo, la vida útil del relleno sanitario operativo se verá fuertemente afectada a medida que el dinero de la reinversión vaya surtiendo efecto en la capacidad de reciclaje de las plantas.

Por lo tanto, como detallamos en la siguiente figura (Fig. 44) la curva de disposición de residuos no es lineal como en el caso base sino todo lo contrario, a medida que el tiempo avanza la curva muestra una caída en el volumen de residuos dispuestos. Además veremos también el momento en el cual la alerta de necesidad de nuevo espacio es disparada.

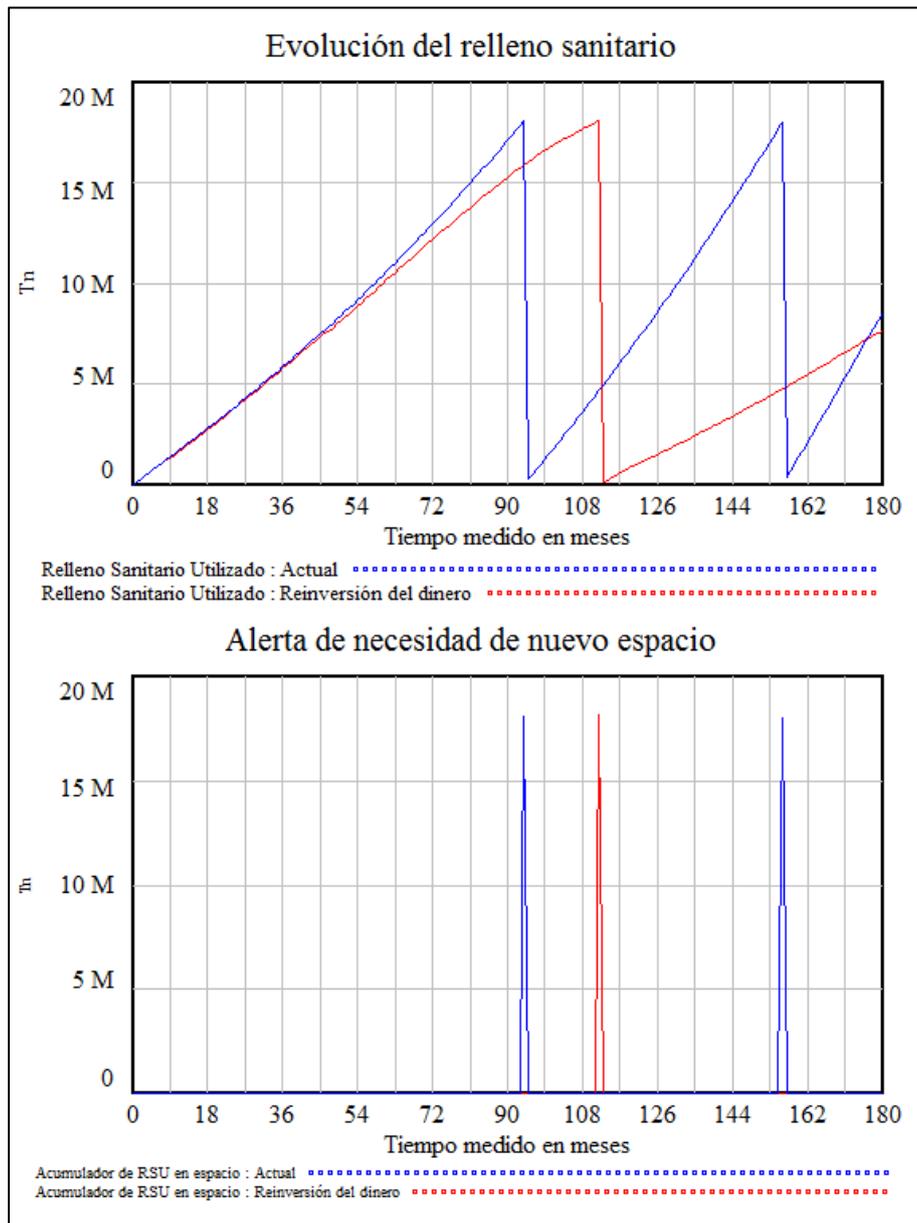


Figura 44. Comparación de la evolución del relleno sanitario vs Alerta de construcción de nuevo relleno entre el caso base y el escenario con reinversión de dinero.

Nuevamente vemos como la reinversión del dinero tiene un efecto inmediato sobre la vida útil del relleno sanitario. Además, gracias a la constante mejora de la capacidad de reciclaje, la vida útil del relleno será ampliada hasta llegar al tope de la capacidad de reciclaje. Al llegar ese punto, la otra variable que se debería rever es la de capacidad de recuperación de residuos.

A diferencia del caso base que en el transcurso de ciento ochenta meses se tuvieron que construir dos rellenos sanitarios, con el escenario planteado sólo vemos un alerta de necesidad de nuevo espacio y ésta se da en el mes ciento doce. Si tenemos en cuenta que la vida útil de un relleno se estipula en diez años estaríamos casi cumpliendo con el objetivo y eso que sólo se tuvo en cuenta el dinero reinvertido del mismo proceso de disposición y no cualquier otro tipo de ingreso.

Luego, continuando con el análisis podemos observar que la cantidad energía eléctrica producida es la misma que en el caso base. Esto es debido a que si bien la cantidad de residuos en el relleno sanitario disminuyó gracias a las efectivas técnicas de obtención de biogás y a la poca capacidad de las plantas actuales se llega muy rápido al umbral de energía a ser procesada y por lo tanto a la misma cantidad de dinero obtenida.

Aunque la cantidad de metros cúbicos de biogás generado es menor la cantidad de dinero obtenida sigue siendo la misma.

Sin embargo, la diferencia es muy notoria cuando hablamos de la cantidad de residuos reciclados obtenido y del dinero que esto genera. Es muy fácil de identificar cuan bien resulta para este circuito de retroalimentación el dinero reinvertido. (Fig. 45)

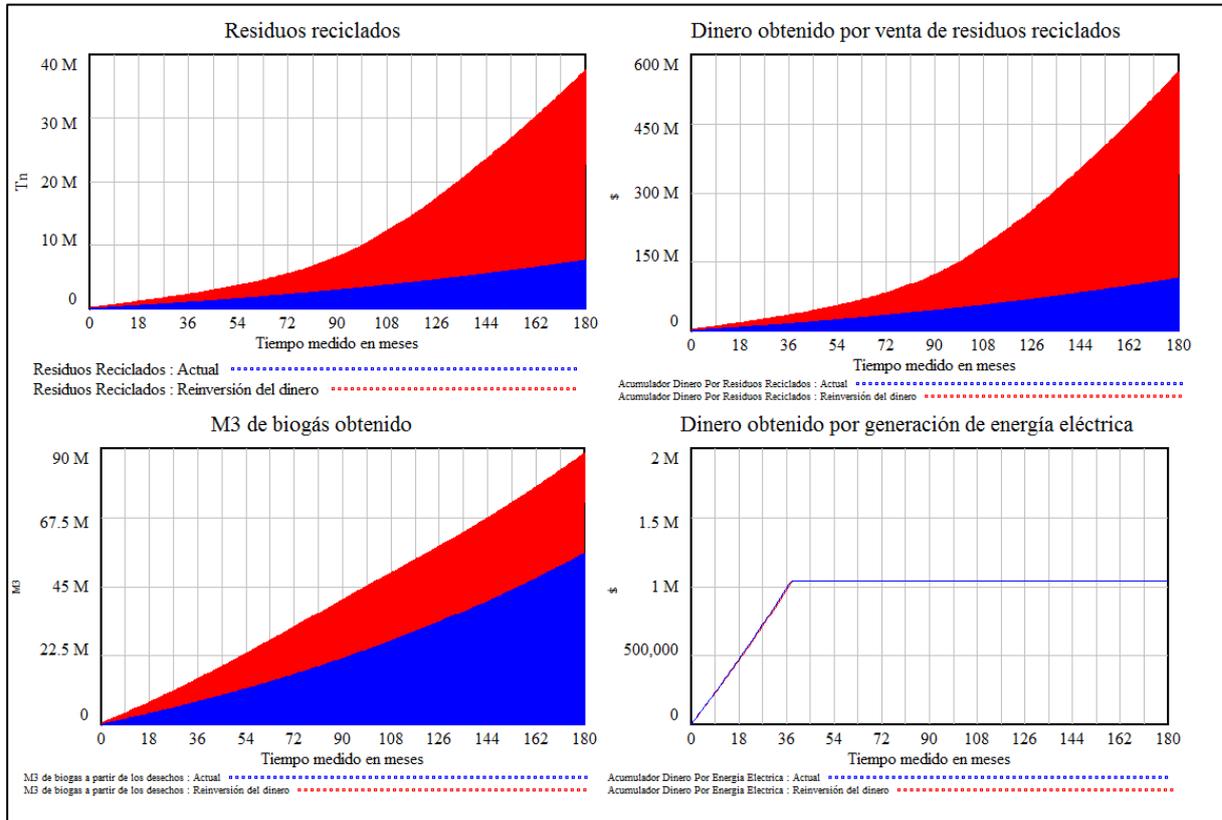


Figura 45. Comparación de residuos reciclados y metros cúbicos de gas entre el caso base y el escenario de reinversión de dinero. Comparación de dinero obtenido por venta de residuos reciclados y por generación de energía eléctrica.

La cantidad de residuos reciclados es mucho más amplia que la obtenida en el caso base mientras que los metros cúbicos de biogás disminuyen también considerablemente.

El dinero obtenido por la venta de residuos tiene un cambio considerable respecto al generado en el caso base, mientras que por lo explicado anteriormente el dinero generado por la producción de energía eléctrica se mantiene igual

### 7.2.3 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE RECICLAJE A SU POTENCIA MÁXIMA, ESCENARIO UTÓPICO

En este último caso de estudio pondremos nuestro énfasis en mostrar cómo será el comportamiento de los rellenos sanitarios dejando la capacidad de reciclaje en su máxima potencia, es decir trabajando al 100% desde el momento cero.

La capacidad de obtención de RSU reciclados a partir de los RSU tratados quedará funcionando en todo momento al 70% de su capacidad.

Teniendo en cuenta que la capacidad de reciclaje está actuando al 100% desde el momento que se comienza con la simulación, notaremos que la cantidad de residuos sin tratar será en todo momento cero mientras que la cantidad de residuos tratados alcanzará el total de los residuos sólidos urbanos a disponer.

El comportamiento mencionado se puede observar en la siguiente figura (Fig. 46)

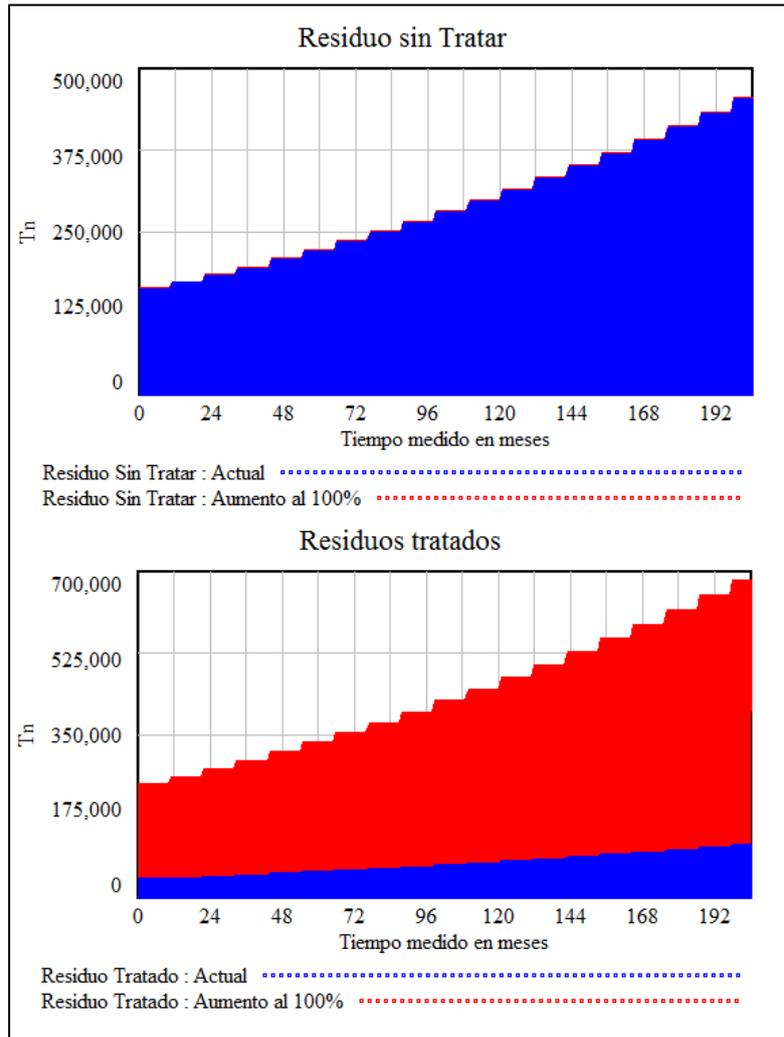


Figura 46. Comparación de residuos sin tratar y tratados entre el caso base y el escenario de aumento al 100% de la capacidad de reciclaje.

En este caso los residuos tratados imposible de reciclar toman siempre un alto valor, incrementando de manera lineal a medida que pasa el tiempo. Esto pasa ya que como mencionamos anteriormente, la capacidad de recuperación de residuos tratados quedo en 70% y además la cantidad de residuos tratados se corresponde con el total de RSU a disponer

de la CABA debido a que la capacidad de reciclaje está funcionando al 100% desde el comienzo.

En la siguiente figura (Fig. 47) observamos cómo va evolucionando la cantidad de residuos tratados imposibles de reciclar.

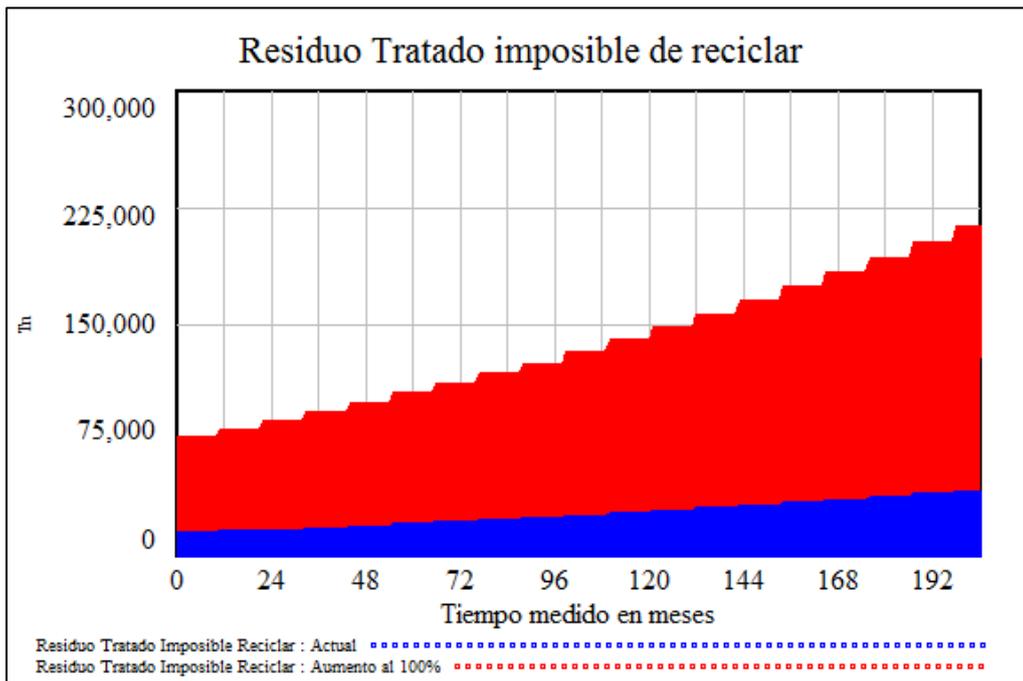


Figura 47. Comparación de residuos tratados imposibles de reciclar entre el caso base y el escenario de aumento al 100% de la capacidad de reciclaje.

Como vemos en la anterior figura la curva de evaluación del residuo tratado imposible de reciclar se asemeja a la curva de evolución de residuos tratados. Esto es porque los residuos tratados imposibles de recolectar son un porcentaje del residuo tratado.

Más allá de lo mencionado y analizado, lo importante es ver cómo se comporta la cantidad de RSU que ingresa al relleno sanitario, la cual determinará la vida útil del mismo.

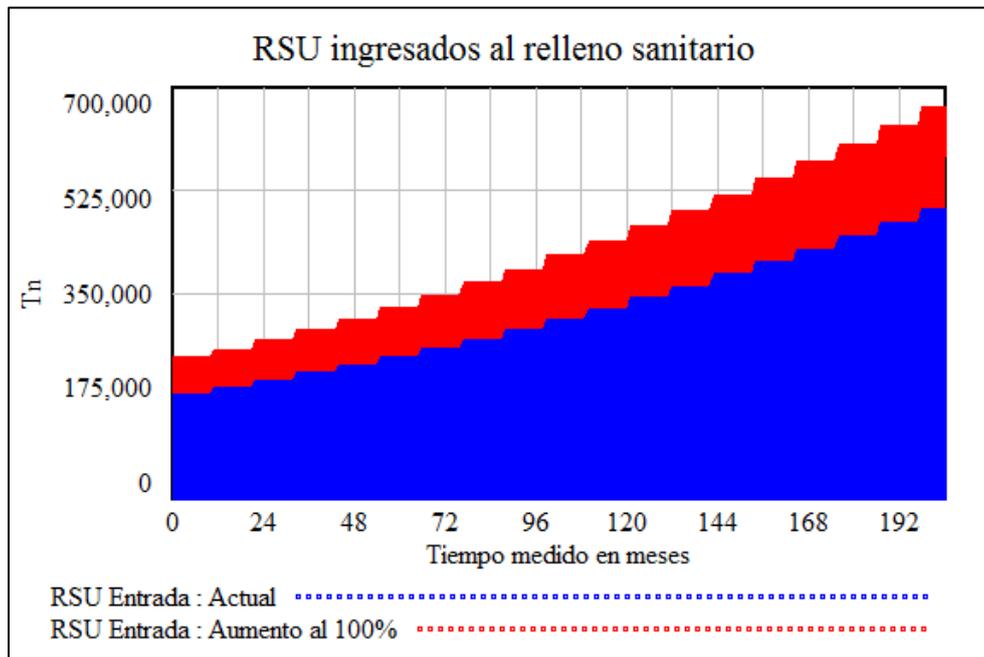


Figura 48. Comparación de RSU ingresados al relleno sanitario entre el caso base y el escenario de aumento al 100% de la capacidad de reciclaje.

Sin dudas, el hacer que la planta de reciclaje funcione al 100% desde el comienzo hace que la cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario sea mínima.

La vida útil del relleno sanitario operativo se verá afectada desde el primer momento.

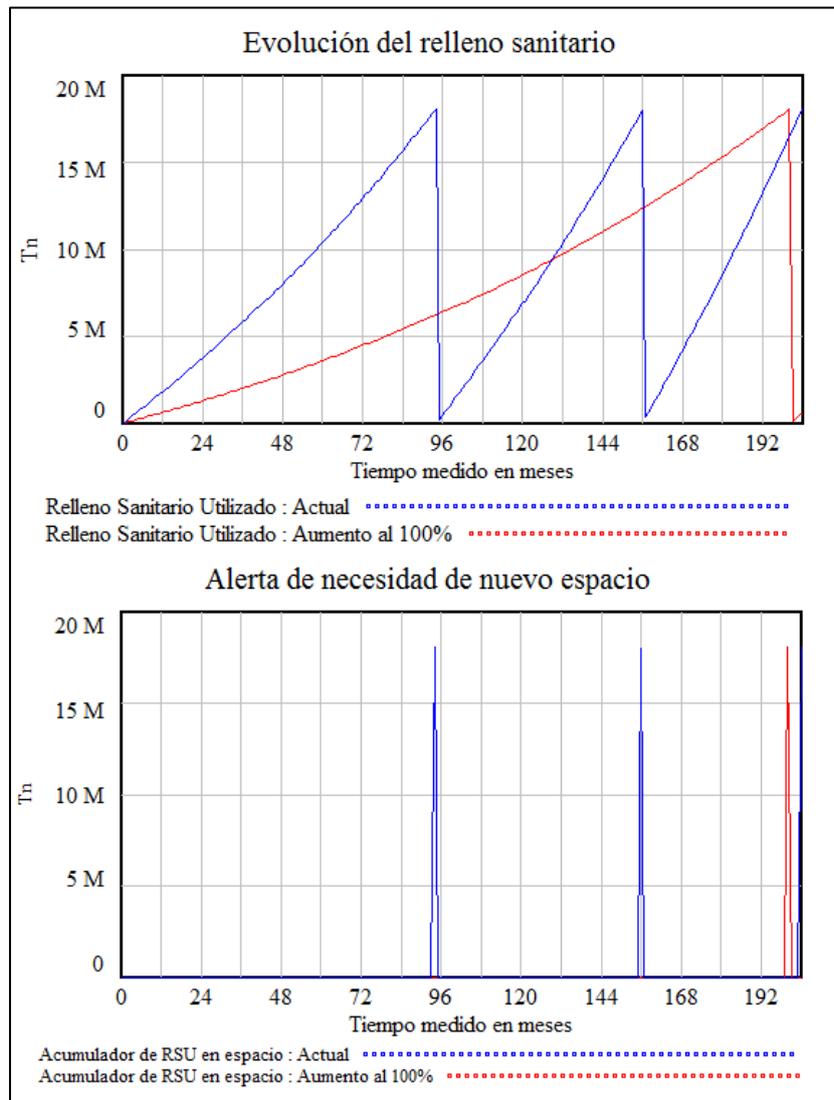


Figura 49. Comparación de la evolución del relleno sanitario vs Alerta de construcción de nuevo relleno entre el caso base y el escenario de aumento al 100% de la capacidad de reciclaje.

En comparación con el caso base, la vida útil del relleno sanitario se ve ampliada casi tres veces. En específico el alerta para la construcción de un nuevo espacio se da en el mes doscientos justo casi cuando se estaría disparando el alerta para la construcción de un nuevo espacio por tercera vez en el caso base.

Pasando al análisis de los residuos reciclados y a la obtención de biogás a partir de los rellenos sanitarios notamos que al igual que en escenarios anteriores; la cantidad de biogás

obtenido se ve muy reducida dado que el volumen de residuos dispuestos ha bajado muchísimo mientras que la cantidad de residuos reciclados aumenta de manera exponencial.

El dinero obtenido por las ventas de residuo reciclado será óptimo evidenciando el mayor aumento de todos los escenarios planteados mientras que el dinero obtenido por la generación de energía eléctrica se comportará de manera similar a los casos analizados.

Esto sucede ya que las plantas de generación de energía tienen un techo, al cual se llega rápidamente. Para ver un incremento real en el dinero obtenido por la generación de energía eléctrica se debería ampliar la capacidad de dichas plantas. En la siguiente figura (Fig. 50) veremos cómo se comporta todo lo mencionado anteriormente.

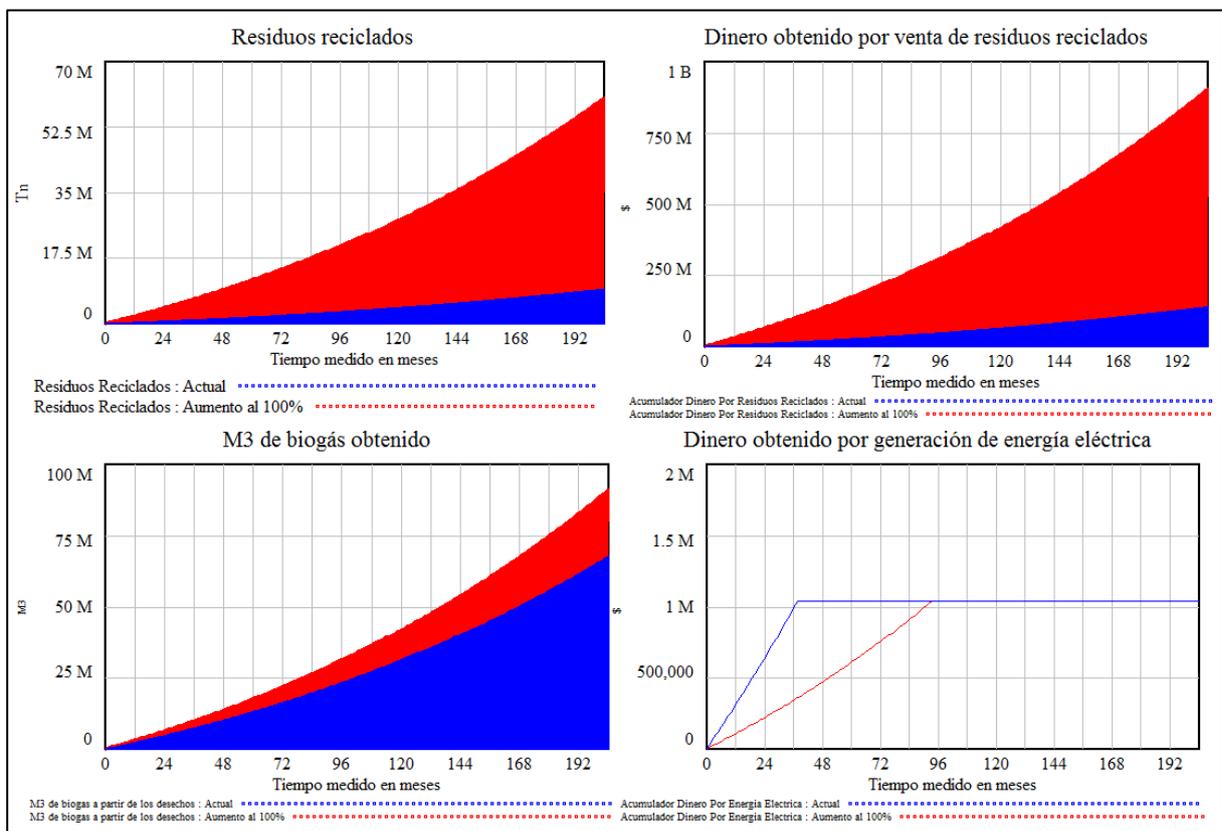


Figura 50. Comparación de residuos reciclados y metros cúbicos de gas entre el caso base y el escenario de aumento al 100% de la capacidad de reciclaje. Comparación de dinero obtenido por venta de residuos reciclados y por generación de energía eléctrica.

---

### **7.3 CONCLUSIÓN SOBRE LOS ESCENARIOS PLANTEADOS**

Habiendo evaluado los escenarios planteados podemos concluir que mediante la variación de factores claves tales como la capacidad de reciclaje de las plantas y la posibilidad de incrementar la recuperación de residuos tratados, se pueden alcanzar las metas y objetivos que plantean las leyes y normas vigentes.

Además podemos confirmar que con la existencia de políticas de reinversión de dinero que aumente el volumen de residuos tratados, la vida útil de los rellenos sanitarios se alargará notablemente.

El contexto analizado, alimentado por la información relevada de los últimos años, evidencia la falta de compromiso por parte de los agentes del Gobierno que conducen el sistema integral de gestión de residuos, provocando que, ante la carencia de un cambio de rumbo en la toma de decisiones al corto y mediano plazo, no se alcance a cumplimentar las metas establecidas por la Ley de basura cero.

## 8. CONCLUSIONES

El Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Argentina enfrenta una situación crítica. Resultan escasas las implementaciones de políticas de reducción de generación de residuos en origen, la recolección diferenciada de los mismos para su posterior clasificación y reciclaje y la aplicación de alguna otra alternativa factible como el compostaje.

Actualmente nos encontramos con una etapa de disposición final deficiente tanto en cobertura como en metodologías aplicadas, donde **GRAN PARTE DE LOS** residuos sólidos urbanos se depositan en basurales a cielo abierto y sólo **EN LAS CIUDADES MAS IMPORTANTES** se implementa la modalidad de relleno sanitario.

**COMO YA MENCIONAMOS ANTERIORMENTE EN ESTE TRABAJO**, Los basurales a cielo abierto no cuentan con ningún tipo de control respecto de los tipos de residuos que se tiran y los impactos que esta operatoria produce, por un lado al medio físico, traducidos en contaminación del aire, del suelo y del agua y por el otro los perjuicios a la salud humana, tanto de las poblaciones cercanas como a la propia gente que efectúa la recuperación de materiales directamente dentro de los mismos basurales.

La población en general no presenta una cultura de interés en el destino de los residuos, la mayor preocupación es la necesidad de contar con un servicio de recolección de los mismos. Una vez que fueron retirados de la vista de los generadores, para muchos ya está resuelto el problema. No hay interés en efectuar una reducción importante en la generación, como base para un manejo sustentable, para lograr la preservación de los recursos naturales y tampoco interés en los mecanismos de disposición final, salvo que ellos representen una amenaza para la salud en los casos de poblaciones circundantes. **RESULTA IMPERATIVO** comenzar a implementar políticas en línea con el saneamiento y la sustentabilidad en materia de residuos.

La utilización de rellenos sanitarios es un método económico y ambientalmente aceptable para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. Independientemente de los tratamientos y técnicas de reciclaje que se implementen en el sistema integral de gestión de residuos sólidos, indefectiblemente quedan rechazos que no se reciclan, que son producto del procesamiento para la recuperación de materiales o de la recuperación de productos de conversión y/o energía, que deben ser dispuestos de una forma segura y sustentable. Pero el

abuso de este método de disposición final lleva a que la calidad de los controles de los rellenos se vea considerablemente disminuida y se incrementa la necesidad cada vez más anticipada de crear nuevos espacios de relleno.

El modelo que impone el relleno sanitario debe estar complementado con plantas de separación y clasificación de materiales provenientes de la fracción inorgánica de los residuos, en pos del reciclaje, así como con la implementación de procedimientos de compostaje para la fracción orgánica, y de esta forma reducir los tonelajes destinados a enterramiento, alargando de esta forma la vida útil de los mismos.

Mejorar el programa de Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos trae aparejadas múltiples ventajas, entre ellas preservar el medio ambiente, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y generar nuevos puestos de trabajo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

ARACIL, Javier y GORDILLO, Francisco. *Dinámica de Sistemas*. 2da ed. Madrid, España: Alianza Editorial S.A., 1997. ISBN 84-206-8168-7.

AMDAN, María Laura, FREDES, Mariano, MAZZEO, Nadia, PIERINI, Verónica, SENMARTIN, María, UIJT DEN BOGAARD, Josefina, VENTURA, Laura y VOGRIG, Jimena. *Los residuos sólidos urbanos. Doscientos años de historia porteña* [en línea]. 2010, vol. 20, n. 116. [Consultado 1 oct. 2014] <<http://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy116/Residuosurbanos.pdf>>. ISSN: 1666-5171.

FONTAN, Carlos Ing. *Gestión Integral de Residuos Urbanos* [en línea]. Recolección de Residuos Sólidos Urbanos, barrido y limpieza de calles. [Consultado 7 oct. 2014] <[http://www.bra.com.ar/Spanish/AreasNegocio/Documents/Recoleccion\\_de\\_Residuos\\_y\\_Barrido\\_de\\_las\\_Calles%20-%20Ing.CarlosFontan.pdf](http://www.bra.com.ar/Spanish/AreasNegocio/Documents/Recoleccion_de_Residuos_y_Barrido_de_las_Calles%20-%20Ing.CarlosFontan.pdf)>.

GARCÍA, Juan Martín. *Teoría y Ejercicios Prácticos de Dinámica de Sistemas*, 2da ed. Barcelona, España: Autor-Editor, 2006. ISBN 84-607-9304-4.

GIORGI, Néstor Fernando Ing. y ROSSO, Marcelo Ing. *Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires* [en línea]. 2011, Tercer informe de avance. [Consultado 5 oct. 2014] <<http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/Tercer-Informe-ECRSU-AMBA.pdf>>.

SENGE, Peter M. *La Quinta Disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. 2da ed. Buenos Aires, Argentina: Granica S.A., 2009. ISBN 978-950-641-430-6.

Ajuste de datos en MATLAB. [En línea]. © 2014. [Consultado 10 oct. 2014]. <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/MATLAB/numerico/datos/datos.html>>.

CEAMSE. Biblioteca. [En línea]. © 2014. [Consultado 1 oct. 2014]. <<http://www.bibliotecaceamse.com.ar>>.

CEAMSE. Estadísticas [en línea]. © 2014. [Consultado 1 oct. 2014]. <<http://www.ceamse.gov.ar/>>.

Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Secretaria de Medio Ambiente. [En línea]. 2014. [consulta 10 oct. 2014]. <[http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente)>.

LEY DE BASURA CERO [en línea] 2014 [Consultado 2 oct. 2014]  
<[http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg\\_tecnica/sin/normapop09.php?id=81508&qu=c&ft=0&cp=&rl=1&rf=0&im=&ui=0&printi=&pelikan=1&sezion=796791&primera=0&mot\\_toda=&mot\\_frase=&mot\\_alguna=>](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/sin/normapop09.php?id=81508&qu=c&ft=0&cp=&rl=1&rf=0&im=&ui=0&printi=&pelikan=1&sezion=796791&primera=0&mot_toda=&mot_frase=&mot_alguna=>)>.

Multiple Regression with MATLAB. [En línea]. © 2014. [Consultado 10 oct. 2014].  
<[http://www.mathworks.com/help/matlab/data\\_analysis/programmatic-fitting.html](http://www.mathworks.com/help/matlab/data_analysis/programmatic-fitting.html)>.

## 10. ANEXOS

### 10.1 ANEXO A: Fórmulas utilizadas en el modelo.

(01) Acumulador de RSU en espacio=

Utilizado 
$$\text{IF THEN ELSE}(\text{Construccion de Nuevo Espacio} > 0, \text{Relleno Sanitario}, 0)$$

Unidades: Tn

(02) Acumulador Dinero Por Energia Electrica=

$$\text{Produccion Energia Electrica} * \text{Precio por KW}$$

Unidades: \$

(03) Acumulador Dinero Por Residuos Reciclados=

$$\text{Residuos Reciclados} * \text{Valor Tn Residuo Reciclado}$$

Unidades: \$

(04) Alerta de Construccion=

1

Unidades: [1,1,1]

(05) Año de comienzo simulación=

2014

Unidades: [2012,2015,1]

(06) Basurero Ilegal= INTEG (

Sobrante,

0)

Unidades: Tn

(07) Capacidad Actual=

Relleno Sanitario Utilizado/Capacidad Relleno Sanitarios

Unidades:

(08) Capacidad actual en plantas de energia electrica=

1.65e+007

Unidades: W [1.1e+007,5e+007,1e+006]

(09) Capacidad de Compactacion=

0.85

Unidades: Porcentaje [0,1,0.05]

(10) Capacidad de Recuperación de Reciclados=

0.7

Unidades: Porcentaje [0,1,0.01]

(11) Capacidad Reciclaje Plantas GCBA Con Reintegro = WITH LOOKUP (

(Acumulador Dinero Por Energia Electrica+Acumulador Dinero Por Residuos Reciclados

)/1e+006,

([(0,0)-(160,1.5)],(0,0.2),(20,0.2),(20.01,0.28),(35,0.28),(35.01,0.35),

(47,0.35),(47.01,0.42),(50,0.42),(50.01,0.5),(70,0.5),(70.01,0.6),(80,0.6)

,(80.01,0.7),(100,0.7),(100.01,0.9),(160,0.9),(160.01,1),(2e+017,1) )

Unidades: Porcentaje [0,1,0.05]

(12) Capacidad Reciclaje Plantas GCBA Sin Reintegro=

1

Unidades: Porcentaje [0,1,0.05]

(13) Capacidad Relleno Obtencion Gas=

1.25

Unidades: M3/Tn [1,1.5,0.25]

(14) Capacidad Relleno Sanitarios=

1.8e+007

Unidades: Tn [1.4e+007,2.2e+007,1e+006]

(15) Construccion de Nuevo Espacio=

IF THEN ELSE(Necesidad de Nuevo Espacio, Delay Construccion Nvo  
Espacio,

0)

Unidades: Tn

(16) Delay Construccion Nvo Espacio=

DELAY FIXED( Capacidad Relleno Sanitarios, 12, 0)

Unidades: Tn

(17) Espacio Relleno Sanitario= INTEG (

RSU Entrada ocupacion Espacio,

0)

Unidades: Tn

(18) FINAL TIME = 204

Unidades: Month

The final time for the simulation.

(19) Habilitar Reintegro del Dinero=

0

Unidades: [0,1,1]

(20) INITIAL TIME = 0

Unidades: Month

The initial time for the simulation.

(21) M3 de biogas a partir de los desechos=

Espacio Relleno Sanitario\*Capacidad Relleno Obtencion Gas

Unidades: M3

(22) Necesidad de Nuevo Espacio=

IF THEN ELSE(Capacidad Actual>=Alerta de Construccion, 1, 0)

Unidades:

(23) Precio por KW=

0.063

Unidades: \$/KW [0.01,0.1,0.001]

(24) Produccion Energia Electrica=

IF THEN ELSE(M3 de biogas a partir de los desechos\*Rendimiento del biogas  
>= Capacidad actual en plantas de energia electrica, Capacidad actual en plantas de  
energia electrica

, M3 de biogas a partir de los desechos\*Rendimiento del biogas )

Unidades: KW

(25) Relleno Sanitario Utilizado= INTEG (

RSU Entrada-Acumulador de RSU en espacio-Sobrante,

0)

Unidades: Tn

(26) Rendimiento del biogas=

2.15

Unidades: KW/M3 [1.8,2.5,0.1]

(27) Residuo apto Reciclaje=

Residuo Tratado\*Capacidad de Recuperación de Reciclados

Unidades: Tn

(28) Residuo Sin Tratar=

RSU Total en Funcion del PBI-Residuo Tratado

Unidades: Tn

(29) Residuo Tratado=

IF THEN ELSE(Habilitar Reintegro del Dinero=1, RSU Total en Funcion del  
PBI

\*Capacidad Reciclaje Plantas GCBA Con Reintegro, RSU Total en Funcion del PBI

\*Capacidad Reciclaje Plantas GCBA Sin Reintegro )

Unidades: Tn

(30) Residuo Tratado Imposible Reciclar=

Residuo Tratado\*(1-Capacidad de Recuperación de Reciclados)

Unidades: Tn

(31) Residuos Reciclados= INTEG (

Residuo apto Reciclaje,

0)

Unidades: Tn

(32) RSU Entrada=

(Residuo Sin Tratar+Residuo Tratado Imposible Reciclar)

Unidades: Tn

(33) RSU Entrada ocupacion Espacio=

RSU Entrada\*Capacidad de Compactacion

Unidades: Tn

(34) RSU Total en Funcion del PBI=

$$((4858.8) * (\text{Año de comienzo simulación} + \text{INTEGER}(\text{Time}/11))^2 - (1.9416e+007$$

$$) * (\text{Año de comienzo simulación} + \text{INTEGER}(\text{Time}/11)) + 1.9398e+010) / 12$$

Unidades: Tn

(35) SAVEPER =

TIME STEP

Unidades: Month [0,?]

The frequency with which output is stored.

(36) Sobrante=

$$\text{RSU Entrada} * (1 - \text{Capacidad de Compactacion})$$

Unidades: Tn

(37) TIME STEP = 1

Unidades: Month [0,?]

The time step for the simulation.

(38) Valor Tn Residuo Reciclado=

15

Unidades: \$/Tn [8,30,1]

## 10.2 ANEXO B: SCRIPT MATLAB PARA CÁLCULO DE FUNCIÓN DE AJUSTE DE LOS RSU A DISPONER ANUALMENTE

```
x= [2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013];
y= [1443047 1421842 1492867 1477147 1536453 1645368 1884460 1847748 2110122
2276813 2131078 2366616];

subplot(1,1,1);
syms('t');
p = polyfit(x,y,1);
ft = inline(vectorize(p(1)*t+p(2)));
plot(x,y,'-r');
legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');
title('Residuos Dispuestos');

val = polyfit(x,y,2);
syms('t');
ft = val(1)*t^2+val(2)*t+val(3);
val
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y-mean(y)).^2);
sr = sum((y-ftt(x)).^2);
RPolinomial = (st-sr)/st
subplot(2,1,1);
plot(x,y,'*r',x,ftt(x),'-g');
legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');
title(strcat('Regresión Polinomial Grado 2 r^2=', num2str(RPolinomial)))

val = polyfit(x,y,1);
```

```

syms('t');

ft = val(1)*t+val(2);

ftt = inline(vectorize(ft));

st = sum((y-mean(y)).^2);

sr = sum((y-ftt(x)).^2);

RLineal = (st-sr)/st

subplot(2,1,2);

plot(x,y,'*r',x,ftt(x),'-g');

legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');

title(strcat('Regresión Lineal r^2=',num2str(RLineal)));

x1 = log(x);

y1 = log(y);

val = polyfit(x1,y1,1);

syms('t');

ft = val(1)*t+val(2);

ftt = inline(vectorize(ft));

st = sum((y1-mean(y1)).^2);

sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);

RPotencia = (st-sr)/st

subplot(2,1,1);

plot(x1,y1,'*r',x1,ftt(x1),'-g');

legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');

title(strcat('Regresión Función Potencia r^2=',num2str(RPotencia)));

x1 = x;

y1 = 1./y;

```

```

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RInv = (st-sr)/st
subplot(2,1,2);
plot(x1,y1,'*r',x1,ftt(x1),'-g');
legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','NorthEast');
title(strcat('Regresión Función Recíproca r^2=',num2str(RInv)));

x1 = x;
y1 = log(y);

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RExponencialE = (st-sr)/st
subplot(3,1,1);
plot(x1,y1,'*r',x1,ftt(x1),'-g');
legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');
title(strcat('Regresión Exponencial base e r^2=',num2str(RExponencialE)));

```

```

x1 = x;
y1 = log10(y);

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RExponencial10 = (st-sr)/st
subplot(3,1,2);
plot(x1,y1,'*r',x1,ftt(x1),'-g');
legend('Residuos Dispuestos','Curva Ajuste','Location','SouthEast');
title(strcat('Regresión Exponencial base 10
r^2=',num2str(RExponencial10)));

x1 = log(x);
y1 = y;

val = polyfit(x1,y1,1);
syms('t');
ft = val(1)*t+val(2);
ftt = inline(vectorize(ft));
st = sum((y1-mean(y1)).^2);
sr = sum((y1-ftt(x1)).^2);
RLogE = (st-sr)/st
subplot(3,1,3);
plot(x1,y1,'*r',x1,ftt(x1),'-g');

```

```
legend('Residuos Dispuestos', 'Curva Ajuste', 'Location', 'SouthEast');  
title(strcat('Regresión Logarítmica  $r^2=$ ', num2str(RLogE)));
```

### 10.3 ANEXO C: TABLA DE DATOS PARA OBTENER LA CURVA DE AJUSTE

	2002	2003	2004	2005
Basura en Tn	1.443.046,60	1.421.842,10	1.492.867,10	1.477.147,40
PBI en USD (constante a partir de 2005)	141.400.000.000	153.896.000.000	167.792.000.000	183.193.000.000
PBI per cápita en USD	3.757,89	4.053,04	4.379,99	4.470,00

	2006	2007	2008	2009
Basura en Tn	1.536.452,80	1.645.368,00	1.884.460,20	1.847.748,40
PBI en USD (constante a partir de 2005)	198.703.000.000	215.897.000.000	230.488.000.000	232.448.000.000
PBI per cápita en USD	4.850,49	5.460,77	5.771,01	5.762,08

	2010	2011	2012	2013
Basura en Tn	2.110.122,20	2.276.813,20	2.131.077,30	2.366.616,80
PBI en USD (constante a partir de 2005)	253.742.000.000	276.248.000.000	281.496.000.000	295.571.000.000
PBI per cápita en USD	6.228,64	6.716,30	6.779,27	7.052,00

**10.4 ANEXO D: LEGISLACIÓN VIGENTE EN TODO EL TERRITORIO ARGENTINO REFERIDA A LOS RSU.**

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Nación	Constitución Nacional	Art. 41	Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las actividades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.
Nación	Ley 25.675/02	General del Ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de política ambiental. Ley marco que debe ajustarse a normas específicas.
Nación	Ley 25.916/04	Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias.
CABA	Dec. 2.225/03	Recuperación de Basurales a Cielo Abierto	Tramita el proyecto de contrato a suscribirse entre el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Coordinación Ecológica Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), para la Recuperación y Erradicación de los Basurales a Cielo Abierto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
CABA	Res 56/03	Módulos Villa Domínico CEAMSE	Se convalida el depósito de residuos sólidos provenientes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, realizado por el CEAMSE, en los módulos de relleno sanitario de Villa Domínico.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
CABA	Ley 992/03 Dec. Reg. 622/03 Dec. Mod. 422/04 Res 71/06	Formalización de Actividad de Recuperadores Urbanos	Se declaran "servicios públicos" a los servicios de higiene urbana de la CABA, incorporándose, en esta categoría, a los recuperadores de residuos reciclables. Se crea el registro de recuperadores, y de cooperativas y pequeñas y medianas empresas.
CABA	Res 50/05 Res 640/07 Res 808/07	Separación de Residuos Domiciliarios	Establece la obligación, para los generadores denominados "Hoteles", de cuatro y cinco estrellas, edificios públicos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires -administrativos-, Corporación Puerto Madero y edificios de propiedad horizontal que tengan una altura superior a 19 pisos radicados en el ejido de la Ciudad, de separar los residuos domiciliarios generados, y disponerlos en forma diferenciada, a partir del 20 de febrero de 2005.
CABA	Ley 1.854/05 Dec. Reg. 639/07	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes. En este sentido la Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero".
CABA	Res 191/06 Res 746/07	Manejo de Residuos Sólidos Urbanos	Crea el Programa Manejo Responsable de Residuos Sólidos Urbanos.
CABA	Res 753/07 Res 803/07	Registro Recuperadores Urbanos y Cooperativas	Se transfieren como subregistros el "Registro Único Obligatorio Permanente de Recuperadores Urbanos" y el "Registro Permanente de Cooperativas y Pequeñas y Medianas Empresas". Se aprueban el "Manual de Procedimiento para el Programa de Recuperadores Urbanos", las credenciales identificatorias y la reglamentación de inscripción en el "REPyME".

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Buenos Aires	Decreto-Ley 9.111/78	Regulación de la disposición final de la basura en los partidos del Área Metropolitana	Comprende los partidos de Vicente López, San Isidro, San Fernando, Tigre, General Sarmiento, General San Martín, Tres de Febrero, Morón, Merlo, Moreno, La Matanza, Esteban Echeverría, Almirante Brown, Lomas de Zamora, Quilmes, Avellaneda, Lanús, Florencio Varela, Berazategui, Berisso, Ensenada y La Plata. La disposición final de los residuos se efectuará exclusivamente por el sistema de relleno sanitario y se efectuará únicamente por intermedio de CEAMSE.
Buenos Aires	Ley 1.142/02	Municipios no incluidos en Decreto-Ley 9.111/78	Para aquellos municipios no incluidos en el Decreto-Ley 9.111 unificar un centro actualizado de información en la materia resulta necesario crear el Registro Provincial de Tecnologías de Recolección, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos, en función de lo cual deben establecerse pautas y normas de procedimiento para la inscripción de las tecnologías respectivas.
Buenos Aires	Ley 1.143/02	Plantas de Disposición Final no incluidos en Decreto-Ley 9.111/78	Recaudos mínimos a cumplimentar en las plantas de disposición de tales residuos, exceptuando las comprendidas por el Decreto-Ley N° 9.111/78, estableciendo un tratamiento diferencial en función de la carga diaria a disponer; Que deviene aconsejable establecer el punto diferencial de tratamiento normativo y operativo entre una carga diaria a disponer hasta 50 toneladas y una mayor a 50 toneladas.
Buenos Aires	Ley 13.592/06 Dec. Reg. 1.215/10	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene como objeto fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Buenos Aires	Ley 13.657/07	Modificación del Art.8 de la Ley 13.592/06	Los Municipios comprendidos en el Decreto-Ley 9.111/78 tienen un plazo de tres (3) meses a partir de la entrada en vigor de la presente ley para manifestar su continuidad o no con lo estipulado en el artículo 3° de la norma precitada y notificar de ello al CEAMSE y a la Autoridad Ambiental Provincial. Transcurrido dicho plazo sin pronunciamiento alguno, se reputará que el Municipio continúa adherido al sistema del CEAMSE.
Catamarca	5.002/00	Régimen de Desechos y Residuos Sólidos en el Ámbito Provincial	Régimen que regirá el tratamiento de los desechos y residuos sólidos o semi sólidos, ya sean éstos de origen domiciliario, industrial, sanitario y comercial. Objetivos: Promover un manejo racional, reducir volumen de generación, conciencia ambiental y minimizar impactos negativos.
Chubut	Dec. 581/06	Creación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Se crea en el ámbito de la Dirección General de Protección Ambiental, dependiente de la Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, del Ministerio de la Producción, la Unidad Técnica Provincial para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (UTPGIRSU), cuya tarea primordial será la articulación y coordinación de los municipios entre sí, para la concreción del Plan Estratégico Provincial en Gestión Integral de RSU, en el marco de la Estrategia Nacional.
Chubut	Ley 5.771/08	Aprobación del Acuerdo Marco Intermunicipal - Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Entre el Gobierno de Chubut y los municipios de Puerto Madryn, Trelew, Rawson, Gaiman y Dolavon, con el objeto de regular la gestión mancomunada de residuos sólidos urbanos generados en los municipios parte a fin de promover el desarrollo sustentable y la protección del ambiente.
Entre Ríos	Ley 9.345/01	Utilización productiva de residuos sólidos domiciliarios	Se declara de interés provincial la implementación del plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios que llevan a cabo municipios de la Provincia de Entre Ríos.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
La Rioja	Ley 6.215/96	Tratamiento y Disposición Final de Residuos	Se dispondrán los residuos sólidos, con métodos sanitarios adecuados, de tal forma que no afecten la salud humana, como tampoco el ambiente natural. Erradicando los basurales a cielo abierto y los micros basurales en terrenos baldíos, se impedirá el vuelco en cauces de riego, arroyos, ríos, embates o espejos de agua.
Mendoza	Ley 5.970/92	Residuos Urbanos	Los municipios de Mendoza erradicarán todos los basurales a cielo abierto y los micro basurales en terrenos baldíos que se encuentren dentro de sus límites. Asimismo, impedirán el vuelco de residuos en causes de riesgo o el mal enterramiento de los mismos.
Mendoza	Dec. 2.390/04	Aprobación del Acta Complementaria del Convenio Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y las Municipalidades de Rivadavia, San Martín, Junín, Santa Rosa y La Paz para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos en los Departamentos de la Zona Este.
Mendoza	Dec. 2.465/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y las Municipalidades de Godoy Cruz y Guaymallén, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.885/04	Aprobación del Acta Complementaria del Convenio Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y el municipio de Maipú para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos en los Departamentos de la Zona Este.
Mendoza	Dec. 2.886/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.802/04	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Lavalle, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Mendoza	Dec. 1.561/05	Aprobación Protocolo del II Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 1.697/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.022/05	Convenio para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Luján de Cuyo y Maipú, el que tiene por objeto incorporar la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos ubicada en el Distrito Barrancas, Departamento Maipú en el marco del Plan Provincial de Residuos Sólidos Urbanos y mejorar la situación actual de disposición de residuos sólidos urbanos en el ámbito del Departamento Luján de Cuyo
Mendoza	Dec. 2.216/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Santa Rosa, que tiene por objeto mejorar la situación actual de disposición de Residuos Sólidos Urbanos.
Mendoza	Dec. 2.801/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital, para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos y peligrosos en los departamentos del Área Metropolitana.
Mendoza	Dec. 2.800/05	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 3.123/06	Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos en los Departamentos del Área Metropolitana.
Mendoza	Dec. 3.124/06	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Godoy Cruz, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Mendoza	Dec. 1.533/07	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 2.031/07	Aprobación Protocolo del Convenio Marco Interjurisdiccional	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Las Heras, relacionado con el desarrollo de Sistemas para Optimizar la Gestión y Control de los Residuos Sólidos Urbanos y Peligrosos.
Mendoza	Dec. 3.258/09	Aprobación Protocolo del Convenio para el mejoramiento de la gestión y tratamiento de los residuos sólidos urbanos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Capital que tiene por objeto mejorar la situación actual de disposición de Residuos Sólidos Urbanos en el Departamento Capital, mediante la colaboración en el pago de la tarifa por disposición final de residuos en el vertedero controlado de la Municipalidad de Las Heras.
Mendoza	Dec. 3.231/10	Aprobación del Acta Complementaria al Convenio para el Mejoramiento de la Gestión y Tratamiento de los RSU y Peligrosos	Entre la Provincia de Mendoza y la Municipalidad de Luján de Cuyo y Maipú que aprueba el nuevo valor acordado para el pago por tonelada de los residuos dispuesto en la Planta de Tratamiento de Residuos de Maipú.
Misiones	Ley 4.274/06	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer las exigencias básicas de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el ámbito de la provincia, conforme a lo establecido por la Ley N° 25.916 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de R.S.U.
Misiones	Ley 4.297/06	Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos	Convalida los actos jurídicos y administrativos asociados a la implantación, desarrollo y funcionamiento del Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos de Misiones y a la modalidad utilizada por el Poder Ejecutivo provincial en la concesión de los servicios de transporte, tratamiento y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos, Asimilables y Patológicos y su extensión a toda la Provincia.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Misiones	Ley 4.321/06	Valoración de Residuos Domiciliarios	Establece que a los fines de promover la valoración de residuos domiciliarios, los comercios de la provincia deben despachar sus productos en bolsas de polietileno identificadas con diseños y colores previstos en la presente ley, independientemente de las leyendas o propagandas del comercio en particular.
Neuquén	Ley 2.648/09	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Tiene por objeto establecer el conjunto de principios y obligaciones básicas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Provincia del Neuquén, de conformidad con las disposiciones establecidas en la Ley Nacional 25.916, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios, con el fin último de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población.
Salta	Dec. 1.365/10	Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Entre los objetivos primordiales del mencionado plan se destaca diseñar, promover y ejecutar acciones de prevención en el marco de la problemática que aqueja sobre el correcto manejo de los residuos en los distintos puntos de la Provincia.
Santa Cruz	Ley 2.829/05	Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos	Los residuos sólidos urbanos deberán disponerse en forma definitiva por medio de la metodología de relleno sanitario. Asimismo se deberán implementar tratamientos de estabilización biológica y recuperación de materiales. Se prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y quema de residuos.
Santa Fe	Res 128/04	Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos	Los residuos sólidos urbanos deberán disponerse en forma definitiva por medio de la metodología de relleno sanitario. Asimismo se deberán implementar tratamientos de estabilización biológica y recuperación de materiales. Se prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y quema de residuos.

LEYES VIGENTES			
AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Tucumán	Ley 7.622/05 Dec. Reg. 4.388/05 Dec. Mod. 26/06	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Queda sujeto a las disposiciones de la presente ley, todo lo referente a la generación, manipulación, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos. Queda prohibida la disposición final de los residuos sólidos urbanos a cielo abierto y/o su vuelco en cursos de agua, en todo el ámbito del territorio provincial.
Tucumán	Ley 7.681/05	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica Anexo I punto 3.14.
Tucumán	Ley 8.054/05	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica Anexo I punto 3.14.
Tucumán	Ley 7.874/07	Modificatoria Ley 7.622/05	Modifica artículo 3°.
Tucumán	Ley 8.177/09	Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	Define Residuos Sólidos Urbanos y Gestión Integral de los mismos. Prohíbe la disposición en basurales a cielo abierto y cursos de agua. Lineamientos para desarrollo de un plan de gestión de los RSU en la provincia entre otros.