



## CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE SU GESTIÓN DESENTRALIZADA EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA – ARGENTINA.

G. Murcia<sup>1</sup>, J. Branda<sup>2</sup>, M. Menna<sup>3</sup>, E. Garín<sup>4</sup>

Grupo de Estudio de Energías Alternativas y Ambiente (GEEAA) – Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)

Av. Juan B. Justo N° 4302 Mar del Plata - Tel. 0223-4816600 – Fax 0223-4810046

e-mails: [gjmurcia@fi.mdp.edu.ar](mailto:gjmurcia@fi.mdp.edu.ar), [jbranda@fi.mdp.edu.ar](mailto:jbranda@fi.mdp.edu.ar), [mamenna@fi.mdp.edu.ar](mailto:mamenna@fi.mdp.edu.ar)

**RESUMEN:** Este trabajo presenta la evaluación de un Sistema de Gestión de residuos sólidos urbanos de pequeña escala, descentralizado y replicable. El escenario de aplicación es el barrio Puerto de Mar del Plata, en el que se propone mejorar la eficiencia en la clasificación de residuos sólidos en las fracciones de interés. Una Planta de Recuperación de instalación y operación básica, aporta a la reinserción socio-laboral de recuperadores informales de residuos, reduce los residuos a disponer en el Relleno Sanitario, e incrementa la relación volumen de material depositado/cantidad de biogás generado, haciendo más factible el aprovechamiento energético, ya que resulta elegible para ser financiado por calificar como Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Se presentan lineamientos mínimos del Sistema de Gestión, y se determinan necesidades de recursos humanos, tecnológicos y económicos. El Sistema propuesto requiere ser subvencionado por no ser autosuficiente y cuantifica un orden de magnitud de la inversión necesaria para cumplir el Plan Social.

**Palabras clave:** Gestión integral de Residuos sólidos urbanos (GIRSU), Residuos sólidos urbanos, Evaluación económica.

### INTRODUCCION

La ciudad de Mar del Plata, principal centro urbano del Municipio de Gral. Pueyrredon (MGP), de la Provincia de Buenos Aires, lleva cuatro décadas de deficiente gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU), con presupuesto insuficiente e inadecuada operatoria de disposición final, que hoy conforma un colapsado basurero a cielo abierto, que ha deteriorado progresivamente el ambiente natural, económico, y social de su entorno, incluyendo la judicialización de los conflictos, y complicando (síndrome de NINBY) la elección del lugar de emplazamiento del futuro relleno sanitario.

Para revertir la situación, el MGP generó una Ordenanza que promovió una solución de carácter integral, que hoy cuenta con convenios de asesoramiento técnico y financiación internacional. En tal marco, en julio de 2006 se creó un grupo de trabajo con miembros extramunicipales, de las universidades locales, y de reconocida experiencia en la problemática de RSU. El grupo se consolidó con la firma del Convenio entre la MGP y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que creó una Unidad Ejecutora Municipal que determinó los Lineamientos Mínimos del Plan Director de Gestión Integral de RSU-MGP (PD GIRSU-MGP), con financiamiento del Banco Mundial en el marco del Programa Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) que promueve la SAyDS-JGM de la Nación (Proyecto BIRF 7362 AR).

El PD GIRSU-MGP, está estructurado en subPlanes, entre los cuales el subPlan de Valorización prevé la recuperación de materiales residuales con valor de mercado, y el tratamiento biológico aerobio y anaerobio de la fracción orgánica, que es el mayor componente de los RSU-MGP (M. Menna, et al, 2001). El control ambiental de la fracción orgánica genera los principales costos en la disposición final, ya que esta produce lixiviado, biogás, asentamiento de terreno, atracción de vectores de enfermedades y generación de olores desagradables. Sin embargo, el aprovechamiento de biogás en el colapsado basurero y en el futuro Relleno Sanitario cuantificados por el GEEAA (M Menna, et al, 2007), tanto para combustión como para conversión electroenergética, junto a la producción de compost en conjunto con restos de poda, califican como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL, Protocolo de Kioto, 1997).

Ante este interés por el aprovechamiento de los residuos de origen orgánico, el PD GIRSU-MGP incluyó en su diseño la clasificación en origen de material orgánico e inorgánico, y una Planta para la segunda selección que mejora la calidad de la fracción orgánica a tratar. Estas acciones hacen más eficiente la producción de compost y biogás, incrementando la vida útil de las celdas de disposición final, reduciendo los costos del sistema de gestión de control ambiental e incrementando el beneficio por la recuperación energética.

El Sistema de Gestión Descentralizado (SGD) que aquí se propone, es compatible con el proyecto municipal descrito, e incluye la necesaria integralidad de la gestión de los RSU generados en el sector de implementación, y puede articular con los distintos subPlanes del PD GIRSU-MGP. La estrategia de diseño de este SGD tuvo en cuenta su aplicación tanto para un

<sup>1</sup> Docente investigador UNMDP, SN CAT IV. Maestrando Ingeniería Ambiental.

<sup>2</sup> Docente investigador UNMDP, SN CAT IV. Maestrando Ingeniería Ambiental.

<sup>3</sup> Docente investigador UNMDP, SN CAT III. Maestrando Ingeniería Ambiental.

<sup>4</sup> Docente UNMDP, Ingeniero Mecánico e Ingeniero Electricista.

barrio de la ciudad de Mar del Plata, como para localidades abundantes en la región que por su escala poblacional generan una cantidad de RSU similar.

## MATERIALES Y METODO

La metodología empleada en el SGD propuesto, se corresponde con los lineamientos mínimos del PD GIRSU-MGP reconocidos internacionalmente por su sustentabilidad ambiental y aceptación social, pero a diferencia de éste, se aplica en un sector del barrio Puerto de la ciudad de Mar del Plata, limitado por las arterias Av. Vértiz, Av. Edison, Av. J.B. Justo, y Av. M. de Hoz, e incluye el Centro Comercial del Puerto. Este sector de aplicación limita al sureste con la Reserva Natural Puerto Mar del Plata, al este con la playa de estacionamiento de camiones Puerto y al noreste con el campo de juego del Mar del Plata Golf Club, presentando multiplicidad de usos de suelo, por lo que el SGD incluye estrategias en correspondencia a cada uno de los residuos que allí se generan. La Figura 1 ilustra sobre la zona de aplicación descripta.



Figura 1: Imagen satelital de la zona del Puerto de Mar del Plata con su Centro Comercial y barrios aledaños. Con líneas llenas se sectoriza la zona del SGD que se evalúa y con trazo de líneas punteadas la calle 12 de Octubre donde se encuentra su Cordón Comercial. Fuente: Google Earth 09 versión gratuita.

Para cuantificar las distintas fracciones de RSU que resultan de interés, se tuvo en cuenta la composición de los residuos a gestionar, determinada en el Muestreo Anual Estratificado de Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables de la ciudad de Mar del Plata (M. Menna et al, 2001), y para aquellos casos específicos de los que no se dispone de datos propios, se consideran los datos suministrados por las instituciones oficiales y empresas operadoras locales o regionales del sector.

## GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL ÁREA DEL SGD

La Tabla 1 presenta la composición de los RSU de una comunidad típica de Latinoamérica y el Caribe, excluye la fracción no-asimilable a los residuos sólidos domiciliarios (RSD) como los residuos de centros de salud, industrial y agrícola (G. Tchobanoglous et al., 1998). En Mar del Plata, los residuos de Plantas de Tratamiento se tratan separadamente y no son depositados en el predio de disposición final, por lo que ajustando el análisis al interés de este trabajo, se redistribuyen los porcentajes de la Tabla 1, y se obtiene la columna de la derecha de la misma.

| ORIGEN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS                                       | PORCENTAJE EN PESO |             |                                  |
|--|--------------------|-------------|----------------------------------|
|  | ALyC               |             | Adaptado a<br>Mar del Plata<br>% |
|  | Rango<br>%         | Típico<br>% |                                  |
| Domésticos y comerciales   | 50-75              | 62          | 66                               |
| Especiales (voluminosos, electrodomésticos, baterías, pilas, neumáticos) | 3-12               | 5           | 5,3                              |
| Peligrosos   | 0,01-1             | 0,1         | 0,1                              |
| Institucionales  | 3-5                | 3,4         | 3,6                              |
| Construcción y demolición  | 8-20               | 14          | 14,9                             |
| Servicios municipales  | 6-14,2             | 9,5         | 10,1                             |
| Fangos de plantas de tratamientos  | 3-8                | 6           |                                  |

Tabla 1: Composición porcentual de residuos en una comunidad típica de Latinoamérica y el Caribe (ALyC) y su adaptación al caso Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia adaptado de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, G. Tchobanoglous, 1998.

Por otra parte, la Licitación Pública del Servicio de Disposición Final de RSU-MGP, se evalúa los costos en base a una generación promedio anual de 600 toneladas diarias de RSU, que es producida por una población de 650.000 habitantes (INDEC, 2001), resultando una tasa promedio de generación per cápita diaria de 920 gr.hab<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>. Para los cálculos siguientes se adopta 900 gr.hab<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>.

El área servida por el SGD propuesto abarca 40 manzanas, con un promedio de una a tres viviendas por lote, y que considerando los edificios de propiedad horizontal existentes en su límite norte se alcanza un valor medio de 50 viviendas por manzana.

Para el cálculo de los RSD, se tienen en cuenta los resultados del Muestreo Anual Estratificado de Residuos Sólidos Domiciliarios de la ciudad de Mar del Plata” (M. Menna, et al, 2001), en el que se determinó el promedio de 4 de habitantes por vivienda de Mar del Plata, que producen RSD a una Tasa de generación promedio anual de 490 gr.hab<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>:

$$\text{Población: } 4 \text{ hab.viv}^{-1} \cdot 50 \text{ viv.manzana}^{-1} \cdot 40 \text{ manzanas} = 8.000 \text{ habitantes} \quad (1)$$

$$\text{Tasa de generación de RSD: } 490 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} \cdot 8.000 \text{ hab} \cong 4 \text{ ton.día}^{-1} \quad (2)$$

La composición porcentual de las fracciones de interés se muestra en la Figura 2. En la Tabla 2 se afectan los porcentajes de las distintas fracciones a las 4 ton.día<sup>-1</sup> calculadas anteriormente.

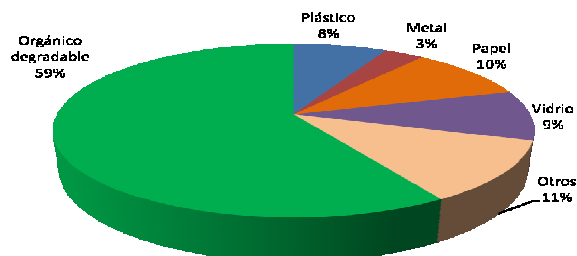


Figura 2: Composición porcentual promedio anual de residuos sólidos domiciliarios generados en las viviendas de la ciudad de Mar del Plata. Fuente: GEEAA-FI-UNMDP. 1997

| COMPOSICIÓN PORCENTUAL Y TASA DE GENERACIÓN DE FRACCIONES DE INTERÉS DE LOS RSD |          |          |       |       |        |       |
|---|----------|----------|-------|-------|--------|-------|
| Fracciones de Interés   | Orgánico | Plástico | Metal | Papel | Vidrio | Otros |
| Porcentajes   | 58,8%    | 7,5%     | 3,2%  | 9,8%  | 9,3%   | 11,4% |
| RSD [ton.día <sup>-1</sup> ]  | 2,352    | 0,300    | 0,128 | 0,392 | 0,372  | 0,456 |

Tabla 2: Composición porcentual y tasa de generación diaria de cada fracción de residuos sólidos domiciliarios en el sector bajo estudio. Fuente: Muestreo Anual estratificado de RSD de la ciudad de Mar del Plata. GEEAA-FI-UNMDP. 1997.

En base a los datos mostrados en las Tablas 1 y 2, y asumiendo como valor medio anual de Tasa de generación per cápita diaria de RSU 900 gr.hab<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>, se calcula a continuación la Tasa de generación diaria para los demás tipos de residuos:

Residuos Comerciales (RSCom): La generación de RSCom se concentra en el Centro Comercial Puerto, y el Cordón Comercial en el entorno de la calle 12 de Octubre con su ramificación principal sobre la Av. Edison. (ver Figura 1). En base a la composición porcentual de residuos sólidos generados en comercios y oficinas (EPA 530-R-95-023), se calculan los residuos generados en la actividad comercial:

$$\text{RSCom} = (0,66 \cdot 900 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} - 490 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}) \cdot 8.000 \text{ hab} = 0,8 \text{ ton.día}^{-1} \quad (3)$$

Residuo de Construcción/Demolición (RSCD): Las actividades de construcción y demolición producen residuos sólidos a la siguiente Tasa de generación diaria:

$$\text{Tasa de generación de RSCD: } 0,149 \cdot 900 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} \cdot 8.000 \text{ hab} = 1,10 \text{ ton.día}^{-1} \quad (4)$$

Residuos Voluminosos (RSVol): Los residuos voluminosos se producen a la siguiente Tasa de generación diaria:

$$\text{Tasa de generación de RSVol: } 0,053 \cdot 900 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} \cdot 8.000 \text{ hab} = 0,40 \text{ ton.día}^{-1} \quad (5)$$

Residuos Institucionales (RSInst): Los residuos institucionales se producen a la siguiente Tasa de generación diaria:

$$\text{Tasa de generación de RSInst: } 0,036 \cdot 900 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} \cdot 8.000 \text{ hab} = 0,25 \text{ ton.día}^{-1} \quad (6)$$

Residuos Servicios Municipales (RSMuni): Los residuos municipales se producen a la siguiente Tasa de generación diaria:

$$\text{Tasa de generación de RSMuni: } 0,101 \cdot 900 \text{ gr.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1} \cdot 8.000 \text{ hab} = 0,75 \text{ ton.día}^{-1} \quad (7)$$

Residuos Industriales (RSInd): Los residuos industriales asimilable a los RSD se originan mayoritariamente en la actividad pesquera. Las planillas de control del servicio de recolección y de ingreso de residuos al predio de disposición final actual de la ciudad de Mar del Plata, indican un número promedio mensual de 73 camiones contenedores.

Los residuos de la industria del pescado se depositan y transportan en contenedores de 4 toneladas de capacidad, y de acuerdo al relevamiento realizado se asume en el área del SGD propuesto se asume que aproximadamente el 50% de las industrias del sector pequeño se encuentran allí. En base a esto se obtiene la siguiente Tasa de generación diaria:

$$\text{Tasa de generación de RSInd: } 73 \text{ contenedores.mes}^{-1} \cdot 4 \text{ ton.cont}^{-1} \cdot 0,5 = 5 \text{ ton.día}^{-1} \quad (8)$$

Residuos peligrosos o especiales y patogénicos: Los residuos peligrosos o especiales tienen tres orígenes principales: Estaciones de Servicio, Central Termoeléctrica, y Talleres Navales. Estos residuos peligrosos o especiales se gestionan separadamente por directiva de la Ley Provincial N° 11.720. Los residuos patogénicos, que se clasifican como A, B y C, se gestionan por directiva de la Ley Provincial N° 11.347. Siendo los residuos patogénicos clase A asimilables a los RSD, y por lo tanto quedar bajo el SGD propuesto, por ser minoritarios no se consideran en este trabajo.

En base a todo lo anterior, la Tabla 3 resume la composición estimada para los distintos tipos de residuos en la zona de aplicación del SGD:

| TIPO DE RESIDUOS        |        | TOTAL<br>[TON/DÍA] | PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE LA POBLACIÓN [ton.día <sup>-1</sup> ] |              |              |              |              |              |
|-------------------------|--------|--------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         |        |                    | ORGÁNICO  | PLÁSTICO     | METAL        | PAPEL        | VIDRIO       | OTROS        |
| Domiciliarios           | RSD    | 4                  | 2,35  | 0,3          | 0,128        | 0,392        | 0,372        | 0,458        |
| Comerciales             | RSCom  | 0,8                | 0,15  | 0,096        | 0,164        | 0,332        | 0,002        | 0,037        |
| Construcción/Demolición | RSCD   | 1,1                | --  | --           | --           | --           | --           | 1,1          |
| Voluminosos             | RSVol  | 0,75               | --  | --           | --           | --           | --           | 0,75         |
| Institucional           | RSInst | 0,25               | --  | --           | --           | 0,25         | --           | --           |
| Servicios Municipales   | RSMuni | 0,75               | 0,75  | --           | --           | --           | --           | --           |
| Industriales            | RSInd  | 5                  | 5   | --           | --           | --           | --           | --           |
| <b>TOTALES:</b>         |        | <b>12,65</b>       | <b>8,25</b>   | <b>0,396</b> | <b>0,292</b> | <b>0,974</b> | <b>0,374</b> | <b>2,345</b> |
|                         |        | <b>100,0%</b>      | <b>65,2%</b>  | <b>3,1%</b>  | <b>2,3%</b>  | <b>7,7%</b>  | <b>3,0%</b>  | <b>18,5%</b> |

Tabla 3: Composición estimada de residuos sólidos asimilables a los RSD, generados en el sector de aplicación.

La composición de residuos sólidos en el área de aplicación, presentada en la Tabla 3, tiene los siguientes considerandos:

1. Los residuos institucionales son 100% papel.
2. Los residuos de Servicios Municipales son 100% orgánicos.

## LINEAMIENTOS DEL SGD

Todos los tipos de residuos que se han considerado se enmarcan en la legislación nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios (Ley N° 25.916) y en la legislación provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (Ley N° 13.592), por lo que el SGD que se propone se corresponde con los procedimientos de gestión establecidos en dichas normas, en las que se promueve la aplicación de un “conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente aceptable”.

### Sustentabilidad ambiental:

Para lograr la sustentabilidad ambiental el diseño del SGD contempla todos los niveles de la jerarquía GIRSU. El primer aspecto a considerar es la reducción de la generación de residuos, lo que implica comunicar adecuadamente las acciones, informando y justificando los beneficios ambientales resultantes, y fomentar la participación activa de los habitantes del sector, para lograr los objetivos propuestos. Se considera necesaria una intensa y continua campaña de concientización sobre la problemática, enmarcada en el Plan de Comunicación del Plan Director GIRSU-MGP.

Siguiendo la jerarquía GIRSU se tiene el reciclado y reuso de los residuos. Es necesario implantar un sistema de clasificación en origen en el sector de aplicación, enmarcado en el Plan de Valorización del PD-GIRSU-MGP. En correspondencia se propone clasificar en origen los RSU en dos fracciones: orgánicos e inorgánicos, con recolección diferenciada, en camiones con caja de dos compartimiento para el caso de los residuos de origen domiciliario, y para el caso de los residuos de origen gastronómico e industriales asimilables a los RSD en pares de contenedores, con una frecuencia de recolección variable en ambos casos, al ritmo de las demandas estacionales propias de una ciudad turística como Mar del Plata.

En el tercer lugar de la jerarquía GIRSU, se encuentra el tratamiento de las fracciones que no son de interés para el reciclado industrial. En tal sentido Mar del Plata ha legislado la prohibición del tratamiento térmico de RSU mediante incineración, así que en correspondencia a la normativa local y al criterio del PD-GIRSU-MGP, se descarta este tipo de tratamiento.

Los residuos sólidos clasificados en origen, se recolectan y transportan hasta a una Planta de Recuperación de RSU, donde se reciben para una segunda selección centralizada de los materiales reciclables con valor de mercado. Los criterios de selección de la ubicación de la Planta deben considerar: el baricentro de distancias del sector de aplicación, la disponibilidad de terrenos libres o con construcción civil compatible, tanto para la parte cubierta de la Planta, como los sectores semi-cubiertos y descubiertos destinados al acopio de materiales ya recuperados y hasta lograr el volumen estratégico para su venta, y debe tener una área superficial destinada a estacionamiento y para la cola de espera de los camiones de recolección, tránsito vehicular poco intenso en el horario de recolección diferenciada, y para oficiar de Punto Verde, donde se reciben residuos no-recolectados por el sistema de recolección formal, de forma de minimizar el impacto y facilitar la aceptación social de la Planta de Recuperación.

La capacidad de procesamiento de la Planta de Recuperación es de 12 toneladas diarias, para lo cual se necesitan al menos 12 operarios. A su vez, la Planta, oficiará de centro de capacitación específica de los mismos, es decir los recuperadores informales que el Plan Social del PD GIRSU-MGP espera reinsertar socio-laboralmente, y para la contención y capacitación de su grupo familiar. La Tabla 4 presenta el requerimiento mínimo de superficie para una típica Planta de Recuperación de RSU:

| TIPO DE PLANTA |   | ÁREA APROXIMADA [m <sup>2</sup> ] | POBLACIÓN A CUBRIR |
|----------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| pequeño        | A | 625                               | 5.000-10.000       |
| mediano        | B | 2275                              | 30.000-50.000      |
| grande         | C | 4500                              | 150.000            |

Tabla 4: Relación entre el área requerida para la Planta de Recuperación de RSU y la magnitud de la población a servir.

Para servir a los 8.000 habitantes del área de aplicación, se requiere un mínimo de 625 m<sup>2</sup> de terreno, por lo que resulta suficiente un área equivalente a media manzana de la cuadrícula urbana.

En correspondencia con el Plan de Valorización del PD GIRSU-MGP, la Planta también recepciona la fracción orgánica clasificada en origen para su segunda selección. La fracción orgánica útil resultante, se traslada al Centro de Disposición Final de RSU-MGP, donde se la recepciona y destina a una de las instalaciones para su tratamiento biológico aerobio o anaerobio, para producir compost o biogás respectivamente. También el rechazo orgánico e inorgánico de la Planta de Recuperación se traslada previa compactación y acondicionamiento para su disposición final, en el relleno sanitario del mismo Centro.

*Factibilidad técnico-económica:*

La elección de materiales y tecnologías, y las disponibilidades de inversión para la implementación del SGD que se analiza, requiere de la decisión política para hacer del sector RSU una Política de Estado, que asegure la construcción y el mantenimiento de las instalaciones de la Planta de Recuperación, operación eficaz, y solventar los costos para implementar y sostener en el tiempo, la necesaria Campaña de educación y concientización de la población afectada, en todo de acuerdo al Plan de Comunicación del PD GIRSU-MGP.

También el SGD cuenta con una Unidad de Gestión, con un Director designado por el Municipio y con el aval de los actores sociales del área de aplicación, debe estar integrada por representantes de fuerzas vivas, y por representantes de los recuperadores informales que trabajen en la Planta de Recuperación, y articula con los miembros de la Unidad Ejecutora Municipal del PD GIRSU-MGP.

A los efectos de contar con un orden de magnitud que nos permita analizar la factibilidad económica del SGD propuesto, en las Tablas 7, 8 y 9 se muestran los costos más importantes mensurados, y el monto recaudado por ventas de los materiales recuperados:

| COSTOS DE INVERSION                                   | VALOR ESTIMADO         | SUBTOTAL           |
|---|------------------------|--------------------|
| Terreno (5 lotes)                                     | 10.000 USD/lote        | 50.000 USD         |
| Obra civil  |                        |                    |
| Galpón de selección. (15 x 20 m)                      | 150 USD/m <sup>2</sup> | 45.000 USD         |
| Galpón de almacenaje. (15 x 20 m)                     | 150 USD/m <sup>2</sup> | 45.000 USD         |
| Boxes de acopio.                                      |                        | 5.000 USD          |
| Office, sanitarios, baños, etc (100 m <sup>2</sup> ). | 500 USD/m <sup>2</sup> | 50.000 USD         |
| Equipamiento  |                        |                    |
| 1 Camión caja volcadora compartimentada               | 40.000 USD/unidad      | 40.000 USD         |
| 1 Camión caja plana con elevador                      | 40.000 USD/unidad      | 40.000 USD         |
| Prensa hidráulica (30 Ton - 5 HP )                    |                        | 12.000 USD         |
| Cinta transportadora (10 HP)                          |                        | 20.000 USD         |
| <b>TOTAL:</b>   |                        | <b>307.000 USD</b> |

Tabla 7: Principales costos de inversión para la implementación del Sistema de Gestión Descentralizado de RSU.

| COSTOS DE OPERACION                          | VALOR ESTIMADO          | SUBTOTAL            |
|--|-------------------------|---------------------|
| Sueldos                                      | 12 operarios            | 500 USD/mes         |
|  | Director                | 1000 USD/mes        |
| Insumos (art limpieza, ropa de trabajo, etc) | 1000 USD/mes            | 500 USD/mes         |
| Energía eléctrica (3000 Kwh/mes)             | 0,03 USD/Kwh            | 90 USD/mes          |
| Combustible (200 km/día a 15 lts/100km)      | 1 USD/litro             | 1000 USD/mes        |
| Mantenimiento camiones                       | 1% Costo inversión /mes | 800 USD/mes         |
| <b>TOTAL:</b>                                |                         | <b>9390 USD/mes</b> |

Tabla 8: Principales costos operativos para la implementación del Sistema de Gestión Descentralizado de RSU.

| INGRESOS POR VENTA   | PRECIO ESTIMADO           | GENERACIÓN ESTIMADA | INGRESO ESTIMADO    |
|--|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Metal (chatarra)   | 50 USD/ton <sup>(1)</sup> | 0,292 ton/día       | 438 USD/mes         |
| Plástico   | 40 USD/ton                | 0,396 ton/día       | 475 USD/mes         |
| Papel mezclado   | 40 USD/ton                | 0,974 ton/día       | 1168 USD/mes        |
| Vidrio (botellas mezcla)                                       | 50 USD/ton                | 0,374 ton/día       | 561 USD/mes         |
| Fuente: IADE: Instituto Argentino para el Desarrollo Económico |                           |                     | TOTAL: 2642 USD/mes |

Tabla 9: Principales ingresos que genera la implementación del Sistema de Gestión Descentralizado de RSU.

En la Tabla 10 se muestra un resumen entre costos e ingresos del SGD propuesto:

| ITEMS   | MONTO          |
|---|----------------|
| Ingresos  | 2642 USD/mes   |
| Costos operativos                                       | 9380 USD/mes   |
| Costo de inversión prorrateado en 20 años (sin interés) | 1280 USD/mes   |
| Diferencia (costo mensual a afrontar por el municipio)  | - 8018 USD/mes |
| Habitantes estimados                                    | 8000           |
| Cantidad de habitantes por vivienda                     | 4              |
| Cantidad de viviendas                                   | 2000           |
| Costo por vivienda                                      | 4 USD/mes      |

Tabla 10: Resumen de los rubros económico-financieros del Sistema de Gestión Descentralizado de RSU.

## CONCLUSIONES

Para financiar las actividades del SGD propuesto se requieren al menos unos 16 \$/mes por vivienda ya que no resulta autosustentable económicamente como lo muestra la Tabla 10. Esto implica que el Estado en su forma Municipal, Provincial o Nacional, debe subsidiar económicamente el proyecto. Sin embargo, dado que el proyecto fomenta la participación ciudadana para el logro de una gestión ambientalmente adecuada, e involucra a todos los actores económicos sociales del área de aplicación en el barrio Puerto, no se debe descartar la posibilidad de contar con aportes financieros adicionales, como por ejemplo del Centro Comercial del Puerto y de las Industrias Pesqueras.

La especial atención que se da a los factores socio-ambientales favorece la obtención de financiamiento externo. Así mismo, y en correspondencia con la legislación específica Nacional (Ley 25.916) y provincial (Ley 13.592) que promueven la implementación de Proyectos MDLs (Protocolo de Kioto, 2007), y su participación en el Mercado Internacional Fondo del Carbono, resultan una potencial fuente adicional de recursos financieros, que aportan a la sustentabilidad económica del SGD, como está siendo financiado el PD GIRSU-MGP.

En general una comunidad está más dispuesta a soportar mayores costos de manejo de RSU siempre que exista la seguridad de que el proyecto funciona con continuidad, con inversiones estratégicas acertadas, de compras y ventas, y que la actividad aporta a la protección ambiental y mejora de la calidad de vida.

## REFERENCIAS

- M Menna, J Branda, G. Murcia, G. Belliski, E. Garín. E. Moschione. Aplicación de un Modelo Cinético de primer Orden para la Estimación de las Emisiones de Metano en la Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata – Argentina – Con fines Energéticos. ISBN: 978-85-61065-00-3.. Página: 9. CLAGTEE. 2007.
- M. Menna, S. Jacob, G. Plaza, H. Di Velz, J. C. Cid, O. Pacheco. Household Solid Waste Sampling for Mar del Plata city- Argentina. Revista ISWA TIME, SIN 0906-1435, Issue N° 3, pág. 8 a 11. 2001.
- George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil. Gestión Integral de Residuos Sólidos. McGraw-Hill. ISBN 04-481-124. 1998.
- Plan Nacional de Valorización de Residuos. Manual Operativo de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos para Medianos y Pequeños Asentamientos de Argentina. Publicación del Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Presidencia de la Nación. Febrero de 2000.
- M. Menna, C. Baltar, P. Vittar. Lineamientos Mínimos Plan Director GIRSU-MGP, Proyecto PNUD 06/006. Julio de 2007.
- EPA 530-R-95-023. Decision-makers' guide to solid waste management, 2nd edition. National Service Center for Environmental Publications P.O. Box 42419 Cincinnati, OH 45242

ABSTRACT: This paper presents an evaluation of a system of municipal solid waste management for small-scale, decentralized and replicable. The application scenario is a neighborhood called Puerto de Mar del Plata (Mar del Plata Docks), in which is proposed to improve efficiency in the classification of solid waste in the fractions of interest. A Recovery Facility of basic installation and operation, provides for the social reintegration of informal recyclers of waste, reducing waste disposal in landfills, and increases the ratio volume of material deposited / quantity of biogas generated, making it more feasible energy use, since it is eligible for funding because it qualifies as Clean Development Mechanisms. Minimum guidelines are presented of the Management System, and also are established human, technological and economic resource requirements. The proposed system needs to be subsidized for not being self-sufficient and quantifies an order of magnitude of investment required to implement the Social Plan.

Keywords: Municipal Waste, Integral Household Solid Waste Management (GIRSU), economic evaluation.