

Diseño e implementación de un sistema de gestión y recupero de RSU en un conjunto de 96 viviendas en la Ciudad de Avellaneda, Buenos Aires - Argentina.

Rissetto, Miguel Ángel¹, Sozzani, Leticia², Battista Roberto³, Sánchez Graciela⁴, Longo, Gustavo⁵

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda.

Avda. Mitre 750 (1870), Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.

mrissetto@fra.utn.edu.ar - miquelrissetto@gmail.com - letsoz@yahoo.com.ar - roalba45@yahoo.com.ar - gmsanchez90@hotmail.com - gustavojavierlongo@yahoo.com.ar

RESUMEN

Es sabida la creciente preocupación –especialmente de los países más desarrollados- por resolver el inconveniente que representa el aumento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), y la contaminación ambiental que generan.

En tal sentido, las grandes ciudades utilizan diferentes sistemas de Gestión y Tratamiento de estos RSU para enfrentar y resolver esta problemática. Generalmente las soluciones implementadas en estos países consisten en la separación en origen de los residuos y en su transporte diario (tanto de los orgánicos a plantas de tratamiento y / o generación de energía, como de los inorgánicos a depósitos donde se los clasifica según su tipo para reciclar o reutilizar).

En este contexto, el cambio de paradigma que propone este trabajo, es evitar la recolección diaria de los RSU, mediante un sistema de autogestión a implementar en un complejo urbano existente, de 96 viviendas, ubicado en la Ciudad de Avellaneda, provincia de Buenos Aires, República Argentina.

Este sistema consiste en la instalación de un biodigestor para estas viviendas, que con los RSU orgánicos producirá energía (biogás y electricidad) mientras que los RSU inorgánicos -vidrios, metales, plásticos, papel, etc.- se acumularán en depósitos. Así, tanto el compost resultante del biodigestor como los RSU inorgánicos podrán recolectarse cada diez días aproximadamente.

Para concluir, las ventajas ambientales del sistema planteado radican en la ostensible disminución de la circulación de los camiones recolectores, reduciendo la polución, el consumo de combustible, los problemas de tránsito y la presencia de basura en la calle.

En cuanto a las ventajas económicas, se aprovechará la energía del biodigestor para las viviendas y se comercializarán el compost y los materiales reciclables y reutilizables, pero el beneficio fundamental radica en que la menor circulación de los camiones recolectores reducirá un 90% el costo de la gestión actual de los RSU del municipio.

Palabras Claves: gestión de residuos urbanos, biodigestor, biogás.

ABSTRACT

It is known especially the growing concern of more developed countries to solve the inconvenience of increasing Solid Waste (MSW), and environmental pollution they generate.

In this regard, large cities use different systems of management and treatment of these RSU to address and resolve this problem. Generally the solutions implemented in these countries consist of source separation of waste and in their daily transportation (both organic treatment plants and / or power generation, and inorganic deposits where they are classified by type to recycle or reuse). In this context, the paradigm shift proposed in this work, is to avoid the daily collection of MSW by a self to be implemented in an existing urban complex of 96 apartments located in the city of Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.

This system involves the installation of a biodigester for these dwellings, with organic RSU will produce energy (biogas and electricity) while inorganic RSU-glasses, metals, plastics, paper, etc. accumulate in deposits. Thus, both the resulting compost digester as inorganic RSU will be collected every ten days or so.

In conclusion, the environmental advantages of the proposed system lies in the considerable reduction of the use of garbage trucks, reducing pollution, fuel consumption, traffic problems and the presence of garbage in the street.

In terms of economic benefits, energy digester will be used for housing and compost and recyclable and reusable materials will be sold, but the key benefit is that the least movement of garbage trucks reduced by 90% the cost of current MSW management in the municipality.

Keywords: management of urban waste, digester, biogas.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se sustenta en la consideración de que, en la actualidad, tanto la gestión como el tratamiento de los residuos sólidos urbanos son absolutamente obsoletas y deficitarias.

Para tener una dimensión real de esta problemática basta con mencionar que en las grandes y modernas ciudades cada habitante genera aproximadamente 1,5kg de basura por día. (1)

Si nos remitimos a la República Argentina, en la actualidad entre la Ciudad y el Gran Buenos Aires se recogen diariamente 15.000 toneladas de basura que son transportados en camiones -más de 3000 diarios- hacia los centros de disposición o tratamiento. Para tener una dimensión real de esta situación, si ponemos en fila a todos estos camiones ocuparían 30 kilómetros. Esto evidentemente genera enormes inconvenientes entre los que se destacan: enfermedades profesionales y accidentes en los recolectores de residuos, trastornos y accidentes de tránsito, contaminación ambiental y pérdida de recursos no renovables, entre otros efectos del sistema de recolección actual (Figura 1).



Figura 1 - Bolsas de basura sin recoger en Avenida de Mayo y 9 de Julio (pleno centro de la Ciudad de Buenos Aires) - Fuente: Diario La Nación, "Por un paro, Buenos Aires es un basural" (martes 19/10/10)

Por otro lado, no debe olvidarse la imposibilidad de contar con centros de disposición próximos a los lugares donde se producen y recolectan los residuos, y la cada vez más engorrosa gestión de conseguir terrenos donde los vecinos estén dispuestos a permitir la implantación de estos centros que son verdaderos focos de contaminación.

En cambio, si nos remontamos por ejemplo a las primeras décadas del siglo XX en la Ciudad de Buenos Aires, la problemática de los RSU no era tal, dado que los residuos orgánicos domiciliarios -predominantes- eran utilizados casi en su totalidad como alimento para las gallinas, gatos, perros y otros animales domésticos que frecuentemente habitaban en los fondos de las casas, que eran en ese entonces el estilo de vivienda más difundido.

En cuanto a los residuos inorgánicos, éstos no eran frecuentes ya que casi todos consistían en papel o cartones que se quemaban, o envases de vidrio que se reutilizaban.

De este modo, prácticamente no salía "basura" a la vía pública, y la que se recolectaba, no presentaba mayores problemas ya que tampoco había tantos habitantes y los terrenos de disposición final -donde se quemaba todo lo que se enviaba- eran abundantes y cercanos.

Este esquema era válido para el Gran Buenos Aires, las grandes ciudades de la Argentina, y también se repetía en otros países de América y del mundo.

Promediando ya en el siglo XX, en la Ciudad de Buenos Aires la tipología edilicia predominante pasó a ser la vivienda en propiedad horizontal -edificios en altura o "condominios"-, ocupando los terrenos donde antes estaban las viviendas unifamiliares. Como consecuencia, la problemática cambió, dado que comenzó a aumentar enormemente la población y paralelamente dejaron de existir esos "fondos" o terrenos libres donde se criaban los animales domésticos mencionados que consumían la mayoría de los restos orgánicos de las comidas.

Para resolver este cambio, la solución adoptada en ese momento fue la incineración dentro de los mismos edificios, lo que reducía los residuos a un poco cantidad de cenizas que se juntaban y se dejaban en la calles para ser recolectadas. Pero este método pasó a generar gran contaminación ambiental a medida que aumentaba la construcción de edificios de "viviendas multifamiliares en altura".

En ese orden de cosas, en la década de 1970 los incineradores domiciliarios fueron prohibidos y reemplazados por compactadores domiciliarios, que no resultaron efectivos y en pocos años dejaron de ser exigidos, derivando entonces en el sistema actual, donde la totalidad de los RSU - con su volumen natural, sin reducirse o compactarse- sale a la vía pública para ser recolectado por los camiones.

Nuestra propuesta sería entonces recuperar algunos conceptos de los “modelos de gestión” mencionados, tratando de que no salgan los RSU a la vía pública, mediante el uso de las tecnologías actuales y también desarrollando otras acciones innovadoras complementarias.

Se trata entonces de brindar soluciones mediante un nuevo “modelo de gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios” denominado “GERSU” (Gestión de RSU), abarcando su separación, el tratamiento para reducirlos y su aprovechamiento energético dentro de las viviendas (y/o sus terrenos), la disminución del proceso de recolección en la vía pública, el tratamiento posterior y su disposición final, la reutilización y el reciclaje, y otras posibilidades, todo esto mediante la aplicación y combinación de las últimas tecnologías disponibles.

De este modo se busca generar un cambio total del paradigma actual de la gestión y tratamiento que se da a los residuos sólidos urbanos en la actualidad, eliminando absolutamente su presencia y traslado en la vía pública, dejando de verlos como “residuos” o “basura” propiamente dichos, para pasar a considerarlos materiales o productos con cierto valor agregado.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo está basado en un proyecto de investigación iniciado en el año 2013 en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional (FRA UTN) de la República Argentina, aprobado por la mencionada Universidad en 2012, y sus objetivos son:

2.1 Objetivos principales

Disminuir y hasta evitar la salida diaria a la vía pública de los residuos sólidos urbanos (RSU), tanto orgánicos como inorgánicos, que se generan en las viviendas del Partido de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

A su vez también se propone el aprovechamiento energético de los RSU orgánicos mediante un biodigestor. De este modo lo recolectado ya no serán residuos sino “productos” como el compost generado por la biodigestión de los RSU orgánicos y los materiales reciclables o reutilizables, resultantes de la separación de los RSU inorgánicos.

Aprovechamiento de los RSU orgánicos: producción de energía y compost

Se utilizará un biodigestor anaeróbico donde se introducirán todos los RSU orgánicos del edificio. En este aparato se produce la biodigestión generando biogás (gas metano) y compost (abono). Se estudia aprovechar el biogás para consumo de las viviendas o transformarlo en electricidad, dependiendo de los costos que esto demande. El proceso de biodigestión demora entre 23 días y 80 días dependiendo de las condiciones (temperatura, etc.). Esto permitirá evitar la recolección diaria al no tener el peligro de la putrefacción de los RSU orgánicos. Esta se realizará mediante camiones del tipo “atmosférico” que extraerán el compost para llevarlo a los terrenos para abonar o lugares de disposición final o venta.

Reciclado o reutilización de los RSU inorgánicos:

Una vez separados adecuadamente –ya sea solo en inorgánicos o clasificados por tipo como ser papel y cartón, plásticos, vidrios, metales, etc.- se colocarán en un depósito de dimensiones adecuadas para ser recogidos una vez cada 10 días aproximadamente, según la capacidad de guarda diseñada. Esta recolección la realizarán camiones o recolectores urbanos –cartoneros– según las cantidades, y se llevarán a los depósitos generales para su clasificación, o directamente se entregarán para su reciclado o reutilización en las industrias correspondientes con el consecuente beneficio.

2.2 Objetivos secundarios

-Disminuir los inconvenientes que generan:

a- la circulación diaria de camiones recolectores (accidentes de tránsito vehicular y del personal y peatones, contaminación ambiental, consumo de combustible).

b- la cantidad de bolsas de residuos depositadas y acumuladas en la vía pública (inundaciones provocadas por la obstrucción los desagües pluviales en días de lluvia, contaminación ambiental y visual).

c- los sitios destinados a disposición final de los residuos sólidos (grandes focos de contaminación ambiental, falta de los espacios destinados a tales fines, problemas vecinales).

-Reducir la producción de residuos en todos sus aspectos.

-Producir materiales provenientes del reciclado de los residuos sólidos urbanos, tendiendo a disminuir el consumo y deterioro de los recursos naturales.

-Mejorar las condiciones de trabajo y calidad de vida del recolector de residuos sólidos urbanos:

a- evitando el contacto directo del operario con los residuos.

b- ocupando y generando mano de obra mas calificada para la construcción de los componentes del nuevo sistema GERSU.

-Diseñar y producir en nuestro país un sistema de gestión integral de RSU adaptado a nuestra tecnología y recursos económicos para implementar en diferentes tipologías urbanas y edilicias.

-Optimizar el enorme costo ambiental, económico y social que tienen el transporte y la disposición final de los RSU, mediante la implementación de un sistema más eficaz y eficiente.

En tal sentido se propone como prueba piloto implementar nuestro Sistema de Gestión de los RSU –GERSU- en una tipología de construcción urbana consistente en un conjunto habitacional de 96 viviendas, considerando que cada unidad está habitada por una familia tipo de 4/5 personas.

Este edificio denominado Llaneza- Villa Azul, fue proporcionado por la Ciudad de Avellaneda con la finalidad de poder realizar una prueba piloto del sistema GERSU.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Como se ve, nuestra propuesta abarca primariamente tres problemáticas fundamentales:

a- el estudio de biodigestores y generadores de electricidad a biogás, para tratar los residuos orgánicos antes de que salgan a la vía pública obteniendo energía de los mismos.

b- la gestión - separación - disposición de los residuos inorgánicos para ser reutilizados y/o reciclados.

c- la factibilidad económica y técnica de todo este nuevo sistema

Por la diversidad y complejidad de estos temas, se decidió que en este proyecto trabajen tres Departamentos de especialidades de Ingeniería de la UTN Facultad Regional Avellaneda (FRA), el de Ingeniería Industrial, el de Ing. Civil, y el de Ing. Química,

En tal sentido se procedió primero a investigar en profundidad el funcionamiento y los costos de los actuales modelos de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), fundamentalmente en las Ciudades de Avellaneda y Buenos Aires, para tener suficientes elementos de referencia sobre:

-Cantidad y composición de los RSU.

-Energías alternativas con utilización de RSU.

-Valores económicos de recuperación de RSU reciclados.

-Costos de la recolección de RSU con métodos tradicionales.

-Proyección de costos con el uso del nuevo sistema y metodología propuestos.

-Sistemas de gestión y tratamiento de RSU

-Generación de energía mediante los RSU

-Procesamiento de los RSU para separarlos en orgánicos e inorgánicos.

Con estos elementos se avanzó en la propuesta de implementación del sistema trabajando con dos equipos en forma paralela y complementaria.

El primero, integrado por especialistas de la Ingeniería Industrial, iniciador del proyecto, que coordina las acciones para su necesaria visión sistémica y que trabajará además sobre el diseño, la evaluación económica y su impacto social. Para esto, se analizaron en principio los costos que significan a la Municipalidad de Avellaneda –el ámbito elegido- el sistema de recolección actual, para luego compararlos con los costos necesarios para la implementación del nuevo modelo de gestión propuesto. A su vez, se estudiaron otros factores –salud, ambiente, estética urbana, etc.- que se mejorarían con la nueva propuesta (como los ya mencionados accidentes que sufren los recolectores, o los también los problemas urbanos que genera la presencia diaria de la basura en la vía pública y su disposición final).

Con estos elementos, se avanzó en la evaluación del proyecto, considerando la factibilidad económica de su implementación, verificando el incremento o la reducción de costos que este nuevo sistema significará para la Municipalidad de Avellaneda. En esta etapa, se considerará y analizará también la capacitación y reinserción de la mano de obra actualmente vinculada a la recolección tradicional, destinando diferentes porcentajes de la misma –a definir- ya sea en la recolección de los RSU inorgánicos (asociándola a cooperativas de recolección y recuperación de residuos reciclables), en la recolección del compost, en la construcción de biodigestores y en el mantenimiento de los mismos y demás servicios.

El otro equipo, compuesto por especialistas de la Ingeniería Civil y Química, trabajó sobre las cuestiones técnicas –construcción, instalaciones, presupuestos, etc.- relacionadas con la implementación del sistema en un conjunto de viviendas del ya mencionado Municipio de Avellaneda, resolviendo temas también como los legales y urbanos.

Se tomó como premisa que los RSU ya se encuentran separados en orgánicos e inorgánicos dentro de cada vivienda. En tal sentido, se realizó el dimensionamiento y la documentación del

biodigestor, del grupo electrógeno, y del resto de las instalaciones necesarias. Con esto se determinó la mejor ubicación del biodigestor dentro del conjunto habitacional.

Por otro lado, se definió también la disposición del depósito de los RSU inorgánicos (como se dijo, también partiendo de la premisa de que estos ya se encuentran separados). Este será un lugar de almacenamiento en el que permanecerán un tiempo —a definir en función de cantidades y espacios— que implique que justamente su recolección sea espaciada dado que no hay urgencias debidas a descomposición o los malos olores. Se resolvieron entonces capacidad y características constructivas del mismo y también la ubicación y el acceso dentro del conjunto habitacional para su retiro.

Con estos elementos se elaboró la documentación técnica del proyecto, resolviendo todas los aspectos de ingeniería, arquitectura y urbanismo comprometidos en este nuevo modelo propuesto.

4. RESULTADOS.

4.1 Estimaciones generales

Para comprobar la factibilidad del nuevo sistema de gestión de los RSU se procedieron a efectuar las correspondientes evaluaciones económicas.

En tal sentido se compararon los costos de los sistemas vigentes, obtenidos en las investigaciones previas, con los valores estimados para la puesta en marcha del sistema en un edificio de viviendas ubicado en el partido de Avellaneda.

También se hizo una comparación respecto de cómo sería el retorno de la inversión en la Ciudad de Buenos Aires, para tener otra referencia respecto a la implementación de la propuesta en una gran urbe, con otros valores de referencia.

4.1.1 Costos actuales de Gestión de RSU en la Ciudad de Avellaneda

a- Costos cuantificables totales estimados: \$32.532.605 Año

Estos costos incluyen: Gastos diarios en recolección, traslado y disposición final actual. Costos por agotamiento de recursos naturales y degradación ambiental. Costos por degradación de suelos. Costos por contaminación de aguas. Costos por el indebido manejo de los residuos sólidos urbanos. Costos por reparación de daños a la salud humana.

b- Costos insalvables totales estimados: 11.952.603 \$/Año

Estos costos incluyen: Gastos en recolección, traslado y disposición final de rechazos, Costos por agotamiento de recursos naturales y degradación ambiental de residuos de rechazo.

c- Costos Totales Gestión RSU Avellaneda: 44.485.208 \$/Año (a+b)

-Total de habitantes 340.985 Habitantes

-Costo por habitante 130 \$/Año por habitante

4.1.2 Sistema GERSU.

a- Gasto de la recolección de residuos por año

El sistema GERSU considera una recolección del compost cada 20 o 30 días, que se extraerá del biodigestor mediante camiones tipo atmosféricos. También cada 20 días o 30 días —en función de la capacidad del depósito— se producirá el retiro de los inorgánicos. Pero a su vez consideramos que será necesario un mantenimiento del sistema, para arreglos o ajustes y revisiones.

En tal sentido estimamos que se requerirá una circulación semanal de los camiones para los fines descriptos. Así tenemos: \$/hab 130 al año con recolección diaria, tendremos que por día el costo de recolección será de \$/hab 19 al año (\$130/7días). Si consideramos que Avellaneda tiene aproximadamente 341.000 habitantes, el costo total para gestionar el sistema GERSU será \$6.480.000 al año.

b- Beneficios por aprovechamiento de RSU por año

Ingresos totales por venta de compost y ahorro de energía 10.942.535 \$/Año. Beneficios por habitante 32 \$/Año

Nota: Toda esta información puede encontrarse desarrollada en el trabajo “Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de residuos sólidos urbanos”. (2)

4.2 Diseño del nuevo sistema a implementar

Habiendo avanzado primero con la hipótesis de trabajar en un complejo habitacional de 100 viviendas, se decidió obtener una entrevista en el Municipio de Avellaneda para conseguir un edificio de similares características que nos ofrezca posibilidad de materializar la idea y su posterior implementación.

En tal sentido se consiguió un encuentro con el Secretario de Obras, quien nos ofreció el edificio de 96 viviendas –pautas muy similares a las que teníamos- denominado Llaneza-Villa Azul, sito en la Villa Domínico, Partido de Avellaneda (Figura 2).



Figura 2. El edificio Llaneza-Villa Azul elegido para aplicar el sistema propuesto

Este edificio fue construido por el Municipio, quien nos proporcionó los planos para que se proyecte en el mismo nuestra propuesta.

El Municipio demostró tal interés que incluso se convino en que una vez concluido el proyecto se analizaría la posibilidad de realizar una prueba piloto.

La construcción cuenta con varios módulos de tres plantas, circulaciones verticales mediante escaleras, y espacios circulatorios y libres entre los módulos que le permiten iluminación y ventilación. Tiene también una plaza contigua que ocupa la esquina (Figura 3).



Figura 3. Vista del edificio y de la plaza contigua

Contando con el dato concreto de las 96 viviendas y con la documentación del edificio se procedió a avanzar en los estudios de los espacios disponibles para ubicar el biodigestor y los diferentes depósitos para los RSU.

Procedimos entonces a efectuar los cálculos de volúmenes y pesos de los residuos estimados, haciendo una aproximación de 96 = 100 viviendas:

4.2.1 Residuos diarios a separar

Total de RSU por vivienda estimados = 4 kg/día = 0.016 m³/día

RSU orgánicos por vivienda = 2 kg/día o 0.008 m³/día

RSU inorgánicos por vivienda = 2 kg/día o 0,008 m³/día

Total RSU edificio = 400 kg/día = 1,6 m³/día

RSU orgánicos total edificio = 200 kg/día = 0.80 m³/día

RSU inorgánicos total edificio = 200 kg/día = 0.80 m³/día

Los volúmenes fueron estimados en base a muestras y estudios realizados por nuestro equipo de investigadores.

Por ejemplo se comprobó que un edificio de 16 viviendas completa diariamente en promedio 2 bolsas de consorcio de 0,4 x 0,4 x 0,8 m, equivalentes a 0.256m³. Si dividimos este valor por las 16 viviendas nos da que cada una genera 0.16m³.

Esto se verificó también porque la basura que produce una familia tipo diariamente en una vivienda alcanza para llenar el típico un "tacho" de 0,2 x 0,2 x 0,4m, que equivalen a los 0.016 m³ estimados antes.

En cuanto a la separación, se parte de la premisa de que en las viviendas se efectúa la separación entre orgánicos e inorgánicos.

4.2.2 Dimensiones del Biodigestor y Cámara Hidráulica para RSU orgánicos

En este se volcarán los RSU orgánicos de todo el edificio, suponiendo que se ha realizado una adecuada separación.

Se considera para el cálculo que el biodigestor deberá contener los residuos de todo un mes, dado que en ese tiempo se transformarán en compost y serán extraídos.

-Medidas del biodigestor:

Peso = 200 kg/día x 30 días = 6.000 kg de RSU orgánicos = 6 Ton

Volumen según cálculos específicos = 45 m³

Dimensión estimada = 3m x 3m x 5m

-Medidas de la cámara hidráulica

Volumen según cálculos específicos = 15 m³

Dimensión estimada = 1,5m x 2m x 5m

El proceso de descomposición anaeróbico de los residuos orgánicos genera gas metano en un 40% (biocombustible) y anhídrido carbónico en un 40%. Este proceso dura en nuestras condiciones aproximadamente 30 días y produce un gran aumento de la temperatura que hace que desaparezcan las bacterias contaminantes.

El resultado es un efluente líquido-pastoso que se aloja en la Cámara Hidráulica –mezcla de compost y lixiviados- que se comporta como un gran fertilizante orgánico, normalmente utilizado en campos. La mayoría de sus nutrientes principales son nitrógeno, fósforo y potasio.

Para el dimensionamiento precedente se consultaron: 3-<http://mecanotecnia.blogspot.com.ar/>

4-Bangladesh Biogas Technology. 5-Manual para Producción de Biogás. 6-Tecnología del Biogás

4.2.3 Depósito para guarda de los RSU inorgánicos

Para el cálculo de este volumen se estima que el retiro de estos RSU se realizará semanalmente.

El recinto no tendrá que tener ninguna característica especial dado que estos residuos son inorgánicos –secos- y no se descomponen.

Peso = 200 kg/día x 7 días = 1.400 kg de RSU inorgánicos

Volumen = 0.80 m³/día x 7 días = 5,6 m³

Dimensión estimada = 3m x 1,5m x 1,5m (6.75m³)

4.2.4 Equipo generador de electricidad alimentado con biogás

Dentro de la propuesta está la posibilidad de aprovechar el gas metano producido por la descomposición de la materia orgánica del biodigestor. Esto hace a la autosustentabilidad del proyecto.

En tal sentido se estudiaron equipos de costos, dimensiones y potencias que hagan viable y rentable su instalación.

Se trabaja con el parámetro de que 1 tonelada de RSU orgánicos genera 125 m³ de biogás. (7- "Modelo Mejicano para la estimación de biogás).

De otra fuente tenemos que una tonelada de residuo orgánico domiciliario genera 52 m³ de biogás. (8-Ing. Eduardo Groppelli, Universidad Nacional del Litoral).

También tenemos que 1 m³ de residuos orgánicos genera 135 m³ de biogás (9-José Buenrostro Pablos).

Según la ficha técnica del equipo CAMDA con motor Cummings para generar 20Kw/h se necesitan 7lts/hora. Para más datos este equipo de origen chino tiene un costo su país de u\$s 13.000, valor que se considera apropiado.(10)

La Universidad de Guanajuato la publicación "Residuos sólidos municipales III" de Santiago Gutierrez Estrada, en su punto 7 Rendimientos Teóricos de Biogás dice "el valor calorífico del biogás es de 6 Kwh por m³. Es decir que 1 m³ de biogás es equivalente a aproximadamente medio litro de combustible diesel. (11)

Además, otro proveedor indica que para un grupo electrógeno trifásico de 50kw el consumo de biogás es de 22 m³/hs. (10)

Tomando los valores medios, tenemos: de producción de biogás:

-1 Ton RSU=125 m³ biogás x 6 Ton / mes = 750 m³ de biogás/mes

De consumo de combustible para el generador

-0,5 lts de diesel = 1m³ de biogás, 7 lts/hs = 14 m³/hs de biogás

Entonces, con el biogás del mes nuestro generador funcionará:

750 m³/mes / 14 m³/hs = 54 horas al mes

Las dimensiones del generador son aproximadamente de 1,7m x 2m x 2,50m (10) (Figura 4). El espacio requerido para contenerlo será de 3m x 3m x 3m.



Figura 4. Grupo electrógeno con motor Cummings

4.2.5 Detalles constructivos para implementar el Sistema GERSU

Considerando los datos obtenidos y el proyecto del edificio Llaneza-Villa Azul donde tenemos que implementar nuestro sistema GERSU, hemos resuelto ubicar todo el conjunto de las instalaciones enterrado en la plaza anexa.

Encontramos a esta solución como la más adecuada dado que así no se afectan los espacios libres exteriores propios del edificio existente y por otro lado tenemos un acceso más libre para el retiro del compost y del los residuos inorgánicos.

En el gráfico siguiente (Figura 5), en planta, se muestra el edificio, la plaza y en rojo la ubicación de las instalaciones, que como se dijo van a ir totalmente enterradas, quedando a la vista solo los “dos buzones de ingreso para los residuos”, uno para los orgánicos y otro para los inorgánicos.

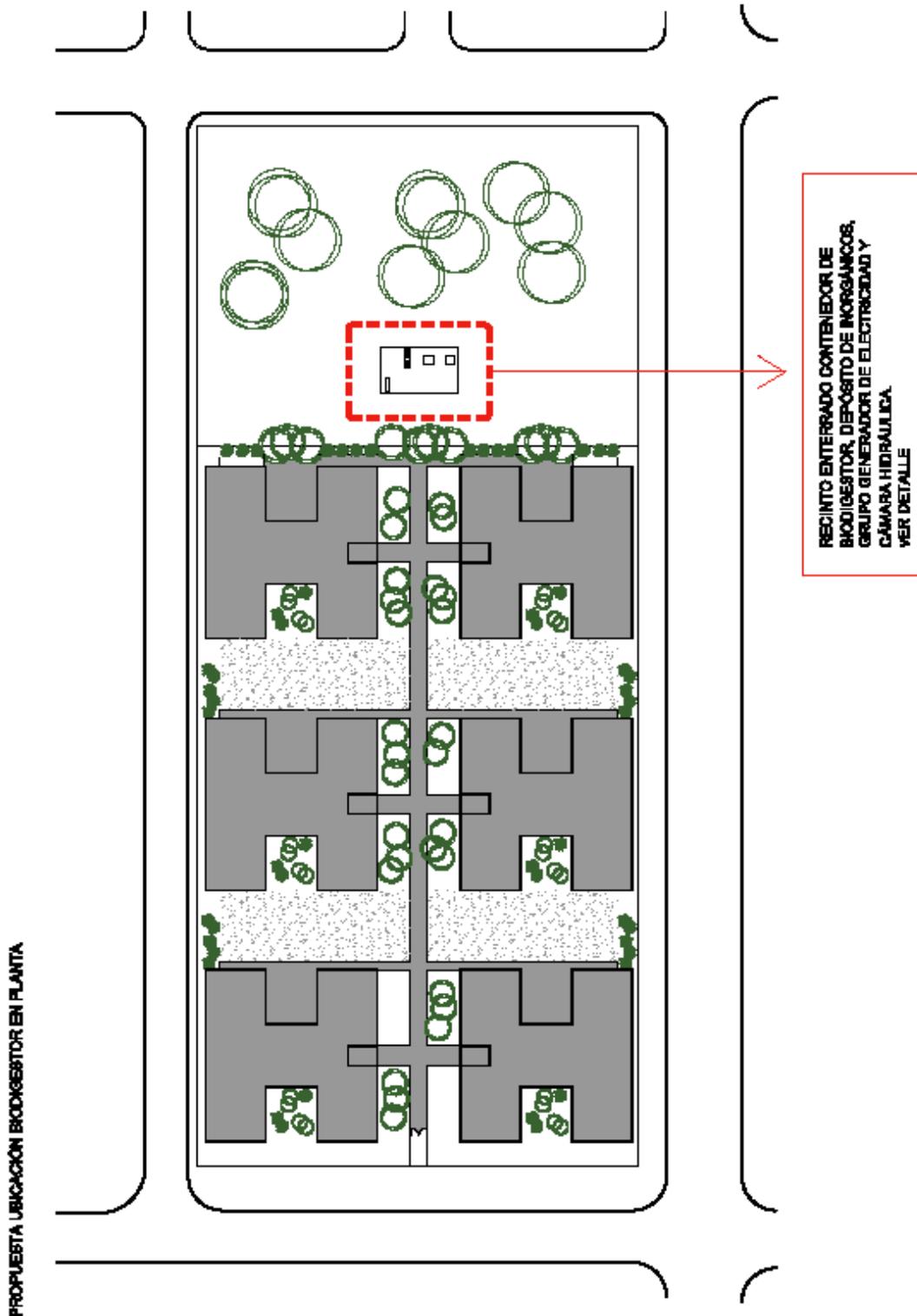


Figura 5. Planta del edificio y de la plaza contigua

En el próximo gráfico (Figura 6) tenemos el detalle de las instalaciones soterradas, correspondientes al biodigestor, la cámara hidráulica, el grupo electrógeno, el depósito de inorgánicos, la escalera de acceso y las instalaciones complementarias.

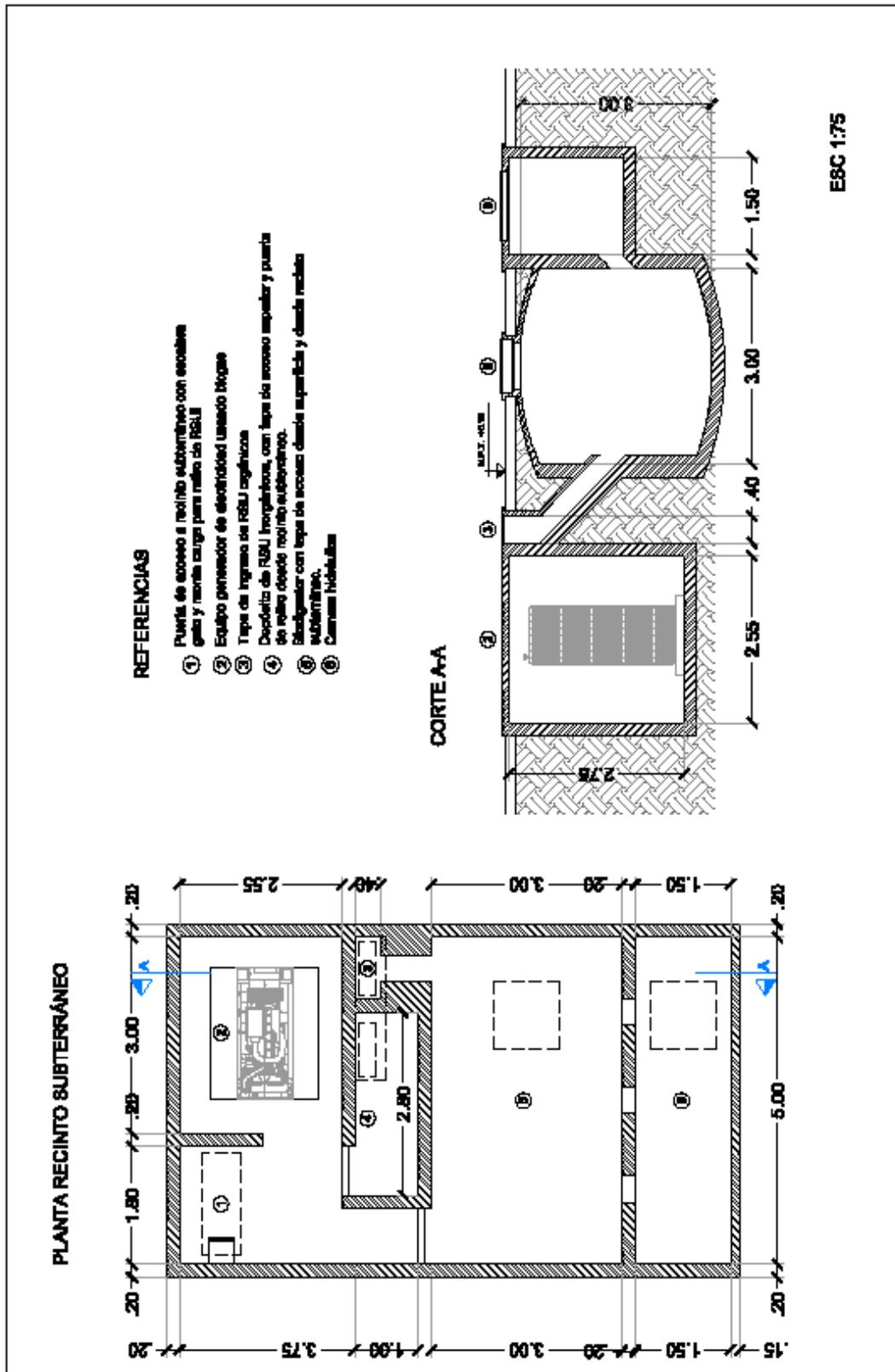


Figura 6. Planta de las instalaciones enterradas

En la planilla siguiente (Tabla 1) se muestra el presupuesto correspondiente a las instalaciones del Sistema GERSU diseñado.

Tabla 1. Presupuesto para la construcción del Sistema GERSU

PRESUPUESTO DETALLADO						
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL ITEMS	SUBTOTAL RUBROS
1	TAREAS PRELIMINARES					\$ 5.000,00
1.1	REPLANTEO DE OBRA, OBRADOR, EQUIPAMIENTO Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE OBRA	gl	1,00	\$5.000,00	\$ 5.000,00	
2	MOVIMIENTOS DE TIERRA					\$ 11.340,00
2.2	EXCAVACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL TERRENO	m3	27,00	\$420,00	\$ 11.340,00	
3	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y REFUERZOS METÁLICOS					\$ 449.000,00
3.1	FOSA CON LOSA Y TABIQUES DE H° A°	m3	44,90	\$10.000,00	\$ 449.000,00	
4	AISLACIONES					\$ 19.863,50
4.1	CAPA AISLADORA VERTICAL	m2	122,00	\$122,00	\$ 14.884,00	
4.2	CAPA AISLADORA HORIZONTAL	m2	43,30	\$115,00	\$ 4.979,50	
5	REVOQUES					\$ 30.500,00
5.1	REVOQUE GRUESO Y FINO INTERIOR	m2	122,00	\$250,00	\$ 30.500,00	
6	CONTRAPISOS / CARPETAS					\$ 12.557,00
6.1	CONTRAPISO DE HORMIGON DE CASCOTE	m2	43,30	\$170,00	\$ 7.361,00	
6.2	CARPETA	m2	43,30	\$120,00	\$ 5.196,00	
7	HERRERIA					\$ 22.500,00
7.1	ESCALERA MARINERA DE ACCESO A RECINTO	gl	1,00	\$5.000,00	\$ 5.000,00	
7.2	PUERTAS HORIZONTALES DE ACCESO (tapa y contratapa)	un	5,00	\$3.500,00	\$ 17.500,00	
8	CARPINTERIAS METALICAS					\$ 6.000,00
8.1	PUERTAS VERTICALES DE ACCESO A RECINTO 4 Y RECINTO 5	un	2,00	\$3.000,00	\$ 6.000,00	
9	VARIOS					\$ 0,00
9.1	MONTACARGA PARA RETIRO DE RSUI	un	1,00		\$ -	
10	INSTALACIÓN ELÉCTRICA					\$ 130.000,00
10.1	GRUPO GENERADOR DE ELECTRICIDAD	gl	1,00	\$110.000,00	\$ 110.000,00	
10.2	ILUMINACIÓN GENERAL, TABLEROS E INST. ESPECIALES	gl	1,00	\$5.000,00	\$ 20.000,00	
11	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS					\$ 10.000,00
11.1	AYUDA DE GREMIO	gl	1,00	\$4.000,00	\$ 4.000,00	
11.2	LIMPIEZA DE OBRA	gl	1,00	\$6.000,00	\$ 6.000,00	
TOTAL						\$ 696.760,50

Puede verse que la construcción de todas las instalaciones enterradas nos insume un costo aproximado de \$700.000. Tenemos también que el edificio tiene unos 450 habitantes, lo que nos da un costo (inversión por única vez) por habitante de aproximadamente \$1555.

Si vemos el capítulo 4 de este trabajo tenemos que lo que gasta la Ciudad de Avellaneda por habitante –año 2012- es \$130 por habitante al año.

También tenemos que el beneficio –por energía y compost- por habitante que nos ofrece el sistema GERSU al año es de \$32 por habitante al año (año 2012).

Si sumamos estos dos valores tenemos que con el uso del GERSU nos ahorramos por habitante al año \$162, que actualizados al 2014 -30% anual- nos da un valor de \$210.

En tal sentido podemos considerar que en aproximadamente 8 años ($\$155/\$210= 7,60$ años) el sistema estaría totalmente pago y comenzaría a dar ganancias de aproximadamente \$13 por habitante por año ($\$32 - \19).

5. CONCLUSIONES.

El por un lado creciente costo que significan hoy para todo Municipio urbano la recolección y gestión tradicional de sus RSU, y por el otro el acceso cada vez mas director y económico que tenemos a las mas modernas tecnologías, nos permiten establecer que en un futuro no muy lejano el resultado beneficioso de nuestro sistema GERSU –tanto social y ambiental como económico- expuesto en este trabajo va a ser cada vez mas favorable.

En tal sentido demostramos que en nuestro caso -un edificio de 96 viviendas en la Ciudad de Avellaneda- la inversión necesaria para su implementación se recupera en 8 años, pero además y fundamentalmente comprobamos que además de ser rentable es técnicamente viable y sencillo de materializar con la mano de obra disponible de los mismos recolectores urbanos que dejarían de realizar sus habitualmente peligrasas tareas en los camiones.

Si hipotéticamente y a modo de referencia, proyectamos el beneficio que arroja este sistema en nuestro edificio luego del octavo año para toda la Ciudad de Avellaneda, tenemos que los \$230 por habitante/año multiplicados por los 350.000 habitantes del Municipio nos dan un beneficio de \$80.000.000 en un solo año.

En este orden de cosas y a modo de ejemplo, podríamos decir que esto nos permitiría construir unas 130 viviendas de 50m2 anualmente, o sea que se solucionaría el problema habitacional de más de 500 personas. Y también podríamos considerar las mejoras ambientales -que se comenzarían a percibir desde un inicio- como por ejemplo el considerar que casi todos los

desechos orgánicos –unas 50.000 toneladas al año- dejarían de tener que depositarse en centros de disposición final, pasando ahora a ser abono de campos y terrenos que lo necesiten.

Pero, para mayor abundamiento, también podemos proyectar estos resultados a la Ciudad de Buenos Aires, capital de la República Argentina. Así tenemos que al año 2013 el gasto en la gestión de sus residuos fue de aproximadamente \$966 por habitante, lo que actualizado a 2014 dan unos \$1200 por persona al año (presupuesto para 2013 \$2.900 millones, ver “Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de los residuos sólidos urbanos”, Miguel Rissetto, 2013).

Y si tenemos que el costo anual actual de la gestión de residuos por habitante es de \$1200 y consideramos que para recoger el compost, los inorgánicos y efectuar el mantenimiento del sistema debemos disponer de un camión semanal en vez de uno diario, podríamos establecer que para gestionar el nuevo sistema GERSU necesitaríamos aproximadamente siete veces menos, lo que da aproximadamente \$200 por habitante al año, esto sin contar los \$40 por la venta de compost y ahorro de energía que hacen aún más favorable a nuestra ecuación.

Considerando entonces que el costo por habitante de \$1750 para implementar el GERSU sería similar al de Avellaneda (las construcciones e instalaciones ya detalladas), vemos que antes del segundo año ya recuperaríamos totalmente a la inversión.

En tal sentido luego de este segundo año ahorraríamos por habitante $\$1200 - 200 = \1000 lo que hace una economía para toda la Ciudad de \$3.000 millones de pesos, según los 3 millones de habitantes que estima el último censo.

Para hacer más gráfico este cálculo, podemos decir que estaríamos en condiciones de construir 200.000 m² de viviendas (a \$/m² 15000), lo que equivale a 4.000 viviendas -de 50m² cada una- por año, que solucionarían esta problemática para aproximadamente 20.000 personas.

Es importante aclarar que implementar este sistema en toda una Ciudad demandará muchos estudios y tiempo para adaptar el GERSU a las diferentes tipologías edilicias y situaciones urbanísticas. Pero igualmente entendemos que vale el esfuerzo dado que además tener este sistema totalmente autosustentable funcionando se conseguirían mejorar otros aspectos importantísimos como los que se muestran a continuación:

-diminución de la circulación diaria de camiones recolectores y consecuente menores accidentes de tránsito vehicular y del personal y peatones, menor contaminación ambiental y consumo de combustible). (Figura 7)



Figura 7. Camiones en la planta de José León Suarez

-disminución de la cantidad de bolsas de residuos depositadas y acumulados en la vía pública, y como consecuencia menos probabilidad de inundaciones provocadas por la obstrucción los desagües pluviales en días de lluvia. Disminución y hasta ausencia de contenedores en las calles. Menor contaminación ambiental y visual. (Figura 7)



Figura 8. Bolsas de basura y contenedores de RSU en la vía pública. Ciudad de Buenos Aires

- disminución de los sitios destinados a disposición final de los residuos sólidos urbanos, con la ventaja de menores focos de contaminación ambiental, y solucionando la falta de los espacios destinados a tales fines y los problemas que estos basurales provocan a los vecinos. (Figura 8)
- reducción de la producción general de residuos en todos sus aspectos. (Figura 8)



Figura 9. Basural en González Catán. Provincia de Buenos Aires

- promoción y aumento del uso de materiales provenientes del reciclado y la reutilización de los residuos sólidos urbanos, tendiendo a disminuir el consumo y deterioro de los recursos naturales.
- mejoramiento de las condiciones de trabajo y de la calidad de vida de los recolectores de residuos sólidos urbanos ya que se evita el contacto directo del operario con los residuos, y además muchos operarios se dedicarían a la construcción de los componentes del nuevo sistema GERSU ocupando y generando mano de obra mas calificada.
- promoción en nuestro país un sistema de gestión integral de RSU adaptado a nuestra tecnología y recursos económicos para implementar en diferentes tipologías urbanas y edilicias.
- optimización del enorme costo ambiental, económico y social que tienen el transporte y la disposición final de los RSU, mediante la implementación de un sistema mucho más eficaz y eficiente.

En síntesis, con nuestra propuesta no se repetirían mas las situaciones que hoy son comunes en nuestras ciudades y suburbios como las que mostramos en las fotografías precedentes.

Por lo expuesto podemos concluir que el nuevo sistema GERSU para la gestión de RSU nos ofrece una alternativa totalmente autosustentable y moderna, con la utilización de una tecnología sencilla, totalmente accesible para nuestro país y además utilizando como mano de obra a los recolectores de los camiones que dejarían de circular por las ciudades.

6. REFERENCIAS

- 1-Bertussi Filho Luiz Antonio y Obladen Nicolau L, (1999). Recolección selectiva de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Cascavel, Paraná, Brasil. REPAMAR 2da Fase.
- 2-Miguel Ángel Risetto et al. Libro "COINI 2013, VI Congreso Argentino de Ingeniería Industrial", ISBN 978-987-1896-26-4, publicación electrónica: http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/coini_2013.html Además se puede ingresar a la publicación desde el índice de Congresos: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/congresos.html>
- 3-<http://mecanotecnia.blogspot.com.ar/>
- 4-Bangladesh Biogas Technology (Renewable Energy & Environmental in Formation Network - www.reein.org)
- 5-Manual para Producción de Biogás (Ing. Jorge A. Hilbert - Instituto de Ingeniería Rural – Castelar
- 6-Tecnología del Biogás (Juan Pablo Silva Vinasco - Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería Ambiental - Colombia).
- 7-"Modelo Mejicano para la estimación de biogás, Universidad de Sonora.
- 8-Ing. Eduardo Groppelli, Universidad Nacional del Litoral).
- 9-José Buenrostro Pablos, AMENA, Guadalajara, Méjico.
- 10-www.alibaba.com Proveedores de biodigestores.
- 11-"Residuos sólidos municipales III" de Santiago Gutierrez Estrada, Universidad de Guanajuato.

Agradecimientos

- La colaboración de los investigadores Mónica Beatriz Basso, Alfredo López, Jorge Louzán, Walter Gurrera, Carmelo Scarpato y Silvio Colombo, integrantes del equipo de trabajo del proyecto "Gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) dentro de un complejo habitacional" (Disposición SCTyP UTN N° 64/2013).
- El apoyo de la Universidad Tecnológica Nacional y su Sec. de Ciencia, Tecnología y Posgrado
- El apoyo de la Facultad Regional Avellaneda, Decano y SCTyP.
- El apoyo del Departamento de Ingeniería Industrial UTN FRA.