



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**CENTRO DE ESTUDIOS DE LA**  
**ACTIVIDAD REGULATORIA**  
**ENERGÉTICA**



**MAESTRÍA EN ENERGÍA**

## **Tesis:**

**Propuesta de valorización energética de residuos sólidos urbanos en hornos cementeros como solución a la sustitución de combustibles fósiles y a la problemática ambiental en el Conurbano Bonaerense y Ciudad Autónoma de Buenos Aires.**

**DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Marcelo Santangelo**

**ALUMNO: Cr. Gonzalo A. Salvático**

**Cohorte 2013**





## ÍNDICE

LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	5
I. INTRODUCCIÓN .....	8
II. FORMULACIÓN DE LOS OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DE LA TESIS Y DE LAS HIPÓTESIS.....	12
III. EL CEMENTO. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO. OTROS TIPOS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA. CEMENTERAS VS INCINERADORAS. CALIDAD DEL CEMENTO. NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA.	16
IV. COMBUSTIBLES PROVENIENTES DE LOS RSU. DRF/CDR – OTROS. POTENCIALIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. VALOR POSIBLE DE MERCADO DEL PRODUCTO. COSTOS DE LOS OTROS COMBUSTIBLES A SUPLANTAR. TIPOS DE RESIDUOS UTILIZADOS PARA VALORIZACIÓN TÉRMICA EN HORNOS CEMENTEROS. GESTIÓN DE RESIDUOS PARA SER VALORIZADOS EN PLANTAS CEMENTERAS. EL PROCESO DE UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS DERIVADOS DE RESIDUOS EN CEMENTERAS. PLATAFORMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES.....	46
V. ANTECEDENTES Y APLICACIÓN EN EL RESTO DEL MUNDO. ENTIDADES INTERNACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA: THE WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) Y THE CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI), CEMBUREAU, FICEM, OTRAS. ENTIDADES NACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA: AFCP E ICPA. ....	78
VI. INICIATIVAS YA IMPLANTADAS EN NUESTRO PAÍS.....	100
VII. PLANTAS CEMENTERAS INSTALADAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. UBICACIÓN, PROPIEDAD, CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDADES. MAPAS DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS DE CADA UNA, CAPACIDADES. ESTIMACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO. ESTIMACIÓN DE INVERSIONES NECESARIAS PARA ADAPTARSE A COMBUSTIBLES PROVENIENTES DE RSU. IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLE ACTUALES. POSIBLE IMPACTO ECONÓMICO DE LA REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES IMPORTADOS. ....	112
VIII. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SEPARACIÓN EN ORIGEN. VERTEDEROS Y CEAMSE. MUNICIPIOS Y CANTIDAD DE RESIDUOS. VIDA ÚTIL. LANDFILL MINING. GESTIÓN DE RESIDUOS (OPCIONES CONTEMPLADAS ADEMÁS DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA). EMPRESAS, COOPERATIVAS Y OTRAS ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL VINCULADAS. ....	131
IX. LOGÍSTICA. PRODUCTO A TRANSPORTAR. MEDIOS DE TRANSPORTE. MAPAS DE RUTAS, FERROCARRILES Y VÍAS DE TRANSPORTE. POSIBILIDADES DE TRANSPORTE. ....	181
X. RESUMEN DE LA CADENA DE VALOR E IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES CLAVE.....	236



XI. POSIBLES IMPLICANCIAS SOCIALES.....	265
XII. CONSTITUCIÓN. LEYES. DECRETOS. TRATADOS INTERNACIONALES. RESOLUCIONES Y ORGANISMOS. PROPIEDAD DE LOS RESIDUOS. CONCEPTO DEL CDR. FACTIBILIDAD LEGAL.....	275
XIII. BENEFICIOS EN AHORRO ENERGÉTICO. CÁLCULO DEL POSIBLE AHORRO ENERGÉTICO.....	299
XIV. EMISIONES. POSICIONES ANTAGÓNICAS.....	321
XV. BENEFICIOS EN REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS. CÁLCULO DE LA POSIBLE REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS.....	345
XVI. FACTIBILIDAD ECONÓMICO-FINANCIERA.....	353
XVII. CONCLUSIONES.....	380
BIBLIOGRAFÍA.....	396



## LISTADO DE ACRÓNIMOS

- **AFCP:** Asociación de Fabricantes de Cemento Portland
- **AGD:** Aceitera General Deheza
- **AMBA:** Área Metropolitana de Buenos Aires
- **BIF RULES:** Reglas para Calderas y Hornos Industriales
- **BTA's:** Mejores Tecnologías Disponibles
- **BTU:** British Thermal Units
- **CABA:** Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- **CAMMESA:** Compañía Administradora del Mercado Mayorista eléctrico S.A.
- **CAPEX:** costo del capital de la inversión o capital expenditure en inglés
- **CASA:** Cementos Avellaneda S.A.
- **CDF:** Centro de Disposición Final
- **CDN:** Combustibles Derivados de Neumáticos
- **CDR:** Combustible Derivado de Residuos
- **CEAMSE:** Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado
- **CEMA:** Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (España)
- **CEMBUREAU:** European Cement Association
- **CF:** Costo Fijo
- **CIN:** Cámara de la Industria del Neumático de la Argentina
- **CMV:** Costo de mercaderías vendidas
- **CONICET:** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
- **COT:** Código de Operaciones de Traslado
- **CSI:** Cement Sustainability Initiative
- **CSR:** Combustible Sólido Recuperado
- **CVu:** Costo de venta unitario
- **DOE:** Departamento de Energía de los Estados Unidos
- **/d:** Por día
- **EBIT:** Resultado antes de impuestos
- **EBITDA:** Resultado antes de amortizaciones, depreciaciones e impuestos
- **EPP's:** Elementos de Protección Personal
- **EURELCO:** European Enhanced Landfill Mining Consortium
- **FICEM:** Federación Iberoamericana del Cemento
- **FITR:** Fondo de Innovación Tecnológica Regional
- **FLUFF:** Residuos livianos de fragmentación de vehículos fuera de uso



- **FONARSEC:** Fondo Argentino Sectorial de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.
- **GAIA:** Global Alliance for Incinerator Alternatives
- **GCBA:** Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
- **Gcal:** Gigacalorías
- **GIRSU:** Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbano
- **GRS:** Gas de relleno sanitario
- **GW:** Gigawatts
- **H21:** Hormigón cuya resistencia característica mínima =  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
- **ICPA:** Instituto del Cemento Portland Argentino
- **I+D+i:** Investigación, desarrollo e innovación
- **INAES:** Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social
- **INTI:** Instituto Nacional de Tecnología Industrial
- **IRAM:** Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- **Kcal:** kilo calorías
- **Kep:** kilogramos equivalentes de petróleo
- **MN:** Millas náuticas
- **MT – Mt:** Millones de toneladas
- **MW:** Megawatts
- **NCA:** Nuevo Central Argentino
- **NFU:** Neumáticos Fuera de Uso
- **NQN:** Neuquén
- **ONG:** Organismo no gubernamental
- **ONU:** Organización de las Naciones Unidas
- **OPDS:** Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.
- **PCi:** Poder Calorífico Inferior
- **PCs:** Poder Calorífico Superior
- **PCDDs/PCDFs:** dibenzo-p-dioxinas, dibenzofuranos y componentes relacionados.
- **PEe:** Punto de equilibrio económico
- **PEf:** Punto de equilibrio financiero
- **PK:** Protocolo de Kioto
- **PM:** Material particulado
- **Ppm:** partes por millón



- **PRID:** Período de recupero de la inversión descontado
- **PVu:** Precio de venta unitario
- **PyMEs:** Pequeñas y Medianas Empresas
- **RINE:** Residuo Industrial No Especial (No Peligroso)
- **RDF:** Refuse Derived Fuel
- **RSU:** Residuo Sólido Urbano
- **t – T – Tn:** Tonelada
- **TDF:** Tyre Derivated Fuel
- **TIR:** Tasa interna de retorno
- **TMB:** Tratamiento Mecánico Biológico
- **TNA:** Tasa nominal anual
- **UE:** Unión Europea
- **UBA:** Universidad de Buenos Aires
- **UEC:** consumo de electricidad unitario
- **UNGS:** Universidad Nacional de General Sarmiento
- **USEPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
- **VAN:** Valor actual neto
- **WBCSD:** The World Business Council For Sustainable Development
- **WEC:** World Energy Council
- **WtE:** Waste to Energy

De la fórmula de consumos de energía:

- **BEU:** Balance Energético por Unidad de Producto (Adimensional)
- **EAU:** Energía Aportada por Unidad de Producto (Gcal/tn de CDR)
- **ECU:** Energía Consumida por Unidad de Producto (Gcal/tn de CDR)
- **ETUI:** Energía Consumida por el Transporte de Ingreso de Residuos (libres de Orgánicos) por Unidad de Producto
- **EPU:** Energía Consumida por la Planta de Preparación de CDR por Unidad de Producto
- **ETUS:** Energía Consumida por el Transporte de Salida de CDR por Unidad de Producto.
- **ECP:** Energía Consumida por el Sistema de Alimentación al Horno por Unidad de Producto.



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **DESARROLLO DEL PROBLEMA:**

Una de las problemáticas actuales de gran importancia es la limitación del potencial energético ofrecido para la producción industrial y la actividad comercial como consecuencia del aumento de la demanda de energía de los hogares y el estancamiento de la oferta, con el evidente impacto en el desarrollo económico general y en la actividad civil.

Asimismo, es necesario remarcar la existencia de otra temática de origen ambiental vinculada con la reducida vida útil remanente de los centros de disposición final en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

Ello así, y teniendo en consideración la necesidad de generar mecanismos que permitan adaptar la matriz energética a nuevas fuentes alternativas y con ello posibilitar satisfacer una mayor demanda productiva y ambiental con instrumentos que resulten económicamente sustentables, es que se hace importante estudiar la potencialidad de avanzar en una solución que se presenta como factible dentro del ámbito provincial.

Entonces, y reflexionando sobre la valorización energética de los residuos sólidos urbanos (RSU), es razonable sostener que la ampliación de su utilización permitirá jerarquizar actividades tendientes a brindar soluciones a ambos problemas (oferta de energía para la producción industrial y reducción de residuos sólidos urbanos con destino a centros de disposición final).

En vistas de lo expuesto, también se puede argumentar que para que el país alcance un estado de autonomía e independencia energética es menester producir suficiente energía que admita avanzar hacia una mayor competitividad.

Igualmente, conforme lo establece el Artículo 42 de la Constitución Nacional, "...Los consumidores y usuarios de bienes y servicios tienen derecho, en la relación de consumo, a la protección de su salud, seguridad e intereses económicos; a una información adecuada y veraz; a la libertad de



elección, y a condiciones de trato equitativo y digno. Las autoridades proveerán a la protección de esos derechos, a la educación para el consumo, a la defensa de la competencia contra toda forma de distorsión de los mercados, al control de los monopolios naturales y legales, al de la calidad y eficiencia de los servicios públicos, y a la constitución de asociaciones de consumidores y de usuarios." Se aprecia que una correcta forma de proteger los derechos de los consumidores es garantizarles el uso habitual de los servicios de electricidad y energía térmica.

Continuando con la idea, la República Argentina en el año 1994, a través de la Ley N° 24.295, adhirió a la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)" y por la Ley N° 25.438, en el año 2001, aprobó el "Protocolo de Kyoto (PK)" de esa Convención y por Ley 27.270 ratificó formalmente la aprobación del Acuerdo de París lo que la obliga a asumir fuertes compromisos de reducción de emisiones globales de Carbono.

Del mismo modo, la Ley Provincial N° 14.838 adhiere a la ley 26.190. Por otro lado, en relación al cuidado ambiental, es potestad del OPDS como Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible el cuidado ambiental y el control de las actividades que pueden alterar la salud del ambiente de la Provincia de Buenos Aires. Por lo cual toda actividad de generación a partir de aplicación de residuos deberá contar con el aval de dicho organismo.

Regresando a la necesidad de producción de energía, se debe considerar que la escasez en la oferta energética recurrente en los meses estivales e invernales de los últimos años, atribuida al incremento de la demanda domiciliar e industrial, generó repercusiones no deseadas como los cortes de energía no programados en años anteriores, los que afectaron a gran parte de la zona del Conurbano Bonaerense y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y a su población.

Entre otros aspectos, no es novedad que el estado del servicio y de las prestaciones energéticas constituyen una problemática de constante preocupación para el Gobierno de la Provincia y de los Municipios que la



integran, como asimismo para la población en general como ocurre en otras Provincias y para el Gobierno de la Nación.

Por ello, las circunstancias expuestas plantean la necesidad de avanzar en la promoción de actividades vinculadas a la valorización energética de residuos, entre otras soluciones a considerar pero que no serían parte del alcance del presente trabajo.

Relacionando esta problemática con otras variables, se aprecia que la situación planteada origina fuertes efectos macroeconómicos resultantes de la carencia energética, circunstancia que motiva una reducción en la demanda de empleo supeditada a la pérdida global de capacidad operativa industrial y empresarial, una reducción en la producción y en la competitividad industrial, y un efecto conjunto para el desarrollo de las actividades de servicio. Esas disminuciones impactan directamente en la renta disponible, incrementando el riesgo de recesión, o en el caso de que la economía se encuentre ya en un ciclo recesivo, disminuyendo la capacidad de tornar insustanciales sus derivaciones.

En ese ámbito, se puede expresar que las necesidades de crecimiento de la Provincia de Buenos Aires y CABA, de su industria y de la población tienen una estrecha vinculación con la competitividad y con el desarrollo de la investigación, del consumo y del derecho de todo ser humano a gozar del uso y de los beneficios propios de servicios energéticos idóneos.

Del mismo modo, el Artículo 41 de nuestra Constitución Nacional expresa: ".- Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades 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. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales."



Por lo cual, en ese contexto constitucional debe promoverse el desarrollo de una industria sustentable, con la necesidad de disminuir el consumo de combustibles fósiles con la finalidad de reducir la contaminación e, igualmente, suscitar la reconversión energética de los residuos de cualquier origen que puedan ser utilizados para incrementar el potencial generador de energía.

Entre las tecnologías presentes en la Provincia de Buenos Aires, se destaca la presencia de cementeras con hornos adaptados o adaptables para la reconversión energética de los residuos sólidos urbanos, y del mismo modo, es plausible evidenciar la existencia de ramales ferroviarios, rutas, autovías y capacidad logística vinculados con esas cementeras como es el caso de Ferrosur y Loma Negra, Grupo Techint y Ferro Expreso Pampeano, entre otras empresas.

### **TEMA DE INVESTIGACIÓN**

La temática a enfatizar es entonces la posibilidad de realizar tareas tendientes a formular combustibles aptos para hornos cementeros a partir de residuos sólidos urbanos a través de actividades de clasificación, acumulación y separación en origen, y la posibilidad de ofrecer un producto de calidad que compita con los combustibles fósiles actualmente utilizados en dichos hornos, con el objetivo (entre otros) de reducir al máximo posible la necesidad de uso de los mismos.



# **I. FORMULACIÓN DE LOS OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DE LA TESIS Y DE LAS HIPÓTESIS.**

## **OBJETIVOS GENERALES**

1. Conocer y proyectar la potencialidad de generación de energía térmica por medio de la denominada valorización energética de residuos sólidos urbanos en hornos cementeros.

Como primer objetivo general se destaca la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía térmica, por medio de la valorización energética. En este aspecto es de destacar el efecto que produciría dicha valorización en la reducción del consumo e importación de gas natural y Coque de Petróleo, en virtud de ser éstos combustibles fósiles la principal fuente energética en hornos cementeros en la Argentina.

2. Estimar la posibilidad de reducción del volumen de residuos sólidos urbanos destinados a disposición final por ser derivados a valorización energética.

Asimismo, esta llamada valorización energética acompaña a la idea de permitir la reducción de la necesidad de disposición final de los residuos sólidos urbanos. De ese modo se podría lograr aumentar la vida útil de los Rellenos Sanitarios e incluso avanzar en soluciones complementarias para el saneamiento urbano y en la disminución de la acumulación de residuos sólidos urbanos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Relevar y determinar la potencialidad de consumo térmico de los hornos cementeros instalados en la Provincia de Buenos Aires.

Los hornos cementeros han demostrado ser enormes consumidores de energía, utilizando para ello diferentes tipos de combustibles. En ese contexto debe determinarse previamente el potencial de consumo de energía térmica de los hornos cementeros ya instalados en la Provincia de Buenos Aires y conocer



sus características principales, que permitan dimensionar una capacidad teórica actual y en el futuro, de incorporación de Combustibles Alternativos derivados de residuos sólidos urbanos.

2. Incentivar el trabajo vinculado con la separación en origen de residuos sólidos urbanos.

Ante la posibilidad de avanzar en la valorización energética en hornos cementeros, resulta efectivo previamente incentivar la denominada separación en origen de residuos. De ese modo se podrá maximizar la capacidad de reciclado y facilitar el cumplimiento de los requerimientos para la formulación de los combustibles alternativos derivados de residuos sólidos urbanos (Mejor control de concentraciones de Cloro y Humedad).

Esta actividad de separación es frecuentemente llevada adelante por cooperativas o incluso organizaciones del tercer sector que son contratadas o subsidiadas por los municipios. La posibilidad de avanzar fehacientemente hacia la valorización energética plantea la necesidad de promover la estandarización en las labores de estas organizaciones, de facilitar la concreción de plantas de separación, desarrollar circuitos y modalidades de recolección diferenciada y separación en origen, y de articular con los Ministerios de Desarrollo Social y de Trabajo de la Provincia, un ordenamiento laboral tendiente a privilegiar dichas actividades.

Del mismo modo, se puede avanzar en el desarrollo de la cadena de valor de la producción y comercialización de combustibles para hornos cementeros formulados a partir de residuos sólidos urbanos.

3. Determinar las capacidades de logística vinculadas al transporte de residuos y de combustibles alternativos en la Provincia de Buenos Aires.

En el ámbito del transporte de los combustibles alternativos hacia los hornos, es menester conocer y determinar las capacidades de logística y transporte de los mismos. Si bien es cierta la existencia de ferrocarriles, y que algunas compañías cementeras cuentan (o contaban) con participación accionaria de los mismos, avanzar en la coordinación del transporte se torna



una obligación dado el deterioro del sistema ferroviario provincial y nacional, y del costo económico y energético asociado al transporte vial. Por otro lado el transporte marítimo y fluvial equivaldría a construir dársenas portuarias dedicadas al despacho de residuos y al saneamiento de lecho de ríos y arroyos. En ese sentido, avanzar en la determinación de la logística y en su optimización contribuiría en gran medida a la reducción de los costos globales del proyecto.

4. Incrementar la vida útil de los centros de disposición final ubicados en la Provincia de Buenos Aires.

Por medio de la valorización energética de residuos sólidos urbanos se contribuiría a la disminución de envío de residuos a las celdas de disposición final. En ese caso se lograría incrementar la vida útil remanente de los centros de disposición actualmente en uso.

Es posible recordar la crisis de la basura acontecida en el año 2012 cuando los gobiernos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la Provincia de Buenos Aires y la Nación discutieron sobre la cantidad de residuos que eran llevados a los centros de disposición del CEAMSE. En ese año la situación pareció colapsar y los problemas vinculados con la acumulación de residuos detuvieron la salida de residuos desde la capital nacional hacia la Provincia de Buenos Aires.

5. Analizar y cuantificar la reducción de las necesidades de importación de Coque de Petróleo y/o Gas Natural para uso en cementeras, debido a la valorización de residuos sólidos urbanos.

Desde el año 2007, las cementeras de Argentina realizaron todas las inversiones necesarias para poder utilizar Combustibles Sólidos en sus instalaciones, históricamente preparadas para operar exclusivamente con Gas Natural como combustible base principal y Fuel Oil como secundario de emergencia.

Las condiciones termoquímicas de un horno cementero lo hacen aptos para poder utilizar Coques de alta concentración de Azufre y por ende de muy



bajo costo respecto a los Carbones Minerales como la hulla u otros. Es por este motivo que el Coque de Petróleo utilizado por la industria en Argentina es mayormente proveniente del Golfo de México, dado que el producido localmente, además de no ser suficiente, es de muy bajo Azufre (menos del 1%), por lo que su precio es menos competitivo que el disponible en el Golfo.

## **HIPÓTESIS**

*Es posible lograr la valorización energética del 15% de los residuos sólidos urbanos del AMBA (Área Metropolitana del Buenos Aires) en hornos cementeros de la Provincia de Buenos Aires, contribuyendo a la reducción de la acumulación de residuos en el Conurbano Bonaerense y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, permitiendo asimismo la generación de trabajo en base a la denominada cadena de valor del Combustible Alternativo Derivado de Residuos Sólidos Urbanos.*

La hipótesis presentada implica avanzar en el desarrollo de la cadena de valor necesaria para la valorización energética de residuos sólidos urbanos, que permita alcanzar el porcentual previsto del total de los residuos generados. Para ello se concibe la necesidad de contar con la articulación de actividades y la conformación de una industria vinculada a la separación de residuos sólidos en origen y la formulación de los combustibles alternativos en base a ellos.



## **II. EL CEMENTO. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO. OTROS TIPOS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA. CEMENTERAS VS INCINERADORAS. CALIDAD DEL CEMENTO. NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA.**

### **EL CEMENTO**

Se puede decir que el cemento es un conglomerante hidráulico, un material inorgánico finamente molido que amasado con agua forma una pasta que fragua y consolida por medio de reacciones y procesos de hidratación.

Este material, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. Los cementos están compuestos de diferentes materiales (componentes) que adecuadamente dosificados mediante un proceso de producción controlado, le dan al cemento las cualidades físicas, químicas y resistencias adecuadas al uso deseado.

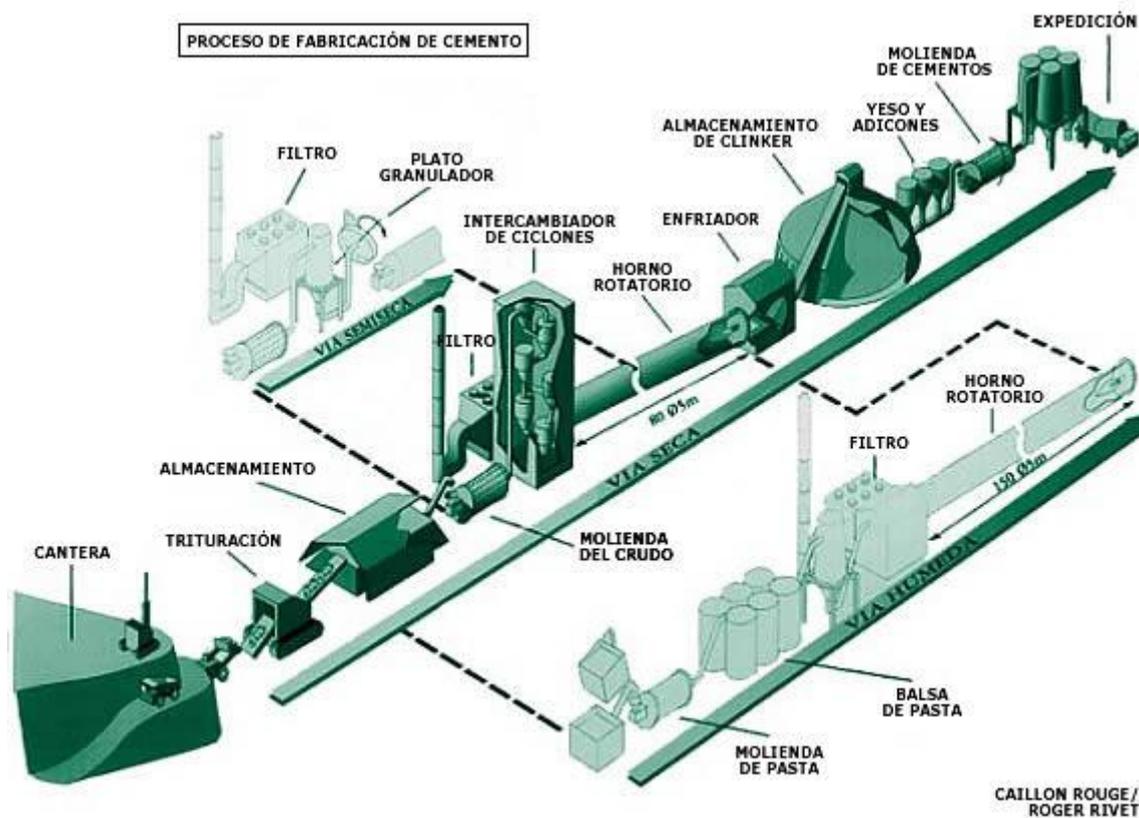
Graduado y mezclado apropiadamente con agua y áridos produce hormigón (Concreto) que conserva su facilidad para ser trabajado durante un tiempo suficiente, alcanza unos niveles de resistencias preestablecidos y presenta una estabilidad de volumen a largo plazo.

El clínker es el principal componente del cemento Portland. El clínker se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1.350°C. y 1.450°C. El clínker es un mineral artificial producto de la calcinación de las materias primas (Carbonato de Calcio, Ferroaluminatos, Silicatos y otros) dentro de un horno diseñado para tal fin. Este mineral artificial se muele en conjunto con un pequeño agregado de Yeso (aproximadamente 5%) para conformar lo que normalmente conocemos como cemento Portland.

El proceso de fabricación de cemento es un proceso con un consumo intensivo de energía, debido fundamentalmente a las altas temperaturas que es necesario alcanzar para el correcto desarrollo del mismo y a las operaciones de molienda en todas sus etapas (Molienda primaria y secundaria de caliza, “molienda de harina cruda” para alimentación del horno, molienda de Clinker

con Yeso o “molienda de cemento” como se la conoce en la industria para obtener el producto final). La energía térmica que se utiliza proviene de combustibles mayoritariamente fósiles aplicados directamente y de electricidad, que en Argentina aún mantienen un componente térmico extremadamente alto.

El proceso de fabricación puede verse de manera sintética en el siguiente esquema:



El consumo energético depende entonces de las materias primas, la tecnología y el sistema de alimentación empleados. Los sistemas de alimentación de “vía húmeda” necesitan evaporar el agua introducida con las materias primas, mientras que los sistemas de “vía seca” son más modernos y eficientes. En estas circunstancias el consumo de combustibles en el horno de clínker se sitúa entre 700-1.100 kcal/kg de clínker para los de vía seca y 1.200-1.800 kcal/kg. de clínker para los de vía húmeda, lo que equivale a entre 100 y 185 kg de carbón o de coque de petróleo por tonelada de clínker. Tradicionalmente en el mundo, esta energía se ha suministrado mediante



distintos combustibles fósiles, como carbón, coque de petróleo, fueloil y gas natural o un mix de ellos.

Por otro lado el consumo de energía eléctrica se produce principalmente en las operaciones de molienda, tanto de las materias primas antes de su cocción, como del clínker y las adiciones para obtener el cemento. Ambas operaciones suponen aproximadamente el 75 % de la electricidad consumida en la fábrica. El otro 25% se emplea en el transporte de materiales, impulsión de gases y desempolvado de los mismos (electrofiltros). El consumo total se sitúa aproximadamente entre 90 - 120 kWh/T de cemento, dependiendo de la tecnología utilizada y el tipo de cemento fabricado.

Los costes de combustible y energía eléctrica representan entre 30% y un 40% de los costes de fabricación, por lo cual la reducción del consumo de energía y la diversificación de las fuentes energéticas se convierte en un asunto de máxima importancia para la competitividad de las empresas cementeras.

Los esfuerzos para reducir el consumo de combustible se han centrado principalmente en dos líneas de desarrollo: la modernización de las instalaciones utilizando hornos de mayor capacidad y eficiencia, y la flexibilidad para utilizar multicomcombustibles.

Así, en los últimos 100 años se ha realizado un continuo progreso en la modernización de la industria cementera, mejorando la eficiencia energética de los hornos y desarrollando nuevos tipos y configuraciones de hornos. En las últimas dos décadas se ha reducido el consumo de energía para fabricar una tonelada de cemento aproximadamente en un 30%, sin embargo esta reducción se encuentra ya en una fase asintótica, es decir, que en el futuro no habría posibilidades para seguir mejorando significativamente en la eficiencia energética originada por la construcción de nuevos hornos. Por esta razón hay que buscar nuevas alternativas que reduzcan los costes asociados al consumo de combustibles y/o tecnologías disruptivas para la producción de cemento o nuevos materiales sustitutos.



La mejora sustancial de la eficiencia térmica se obtuvo de la mano del paso de la vía húmeda a la vía seca, en una primera instancia y más adelante con el reaprovechamiento de los gases calientes tanto de la combustión como del enfriamiento del clínker a la salida del horno. Por último, la mejora final se logró con la apertura del aporte térmico entre el extremo de salida del horno y el ingreso del mismo, obteniendo una mejor distribución de temperaturas y la posibilidad de reducir el largo del horno horizontal y aumentar la altura de las torres de precalentamiento y pre-calcinación.

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego. En toda combustión se requiere Oxígeno como agente oxidante, un elemento que se oxida (combustible) y otro que inicia la combustión (comburente). Este proceso profundamente conocido y estudiado, da como resultado además de calor, gases de combustión que dependiendo de las proporciones de cada una de las partes de la reacción, variarán su composición formando nuevos y diversos compuestos. Es deseable que si la combustión es completa y controlada, se forme mayormente  $\text{CO}_2$  y vapor de  $\text{H}_2\text{O}$ . En el caso del proceso cementero, dado que las temperaturas a conseguir son tan altas y las cantidades de energía a entregar al sistema son tan importantes, es un gran desafío mantener dentro de parámetros aceptables la formación de compuestos no deseables del proceso de combustión, tales como  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , Hidrocarburos Totales, entre otros. La energía liberada en la combustión se utiliza para lograr la difusión de los elementos químicos de la materia prima, que en caso de estar adecuadamente formulada, al llegar a los  $1.450\text{ }^\circ\text{C}$  precipitarán formando nuevos compuestos que combinados, otorgarán al clínker las condiciones necesarias para que luego permitan lograr las resistencias e hidraulicidad buscadas en el cemento portland.

La combustión en el horno de clínker tiene lugar en una o dos zonas, en función de la tecnología empleada:

a) En el quemador principal, presente en todos los hornos, y situado en la parte más baja del horno rotativo. En él, la llama alcanza una temperatura



cercana a los 2000° C y los gases de combustión se mantienen a más de 1200° C durante un tiempo superior a 5 segundos en atmósfera oxidante con gran exceso de Oxígeno.

b) En la precalcificación, que se encuentra en la última etapa de descarbonatación de la caliza, en la base de la torre y antes de ingresar al horno rotativo. Allí la combustión se realiza a temperatura cercana a 1200 °C, manteniéndose una temperatura superior a 850 °C durante unos 3 segundos.

Según las configuraciones de cada horno, existen hornos antiguos con 100% de la energía térmica aplicada en el Quemador Principal y hornos más modernos en los que la distribución de energía entre ambos puntos (Quemador Principal – Precalcificación) va desde QP:80% - PC:20% a QP:40% - PC:60%.

Existe una gran variedad de combustibles que pueden ser utilizados. Históricamente en el mundo han sido el carbón y/o coque de petróleo los más empleados para la alimentación de los hornos de clínker. En Argentina históricamente se ha utilizado Gas Natural y en caso de falta del mismo Fuel Oil. Por razones de viabilidad económica al día de hoy se utilizan Gas Natural y Coque de Petróleo mayoritariamente. Los combustibles convencionales pueden clasificarse según 3 tipos:

- Combustibles sólidos.

El combustible sólido más usado es el coque de petróleo, seguido por la hulla que es un tipo de carbón mineral que contiene entre un 45% y un 85 % de carbono. Es normal también la utilización de un mix de ambos, en búsqueda de reducir el nivel de Azufre del primero y reducir el precio final de la mezcla.

- Combustibles líquidos.

El más usado actualmente es el fuel-óleo pesado, aunque por razones de costos actualmente este se utiliza únicamente durante los períodos de calentamiento de los hornos o en hornos sin acceso a ninguna otra alternativa por períodos reducidos de marcha

- Combustibles Gaseosos.



Se trata casi exclusivamente de Gas Natural. Existe algún ejemplo puntual de algún uso de Biogas o algún Syngas pero ninguno de ellos podría ser considerado como convencional para la industria cementera.

La producción mundial de cemento se situaba al año 2012 en una cifra aproximada de 3.830 millones de toneladas al año. Asia es el mayor productor (China solamente produjo 2.210 millones de toneladas en el 2012), seguido por Estados Unidos con 74 millones de toneladas. En la Unión Europea, el cemento se fabricaba en más de 300 plantas, con una producción que se fue reduciendo de cerca de 190 millones de toneladas en el 2008 a cerca de 90 millones de toneladas en 2012 siendo Alemania, España y Polonia los mayores productores.<sup>1</sup> Argentina producía 9,7 millones de toneladas al año 2008 y llegó a 10,7 millones de toneladas al año 2012.

Al 2017, los mayores productores mundiales fueron<sup>2</sup>: China 2.400 millones de toneladas (MT), India 280 MT, Estados Unidos 86.3 MT, Vietnam 78 MT, Turquía 77 MT, Indonesia 66 MT, Arabia Saudita 63 MT, Corea del Sur 59 MT, Egipto 58 MT, Rusia 58 MT, Irán 56 MT, Brasil 54 MT, Japón 53 MT, y Argentina 12 MT<sup>3</sup>.

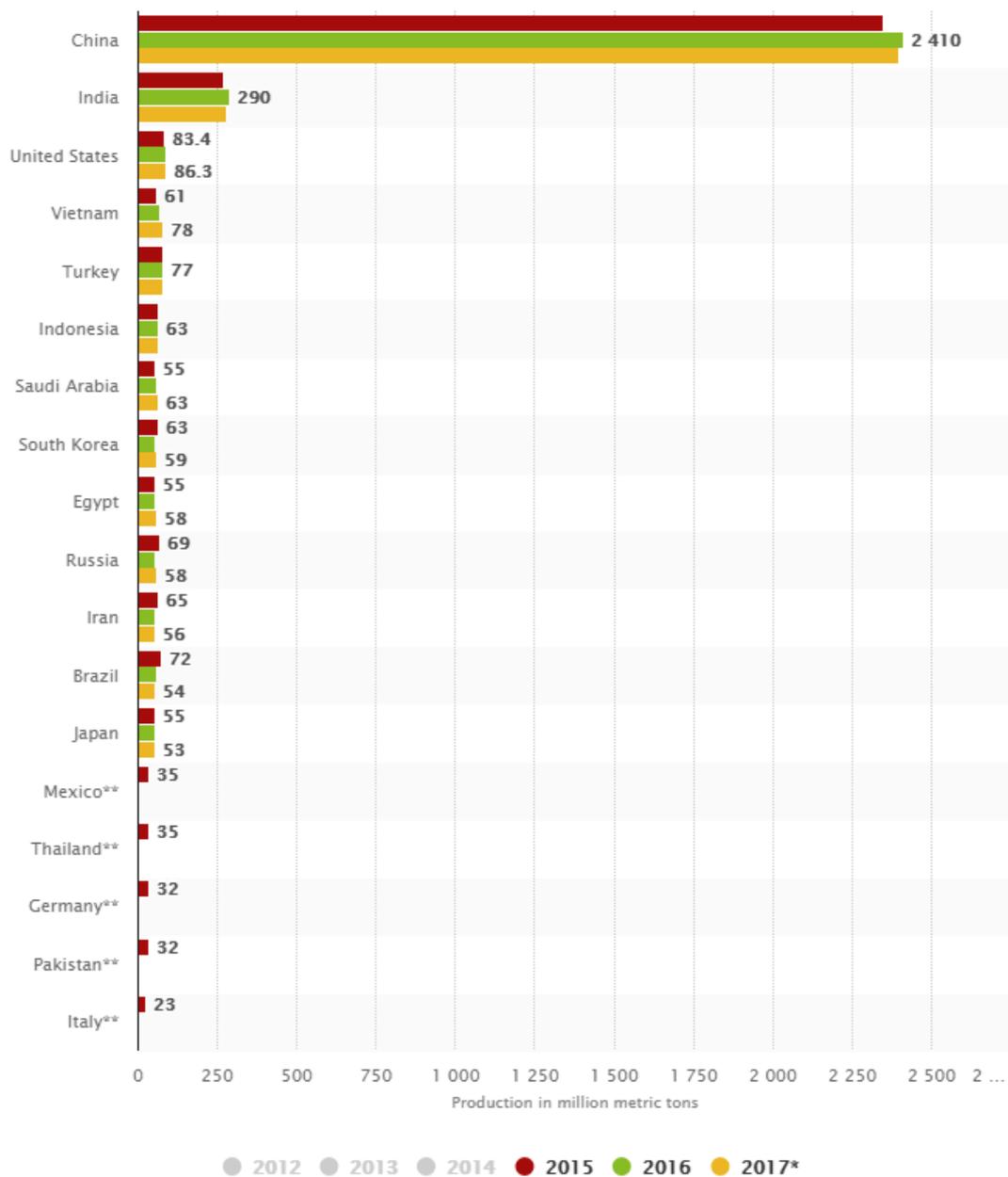
La siguiente tabla muestra la producción de cemento de los últimos 3 años de los mayores productores mundiales.

---

<sup>1</sup> Fuente: [http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/cement/cement\\_t22.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/cement/cement_t22.html)  
Última publicación de indexmundi

<sup>2</sup> De <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>

<sup>3</sup> De <http://www.actualizarmiweb.com/sites/afcp-com/publico/P201712/P201712.html>



## VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

La valorización energética de residuos en cementeras consiste en el aprovechamiento de los residuos como fuente de energía para el proceso productivo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al ambiente.

En el sector cementero, el proceso de producción del clínker a altas temperaturas requiere una gran cantidad de combustible y aporta la posibilidad de valorizar ciertos residuos orgánicos utilizándolos como sustitutos de los combustibles fósiles tradicionales (coque de petróleo, carbón, Gas Natural o fuel oil). Es decir, parte de la energía consumida para estos procesos industriales puede obtenerse a partir de combustibles derivados de residuos.

De esta manera se utiliza la energía calorífica contenida en el residuo y que de otra forma se desaprovecharía, a la vez que se evita el consumo de recursos no renovables y los impactos en el medio natural que conlleva su explotación.



Al valorizar los residuos en la industria cementera se consigue:

1. Reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Las emisiones evitadas que se hubieran producido al tratar los residuos fuera de las cementeras (incineración) o al degradarse anaeróbicamente en vertederos, con su consecuente generación de metano (28 veces más peligroso para el ambiente que el CO<sub>2</sub>).

Las emisiones que se hubieran generado por el transporte marítimo y terrestre y toda la energía eléctrica consumida en los procesos de molienda y transporte de los combustibles fósiles efectivamente sustituidos.

2. Ahorrar materias primas necesarias para la fabricación de clínker.

3. Disminuir el consumo de combustibles fósiles.

4. Mejorar la competitividad de la industria cementera, reducir los costes de fabricación al existir un ahorro en la obtención de materias primas y de combustibles.

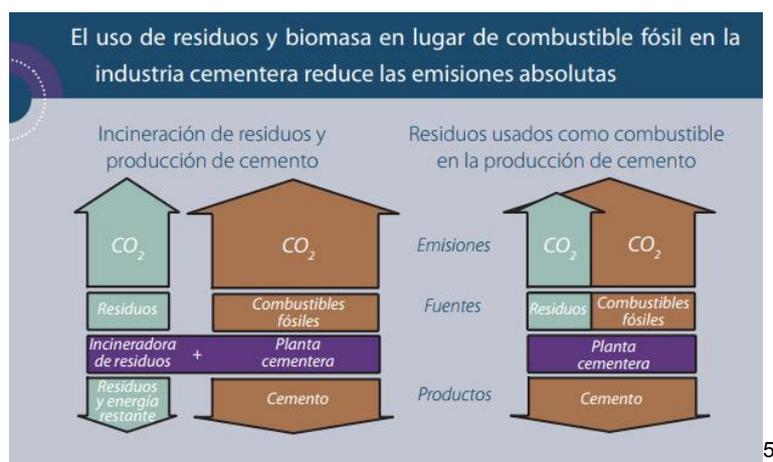
5. Garantizar un tratamiento adecuado de los residuos, dado que la combustión se realiza en condiciones de alta temperatura y altos tiempos de residencia, lo cual asegura la destrucción efectiva de los compuestos orgánicos existentes en el residuo, incluidos los más complejos.

6. Garantizar los parámetros de termodestrucción segura de residuos y de emisiones al ambiente, debido a que las condiciones termoquímicas del proceso tales como las altas temperaturas, los tiempos de residencia, la atmósfera oxidante y el lavado altamente alcalino de gases a contracorriente del material que ingresa al horno en pleno proceso de descarbonatación, son requeridas por el proceso de fabricación en sí, por lo que no son una variable de ajuste para la destrucción de residuos.

7. Evitar la generación de residuos secundarios al final del proceso de valorización que requiera un tratamiento posterior, ni siquiera escorias ni ceniza, ya que éstas se incorporan al clínker de forma permanente e irreversible, manteniendo las garantías ambientales del producto.<sup>4</sup>

8. Evitar el depósito de residuos en vertederos y sus consecuencias adversas asociadas.

9. Reducción de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero.



<sup>4</sup> Fuente: [http://www.recuperaresiduosencementeras.org/reportaje.asp?id\\_rep=74](http://www.recuperaresiduosencementeras.org/reportaje.asp?id_rep=74)

<sup>5</sup>

Fuente: [http://www.flacema.org/images/stories/Articulos\\_MA/produccif3n20sostenible20de20cemento.pdf](http://www.flacema.org/images/stories/Articulos_MA/produccif3n20sostenible20de20cemento.pdf)



10. Facilitar a la sociedad una herramienta complementaria para la gestión de sus residuos, y reducir las inversiones necesarias al aprovechar instalaciones ya existentes (plantas cementeras).

La valorización energética de residuos o subproductos en las fábricas cementeras se realiza bajo condiciones y características que las sitúan como la opción más idónea frente a otras instalaciones como incineradoras, centrales térmicas o de biomasa, etc.

Una planta cementera no genera escorias ni ceniza, siendo el único producto obtenido el clínker, y a partir de él, cemento portland.

## **OTROS TIPOS DE REVALORIZACIÓN ENERGÉTICA.**

Waste-to-Energy (WtE) o energía producida desde residuos es un proceso cuyo objetivo es la generación de energía en forma de electricidad y/o calor a partir de la incineración de residuos. Surgió inicialmente por la carencia de espacio físico para vertederos y la necesidad de reducir su volumen y peso de los residuos.

Conforme distintas experiencias,<sup>6</sup> se logra reducir el volumen de residuos destinados a vertederos entre un 90% y un 75%. El calor generado por este método se puede aplicar directamente para producir calor y/o para generar electricidad.

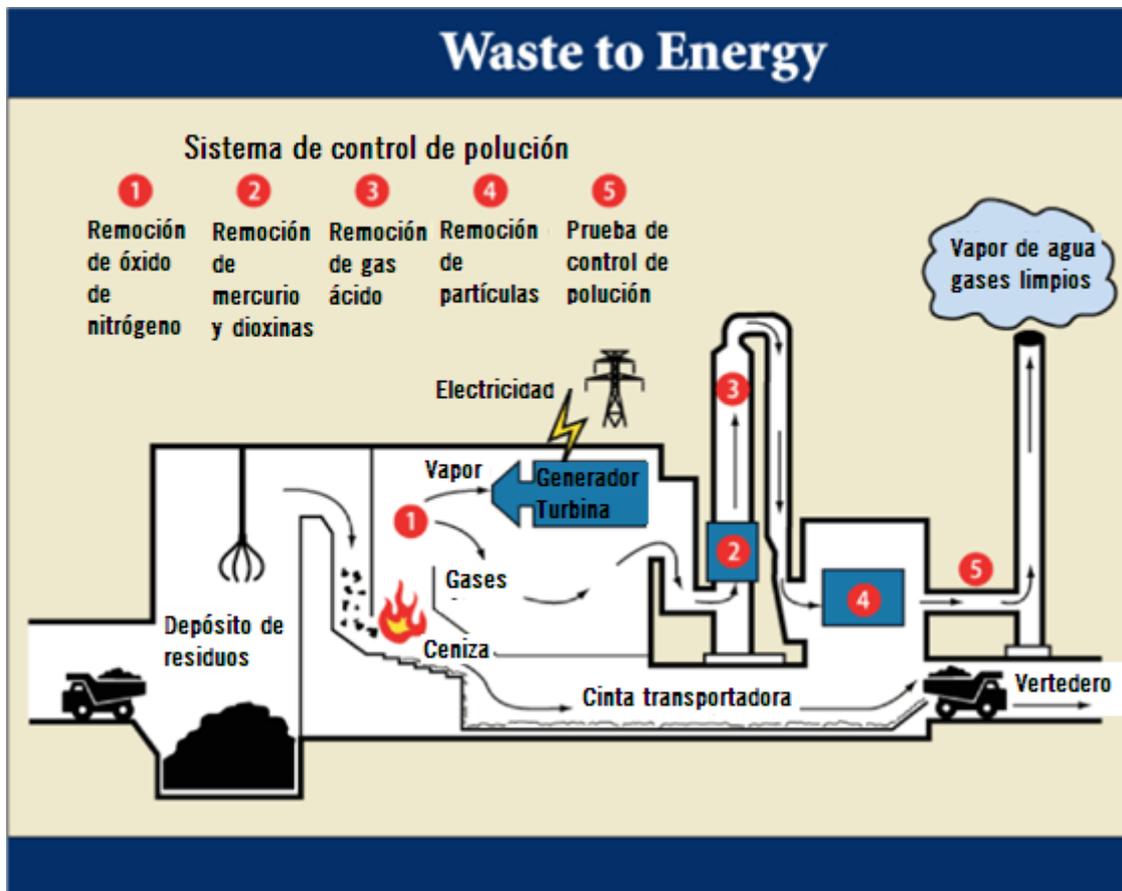
### **Tecnologías**

Las tecnologías descritas a continuación tienen la finalidad de producir energía. No abordaré la incineración pura ni otros medios destinados a reducir los residuos sólidos urbanos cuyo objetivo principal no sea la producción de energía. Asimismo, en este capítulo tampoco me adentraré en aquellas tecnologías no térmicas (digestión anaeróbica, gas de relleno sanitario o hidrólisis y tratamiento mecánico biológico). Este último tipo de tecnologías

---

<sup>6</sup> Fuente: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/01/an-independent-engineering-evaluation-of-waste-to-energy-technologies.html>

serán analizadas en el Capítulo VIII dentro del apartado “Gestión de residuos (otras opciones a la valorización energética)”.



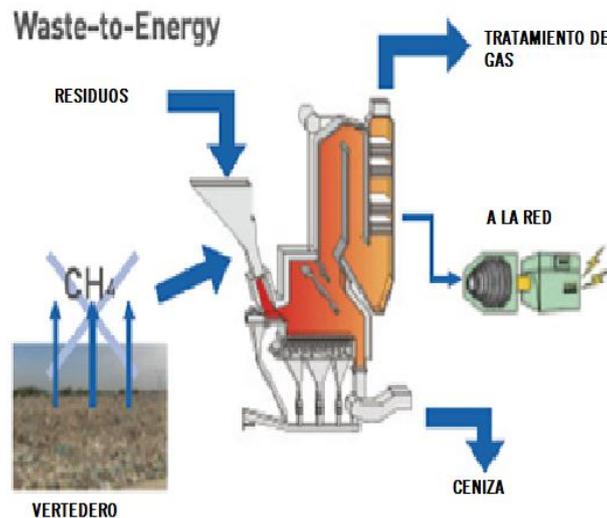
Las tecnologías a analizar de origen térmico son:

1. Combustión directa (Quema masiva o Mass Burning y CDR/RDF)
  2. Pirólisis
  3. Gasificación Convencional.
  4. Gasificación de arco de plasma
1. Combustión directa (Quema masiva y CDR/RDF)

Como se mencionó anteriormente, las instalaciones de quema masiva han estado en existencia por décadas. Literalmente queman todo, dejando como residuo secundario exclusivamente material no combustible en forma de cenizas o escoria.

Por otro lado, el Combustible Derivado de Residuos (CDR) o Refuse Derived Fuel en inglés (RDF) es el proceso por medio del cual se separan los desechos reciclables y los no combustibles de los residuos sólidos urbanos

(RSU) para producir un material combustible; triturando o pelletizando esos desechos restantes. Se profundizará al respecto en el Capítulo IV.



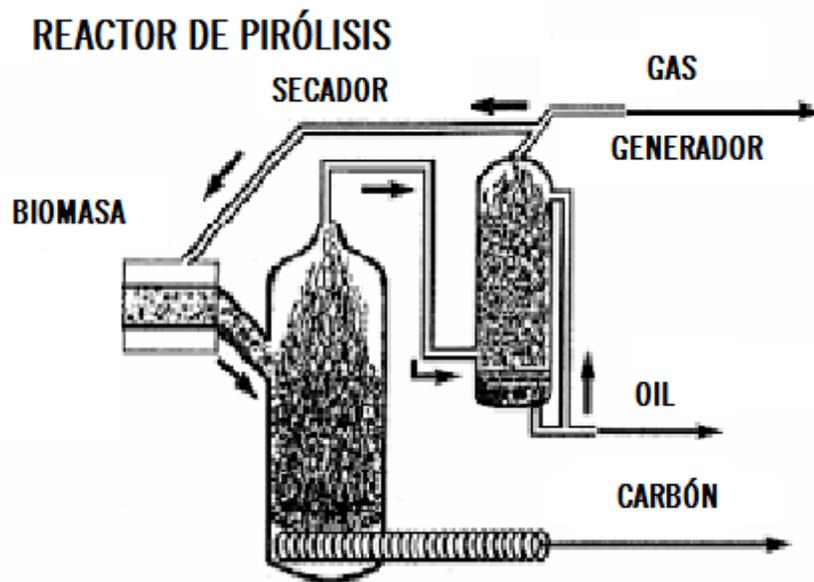
## 2. Pirólisis

La pirólisis es la descomposición termoquímica de material orgánico a temperaturas elevadas sin la participación de oxígeno. El proceso implica un cambio simultáneo e irreversible de la composición química y la fase física. La pirólisis ocurre desde temperaturas superiores a 300 °C en una falta completa de atmósfera de oxígeno. El gas de síntesis que se produce durante la reacción generalmente se convierte en hidrocarburos líquidos, asimilables a un diésel. Los subproductos del proceso suelen ser carbono no convertido y/o carbón y cenizas.

Existen varios tipos de tecnologías de pirólisis que van desde la carbonización hasta sistemas de tipo flash o rápidos. La Tabla a continuación muestra los diferentes tipos y comparaciones de las condiciones del proceso y los principales productos.

Tecnología	Tiempo de residencia	Rango de calor	Temperatura °C	Productos
Carbonización	horas – días	Muy baja	300 - 500	Carbón
Carbonización bajo presión	15 min - 2 hs	Media	450 - 550	Carbón
Pirólisis convencional	Horas	Bajo	400 - 600	Carbón, oil, syn-gas

Pirólisis convencional	5 - 30 min.	Media	700 - 900	Carbón, syn-gas
Pirólisis al vacío	2 - 30 segs	Media	350 - 450	Oil
Pirólisis flash	0,1 - 2 segs.	Alta	450 - 650	Oil
Pirólisis flash	< 1 seg.	Alta	650 - 900	Oil, syn-gas
Pirólisis flash	< 1 seg.	Muy alta	1000 - 3000	Syn-gas



### 3. Gasificación Convencional.

La gasificación convencional se define como la conversión térmica de materiales orgánicos a una temperatura de 540 °C – 1.540 °C, con un suministro limitado de aire u oxígeno (atmósfera sub-estequiométrica). Esto no es una combustión. La gasificación usa una fracción del aire/oxígeno que generalmente se necesita para quemar un material dado y, por lo tanto, crea un gas de síntesis de capacidad calorífica baja a media. Aunque es más maduro que otros procesos, requiere sistemas complejos, como equipos de limpieza de gas.

La Oficina de Tecnologías de Bioenergía del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América (BETO) publicó un informe en enero de 2017<sup>7</sup> titulado Biocombustibles y bioproductos de flujos de desechos húmedos y

<sup>7</sup> Fuente: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/waste-energy>

gaseosos: desafíos y oportunidades<sup>8</sup>. El informe encontró que Estados Unidos tiene el potencial de usar 77 millones de toneladas secas de desechos húmedos por año, lo que generaría alrededor de 1.079 billones de unidades térmicas británicas (BTU) de energía. Además, las materias primas gaseosas (que no pueden "secarse" y por lo tanto no se pueden reportar en toneladas secas) y otras materias primas evaluadas en el informe podrían producir 1.260 billones de BTU de energía adicionales, elevando el total a más de 2,3 trillones de BTU anualmente. En perspectiva, en 2015, el consumo total de energía primaria de los Estados Unidos fue de aproximadamente 97,7 trillones de BTU.

Nos da una idea de la cantidad de energía que actualmente se produce por gasificación utilizando residuos.



#### 4. Gasificación de arco de plasma

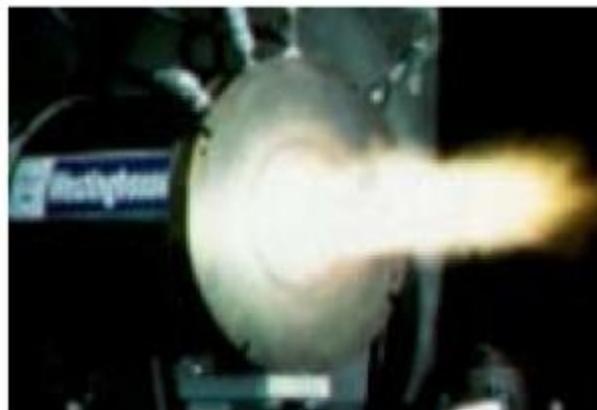
La gasificación con arco de plasma es un proceso que utiliza una antorcha de plasma o arco de plasma que aplica electrodos de carbono, cobre, tungsteno, hafnio o circonio para iniciar la temperatura y da como resultado la reacción de gasificación. Las temperaturas del plasma van desde 2.200 °C a 11.000 °C creando no solo un gas de síntesis de alto valor sino también un calor sensible de alto valor. La tecnología se ha utilizado durante décadas para

---

<sup>8</sup>Fuente: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/09/f36/biofuels\\_and\\_bioproducts\\_from\\_wet\\_and\\_gaseous\\_waste\\_streams\\_full\\_report.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/09/f36/biofuels_and_bioproducts_from_wet_and_gaseous_waste_streams_full_report.pdf)

destruir los desechos que pueden ser peligrosos. La ceniza resultante es similar al vidrio que encapsula los compuestos peligrosos.

La primera unidad de arco de plasma comenzó a funcionar en 1985 en Anniston, Alabama. La unidad usó un sistema de convertidor catalítico para mejorar la calidad del gas y el gasificador fue diseñado para destruir municiones. El segundo sistema comenzó a funcionar en 1995 en Japón, seguido por el tercer sistema en Burdeos, Francia, ambos diseñados para RSU. Hay otros sistemas operativos en Suecia, Noruega, el Reino Unido, Canadá, Taiwán y los EE. UU., Japón ha agregado nueve más desde 1995. Todos estos son de pequeño tamaño pero tienen la capacidad de ampliarse, utilizando unidades múltiples.



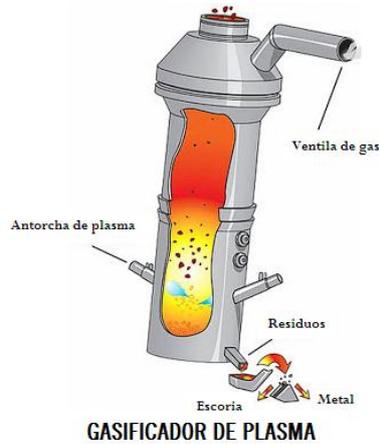
**ARCO DE PLASMA**

La ventaja de la gasificación del plasma es la aplicación de alta temperatura que minimiza los contaminantes del aire muy por debajo de las instalaciones tradicionales de desechos. A temperaturas tan elevadas, no hay olor, y el gas enfriado tiene emisiones de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$  más bajas. El residuo secundario del proceso es un sólido que se asemeja a las perlas de vidrio.

#### Evaluación técnica

Con el fin de evaluar estas tecnologías, se debe tener en consideración las capacidades tecnológicas generales, la viabilidad comercial, los costos

asociados, el impacto ambiental, las capacidades de planta, el tipo de residuos que utilizan, la cantidad de energía producida, entre otros.



### Costos de instalación

Los costos varían debido a características de diseño únicas, variaciones en los equipos, características de desechos específicos y requisitos de espacio. Existen otros factores importantes que pueden afectar negativamente los costos de construcción.

Si la ubicación es interurbana, pueden surgir varios problemas:

- Sitio restrictivo: un tamaño restrictivo puede tener una serie de efectos, incluido un posible acondicionamiento fuera del sitio que requiere un doble manejo de los equipos y materiales, incrementando los costos indirectos de construcción.
- Accesibilidad del sitio: las ubicaciones interurbanas pueden tener problemas que afecten la accesibilidad del sitio para la entrega de equipos importantes por ferrocarril o barcaza (si se encuentra en una vía fluvial).
- Consideraciones sobre el ruido: pueden ser necesarios paneles acústicos, entre otros.
- Posibilidad de suelo contaminado: muchos sitios interurbanos tienen problemas con el suelo contaminado. Ocurre cuando el nuevo sitio está ubicado donde se encontraba una instalación anterior que tenía procesos que contaminaban el suelo no mitigados previamente.
- Ataduras de servicios públicos: es necesaria la provisión de servicios.



## Conclusiones de la evaluación

Aunque la quema masiva y la CDR son las tecnologías más utilizadas en la actualidad, el incremento de plantas de gasificación y la aplicación de plantas de pirólisis y arco de plasma tienen la capacidad de incrementar la producción de energía por WtE.

Estas últimas tecnologías proporcionan sistemas con emisiones más bajas que la quema masiva y el sistema CDR simplemente debido a sus características de proceso. El arco de plasma ha demostrado que tiene las emisiones más bajas de todas las tecnologías presentadas, pero no tiene un historial de unidades múltiples en todo el mundo. Dicho esto, está ganando aceptación y aumentando el número de instalaciones debido a su completa eliminación del flujo de residuos. Aunque hay pocos sistemas de pirólisis instalados en todo el mundo, parece que esta tecnología no se utilizará para producir energía eléctrica, sino que se utilizará para producir biocombustibles para la industria del transporte.

Aunque los costos de capital son conservadores y altos en comparación con otras tecnologías energéticas, se deben tener presente las posibles fuentes de ingresos: Ventas de Energía Eléctrica, Subsidios Gubernamentales, Créditos de Energía Renovable, Venta de cualquier Reciclable y tarifas cobradas a municipios.

## **CEMENTERAS VS INCINERADORAS.**

### **Residuos como combustibles**

Algunos residuos pueden utilizarse en las fábricas de cemento en sustitución del coque de petróleo o carbón (combustibles fósiles no renovables) que se usan normalmente en estas instalaciones.

Estamos por tanto aprovechando la energía contenida en un recurso de generación permanente y creciente, como son los residuos, para dejar de



utilizar un combustible derivado del petróleo, recurso finito que tiende a agotarse y por ende a encarecerse.

A este proceso se le denomina de distintas formas tanto desde un punto de vista técnico como legal: “valorización energética”, “coincineración”, “coprocesamiento” o “recuperación energética”.

También es importante destacar que estamos hablando de residuos que no se han podido ni reutilizar, ni reciclar y que actualmente están siendo depositados en un vertedero.

### Tipos de residuos que se utilizan como combustibles alternativos

Es importante aclarar que estamos hablando de combustibles derivados de residuos, es decir, normalmente los residuos van en primer lugar a instalaciones de tratamiento adecuadas (gestores autorizados), y a partir de los mismos se elabora un combustible adecuado para su utilización en los hornos de cemento.

Los residuos que se utilizan en las fábricas de cemento como combustibles alternativos pueden ser sólidos o líquidos.

#### Combustibles sólidos:

- Neumáticos usados.
- Lodos de depuradora.
- Aserrín y madera.
- Residuos de la producción papelera.
- Plásticos.
- Combustibles preparados a partir del rechazo de las plantas de reciclaje.
- Residuos de industrias cárnicas.

#### Combustibles líquidos:

- Aceites minerales usados.
- Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos.
- Residuos de hidrocarburos.



Las empresas cementeras en ningún caso tratan residuos radioactivos, patogénicos, explosivos, órgano-clorados u órgano-fosforados, ni PCB's en concentraciones superiores a 2 ppm.

### Los combustibles alternativos ayudan a disminuir emisiones de CO<sub>2</sub>

Muchos de los residuos utilizados en las cementeras son totalmente biomasa (por ejemplo madera, lodos depuradora, harinas cárnicas) o tienen un contenido parcial de biomasa (por ejemplo los neumáticos usados o los combustibles derivados de residuos urbanos). Este dato es muy significativo puesto que la utilización de combustibles con biomasa se considera neutra en cuando a sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Biomasa:** La biomasa es un producto que se obtiene a partir de materia orgánica (residuos de aprovechamientos forestales y cultivos agrícolas, residuos de podas de jardines, lodos de depuradora, etc.) y que sirve para producir energía.

Estos residuos, una vez preparados, pueden abastecer instalaciones de generación de energía, tanto térmica como eléctrica, en aplicaciones que varían desde calefacciones domésticas hasta instalaciones industriales, como por ejemplo las fábricas de cemento.

Además, de manera global si los residuos se utilizan como combustible en las cementeras, se ahorran las emisiones de gases que se producirían si estos residuos se quemasen en una incineradora o si los mismos se degradaran anaeróbicamente en un relleno sanitario o vertedero.

### **Diferencias entre un horno de cemento y una planta incineradora**

El funcionamiento de un horno de cemento difiere por completo del de una planta incineradora<sup>9</sup>.

La gran temperatura que alcanza el horno de una cementera es fundamental, ya que siendo que a 1.100° se destruyen completamente todos

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.recuperaresiduosencementeras.org/fabricas-de-cemento-vs-incineradoras/>



los compuestos orgánicos, al operar a más de 1.800°C de temperatura de llama, no sólo garantiza tal destrucción, sino que además las trazas de metales pesados se integran en la estructura del clínker (producto intermedio necesario para la fabricación del cemento) con enlaces químicos muy estables.

Además, en la etapa de precalentamiento del horno de una planta de cemento se produce la descarbonatación de la caliza, generando cal, que es un material con gran poder de neutralización para los gases ácidos formados en la combustión de estos combustibles alternativos derivados de residuos.

Otra diferencia significativa es el tiempo que los gases de combustión permanecen dentro de la cámara de incineración. En una planta de incineración el tiempo medio exigido por la normativa internacional es de 2 segundos a más de 1.100°C, mientras que en el horno de clínker, el tiempo de residencia medio es de 12-15 segundos con una temperatura de más de 1.200°C y de 5 a 6 segundos a más de 1.800°C.

Cuando los gases de combustión se encuentran con la materia prima que está entrando en el horno (cal en su mayor parte), los gases normalmente ácidos se neutralizan (puesto que la cal supone un “lavado alcalino natural de los gases”, adicional al resto de filtros existentes aguas abajo de este lavado) y la parte mineral no combustible del residuo se retiene en la estructura del clínker de forma irreversible.

Por otra parte, mientras que en una incineradora el 100% del material de entrada son residuos, en una fábrica de cemento el 92% del material que entra son materias primas (caliza y arcilla principalmente), un 6,4% es combustible fósil y sólo un 1 y el 2% en peso, son residuos. (Dependiendo del nivel de sustitución de combustibles logrado en dicho horno)

Por último, señalar que las plantas incineradoras generan escorias y cenizas volantes durante su combustión y una planta cementera no produce ningún tipo de residuo secundario, obteniendo exclusivamente clínker.

### Diferencias de funcionamiento entre un horno de cemento y una planta incineradora

	Temperatura	Tiempo de residencia de los gases	Entradas	Salidas
<b>Horno de cemento</b>	1.450 a 2.000°C	12-15 segundos en el quemador principal	92% materias primas. 6,4% combustible fósil. 1,6% residuos.	100% clínker. No genera residuos, ni escorias ni cenizas, que quedan inertizadas en el clínker.
<b>Planta incineradora</b>	850 a 1.200°C	2 a 4 segundos	100% residuos	Cenizas volantes. 30% escorias.

### Comparación medioambiental de los hornos de cemento y de las plantas incineradoras

Un estudio dirigido por la Organización Holandesa para la Investigación Científica (TNO)<sup>10</sup> comparó el impacto medioambiental del uso de residuos como combustible y materia prima alternativa en la industria cementera y la quema de residuos en incineradoras mientras se obtiene electricidad y vapor.

Este estudio consideró el ciclo de vida completo de las diferentes corrientes de residuos y todas las categorías de impacto medioambiental. Las conclusiones del informe fueron que la utilización de residuos industriales como combustible alternativo en la industria cementera es mejor desde el punto de vista medioambiental que su tratamiento en incineradoras.

En resumen, las cementeras otorgan grandes ventajas en relación a la destrucción de residuos y su aprovechamiento como nuevos materiales, sin embargo la cantidad de residuos que se pueden valorizar de esta manera es inferior en comparación a las cantidades aprovechadas exclusivamente para generar energía en una planta incineradora.

<sup>10</sup> Fuente: <http://www.febelcem.be/en/waste-treatment/IT-A-R-2007-036-Febelcem.pdf>



## **CALIDAD DEL CEMENTO.**

Una de las principales cuestiones vinculadas con el uso de residuos en la industria cementera es garantizar que estas actividades no generen ninguna variabilidad de la calidad del cemento dada la aplicación de residuos tanto como fuente de calor como componente del clinker.

Es por ello que existen en las empresas cementeras, departamentos exclusivamente dedicados al Control de Calidad del Cemento y al desarrollo del Coprocesamiento. En Argentina, estas empresas en conjunto han coordinado esfuerzos en el desarrollo de una entidad denominada Asociación de Fabricantes de Cemento Portland<sup>11</sup>. A su vez, de acuerdo a dicha asociación<sup>12</sup> la fabricación de cemento portland se ha incrementado y ha impulsado a los organismos de control de calidad a fijar normas de recepción de los cementos portland puros y mixtos.

Respecto a ello, en la República Argentina, el primer pliego de condiciones para la provisión y recepción de Cemento Portland destinado a las obras públicas de la Nación, fue establecido por el decreto del 26 de febrero de 1914, a cargo de Obras Sanitarias de la Nación. Luego, hacia el 15 de Julio de 1927 se creó una comisión para su revisión, considerando el "desarrollo y los adelantos alcanzados por la industria nacional y extranjera". En abril de 1931, la Comisión Técnica de Obras Sanitarias de la Nación, determina las especificaciones de las maquinarias a fin de que los fabricantes puedan verificar y comparar los resultados de los ensayos. El pliego en el que rige actualmente, a través de la Resolución S.O.P. N° 10/88 es de marzo de 1988.

Las aprobaciones que originalmente otorgaba el Laboratorio de Obras Sanitarias de la Nación para los cementos exclusivamente destinados a las

---

<sup>11</sup> Su misión y objetivos son: asistir a los intereses generales del sector, dentro del marco de la legislación vigente. Proponer a los poderes públicos proyectos y obras que contemplen el desarrollo sostenible del país. Tener presencia institucional para promover el uso del cemento en la construcción civil, y en las obras de infraestructura que hacen al desarrollo y al bienestar de la Nación y sus habitantes. Participar con otras instituciones en alianzas estratégicas que beneficien a la comunidad preservando el ambiente, con responsabilidad social y uso eficiente de energías. Promover la capacitación del personal y ser parte directa en las Convenciones Colectivas de Trabajo, aportando iniciativas y liderando acciones destinadas a las condiciones laborales y sociales.

<sup>12</sup> Fuente: <http://www.afcp.org.ar/index.php?IDM=24&mpal=5&alias=Control-de-Calidad-del-Cemento>



obras públicas de la Nación, fueron extendidas a todos los cementos de uso corriente en el país.

El Poder Ejecutivo, a través de la Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos, y en base a una serie de requisitos de control y ensayos realizados por el Centro de Construcciones, del sistema del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), otorga una aprobación de calidad a la marca, la que se conserva mientras el cemento producido responda a las especificaciones de las Normas IRAM correspondientes, comprobado en los llamados ensayos de vigilancia realizados permanentemente por dicho Centro.

Los ensayos de control y las especificaciones, están normalizados por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Las Normas IRAM de especificaciones correspondientes a los cementos son:

- IRAM 50 000:2014. Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.
- IRAM 50 001:2010. Cemento. Cementos con propiedades especiales.
- IRAM 50 002:2009. Cemento. Cemento para hormigón de uso vial, aplicable con tecnología de alto rendimiento (TAR). Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.
- IRAM 1685. Cemento de albañilería.
- Existen 19 Normas complementarias correspondientes a los métodos de ensayos y determinaciones.

En definitiva, el cemento debe seguir una serie de procesos de producción y contener unos requerimientos específicos para poder ser comercializado, en vistas de lo cual, la cantidad y calidad del residuo introducido en el proceso debe ser tal que no comprometa la calidad ya estandarizada del producto.

## **NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA INDUSTRIA CEMENTERA.**

A nivel general en la industria del cemento se habla de consumos energéticos proveniente de dos fuentes: térmicas y eléctricas. La primera de



ellas, la energía térmica, se consume casi en su totalidad en el horno (en vía seca una octava parte aproximadamente se consume en el secado de las materias primas).

Por otra parte, el consumo de electricidad unitario (UEC) en la industria de cemento está determinado por varios factores. Se incluyen: el tipo de proceso usado para producir clínker, el tipo de tecnología de protección ambiental, las edades combinadas del equipo industrial, el porcentaje de contenido de clínker en el cemento, el grado de las operaciones y el tamaño de las plantas.

Asimismo, la variación tecnológica, el cambio a proceso seco y varios otros factores han llevado a aumentar el uso de la electricidad en la manufactura del cemento.

En tanto que el proceso seco usa aproximadamente 30% menos de combustible por unidad de clínker que el proceso húmedo, su consumo unitario de electricidad es más alto, dependiendo del tipo de proceso seco que se use. El proceso seco tiene mayores requisitos eléctricos para la molienda de la materia prima debido a los motores de secadores, ventiladores, transportadores y equipos de control, y porque el equipo de transporte y clasificación de proceso seco es menos eficiente.

### **Distribución porcentual de la energía eléctrica consumida<sup>13</sup>**

<b>PUNTO DE CONSUMO</b>	<b>% DE CONSUMO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA</b>
Preparación de las materias primas	<b>3%</b>
Preparación y molienda de crudo	<b>32%</b>
Homogenización y conjunto de horno	<b>21%</b>
Molienda de cemento y acabado	<b>41%</b>
Servicios generales y auxiliares	<b>2%</b>
Iluminación	<b>1%</b>

<sup>13</sup> Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Procesos/cemento.pdf>



Desde el punto de vista energético interesa considerar aquellas operaciones en las que se consume prácticamente la totalidad de la energía térmica y que son: secado, formación del clínker y cocción.

Otro de los procedimientos que representan un consumo muy reducido en sí mismos respecto al consumo global de la producción, pero inciden de forma notable en el consumo de otras operaciones, es el caso de la homogenización del crudo para la alimentación al horno de cuya eficiencia depende la marcha regular de la etapa de cocción. El cuadro que sigue indica el reparto porcentual en los consumos de energía térmica (excluyendo el gas-oil de equipos móviles) para procesos de fabricación previos a la cocción.

### Distribución de los consumos de la energía térmica.

PUNTO DE CONSUMO	VÍA HUMEDA	VÍA SEMISECA	VÍA SECA
Preparación de las materias primas	0,0%	7,0%	0,20%
Preparación y molienda de crudo	99,0%	92,5%	99,5%
Homogenización y conjunto de horno	1,0%	0,5%	0,30%

Para aquellas industrias en las que se consume carbón es necesario considerar el calor para la preparación del mismo. El cuadro que sigue indica una aproximación de la distribución de los consumos de energía térmica en los procesos más generales:

### Distribución de los consumos de la energía térmica en industrias que consumen carbón

PUNTO DE CONSUMO	VÍA SECA	VÍA HUMEDA
Consumo de horno	83,0%	96,0%
Secado de materias primas	14,0%	0,0%
Secado de carbón	3,0%	4,0%

Durante el proceso de molienda es necesario llevar la harina cruda a finezas muy importantes para favorecer las reacciones que se realizan a la temperatura de 1.450°C. Luego el clínker que se configura en forma de



pequeños esferoides del orden de los 10 mm de diámetro, es triturado nuevamente a la granulometría que se encuentra en el producto final, lo que le permite lograr reacciones esperadas al hidratarse durante su utilización.<sup>14</sup>

Estas operaciones requieren altos consumos de energía eléctrica (varían de 28 a 59 KWh/tn de cemento).

Se indica que el calor técnico de formación de los compuestos del clínker es de 428 Kcal/Kg de clínker. En las plantas de cemento el consumo real sobrepasa largamente las 700 Kcal/Kg de clínker (en ocasiones se llega a 1.800 Kcal/Kg de clínker) teniéndose un gran potencial de ahorro de energía térmica. La diferencia es debido a la evaporación de agua, ingresos de aire frío y las pérdidas por altas temperaturas de los gases de escape, entre otras.

Otra de las fuentes de oportunidad de ahorro de energía se encuentra en las pérdidas por convección y radiación del calor en el proceso de Clinkerización, principalmente pérdidas a través de las superficies del horno y precalentador.

En la molienda del cemento donde se tienen grandes consumos de energía eléctrica por la necesidad de reducir el tamaño de las partículas, el ahorro dependerá de los equipos a utilizar; siendo los molinos verticales y las prensas de rodillos más eficientes que los molinos de bolas. En la operación de las plantas de cemento se tienen fallas y paradas muchas veces repetitivas y con tiempos largos de interrupción que generan grandes ineficiencias debidas a la inercia térmica de las instalaciones, el material y las condiciones operativas, por lo que con una gestión apropiada se logran también ahorros significativos de energía.

La gestión en la adquisición energética y el ahorro durante su utilización permite conseguir la máxima eficiencia en la industria. Se debe llevar a cabo un uso racional de la energía que permita reducir su consumo sin afectar la calidad del producto, la productividad y la calidad de los servicios. El ahorro de

---

<sup>14</sup> Gilvonio Alegría, Leoncio Rubén: "El ahorro de energía en la industria cementera como estrategia de la excelencia operativa". Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1743/1/Gilvonio\\_al.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1743/1/Gilvonio_al.pdf)



la energía y su gestión son las mejores alternativas en la industria del cemento para conseguir competitividad y excelencia operativa.

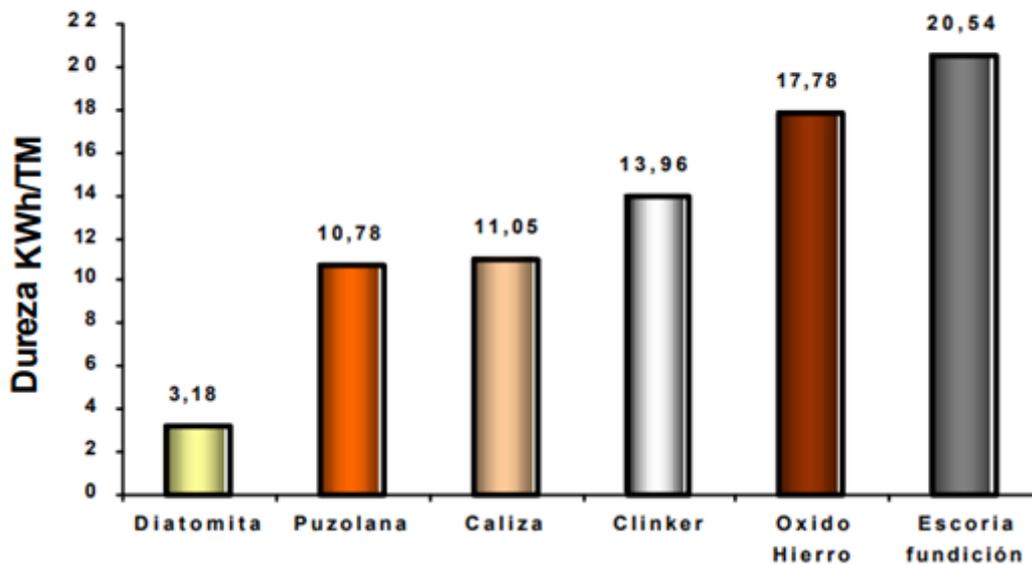
En la fabricación del cemento el desarrollo el clínker se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C. A esa temperatura la materia prima se transforma en silicatos, aluminatos y ferroaluminatos de calcio. Esa etapa es el proceso que mayor energía térmica consume y representa más del 70% del costo total de energía.

El consumo de energía eléctrica se produce principalmente en las operaciones de molienda, tanto de las materias primas antes de su cocción, como del clínker y las adiciones para obtener el cemento. Ambas operaciones suponen aproximadamente el 75% de la electricidad consumida en la fábrica. El otro 25% se emplea en el transporte de materiales, impulsión de gases y desempolvado de los mismos (electrofiltros). El consumo total se sitúa aproximadamente entre 90 - 120 kWh/T de cemento, dependiendo de la tecnología utilizada y el tipo de cemento fabricado.

Los costes energéticos de combustible y energía eléctrica representan entre 30% y un 40% de los costes de fabricación.

La dureza del material influye en la producción y consumo de energía de los molinos de bolas. El siguiente gráfico muestra la “dureza”, como una relación entre el consumo de energía por TM de producción.

## Dureza de materiales utilizados en plantas de cemento



Los avances de la tecnología se concentran en el ahorro de energía, se incluyen precalentadores con más etapas, precalcinadores, mejores distribuciones del calor en la instalación, aprovechamiento de aire de enfriamiento de Clinker como aire terciario de combustión en la precalcación y secundaria en el quemador principal, la instalación de molinos verticales de rodillos y mesa giratoria en lugar de los históricos molinos de bolas.

### Consumos de electricidad promedio

PROCESO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Trituración primaria	KWh/T	0,4
Trituración secundaria	KWh/T	2,3
Molienda crudo	KWh/T	18,75
Clinkerización	KWh/T	27,83
Molienda cemento	KWh/T	39,49
Despacho de cemento	KWh/T	1,26
Equipos auxiliares	KWh/T	4,48
KWh/T equivalente cemento	KWh/T eq.	94,51
Precio electricidad, US\$/KWh	\$/KWh	0,0505

FUENTE: Tomado de Cementos Lima

S.A.



En términos generales, la industria del cemento consume gran cantidad de energía. En estas circunstancias el consumo de térmico específico en los hornos de clínker se sitúa entre las 700 y 1.800 kcal/kg. de clínker (3.000 – 7.500 MJ/T), que equivale a 100 y 185 kg. de carbón o de coque de petróleo por tonelada de cemento.<sup>15</sup>

La industria del cemento requiere altas inversiones para mantener niveles de producción y de eficiencia.

### FLUJO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO

Paso	EXTRACCIÓN MATERIA PRIMA	TRITURACIÓN	MOLIENDA CRUDO	HORNO CLINKER	MOLIENDA CEMENTO	DESPACHO
<b>Objetivo</b>	Obtener materiales con composición química requerida	Reducir tamaño de caliza, clasificar y homogeneizar	Reducir el tamaño del crudo regular composición química	Obtener clínker con ahorro de energía	Reducir tamaño, dosificar clínker, yeso y puzolana. Ahorro de Energía	Energía perfecta. Ahorro de energía. Reducir exceso de peso
<b>Etapas</b>	Exploración, perforación y voladura. Carga y acarreo.	Chancado primario, secundario y pre homogeneización	Dosificación componentes, molienda y homogeneización	Pre calentador, horno y enfriador	Dosificación, molienda y clasificación	Balanzas, ensacado y balanzas
<b>Equipo</b>	Perforadoras, rotativas, tractores, cargadores frontales, palas y camiones.	Chancadora primaria tipo cono. Chancadora secundaria de martillos. Cancha pre homogeneización.	Molinos de bolas. Prensa de rodillos.	Horno rotativo vía seca, cinta transportadora.	Dosificadores, Molino de bolas, Prensa de rodillos	Máquinas rotativas automáticas, embolsadoras.
<b>Energía</b>	Petróleo diesel.	Electricidad	Electricidad	Electricidad, carbón, pet coque, petróleo y gas.	Electricidad	Electricidad

<sup>15</sup> FLSmidth Institute. Proceso y Operación de los Sistemas de Hornos. <http://www.flsmidth.com/en-US/Industries/Cement/Operation/Alternative+fuels+solutions/Fuel+supply>



Las plantas de procesos de vía seca tienen mejor desempeño energético. Asimismo, dentro de éstas las que disponen de precalentador y calcinador tienen las mejores eficiencias en el uso de la energía. El número de etapas de los precalentadores, determinará que los gases de escape sean liberados a menor temperatura. Al disponer de calcinador se logra una mejor descomposición de la harina cruda en el precalentador y se recupera el exceso de calor del aire del enfriador.



### **III. COMBUSTIBLES PROVENIENTES DE LOS RSU. DRF/CDR – OTROS. POTENCIALIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA. VALOR POSIBLE DE MERCADO DEL PRODUCTO. COSTOS DE LOS OTROS COMBUSTIBLES A SUPLANTAR. TIPOS DE RESIDUOS UTILIZADOS PARA VALORIZACIÓN TÉRMICA EN HORNOS CEMENTEROS. GESTIÓN DE RESIDUOS PARA SER VALORIZADOS EN PLANTAS CEMENTERAS. EL PROCESO DE UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS DERIVADOS DE RESIDUOS EN CEMENTERAS. PLATAFORMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES.**

#### **COMBUSTIBLES PROVENIENTES DE LOS RSU**

Los RSU se componen principalmente de residuos sólidos residenciales, pero también incluye algunos tipos de Residuos comerciales, institucionales e industriales no peligrosos.

Los RSU al ser incinerados a altas temperaturas, son capaces de producir energía en forma de calor o vapor. Dada la variedad de componentes en los residuos esa energía no es normalizada. Los elementos como plásticos contienen más calor por unidad de peso que los materiales biogénicos como el papel.

De acuerdo al informe de la “U.S. Energy Information Administration”<sup>16</sup>, publicado en mayo de 2007, el contenido de energía de los RSU está aumentando gradualmente a lo largo del tiempo.

Este incremento en el contenido total de energía ha sido atribuido al mayor volumen de plásticos y otros materiales de alto contenido calórico entre los residuos. La energía proveniente de recursos biogénicos ha sido reducida no solo por razón del mayor volumen de plásticos, sino también porque el papel

---

<sup>16</sup> Renewable Information Team, Coal, Nuclear, and Renewables Division. "Methodology for Allocating Municipal Solid Waste to Biogenic and Non-Biogenic Energy" Energy Information Administration - Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels - U.S. Department of Energy. Washington, May 2007. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/historical/msw.pdf>

y el cartón, que representaban un alto porcentaje entre los RSU en el pasado, hoy día están siendo reciclados y no incinerados. Por ejemplo, ciertos tipos de plásticos tienen más de tres veces el contenido de calor que los residuos de poda o de jardín o textiles orgánicos.



Imagen obtenida de <https://heuramedioambiente.wordpress.com/page/28/>

A pesar de las tendencias, una parte significativa de los RSU sigue siendo de biomasa y, por esta razón, en algunos países se los considera como una fuente de energía renovable, al menos en la proporción de la biomasa presente en el RSU.

Asimismo, con el tiempo se han desarrollado procesos para obtener determinados combustibles estandarizados a partir de residuos y con ello favorecer la introducción de Combustibles Alternativos generados a partir de RSU, a procesos industriales de grandes necesidades energéticas. Es decir, a



través de procesos de preparación y segregación de determinados residuos se puede obtener un alto grado de normalización y estandarización de las características de los productos finales, siendo de este modo capaces de suplantar combustibles tradicionales de origen fósil.

Ellos son: Combustibles Derivados de Residuos (CDR o RDF en inglés), Combustibles Derivados de Neumáticos (CDN ó TDF en inglés), Lodos de Depuradora y en algunos países de Europa lo que se conoce como “Animal Meal” y que corresponde a los restos de la industria frigorífica que por causas de la epidemia del síndrome de la “vaca loca” llevó a la obligatoriedad de la incineración de estas corrientes de residuos orgánicos.

Haciendo un repaso histórico, la primera instalación que combinó los RSU para energía entró en funcionamiento en Nueva York Ciudad en 1898. Sin embargo, esta industria no experimentó un crecimiento importante hasta 1978 con la promulgación de la Ley de Política Reguladora de Servicios Públicos en ese país, que obligó la compra de electricidad proveniente de esa fuente y ordenó que el precio pagado por la electricidad sea igual al costo de energía y capacidad evitado por la empresa; lo cual, conjuntamente con el incremento de las tarifas de vertido dieron viabilidad económica a los proyectos dedicados a transformar residuos en energía.

Otros países siguieron esa metodología, sobre todo con el fin de reducir los residuos enviados a vertederos.

Las plantas de transformación de residuos en energía (WtE) tienen altos costos de capital. Para hacer estas plantas financieramente viables se requiere:

- Un flujo confiable y constante de bajo costo de combustible, es decir contratos con municipios sobre envío de residuos diarios,.
- Un Power Purchase Agreement (PPA) que asegure la compra de la energía generada y las tarifas a considerar.

## RDF/CDR/CSR – OTROS

### RDF/CDR

Los CDR o Combustibles Derivados de Residuos, son combustibles sólidos o líquidos producidos a partir de residuos peligrosos, no peligrosos o inertes. Estos CDR son generalmente destinados a valorización energética en plantas de incineración o co-incineración y cementeras.

El CDR es un término que normalmente se aplica a materiales sólidos y con un alto poder calorífico (normalmente en torno a 2.800-4.500 Kcal por kilogramo como mínimo) que se extraen de los flujos de residuos.



Dado que la utilización directa de los residuos urbanos no es energéticamente provechosa, a lo largo de los años se han implementado procesos de separación mecánica por medio de instalaciones de selección granulométrica, por densidad o por medio de magnetismo o corrientes de Eddy. La fracción “seca” es la que principalmente se somete a separación de materiales combustibles (plásticos, textiles, madera y papel entre otros) que posteriormente son triturados, homogeneizados y densificados para favorecer su transporte y uso final.



Uno de los mayores desafíos es el objetivo es garantizar que el combustible derivado de residuos contenga un nivel tolerable de cloro, normalmente inferior al 0,3 % en peso y que a su vez mantenga el mayor PCi posible, para lo cual es de suma importancia su composición y el bajo contenido de humedad

Los CDR se producen mediante distintos tratamientos en función de la basura de origen de los mismos. Los métodos principales para la producción de CDR a partir de RSU son:

**Tratamiento mecánico/físico:** se basa en la separación de las fracciones seca y húmeda de los residuos. En una primera etapa los residuos son preacondicionados separándose los materiales recuperables. La fracción seca es sometida a separadores magnéticos (separación de ferrosos) y de corrientes inductivas (Separación de no ferrosos), y la fracción húmeda es tratada biológicamente o para producir de biogás o para estabilizar por compostaje o maceración aeróbica. El remanente puede procesarse para ser transformado en combustible.

**El Biosecado:** se trata de un proceso usualmente utilizado para el procesamiento de los residuos orgánicos de mayor contenido de humedad. En una primera etapa los residuos se trituran, previo retiro de elementos incompatibles. Con la trituración se pretende mejorar homogeneidad del material y así optimizar el proceso de fermentación, puesto que facilita el contacto de la parte orgánica con el oxígeno del aire. La siguiente etapa corresponde al biosecado, mediante la cual se evapora la humedad y se consigue eliminar gran parte de patógenos y de materia orgánica activa. Para esto se utilizan mantas de un material especialmente diseñado para dejar salir el vapor de agua y retener la mayoría de los demás componentes. De este modo, inyectando aire en la masa de residuos en sentido ascendente, es posible liberar buena parte de la humedad contenida en el mismo. Continúa luego la etapa de afino, en la que se extraen los metales ferrosos y otras “impurezas”. Luego, en la fase de preparación final, en la que se obtiene una fracción rechazo y el producto deseado.



Es así que los CDR formulados a partir de RSU, permiten usar los residuos como un combustible sustituto y de ese modo reducir el consumo de combustibles fósiles convencionales. Incluso permiten el aprovechamiento de instalaciones ya existentes, aconsejándose implantar sistemas de mejora para la introducción del nuevo combustible y de control de emisiones a las plantas que se quieran utilizar este CDR. Del mismo modo, sucede que algunos de los residuos podrían cambiar las condiciones de los procesos en dichas instalaciones, afectando a su eficiencia energética, por lo que se requiere de la realización de ensayos de combustión y verificaciones técnicas y operativas que demuestren la inocuidad de producto y su uso.

Generalmente se aprecia que la cantidad de CDR de buena calidad obtenible, es del orden del 12 al 15% de la cantidad de residuos urbanos disponibles, aunque puede variar sustancialmente en función de la composición de los RSU.

La producción de CDR depende básicamente de:

- El volumen de residuos disponible
- La composición de los residuos y su continuidad o estacionalidad
- Las exigencias de la planta de destino
- Los requerimientos de acondicionamiento para el transporte
- Los requerimientos de acondicionamiento y presentación del producto para su consumo (Granel, enfardado, pelletizado, briqueteado, etc)

En referencia al sector cementero, las características más importantes de los CDR utilizados habitualmente son<sup>17</sup>:

- Poder calorífico elevado, en torno a 3.000-4.500 Kcal/kg, aunque algunas plantas de clínker establecen valores bastante más elevados, superiores a 4.700 Kcal/kg.
- Reducido contenido de cloro (inferior al 0,5-1%).
- Reducido contenido de mercurio, (inferior a 10 mg/kg, en base seca).

---

<sup>17</sup> Publicación web de la Consultora medioambiental "HEURA, Expertos en Medio Ambiente Industrial" tomada el 25-01-2018 <https://heuramedioambiente.wordpress.com/page/28/>



Las limitaciones más importantes están referidas al contenido de cloro. Esta limitación no responde necesariamente a un tema de protección ambiental, sino más bien a una condición operativa de los hornos cementeros que se vincula con lo que se conoce en la industria como “ciclo de álcalis”. Este ciclo se trata de un enriquecimiento progresivo y acumulativo del contenido de Cloro en el polvo que arrastran los gases de salida del horno, que al encontrar zonas “frías” (Por debajo de los 800/900°C) y en presencia de Sodio o Potasio, se condensan en forma de sales que forman costras y terminan cerrando los conductos de alimentación de harina cruda al horno. Adicionalmente los altos niveles de concentración de Cloro producen mayores niveles de corrosión de zonas expuestas del horno. Adicionalmente, el contenido de Mercurio es importante mantener bajo control, dado que se trata de un elemento extremadamente volátil que tiene una gran dificultad de ser capturado o reducido y por lo tanto deben extremarse los cuidados de minimizar su presencia en el combustible desde el origen del mismo.

El contenido de cloro es un factor fundamental en la utilización de combustibles alternativos. Existe una limitación práctica generalizada del orden del 1% en el CDR, que podría ser algo mayor para CDR con un poder calorífico del orden de 4.700 Kcal/kg. Dicho límite está también condicionado por el grado de sustitución y por la aportación concurrente de otros combustibles alternativos distintos de CDR, especialmente disolventes, y de las materias primas.

En referencia al poder calorífico, se convierte en un parámetro económico más que técnico en cuanto al aporte energético que puede realizar un residuo, dado que su capacidad de generar calor es lo que lo hará más valioso o menos valioso para el cementero..

En cualquier caso, las características de los combustibles pueden ser fijadas por las propias industrias (en nuestro caso cementeras), en función de diferentes factores, entre ellos la utilización simultánea de otros residuos como combustibles, la composición de sus materias primas, el régimen de marcha de hornos u otros parámetros técnicos asociados al proceso.



Finalmente, la factibilidad de producción de CDR está condicionada por las características de los residuos utilizados, aunque los procedimientos de fabricación permiten obtener un CDR de alta calidad en casi todos los casos (aunque no en los mismos volúmenes).

### **Fabricación de combustibles derivados de residuos (CDR) para la industria en Argentina<sup>18</sup>**

La producción y elaboración de combustible sólido derivado de residuos (CDR) para hornos de cemento, utilizando como materia prima residuos industriales no especiales, comerciales y residenciales (Resoluciones OPDS 137, 138 y 139 de 2013) se lleva a cabo mediante un sistema de procesamiento específico en el que se contemplan diversos requisitos para la obtención de los CDR aplicables a cada caso.

Es así que los CDR pueden fabricarse para ser aplicados a la industria cementera, así como a la siderúrgica, e incluso para la generación térmica de energía eléctrica en pequeñas y grandes centrales de 5 a 80 Mw.

En este último caso los CDR pueden formularse incorporando también residuos agroindustriales tales como aserrín, chips de poda y desmonte, cáscaras de arroz, de girasol, de maní, escobajo, bagazo de caña, expellers de producción de aceites, residuos de cosecha de algodón, entre otros.

Algunas especificaciones genéricas acerca de los diversos CDR, que pueden fabricarse mediante estos sistemas de procesamiento, se indican en el cuadro que sigue:

---

<sup>18</sup> Witold R. Kopytynski. "Fabricación de Combustibles Derivados de Residuos (CDR) para la Industria". Revista Gestión Ambiental Empresaria. N° 209. Año 2014. [http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA\\_sep2014.pdf](http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA_sep2014.pdf)



APLICACIÓN	GENERACIÓN DE ENERGÍA	INYECCIÓN EN PRECALCINADOR HORNO CEMENTERO	INYECCIÓN EN QUEMADOR PRINCIPAL HORNO CEMENTERO	INDUSTRIA SIDERÚRGICA
Requerimiento energético promedio global del proceso	430.000 Kcal/MWh	760.000 Kcal/tnCk	760.000 Kcal/tnCk	5.700 Mcal/tn acero
Kcal/Kg de CDR	> 2.500	> 3.000	> 3.000	> 4.000
Tamaño de partículas en mm	< 150	< 80	Escamas < 30 Pellets < 15	< 150
Volumen de CDR necesario	172 tnCDR/Mwh	253 tnCDR/tnCk	253 tnCDR/tnCk	1.392 tnCDR/tn acero

El proceso de fabricación de cemento, es un proceso de altísima demanda de energía térmica, en el orden de 760.000 kcal/tn de clinker, dependiendo de cada horno y su tecnología. En Argentina continúa siendo esencialmente dependiente de una matriz de fósiles no renovables (Gas Natural principalmente, Pet Coke y Fuel Oil).

Requerimientos: Para el tratamiento de residuos para su aprovechamiento económico como CDR en la industria pesada (industrias del cemento y siderúrgica), o bien en usinas térmicas, se requiere alcanzar una granulometría de entre 150 y 15 mm.

Para conseguir este tamaño de salida con una exitosa extracción de materiales no deseados (metales, materiales inorgánicos, arenas, etc.), es necesario un proceso gradual de trituración, siendo la pre-trituración un factor clave para la rentabilidad de la planta. La extracción de materiales no deseados mediante un separador de materiales pesados reduce los costos por desgaste, mejora la calidad del producto, eleva la productividad, y todo ello genera una operación rentable.

Componentes del sistema:

- Trituración primaria de residuos no tratados
- Separación de metales ferrosos por medio de un separador magnético



- Separación por granulometría, por medio de trommel o zaranda vibratoria
- Separación por densidad, por medio de corriente neumática
- Trituración secundaria o granulado final

Producción Aproximada de 5 – 30 toneladas por hora, según el tamaño de las máquinas elegidas y las líneas de procesamiento instaladas.

En la actualidad existen varias empresas desarrolladoras de equipos de trituración, que ofrecen un nuevo diseño que permite realizar la trituración en un único paso, pero para tal fin, es necesario contar con una composición de los residuos extremadamente confiable y uniforme.

### **COMBUSTIBLES SÓLIDOS RECUPERADOS (CSR)**

Los CSR son absolutamente asimilables a los CDR que se han estado mencionando hasta el momento, con la salvedad de que los mismos han sido regulados y jerarquizados en el caso de la Unión Europea, definiendo y estandarizando así a los mismos como un Producto con diferentes grados de granulometría y poder calorífico, entre otros parámetros. De este modo este producto puede ser transado en un mercado abierto y circular entre países casi como un commodity.

Los CSR constituyen la fracción de residuos que son aptos para el aprovechamiento energético de los mismos, los cuales en caso de no ser valorizados, en el mejor de los casos se destinarían a los rellenos sanitarios o a basurales a cielo abierto.

La característica esencial de los CSR<sup>19</sup> es que lo constituyen residuos no peligrosos que se van a emplear en plantas de incineración o co-incineración o coprocesamiento.

---

<sup>19</sup> Witold R. Kopytynski. "Fabricación de Combustibles Derivados de Residuos (CDR) para la Industria". Revista Gestión Ambiental Empresaria. N° 209. Año 2014. [http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA\\_sep2014.pdf](http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA_sep2014.pdf)

El CSR se obtiene de los rechazos en su fase de clasificación que tienen en principio un poder calorífico bajo, son de composición muy heterogénea, contienen mucha humedad y gran cantidad de materiales no aptos.

Estos rechazos, antes de llevarse a un relleno y que se pierdan como recurso, pasan a una planta de preparación y depuración específica, diseñando un combustible de acuerdo a las especificaciones requeridas por el usuario final.

La composición típica media en peso bruto de entrada de rechazos a una planta de preparación de CSR es la siguiente:

<b>PLÁSTICOS</b>	70,00%
<b>PAPEL/CARTÓN</b>	15,00%
<b>METALES FERROSOS</b>	3,50%
<b>MATERIA ORGÁNICA</b>	1,50%
<b>METALES NO FERROSOS</b>	1,30%
<b>VIDRIO</b>	0,20%
<b>OTROS</b>	8,50%

Una vez depurado y preparado el combustible, se clasifica en 5 tipos atendiendo a las siguientes características:

<b>TIPO</b>	<b>PCI Kcal/Kg</b>	<b>PCI Mj/Kg</b>	<b>% CLORO</b>	<b>CONTENIDO DE HG*</b>
<b>1</b>	> 6.000	> 25	< 0,2	< 0,02 Mg/nm <sup>3</sup>
<b>2</b>	> 4.800	> 20	< 0,6	< 0,03 Mg/nm <sup>3</sup>
<b>3</b>	> 3.600	> 15	< 1	< 0,08 Mg/nm <sup>3</sup>
<b>4</b>	> 2.400	> 10	< 1,6	< 0,15 Mg/nm <sup>3</sup>
<b>5</b>	> 700	> 3	< 3	< 0,5 Mg/nm <sup>3</sup>

\* Liberado al aire durante la incineración

La utilización de los CSR es amplia: cementeras, centrales de ciclo combinado, plantas de cal, centrales térmicas multicomcombustibles y grandes calderas industriales.

Las ventajas del uso de los CSR en las cementeras se deben a:

- Altas temperaturas y tiempo de residencia suficientes para asegurar la total destrucción de moléculas orgánicas complejas.



- La naturaleza alcalina del horno, que evita la emisión de gases ácidos.
- Los residuos secundarios producidos quedan dentro de la masa del clinker.
- La gran estabilidad térmica del proceso evita situaciones anormales de funcionamiento
- Disponibilidad de grandes excesos de Oxígeno que garantizan una combustión completa de los combustibles

## **GENERANDO ENERGÍA A PARTIR DE LODOS DE AGUAS RESIDUALES**

El lodo de aguas residuales puede ser una fuente de energía renovable de sumo interés. Generalmente y como primera instancia, suele ser tratado y acondicionado con el fin de que sea seguro en aplicaciones agrícolas. Al ser tratado produce biosólidos ricos en nutrientes que se utilizan principalmente como fertilizante o enmienda de suelo. Los biosólidos y la fase seca no tratada de lodo de aguas residuales también pueden utilizarse como combustibles alternativos. Por lo general, son aplicados en conjunto con otros combustibles como carbón, desechos sólidos municipales, desechos de madera y desechos agrícolas. Sin embargo, no todos los lodos cloacales se pueden incinerar para producir energía<sup>20</sup>. El alto contenido de agua y los altos niveles de materiales inertes en los lodos hacen que su valor neto de combustible sea relativamente bajo.

Acerca de las pruebas para analizar el Contenido de Base Biológica, se estaca el método ASTM D6866<sup>21</sup>. El mismo fue desarrollado en los Estados Unidos como un método analítico estandarizado para determinar el contenido de base biológica de muestras sólidas, líquidas y gaseosas, utilizando la datación por radiocarbono. Este método considera apenas el Contenido de Carbono Orgánico Total y no el peso del producto. Tampoco se mide el nivel de

---

<sup>20</sup> W Giger, PH Brunner y C Schaffner, 4-nonilfenol en el lodo de aguas residuales: acumulación de metabolitos tóxicos a partir de tensioactivos no iónicos, Science 10 de agosto de 1984, vol. 225. no. 4662, pp. 623 – 625

<sup>21</sup> Detalles del método: <https://www.astm.org/Standards/D6866.ht>



biodegradabilidad del producto. Específicamente fue desarrollado por solicitud del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para cumplir con legislaciones que requieren que las agencias federales den preferencia en procesos de compras a los fabricantes que utilizan la mayor cantidad posible de biomasa en sus productos.

Se concluyó rápidamente que la datación por radiocarbono era la única técnica viable y precisa para determinar el contenido de base biológica de un producto.

Se consideran los lodos de aguas residuales secas como un combustible derivado de desechos. Al igual que otros combustibles derivados de residuos, los lodos cloacales no son 100% biomasa. Los champús, detergentes y otras sustancias derivadas de los combustibles fósiles que están presentes en los desechos domésticos hacen del lodo de las aguas residuales un combustible heterogéneo y de baja calidad

Ejemplos de esta tecnología se aprecian en los Países Bajos, N.V. Slibverwerking Noord-Brabant (SNB), donde se ha instalado una planta que procesa aproximadamente 450.000 toneladas de lodo de aguas residuales deshidratadas cada año. El lodo seco se incinera a una temperatura de aproximadamente 900 °C.

## **NEUMÁTICOS DESECHADOS Y COMBUSTIBLES DERIVADOS DE NEUMÁTICOS (CDN)**

Los Combustibles Derivados de Neumáticos (CDN ó TDF por su sigla en inglés) son utilizados en industrias de energía intensiva como fuente de energía renovable.

Este tipo de combustible se compone de neumáticos desechados que pueden consumirse tanto enteros como fragmentados, normalmente a un tamaño de entre una y dos pulgadas (de 2,54 cm a 5,08 cm) como máximo en cualquiera de sus 3 dimensiones. Este proceso de trituración incluye no

solamente la reducción del neumático sino también la eliminación de cables de acero de los aros del talón de los neumáticos, como forma de aumentar la vida útil de las cuchillas de los trituradores. Dado el costo de los procesos, la relación costo-beneficio de los CDN no es tan buena, al considerar que para su valorización energética se requiere de instalaciones con altas temperaturas y altos tiempos de residencia. Se verifica una mejora sustancial de los resultados, en aquellas industrias capaces de utilizar neumáticos enteros.

Por otro lado, las fábricas de cemento sí utilizan neumáticos enteros en sus hornos porque sus unidades de combustión son suficientemente grandes y estables y los alambres de acero de la estructura de las cubiertas, puede reemplazar parcialmente la necesidad de aporte de hierro necesario para la formulación del Clinker, sustituyendo de este modo parte de la arcilla ferrosa normalmente utilizada en la industria. Las fábricas de papel y celulosa u otras instalaciones térmicas de menor porte necesitan utilizar los CDN sin metales para evitar que los sistemas de alimentación de sus calderas sean obstruidos o introduzcan acero a las cenizas que son destinadas al sector agrícola.



El alto valor calorífico de los neumáticos desechados permite que sean un buen combustible alternativo para las industrias con procesos de energía intensiva; por ejemplo, industrias de cemento, instalaciones generadoras de electricidad y fábricas de celulosa y papel, entre otras. Durante su incineración, los neumáticos producen la misma cantidad de energía que el Coke de petróleo, y de 100% a 200% más energía que la madera y los celulósicos.

Es así que los neumáticos desechados normalmente son utilizados como combustible para suplementar al carbón y a la madera. En términos de eficiencia, son más baratos que el carbón, producen emisiones más limpias y tienen un bajo contenido de humedad. Asimismo, los residuos de cenizas de neumáticos contienen metales menos pesados que algunos tipos de carbón, y la combustión de neumáticos produce menos emisiones de NO<sub>x</sub>, en comparación con la incineración de carbón con alto contenido de azufre.

Por otro lado, dependiendo de su tamaño los neumáticos desechados pueden contener hasta 30% de biomasa, como puede ser verificado por un análisis del Contenido de Base Biológica. De acuerdo con un estudio hecho por la empresa francesa Aliapur, los neumáticos desechados de vehículos utilitarios contienen fracciones de biomasa de 17% a 20%, mientras los neumáticos desechados de camiones contienen fracciones de biomasa de 28% a 30%. Los componentes de biomasa de los neumáticos incluyen caucho natural, rayón y ácido esteárico.

Parámetro	Neumáticos Desechados de Vehículos Utilitarios	Neumáticos Desechados de Camiones	Carbón	Coque de Petróleo
Biomasa	de 17 a 20.3% (18.3% en promedio)	de 28.6 a 29.7% (29.1 %)	0%	0%
Carbón	de 67.5 a 70.1% (69.0% en promedio)	de 59.7 a 62.6% (61.1%)	de 64 a 68%	de 84 a 97%
VCN (Kcal/kg)	de 7.052,27 a 7.315,23 (7.219,61KcalJ/kg en promedio)	de 6.239,46 a 6.382,9 (5.880,87Kcal/kg en promedio)	6.215,56 Kcal/kg	7.649,92 Kcal/kg

Valores seleccionados del Estudio de Aliapur.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Aliapur es una empresa líder de recuperación de neumáticos usados en Francia. <https://www.aliapur.fr/en/sector/retreading-tyres>



Dada la significativa cantidad de biomasa que compone a los neumáticos desechados, los combustibles derivados de neumáticos producen emisiones con menos dióxido de carbono de origen fósil, en comparación con el carbón y el coque de petróleo. Por consiguiente, representan una buena fuente alternativa de combustible. Son más baratos y emiten menos CO<sup>2</sup> fósil, pero su producción de calor es similar a los combustibles tradicionales.

## POTENCIALIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

En relación al poder calorífico de los residuos, se debe comenzar por diferenciar en un combustible el poder calorífico inferior (PCi) y el poder calorífico superior (PCs). La diferencia entre ambos radica básicamente en la energía asociada a la condensación del vapor de agua contenido en los gases de la combustión.

En vistas de que por condiciones medioambientales no se puede alcanzar una temperatura de los gases de 0 °C, donde se aprovecharía el calor de cambio de estado del agua (597 kcal / kg vapor de agua condensador), el PCi tiene un significado mayor para el cálculo del potencial energético de los residuos.

Existen dos formas para el cálculo del PCi: el método analítico y el método práctico<sup>23</sup>.

Por el método analítico se suman los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de basura, ponderándolos por su fracción en peso y descontándoles de la cantidad de hidrógeno total que se encuentra ya combinada con el oxígeno. Por ejemplo, si se tiene la composición de un combustible en base seca, el PCi se puede calcular de la siguiente manera<sup>24</sup>:

---

<sup>23</sup> Diego Moratorio, Ignacio Rocco y Marcelo Castelli. "Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía". Universidad de Montevideo. Mayo 2012.

[http://www.um.edu.uy/docs/10\\_conversion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos-en\\_energia.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/10_conversion_de_residuos_solidos_urbanos-en_energia.pdf)

<sup>24</sup> Fernández, J. "La Basura como recurso energético. Situación actual y prospectiva en México", Boletín del Instituto de Investigaciones, Enero – Marzo 2011.



Referencias: C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y cenizas, componentes típicos de los residuos.

$$PCi \text{ [kcal/kg]} = 8.140 \cdot C + 29.000 \cdot (H - O/8) + 2.220 \cdot S - 600 \cdot H_2O$$

Por otro lado, el método práctico consiste en calcular el PCi a partir del valor del PCs hallado mediante un ensayo de poder calórico. Para poder hallar el PCi basta con restarle el calor de cambio de estado del agua. Para ello se precisa conocer la cantidad de H del combustible y la humedad. La ecuación resultante es la siguiente:

$$PCi \text{ [kcal/kg]} = PCs \text{ [kcal/kg]} - 597 \cdot (9 \cdot H + H_2O)$$

Un valor aproximado típico del PCi de los RSU es de 2.151,54 - 2.629,66Kcal/kg

Ahora es importante determinar el potencial de generación de energía de los residuos. Una estrategia de “co-generación” implica que una parte de la energía de los residuos se aprovecha como energía térmica (generalmente a través de la generación de vapor para un proceso industrial o agua caliente para un proceso industrial o para calefacción de viviendas) y otra parte se convierte en energía eléctrica. Se aprecia que un 50% de la energía química puede convertirse en energía térmica, un 30% en energía eléctrica y el 20% restante se pierde.

A modo de ejemplo, si consideramos un poder calorífico de 2.211,30 Kcal/kg de RSU (un valor muy bajo) y 1 ton de RSU tendríamos un potencial de generación (considerando potencia de salida uniforme a lo largo del día) de:

- 1.000kg/día . 2.211,30Kcal/kg . 1día/86.400seg . 0,50 = 0,054 MW térmicos/ton día
- 1.000kg/día . 2.211,30Kcal/kg . 1día/86.400seg . 0,30 = 0,032 MW eléctricos/ton día
- 1.000kg/día . 2.211,30Kcal/kg . 1día/86.400seg . 0,20 = 0,021 MW pérdidas/ton día

## **VALOR POSIBLE DE MERCADO DEL PRODUCTO**

En relación a la potencialidad del CDR, se suele afirmar que mediante un proceso de separación, trituración, granulado a menos de 30 mm,



homogenización y control de calidad, se puede formular un combustible a partir de estos desechos, que tiene un poder calórico aceptable, y es más limpio y económico que usar gasoil o carbón. Una equivalencia genérica aceptable es que tres kilos de CDR con un PCI de 2.770 Kcal/kg equivalen a un metro cúbico de gas de cerca de 8.300 Kcal/m<sup>3</sup>.

Actualmente se puede proveer con CDR granulado a hornos cementeros de dos plantas en Olavarría: L'Amalí de Loma Negra (50 mm) y los 2 hornos de San Jacinto de Cementos Avellaneda (25 mm c/u). Esta formulación granulada se inyecta en los hornos que operan a 2.000 °C, para sustituir el consumo de carbón o gas.

Cada uno de estos hornos necesita: L'Amalí 4.560.000.000 Kcal/día, San Jacinto1 2.640.000.000 Kcal/día, y San Jacinto2 1.920.000.000 Kcal/día. Teniendo presente que el m<sup>3</sup> de gas puede generar de PCI cerca de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de 549.398 m<sup>3</sup> de gas para L'Amalí, de 318.072 m<sup>3</sup> de gas para San Jacinto 1 y de 231.325 m<sup>3</sup> de gas para San Jacinto 2.

Al respecto se puede decir que consumos diarios en el orden de 300.000 m<sup>3</sup> a 450.000 m<sup>3</sup> de gas por día, equivalen al consumo diario de entre 100.000 y 150.000 hogares.

Con ese nivel de calorías, el precio de compra de CDR por las cementeras en boca de horno debe ser igual al precio de gas suplantado menos las pérdidas de eficiencia por el cambio de combustible, los costos de la mano de obra necesaria para manejar el nuevo combustible y el costo de transporte interno y preparación de la planta. Se suele suponer que se finaliza en un valor aproximado al 30% del precio del gas suplantado, considerando siempre que ese precio es el de despachado en la Planta por el productor del CDR (se ampliará más en el Capítulo 13).



## **COSTOS DE LOS OTROS COMBUSTIBLES A SUPLANTAR**

En relación a este punto, el precio estimado que pagan las cementeras a la fecha (marzo 2018) es de US\$ 20 por Gigacaloría (Gcal) térmica utilizada (gas o Pet Coke). Este valor se considera como estimado, dado que se trata de una información sensible para la competitividad de las empresas y por lo tanto es un dato confidencial no confirmado por ninguna de ellas. No obstante se trata de un valor confiable, confirmado por operadores del mercado de combustibles.

Ese es el valor que utilizaremos en los análisis de los capítulos siguientes.

Por otro lado, y en referencia a valores generales publicados de acuerdo al Ministerio de Energía y Minería<sup>25</sup>, el precio del gas fue, en promedio, de US\$ 5,43 / MMBTU (en 2018 se estima en US\$ 5,21 / MMBTU). Por otro lado, el precio promedio de adquisición del gas natural producido en la Argentina fue de US\$ 4,91 / MMBTU para el año 2017, esperándose un incremento a US\$ 5,02 / MMBTU para 2018.

---

<sup>25</sup> Ministerio de Energía y Minería "Precio de Gas Natural en el PIST" Secretaría de Recursos Hidrocarburíferos. Octubre 2017.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_tecnico\\_minem.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_tecnico_minem.pdf)



Siendo que 1Gcal = 3,9683207 MMBTU, y tomando el precio estimado de US\$ 5,21 por MMBTU, sería de US\$ 20,675/Gcal.

En relación a la energía eléctrica, se aprecia el siguiente cuadro tarifario de EDESUR<sup>26</sup>.

TARIFA 3   Grandes Demandas								
TARIFA	CONCEPTO	UNIDAD	BT<300kW potencia contratada	MT<300kW potencia contratada	AT<300kW potencia contratada	BT>=300kW potencia contratada	MT>=300kW potencia contratada	AT>=300kW potencia contratada
Tarifa 3	Cargo Fijo	\$/mes	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24	1866,24
	Cargo por Potencia Convenida	\$/kW - mes	128,99	55,73	14,64	128,99	55,73	14,64
	Cargo por Potencia Adquirida	\$/kW - mes	3,63	4,51	4,43	3,63	4,51	4,43
	Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,739	0,703	0,674	1,225	1,164	1,116
	Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,733	0,696	0,668	1,219	1,159	1,111
	Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,713	0,678	0,650	1,214	1,154	1,107

Otros combustibles como Fuel oil y Gas oil. Publicado por Cammesa al 24-01-2018<sup>27</sup>.

#### PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES

Se muestran los Precios de combustibles correspondientes a los utilizados en esta simulación, considerando un dólar de referencia de 17.27 \$:

COMBUSTIBLE	PREC. REF	PLANTA	PCI	DENSIDAD
FUEL OIL	6823.72 \$/t	La Plata	9800 kcal/kg.	945 kg/m3
GAS OIL	8849.84 \$/m3	La Plata	10400 kcal/kg.	825 kg/m3
Uranio CNA I	15197.88 \$/kg.U	CN Atucha	221.76 kcal/mg	
Uranio CNE	5084.22 \$/kg.U	CN Embalse	148.24 kcal/mg	
Uranio CNA II	12043.57 \$/kg.U	CN Atucha II	164.81 kcal/mg	

En referencia al carbón mineral, los precios internacionales del Carbón Colombiano<sup>28</sup> (el más barato) se aprecian en los siguientes gráficos. No encontré valuación de precios de Yacimientos Carboníferos Río Turbio.

<sup>26</sup> Tabla de cuadro tarifario EDESUR. [http://www.edesur.com.ar/cuadro\\_tarifario.pdf](http://www.edesur.com.ar/cuadro_tarifario.pdf)

<sup>27</sup> Publicación de precios de CAMMESA [http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios\\_de\\_combustibles.html](http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios_de_combustibles.html)

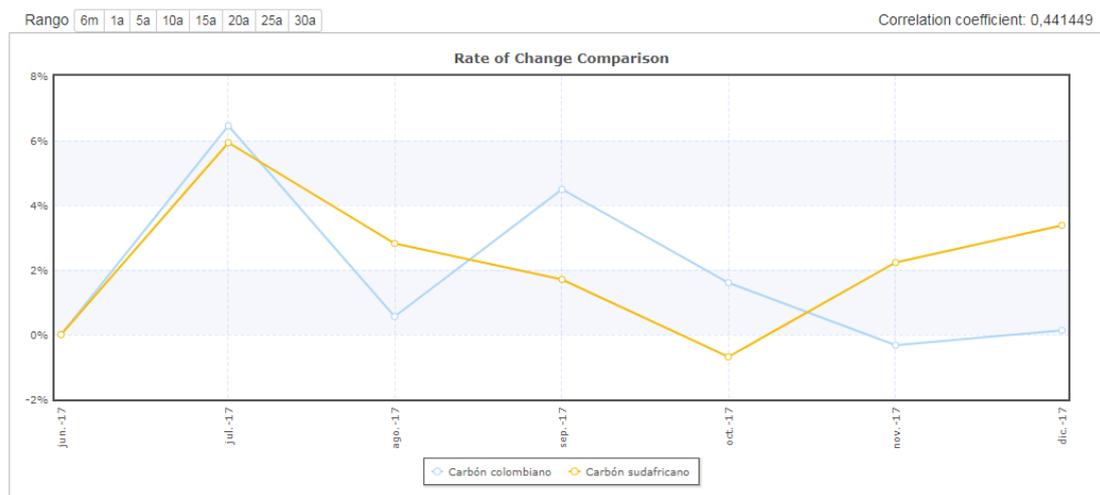
<sup>28</sup> Publicación de precios internacionales de carbón de Indexmundi al 24-01-2018. <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=carbon-colombiano>

## Carbón colombiano Precio Mensual - Dólares americanos por tonelada métrica



Descripción: Carbón colombiano, Dólares americanos por tonelada métrica

## Carbón colombiano vs Carbón sudafricano - Price Rate of Change Comparison



Descripción: Monthly comparison between the rate of change in the price of Carbón colombiano versus the rate of change in the price of Carbón sudafricano

Sobre el Pet-Coke o coque de petróleo (que es el combustible que actualmente más usan los hornos) se aprecia la siguiente tabla<sup>29</sup> con los valores en US\$/t a diciembre de 2017 y el nivel de sulfuros.,

<sup>29</sup> Publicada por: Energy Argus en [www.argusmedia.com](http://www.argusmedia.com)



Petroleum coke spot market				\$/t
	HGI	Price	±	Four-week average
<b>Atlantic basin</b>				
fob US Gulf coast 4.5% sulphur	40	81.50	-0.50	81.88
fob US Gulf coast 6.5% sulphur	40	61.50	-3.50	67.13
fob Venezuela 4.5% sulphur	70	81.50	-0.50	81.88
cfr Turkey 4.5% sulphur	70	102.50	0.00	102.38
<b>Sulphur adjustment</b>				
US Gulf coast, per 0.1%		1.00	+0.15	0.74
<b>Pacific basin</b>				
fob US west coast <2.0% sulphur	45	121.00	-4.00	126.25
fob US west coast 3.0% sulphur	45	99.00	-7.00	105.25
fob US west coast 4.5% sulphur	45	88.00	-9.00	95.75
cfr China <2.0% sulphur	45	147.00	-4.00	152.50
cfr China 3.0% sulphur	45	131.00	-4.00	135.75
cfr China 6.5% sulphur	40	95.00	-4.00	99.75
cfr India 6.5% sulphur	40	92.50	-4.50	98.00
cfr WC India 8.5% sulphur	70	87.50	-3.50	93.50

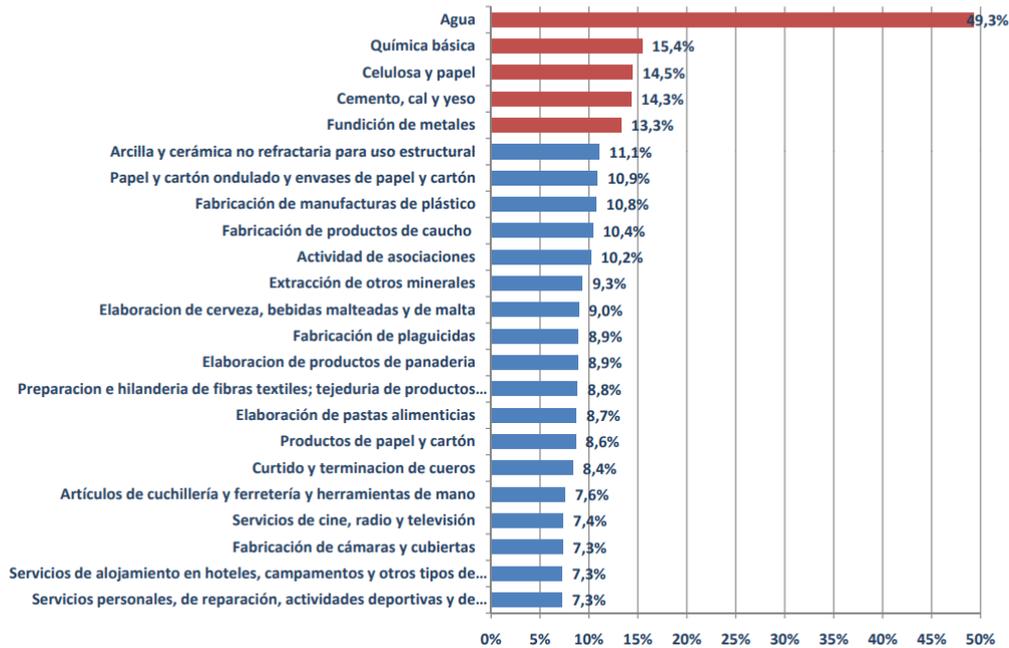
Publicada por: Energy Argus en [argusmedia.com](http://argusmedia.com)

El mismo tiene un PCi de entre 6.800 y 8.500 Kcal/kg dependiendo de la calidad.

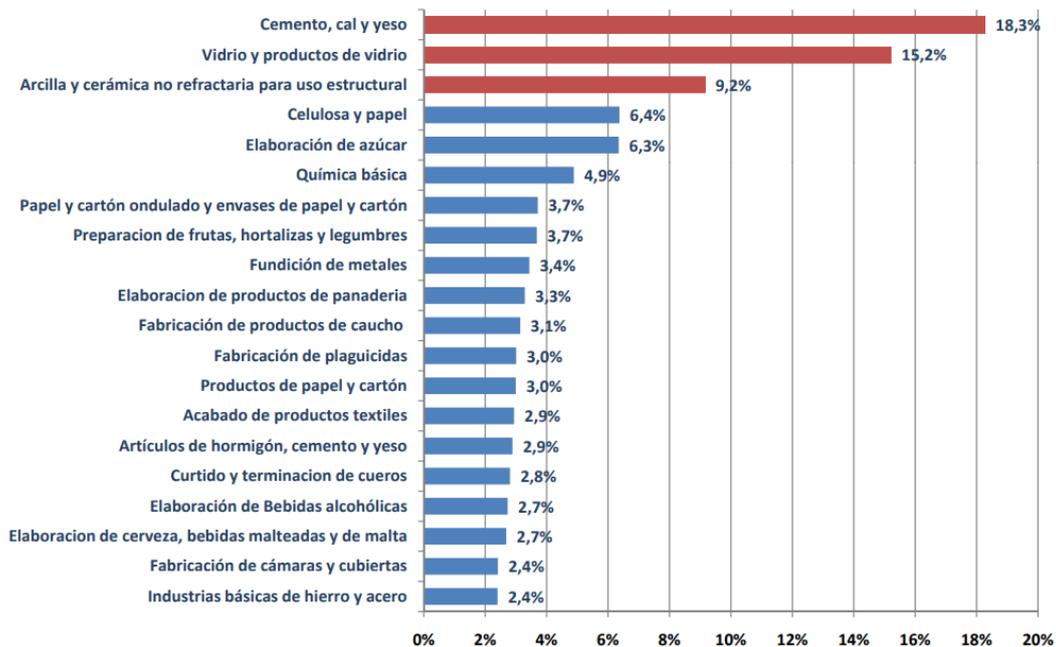
Luego, respecto al impacto de la variación de precios de fuentes de energía es interesante el análisis comparativo efectuado por en la Escuela de Negocios de la Universidad Nacional del San Martín<sup>30</sup>. La industria del Cemento es una de las más afectadas por las variaciones, siendo el gas el recurso que más le incide.

<sup>30</sup> Lic. Adrián Gutiérrez Cabello y Otros." Análisis del impacto de las tarifas de luz y gas en Análisis del impacto de las tarifas de luz y gas en los costos de los sectores productores de bienes y servicios de la Argentina." Escuela de Negocios - Universidad Nacional de San Martín. Agosto 2016. [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia\\_regional/Impacto%20Tarifas%20Empresas.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/Impacto%20Tarifas%20Empresas.pdf)

## Sectores con mayor impacto a la suba de la tarifa de la electricidad



## Sectores con mayor impacto a la suba de la tarifa del gas



## Sectores con mayor impacto de la tarifas públicas



Impacto en los combustibles derivados de residuos frente a la bajada de precios de los combustibles fósiles.

Las disminuciones en el precio de los combustibles fósiles afectan directamente la inversión y desarrollo de combustibles alternativos. Sin embargo, los motivos de producir combustibles desde residuos y más precisamente CDR implican otras causas además del mero beneficio económico como son: reducción de emisiones de efecto invernadero, ahorro de combustibles fósiles para futuras generaciones, recuperación de la energía de residuos, reducción de necesidad de crear vertederos y sus emisiones de gas metano y reducción de coste energético del país.

## TIPOS DE RESIDUOS UTILIZADOS PARA VALORIZACION TERMICA EN HORNOS CEMENTEROS

Algunos de los residuos aptos para utilizarse como combustibles alternativos se pueden agrupar en varias categorías, en función de que su composición sea totalmente biomasa, parcialmente biomasa o tenga un origen



fósil (hay que tener en cuenta que la utilización de combustibles con biomasa se considera neutra en cuanto a sus emisiones de CO<sub>2</sub>).

De esta manera tenemos:

- **Residuos de biomasa:**
  - Biomasa forestal y restos vegetales procesados por la industria alimentaria.
  - Cultivos energéticos
  - Residuos de industrias cárnicas que incluyen harinas cárnicas y grasas animales.
  - Lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.
  - Otros residuos de biomasa que incluyen residuos de envases y residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil.
- **Residuos con contenido parcial de biomasa:**
  - Lodos de papelera que proceden del procesado de la pasta de papel y contienen celulosa y plástico.
  - Combustible preparado a partir del rechazo de plantas de tratamiento de residuos municipales (CDR combustible derivado de residuo o RDF refuse derived fuel en inglés).
  - Neumáticos fuera de uso (NFU).
  - Residuos de fragmentación de vehículos fuera de uso (FLUFF).
- **Residuos de origen fósil:**
  - Residuos de hidrocarburos.
  - Aceites minerales usados.
  - Emulsiones de hidrocarburos y agua
  - Plásticos.
  - Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos.
  - Suelos contaminados
  - Lodos de perforación
  - Bases de lubricantes
  - Otros.



La utilización de estos residuos requiere una serie de procesos que implican las inversiones necesarias para garantizar la calidad del Combustible Alternativo Derivado de Residuos que asegure que las condiciones ambientales y la calidad del Clinker producido puedan mantenerse inalterados.

## **GESTIÓN DE RESIDUOS PARA SER VALORIZADOS EN PLANTAS CEMENTERAS.**

Como se ha visto, el creciente consumo de recursos naturales y la producción de residuos son dos de los problemas ambientales que más preocupan a la sociedad actual. Así es que se exige a las empresas una mayor responsabilidad por los efectos que provocan sus acciones en la sociedad y el entorno.

Las fábricas de cemento también tienen esta responsabilidad y deben aprovechar las características de su proceso productivo para reciclar y valorizar energéticamente aquellos residuos que sean aptos para tal fin. Con la prestación de este servicio, la actividad industrial cementera puede realizar una contribución ambiental y social de alto impacto.

1- El reciclado de residuos: Recordando la definición de la acción de reciclado, que implica la transformación de un residuo en otro producto o material destinado a un nuevo uso igual o diferente al original, debe tenerse en cuenta que el proceso de fabricación del cemento admite la incorporación de ciertos tipos de residuos y subproductos como sustitutos parciales de materias primas en dos momentos bien diferenciados del proceso:

- a) Como componente del crudo (antes del clínker). Así las fábricas de cemento pueden aprovechar parte de los residuos minerales generados por otros procesos industriales, por tener composición similar a la de sus materias primas o por generar aportes aleantes de interés para el proceso. (Spent Pot Liner de la industria del aluminio, Catalizadores agotados de Cracking Catalítico de la industria



petrolera, Yeso sintético de moldes de la industria sanitaria, entre otros)

- b) Como adición al cemento. En la molienda del cemento se añaden ciertas materias primas, que pueden ser sustituidas por residuos de composición semejante (Escoria de alto horno de la industria siderúrgica, Fly Ash de las Termoeléctricas, entre otros).

No obstante, a pesar de las ventajas ambientales que tiene la incorporación de un residuo como adiciones durante la molienda, no es posible incorporar una cantidad ilimitada del mismo en vistas de que el porcentaje de adiciones influya en las características del cemento. Por tanto, es preciso ajustar la cantidad introducida en función del uso final que se le quiera dar al cemento y a la composición química del residuo.

2- La valorización energética de residuos: Ciertos residuos también pueden ser utilizados como combustibles en el horno clínker y estos se denominan combustibles alternativos. Se trata de una co-incineración o coprocesamiento del residuo en la que se recupera el calor de combustión mientras se termodestruyen sus componentes peligrosos, por medio de la oxidación de su fracción orgánica y la concentración de la inorgánica en las cenizas que se incorporarán a la matriz cristalina del clínker en formación dentro del horno. Se aprovecha, por tanto, la energía calorífica contenida en los residuos y en algunos casos hasta el potencial aleante de la fracción inorgánica concentrada en las cenizas que pueden ofrecer al Clinker efectos deseables en su comportamiento posterior.

La cuestión que se plantea ante la utilización de determinados residuos como sustitutos de los combustibles tradicionales y de las materias primas, es como se verá afectado el entorno. Las condiciones medioambientales en las inmediaciones de las fábricas y la utilización de residuos como materias primas de sustitución o como combustibles alternativos no debe producir efectos apreciables sobre el proceso ni sobre el medio ambiente, por lo cual se deben respetar rigurosas especificaciones.



## **EL PROCESO DE UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS DERIVADO DE RESIDUOS EN CEMENTERAS.**

La manipulación y procesado de los combustibles alternativos que se van a utilizar como combustibles en la industria cementera se puede dividir en tres fases.

En primer lugar, estaría la recepción de los combustibles alternativos, cada cargamento que entra en la fábrica se somete a un control e inspección que incluye desde el pesaje y observación visual, hasta la analítica completa. Se toman las precauciones necesarias para asegurar que el combustible alternativo sea uno de los autorizados para dicha planta. Para ello, se realizan las comprobaciones oportunas que según la composición media del Combustible Alternativo, así como la confiabilidad del proveedor del mismo, podrá ser 100% Full o de tipo estadístico.

La segunda parte, es el almacenamiento de los combustibles. El material se descarga en la fábrica para su almacenamiento temporal, con una capacidad suficiente para asegurar varios días de utilización, regulando así el flujo de residuos al horno. El tipo de almacenamiento, los sistemas de carga y descarga se diseñan de forma que garanticen la seguridad para el ambiente y las personas, y manteniendo las características de calidad del producto.

Así, los combustibles alternativos líquidos se almacenan en depósitos estancos estando dotados de protección contra posibles pérdidas o derrames, sistemas de lucha contra incendios, control de emisiones, entre otros. Adicionalmente, y dependiendo de la naturaleza del residuo, se pueden requerir otras medidas de seguridad exigidas por la normativa vigente (por ejemplo, instalaciones a prueba de explosión, sistemas de inertización u otros).



Los combustibles alternativos sólidos se almacenan en acopios, naves o tolvas con sistema de protección contra el viento, lluvia y vectores, y otro de protección del suelo y de las aguas.

La tercera etapa consiste en la alimentación en el horno. Desde la zona de almacenamiento los residuos se transportan hasta el punto de entrada al horno (quemador principal o zona de precalcinación). Las cámaras de combustión se diseñan específicamente para que la combustión se realice en las condiciones de temperatura, turbulencia y exceso de oxígeno más favorables.

Los residuos líquidos pueden alimentarse en varios puntos de entrada y se inyectan mediante bombas por medio de cañerías equipadas con sistemas de control y regulación de caudal, válvulas de seguridad y retornos, además de pulverizadores en la inyección. Si el Combustible Alternativo es muy estable en su composición, se recomienda su alimentación al quemador principal. Los residuos sólidos suelen alimentarse por medios mecánicos o neumáticos. Dependiendo de su granulometría entran al horno de diferentes maneras:

1. Cuando se trata de combustibles alternativos de granulometría gruesa (De entre 50 y 80 mm), como neumáticos triturados, combustibles derivados de residuos, biomasa, balas de plástico, etc., la entrada al horno se realiza por gravedad en la precalcinación del horno y a través de un sistema de compuertas o clapetas que reduce la entrada de aire frío al sistema.

2. En el caso de Combustibles Alternativos sólidos de pequeña granulometría (inferior a 25 mm) y baja densidad (De entre 0,1 y 0,3 tn/m<sup>3</sup>), como madera, cartón, biomasa, plástico troceado, etc., la alimentación puede realizarse a través de sistemas de transporte neumático a través del quemador principal ubicado en la “cabeza” del horno.

## **PLATAFORMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES**



Como el objetivo principal de las plantas cementeras es el de fabricar cemento con la mayor calidad posible y al menor coste, y no el de ser gestor de residuos, parece recomendable que se dejen las tareas de captación, recogida, identificación, clasificación y preparación de los residuos con destino a los hornos de clínker en manos de especialistas en gestión de residuos, con lo cual surge una figura intermedia que es la de las plantas de acondicionamiento de residuos que tienen por objetivos:

- Gestionar adecuadamente una cantidad y variedad de residuos.
- Recolectar, identificar y almacenar los residuos aptos para ser convertidos en Combustibles Alternativos para su uso en cementeras.
- Incorporar y desarrollar tecnología para elaborar una mezcla de residuos susceptible de utilizarse como combustible alternativo, con un poder calorífico suficiente para ser utilizado como sustituto de combustibles tradicionales, de características físico-químicas uniformes y constantes a lo largo del tiempo.
- Elaborar partidas personalizadas para cada horno, de acuerdo con sus características concretas, la depuración de gases disponible y la autorización con que cuente la cementera.

De esta forma se garantiza que los flujos de combustibles alternativos que llegan a la cementera sean más uniformes y con las especificaciones de aceptación adecuadas, por lo cual se facilita y simplifica el manejo y la valorización del residuo en la planta, permitiendo minimizar los efectos adversos sobre el proceso y maximizar la capacidad de consumo.

Las plataformas de acondicionamiento de residuos son las responsables de las relaciones con los Generadores de residuos, de su admisión, control y acondicionamiento, siendo necesario realizar una serie de análisis y controles en varios niveles.

En el primer nivel se debe caracterizar el residuo antes de su recepción, con el objetivo de poder determinar si es un residuo admisible para los fines a que se destinan (Análisis de Precalificación).



En el segundo nivel, se realizan los análisis de comprobación de que el residuo que llega a la plataforma es el mismo que previamente se había aceptado (Análisis de Recepción).

El tercer nivel es el que se utiliza para comprobar que la formulación preparada para una determinada instalación se corresponde con la especificación del combustible de sustitución de dicha cementera. (Análisis de Control de Calidad)

Cuando una planta de fabricación de cemento pone en marcha un programa de sustitución de combustibles tradicionales por combustibles alternativos procedentes de residuos, por un lado pretende maximizar el uso de residuos combustibles y al mismo tiempo minimizar cualquier impacto sobre el proceso y el medio ambiente.

Sin embargo esto no significa que se puedan quemar tranquilamente residuos combustibles en el horno en cualquier proporción, y es necesario realizar un detallado balance de masas y energía y un examen minucioso de la instalación para poder determinar el porcentaje máximo de suministro y las especificaciones del combustible.

Antes de iniciar el consumo de combustibles alternativos, debe realizarse un “Trial Burn”, con la finalidad de verificar a escala real mediante procedimientos estandarizados (Ej.: BIF Rules de USEPA), que las emisiones del horno y la calidad del Clinker producido no varían respecto de un “blanco de referencia” tomado en base al uso de combustibles convencionales exclusivamente.

Algunos factores que limitan la cantidad y tipo de residuos combustibles pueden ser:

- El sistema de alimentación del crudo (húmedo, semi-seco, seco, con precalentador y precalcinador, etc.).
- Composición del crudo.
- Porcentaje de polvo del horno que se recicla.
- Sistema de depuración de gases.



- Tipos de productos finales fabricados.
- Demanda de mercado de cemento (Factor de utilización de hornos)
- Costos y disponibilidad de los combustibles convencionales
- Disponibilidad de sistemas adecuados de dosificación de los Combustibles Alternativos al horno.

De todas formas, el responsable último del combustible de sustitución que se utiliza en una cementera autorizada es el propio cementero, por lo que éste puede preparar su propio plan de control del combustible que le envía la plataforma de acondicionamiento. De ese modo se pueden identificar distintas fases de valorización en plantas cementeras.



#### **IV. ANTECEDENTES Y APLICACIÓN EN EL RESTO DEL MUNDO. ENTIDADES INTERNACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA: THE WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) Y THE CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI), CEMBUREAU, FICEM, OTRAS. ENTIDADES NACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA: AFCP E ICPA.**

##### **ANTECEDENTES Y APLICACIÓN EN EL RESTO DEL MUNDO.**

Hacia el año 1885, se construyeron, en los Estados Unidos, los primeros incineradores municipales y gubernamentales<sup>31</sup>.

Estas instalaciones de incineración generalmente se ubicaban dentro de los límites de la ciudad porque el transporte de basura a lugares distantes no era práctico. A fines de la década de 1930, se estimaba que 700 incineradores estaban en uso en ese país. Este número disminuyó a alrededor de 265 en 1966 debido a problemas de emisiones al aire y otras limitaciones de la tecnología.

Además, a principios del siglo XX, algunas ciudades de EE.UU. Comenzaron a generar electricidad o vapor a partir de la quema de desechos. En la década de 1920, la ciudad de Atlanta vendió vapor de sus incineradores a Atlanta Gas Light Company y Georgia Power Company.

En Europa se desarrollaron mejores tecnologías de conversión de residuos, en parte porque se tenía menos tierra disponible para los vertederos y esto aceleró la necesidad de desarrollar nuevas alternativas sustentables y eficientes. Después de la Segunda Guerra Mundial, las ciudades europeas desarrollaron aún más tales instalaciones, en vistas de que reconstruyeron las áreas devastadas por la guerra y los requerimientos de energía eran vitales, dado que buena parte de las centrales de generación de energía

---

<sup>31</sup> Stringfellow, Thomas: "An Independent Engineering Evaluation of Waste-to-Energy Technologies". Enero 2014. <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/01/an-independent-engineering-evaluation-of-waste-to-energy-technologies.html>



convencionales fueron considerados objetivos estratégicos a destruir durante la guerra.

El uso de la combustión de residuos municipales para energía en los EE.UU. no es tan masivo como lo es la disposición final en Rellenos Sanitarios. En 2007 contaba con 87 instalaciones y ha puesto en funcionamiento algunas más a la fecha. Europa por su parte, contaba con más de 430 plantas hacia fines de 2014.

Recientemente en los EE. UU. WtE se considera una fuente de energía renovable. Según el Departamento de Energía (DOE): "Las fuentes de energía renovables incluyen: madera y otras biomásas, solar (fotovoltaica y térmica), eólica, geotérmica, desechos [Residuos sólidos municipales (RSU), Combustible derivado de desperdicios (CDR), Gas de relleno sanitario (GRS)] y cualquier otra fuente que se reponga de forma natural o continua. "Por definición, el DOE describe la energía renovable como una" fuente de energía no agotable".

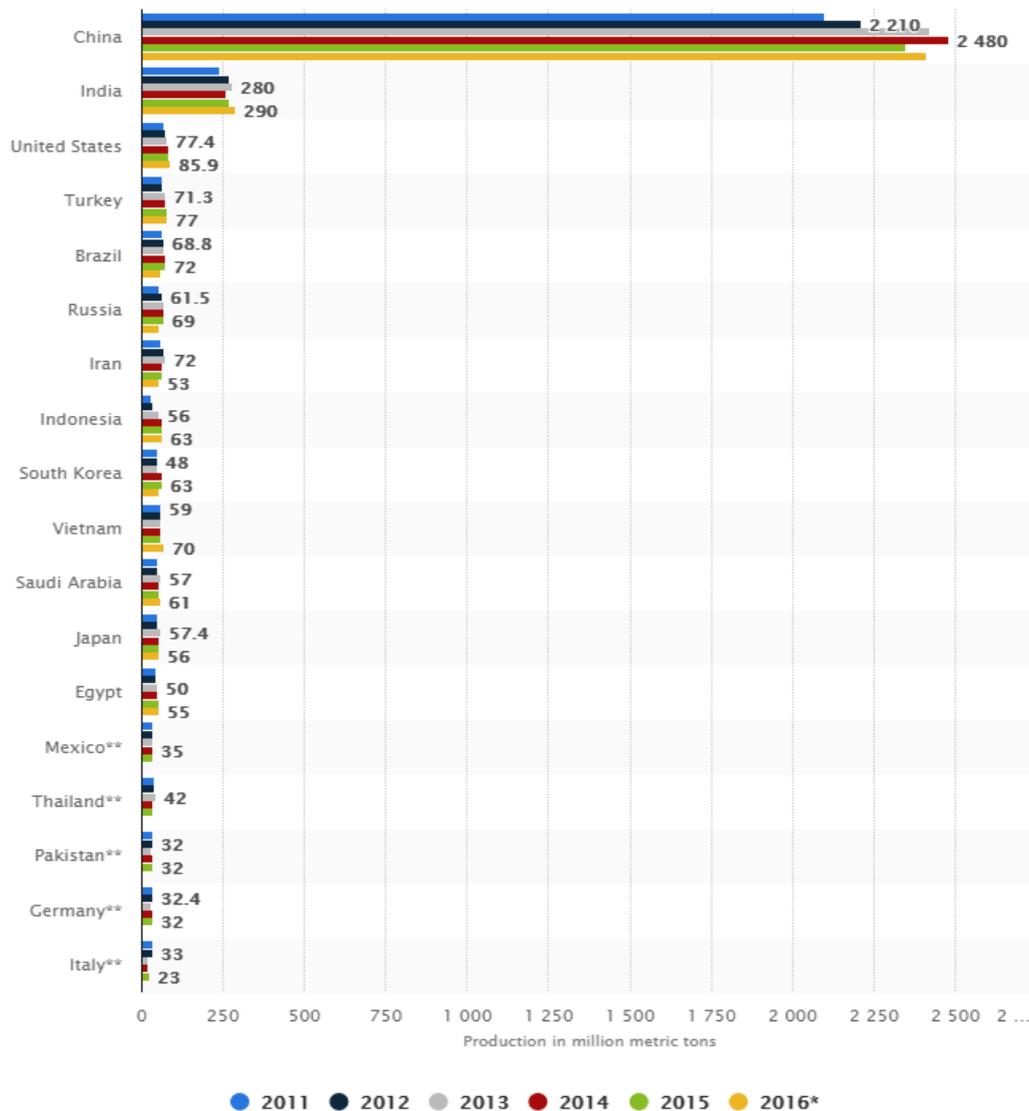
En ese marco, la valorización energética de residuos en hornos de cemento es una solución que se inició en los años 70's en Estados Unidos y hace más de 25 años en países de Europa que cuentan con una avanzada legislación enlazada a la protección ambiental, y desde entonces, se viene utilizando con éxito prácticamente en la totalidad de los países de la U.E., Estados Unidos, Japón y Latinoamérica.

El siguiente gráfico muestra la evolución de elaboración de cemento en los países que más producen desde el año 2011 hasta el año 2016.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Tomado de <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>

## Major countries in worldwide cement production from 2011 to 2016 (in million metric tons)



### CHINA

Con su floreciente economía produciendo grandes cantidades de basura, China está recurriendo a nuevas instalaciones que queman desechos sólidos para producir electricidad (WtE). A medida que la economía de China ha crecido en las últimas décadas, la cantidad de basura y desechos sólidos generados en el país ha aumentado de manera exponencial en los últimos 20 años. La mayoría terminan en vertederos mal cuidados en las principales ciudades. Esos vertederos están a máxima capacidad o cerca de ella,



generando vertidos y quema de desechos ilegales. El Banco Mundial estima que para 2025, la generación de desechos sólidos de China se duplicará a más de 500 millones de toneladas anuales.<sup>33</sup>

Como ejemplo se presenta Shenzhen, en la provincia de Guangdong, una ciudad industrial de 13 millones de habitantes cerca de Hong Kong, el volumen de desechos sólidos se ha disparado de 50 toneladas por día en 1979 a 15.000 toneladas en la actualidad, un aumento de 300 veces. Se espera que la región alcance su capacidad de vertedero para 2021.

Se está proyectando la construcción de una gran planta que producirá suficiente electricidad para alimentar aproximadamente 100.000 hogares, sería la mayor del mundo con una capacidad de 168 MW en un área de 267.000 m<sup>2</sup>. Estará diseñada para quemar un tercio de los residuos residenciales de la ciudad todos los días, y se espera expandir los incineradores existentes o construir otros nuevos para aumentar la cantidad de basura incinerada a más de la mitad del total de la ciudad en 2020. Para entonces, se espera que Shenzhen genere 20.000 toneladas de desechos sólidos municipales por día.

La planta debiera comenzar su operación comercial a mediados de 2019 y luego será alimentada con hasta 5.600 toneladas de desechos municipales por día, generando 168 MW de energía.<sup>34</sup>

La planta de energía de Shenzhen se construye en primer lugar con la sostenibilidad en mente. El techo se cubrirá con 44.000 m<sup>2</sup> de paneles solares para que el plan proporcione energía de dos tipos de fuente renovable, combustión y paneles solares. Además, incluirá un centro de visitantes, una plataforma de observación y un parque circundante.

En China en su conjunto, el volumen de desechos sólidos municipales crece a un ritmo de entre 8 y 10 por ciento al año, y Pekín ve cada vez más a

---

<sup>33</sup> STANDAERT, MICHAEL, "As China Pushes Waste-to-Energy Incinerators, Protests Are Mounting" *Yale Environment 360*. Yale School of Forestry & Environmental Studies. Abril 2017.

<sup>34</sup> Publicado por la empresa danesa que la construye "Babcock & Wilcox Vølund": <https://stateofgreen.com/en/profiles/babcock-and-wilcox-voelund/solutions/world-s-largest-waste-to-energy-power-plant>



los incineradores como una solución importante a los problemas de los desechos. El gobierno central se ha fijado el objetivo de deshacerse de casi un tercio de la basura del país con plantas de conversión de residuos en energía para el 2030.

Wuhu Ecology Center, un grupo ecologista en la provincia de Anhui que sigue el desarrollo de incineradores en China, dijo que hasta el año pasado había 231 incineradores en el país y otros 103 están siendo construidos o planeados. El grupo, junto con varias ONG asociadas en todo el país, también intenta controlar las emisiones de las instalaciones existentes, pero descubrió que solo 77 de los incineradores divulgaron los datos de emisiones. De ellos, alrededor del 20 por ciento no cumplió con los últimos requisitos de las normas de emisiones de 2014.

El principal objetivo del creciente número de plantas de conversión de residuos en energía de China es ayudar a aliviar el problema masivo de desechos sólidos del país, no a producir electricidad. Pero la generación de electricidad es un subproducto bienvenido. En 2014, China estimó que las instalaciones de conversión de residuos en energía producían alrededor de 18,7 mil GW de energía, o el 1,2 por ciento de la producción total de energía renovable.

En relación a la industria cementera, y dado que la producción de cemento es un proceso de tanta intensidad energética, las autoridades chinas quieren que la industria avance en la dirección de que el combustible alternativo proveniente de desechos sea una parte permanente de sus procesos<sup>35</sup>.

La idea subyacente es la sustitución de combustibles primarios, como el carbón, el petróleo y el gas, por residuos. Por otro lado, hacer que el coprocesamiento funcione requiere un enfoque diferente en China que en otros países. Mientras que el coprocesamiento en la mayoría de los países implica CDR tradicionales como combustibles alternativos, los desechos urbanos que

---

<sup>35</sup> Publicación de FLSmidth. "Can the Chinese cement industry help contribute to waste management?" Enero de 2017. <http://cement.flsmidth.com/h/i/317587119-can-the-chinese-cement-industry-help-contribute-to-waste-management>



se deben coprocesar en China contienen una alta proporción de agua y productos no combustibles, por la elevada participación de la fracción orgánica en su composición. De todos modos, es sabido que el ascenso social trae aparejado un aumento del poder calorífico medio de los Residuos Sólidos Urbanos, en función del cambio de las proporciones de packaging y plásticos en la masa de residuos generados.

En la industria cementera de China, el coprocesamiento consiste simplemente en deshacerse de los desperdicios municipales crudos y otros materiales difíciles de una manera segura e inocua. Pero esto es difícil, porque normalmente contienen una cantidad relativamente baja de calor. En los hornos de cemento, esto podría tener un impacto negativo en la producción y en la estabilidad de los procesos. Por lo tanto, para utilizar todas las calorías de los desechos mientras se mantiene el proceso y la calidad del cemento, se requiere un tipo especial de tecnología de incineración.

Además de las ventajas medioambientales del coprocesamiento, existen importantes ventajas comerciales para los productores de cemento, especialmente a la luz del gran excedente de cemento de China. La capacidad nacional de China llegó a 3.500 millones de toneladas en 2015, más de la mitad de la capacidad mundial, sin embargo, el consumo interno fue de solo 2.200 millones de toneladas.

## INDIA

Según un informe del grupo de trabajo de la comisión de planificación en 2014 de los 62Mt de RSU generados en la India urbana, 12Mt es una fracción combustible que puede convertirse potencialmente en CDR, reemplazando así 8Mt de carbón. Actualmente, más del 30 por ciento de la población de la India vive en ciudades y se prevé que esta cifra aumente al 50 por ciento para 2050.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Publicado por CemNet.com the home of International Cement Review. Diciembre 2017.  
<https://www.cemnet.com/Articles/story/163019/rdf-production-and-utilisation-in-india.html>



Según indica un estudio<sup>37</sup>, hacia el año 2015 se estimaba que los desechos sólidos generados en ciudades pequeñas, medianas y grandes ciudades y pueblos de la India eran de aproximadamente 0,1 kg, 0,3 - 0,4 kg y 0,5 kg per cápita por día, respectivamente. El aumento anual estimado en la generación de desechos per cápita es de aproximadamente 1,33% por año.

Por otro lado, el potencial total estimado de energía de los RSU en India era de aproximadamente 1.457 MW hacia el año 2002. Hoy, el Ministerio de Energía estima que el potencial de recuperación de energía de los residuos sólidos municipales es de alrededor de 5.200 MW en 2017. Muchos gobiernos estatales están interesados en aprovechar esta fuente de energía.

Conforme la iniciativa del Gobierno de la India de "Swachh Bharat Abhiyaan", empresas como RDF Power Project Limited, filial de IL & FS Environment Infrastructure and Services Limited junto con GHMC, se unieron para establecer una planta de energía basada en CDR y convertir 1.000 Ton de residuos municipales en CDR para la generación de 11 MW de electricidad en su instalación ubicada en Bibinagar, distrito de Nalgonda, Hyderabad.<sup>38</sup>

Hyderabad-Secunderabad es una ciudad gemela y globalizada que se extiende en el área de 7.100 km<sup>2</sup>. Según el censo de 2011, su población se situaba en 6.809.970 con una densidad poblacional de 18.480 por km<sup>2</sup>.

La mayoría de los residuos municipales se eliminan en los diferentes vertederos ubicados alrededor de la ciudad y no existe una instalación de eliminación de basura para los residuos sólidos municipales. Se indica que los vertederos son una opción temporal y también un gran peligro ambiental si se dejan abiertos.

---

<sup>37</sup> S. Sriram: "REFUSE DERIVED FUEL: FUTURE ENERGY SOURCE IN INDIA". Department of Mechanical Engineering, Ramachandra college of Engineering, Vatluru, W.G.Dt Andhra Pradesh, India. <http://www.ijaetech.com/files/documents/sriram.pdf>

<sup>38</sup> Publicado en <http://rdfindia.com/about-us/>



## ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Los RSU se usan para producir energía en plantas de conversión de residuos en energía y en vertederos en los Estados Unidos desde hace muchos años.

En 2014<sup>39</sup>, se generaron alrededor de 258 millones de toneladas de RSU en los Estados Unidos, de los cuales

- 53% fue depositado
- 35% fue reciclado y compostado
- 13% fue quemado por energía

En este país, los RSU generalmente se queman en plantas especiales de conversión de residuos en energía que utilizan el calor del fuego para producir vapor para generar electricidad o para calentar edificios. En el año 2015 se contabilizaron 71 plantas de conversión de residuos en energía y 4 centrales eléctricas que quemaron RSU. Estas plantas valorizaron alrededor de 29 millones de toneladas de RSU en ese año y generaron casi 14 mil GWh de electricidad.

Los materiales de biomasa en los RSU que se quemaron en estas plantas de energía representaron aproximadamente el 64% del peso de los RSU y contribuyeron aproximadamente con el 51% de la energía. El resto de los RSU eran material combustible no biomásicos, principalmente plásticos. Muchos vertederos grandes también generan electricidad al usar el gas metano que se produce al descomponer anaeróticamente la biomasa.

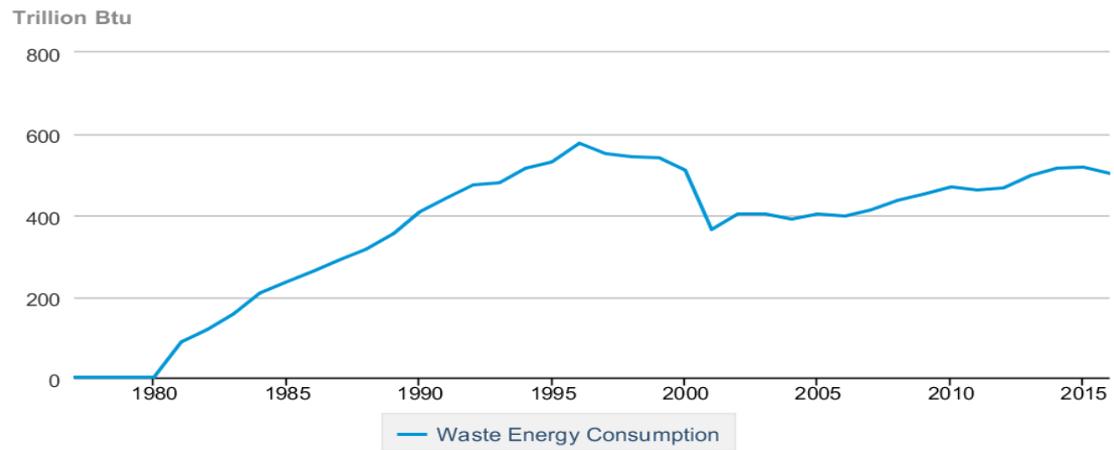
Los siguientes gráficos indican la evolución de las cantidades de BTU producidos por valorización energética de residuos en ese país (Se recuerda que Trillones en inglés equivalen a billones en castellano). El primer gráfico muestra el consumo general de energía proveniente de residuos, y los siguientes indican las cantidades consumidas por sectores comercial, industrial y de producción eléctrica respectivamente.

---

<sup>39</sup> U.S. Energy Information Administration:  
[https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass\\_waste\\_to\\_energy](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass_waste_to_energy)

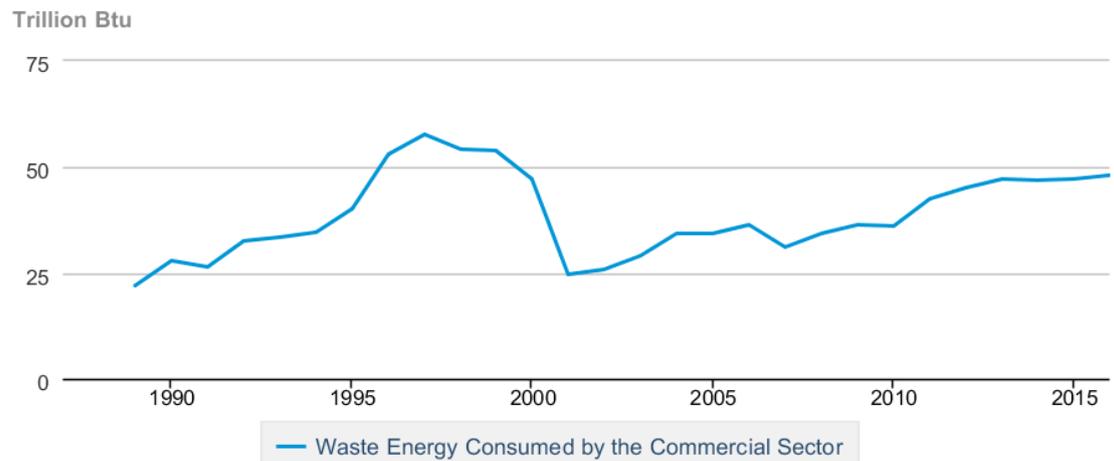


**Table 10.1 Renewable Energy Production and Consumption by Source**



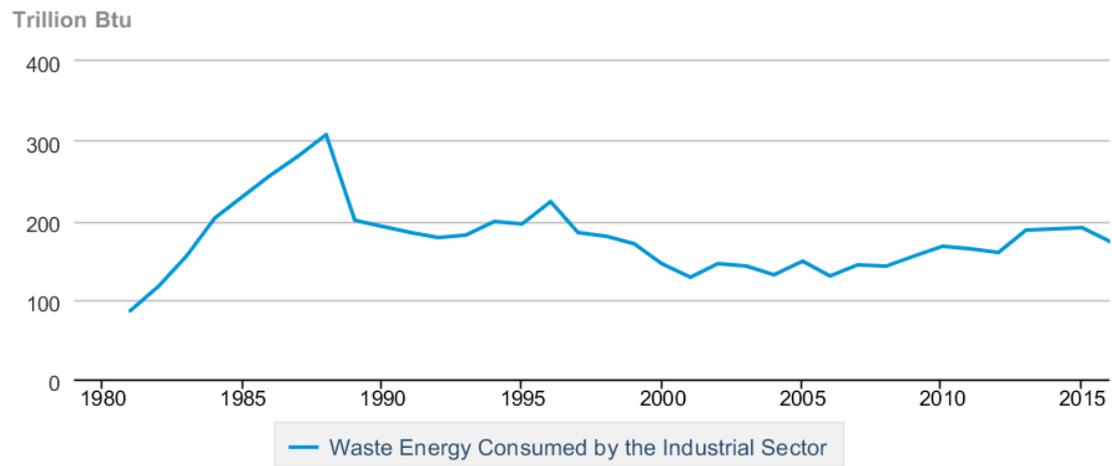
 Source: U.S. Energy Information Administration

**Table 10.2a Renewable Energy Consumption: Residential and Commercial Sectors**



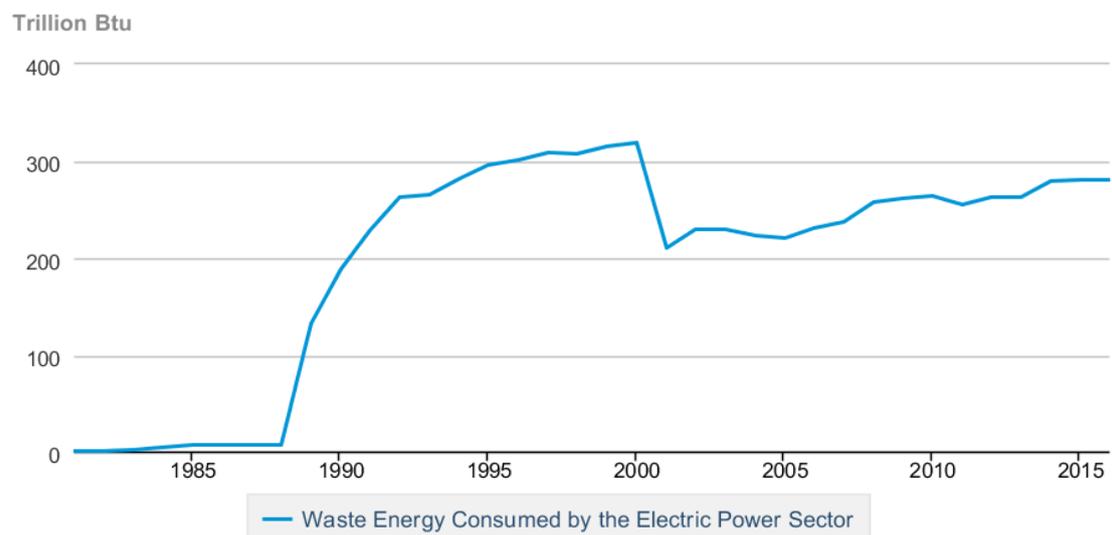
 Source: U.S. Energy Information Administration

**Table 10.2b Renewable Energy Consumption: Industrial and Transportation Sectors**



Source: U.S. Energy Information Administration

**Table 10.2c Renewable Energy Consumption: Electric Power Sector**



Source: U.S. Energy Information Administration

La EIA indica que la quema de RSU reduce el volumen de desechos en aproximadamente un 87%.



## UNIÓN EUROPEA

Según se afirma en la comunicación de la Comisión Europea<sup>40</sup> al parlamento de la Unión Europea, la gestión de residuos es una de las claves para la transición hacia la economía circular. Su objetivo principal es establecer un orden de prioridad que minimice los efectos ambientales adversos y optimice la eficiencia de los recursos en gestión de residuos, prevención y manejo.

Esta comunicación cubre los siguientes procesos principales de conversión de residuos en energía:

- Co-incineración de residuos en plantas de combustión (por ejemplo, centrales eléctricas) y en cemento;
- Incineración de residuos en instalaciones especializadas;
- Digestión anaeróbica de residuos biodegradables;
- Producción de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos derivados de residuos; y
- Otros procesos, incluida la incineración indirecta después de una pirólisis o gasificación.

Un estudio reciente<sup>41</sup> encargado por la Agencia Europea de Medio Ambiente determina la capacidad de incineración de residuos municipales en los países de la UE-28, los flujos de los residuos urbanos y el CDR de 17 de los Estados miembros. El estudio muestra que entre 2010 y 2014 la capacidad de incineración en los países de la UE-28 (más Suiza y Noruega) aumentó a 81 Millones de Ton (se incineraron 64 Millones de Ton ese último año).

Alemania, Francia, Finlandia, los Países Bajos, Suecia, Dinamarca, Italia y el Reino Unido representan tres cuartas partes de la capacidad de incineración de la UE. Suecia y Dinamarca tienen el más alto por capacidad de incineración

---

<sup>40</sup> COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS - "The role of waste-to-energy in the circular economy" - EUROPEAN COMMISSION - Brussels, 26.1.2017. COM (2017) 34 final. <http://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf>

<sup>41</sup> Assessment of waste incineration capacity and waste shipments in Europe, WI et al, 2016. European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE), 2017. <http://forum.eionet.europa.eu/nrc-scp-waste/library/waste-incineration>



per cápita con 591 kg / per cápita y 587 kg / per cápita respectivamente, seguido de la Países Bajos, Austria, Finlandia y Bélgica.

El mismo estudio indica que en el año 2014 aproximadamente el 1,5% del total del consumo de energía de la UE se logró recuperando la energía de los desechos mediante la incineración, la co-incineración en hornos de cemento y la digestión anaeróbica (es decir, alrededor de 161.498.399 Gcal/año (676 PetaJoules )/ año). Se considera que el porcentaje no debería aumentar significativamente en el futuro dado que paralelamente se destinan más desechos a reciclado.

La basura mixta todavía representa una parte sustancial de los desechos utilizados en la conversión de residuos en energía, principalmente en la incineración (52%).

El estudio de la Comisión estima que si las técnicas y las medidas se implementan correctamente, la cantidad de energía recuperada de los desechos podría aumentar en un 29% a 208.323.379 Gcal/año (872 PetaJoules / año). Las mejores técnicas probadas para aumentar la eficiencia energética de los procesos de conversión de residuos en energía son:

- Co-incineración en las instalaciones de combustión: incineración del CSR y/o incineración del gas de síntesis resultante de una planta de gasificación para reemplazar los combustibles fósiles no renovables en la producción de electricidad y calor;

- Co-incineración en la producción de cemento y cal: conversión de calor residual en energía térmica en hornos de cemento;

- Incineración de residuos en instalaciones especializadas que consideren:

- el uso de supercalentadores;
- aprovechando la energía contenida en el gas de combustión;
- el uso de bombas de calor;
- suministro de agua refrigerada ó caliente para las redes de refrigeración ó calefacción del distrito; y

- Digestión anaeróbica: metanización de la fracción orgánica por medio de la digestión de bacterias anaerobias, produciendo un bio-metano para su posterior distribución y uso (por ejemplo, inyección en la red de gas y combustible de transporte), previa purificación de sulfuros y otros componentes no aprovechables.

El cuadro que sigue<sup>42</sup> muestra la cantidad de residuos municipales tratados en la Unión Europea (UE-28) para el período de 1995 a 2016 por método de tratamiento, en millones de toneladas y kg per cápita.

Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted in the EU-28																							
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	change (%) 1995-2016
<b>million tonnes</b>																							
Landfill	145	143	144	141	140	140	136	132	125	118	110	108	106	99	96	92	84	76	70	66	61	59	-59
Incineration	32	32	35	35	36	39	40	41	41	44	48	51	52	55	56	57	60	59	62	64	65	66	105
Recycling	25	28	32	35	40	40	42	46	47	49	52	54	59	60	61	62	64	65	65	68	71	71	184
Composting	14	16	17	18	19	24	24	26	26	28	29	31	32	35	35	35	35	36	37	38	39	40	184
Other	10	14	12	12	12	11	12	12	12	13	16	13	11	10	7	6	6	6	6	6	7	8	-24
<b>kg per capita</b>																							
Landfill	302	296	299	290	288	288	278	269	255	239	221	220	214	200	193	184	168	152	140	131	121	116	-60
Incineration	67	68	72	73	75	80	82	85	85	90	98	104	105	110	112	115	121	119	123	127	130	131	93
Recycling	52	59	66	72	82	83	88	95	97	99	105	109	119	120	123	125	129	131	129	134	140	141	168
Composting	30	34	36	37	40	49	50	53	54	57	59	62	64	71	70	69	69	72	74	75	78	80	166
Other	22	29	26	24	25	24	24	24	24	27	33	27	22	20	15	12	12	13	13	11	14	13	-38

La incineración de desechos ha crecido constantemente en el período de referencia, aunque no tanto como el reciclaje y el compostaje. Desde 1995, la cantidad de residuos municipales incinerados en la UE-28 ha aumentado en 34 millones de toneladas o 105% y representó 66 millones de toneladas en 2016. Los desechos municipales incinerados han aumentado de 67 kg per cápita a 131 kg per cápita.

Se afirma<sup>43</sup> que la incineración y la recuperación energética son componentes esenciales de la gestión de residuos en numerosos Estados miembros, en particular en los países nórdicos como Finlandia, Dinamarca y Suecia, donde entre el 36% y el 42% de los residuos generados en el país fueron incinerados en 2014. En Finlandia, la incineración es particularmente

<sup>42</sup> Tomado de [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)

<sup>43</sup> Tomado de [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_management\\_indicators](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_management_indicators)

alta debido a las grandes cantidades de desechos de madera, que representaron más del 80% de los desechos incinerados.

La recuperación energética representó el 75% y el tratamiento térmico del 25% de los residuos incinerados en 2012. Más del 80% de los residuos incinerados en 2014 procedían de las categorías de residuos domésticos y residuos similares (EWC-Stat 10.1), residuos de madera (07.5) y residuos de clasificación (10.3), que incluyen combustibles derivados de desperdicios.

Volúmenes de residuos domésticos incinerados por país:  
Eurostat/statistics<sup>44</sup>

	Incineration of domestically generated waste		
	1 000 t	kg/hab	%
<b>EU-28</b>	<b>138 619</b>	<b>273</b>	<b>18</b>
Belgium	6 436	574	19
Bulgaria	221	31	1
Czech Republic	1 141	108	9
Denmark	3 129	555	36
Germany	45 096	557	32
Estonia	472	359	4
Ireland	1 068	231	23
Greece	142	13	1
Spain	3 751	81	7
France	19 373	293	22
Croatia	64	16	2
Italy	9 159	151	12
Cyprus	20	23	3
Latvia	142	71	7
Lithuania	112	39	5
Luxembourg	231	416	31
Hungary	1 357	137	13
Malta	7	17	2
Netherlands	11 432	677	25
Austria	3 260	381	26
Poland	6 068	160	8
Portugal	1 469	141	16
Romania	2 334	117	11
Slovenia	403	196	16
Slovakia	370	69	7
Finland	4 698	860	42
Sweden	6 526	673	40
United Kingdom	10 385	161	12

<sup>44</sup> Tomado de: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Incineration\\_of\\_domestically\\_generated\\_waste\\_excluding\\_major\\_mineral\\_wastes\\_in\\_the\\_EU\\_2014\\_\(1\\_000\\_tonnes\)-T5.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Incineration_of_domestically_generated_waste_excluding_major_mineral_wastes_in_the_EU_2014_(1_000_tonnes)-T5.png)

## EL CASO ESPAÑOL

Se realizaron análisis sobre el impacto del uso de combustibles provenientes de RSU durante los años 2012 y 2013 en España. Los informes fueron realizados por el Instituto Cerdá<sup>45</sup> sobre reciclaje y valorización de residuos para la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente CEMA.

Para el año 2012, la industria cementera española valorizó energéticamente un total de 794.633 toneladas de residuos en 28 de las 35 plantas en funcionamiento. Se sustituyeron el 25% de los combustibles fósiles en los hornos de cemento. Conforme destaca el informe de ese año, la valorización energética de residuos en fábricas de cemento evitó la emisión a la atmósfera de 850.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, ahorrando casi 390.000 toneladas equivalentes de petróleo, energía comparable al consumo anual de 550.000 hogares.

Por comunidades autónomas, Comunidad Valenciana y Cataluña fueron con diferencia las que más residuos valorizaron en sus plantas de cemento, superando entre ambas las 400.000 toneladas, lo que supone más de la mitad de los combustibles alternativos utilizados en los hornos de la industria cementera española.



---

<sup>45</sup> Los “Informes sobre reciclado y valorización de residuos en la industria cementera en España” se referencian en: <https://www.residuosprofesional.com/la-industria-cementera-espanola-valorizo-795-000-toneladas-de-residuos-en-2012/> y en <https://www.residuosprofesional.com/valorizaron-residuos-cemento-2013/>

Los combustibles alternativos con mayor presencia en los hornos de cemento fueron el CDR, biomasas (celulosas o de la industria alimentaria), neumáticos usados y harinas animales.

En referencia al resto de Europa, se indica que la valorización de residuos en cementeras supuso en 2011 un 34,5% de sustitución energética. Holanda encabeza el ranking, con un porcentaje de sustitución del 83%, seguido por Austria, Alemania y Noruega, todos por encima del 60%

En relación al año 2013, se indica que la valorización energética de biomasa en las fábricas de cemento españolas evitó la emisión a la atmósfera de 802.392 toneladas de CO<sub>2</sub>. Ese año, de las 33 fábricas operativas en ese país, 28 estaban autorizadas para valorizar energéticamente residuos y otros dos para la utilización de biomasa vegetal como combustible. En total, se valorizaron cerca de 715.000 toneladas de residuos, equivalente a un 26% de sustitución de la energía empleada por los hornos de cemento.



Para el 2013, la media europea de sustitución de combustibles fósiles en cementeras por otros alternativos ascendió a un 34,5%. Holanda, con un 85%, y Austria, Alemania y Noruega, con porcentajes iguales o superiores al 60%, fueron los países europeos con mayores índices de sustitución energética en Europa.

Otro estudio<sup>46</sup> indica que los países que cuentan con mayores índices de reciclaje son aquellos en los que la valorización energética de la fracción no reciclable de los residuos está plenamente asentada. Reciclaje y valorización energética son procesos complementarios y jamás antagónicos.

## **ENTIDADES INTERNACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA:**

THE WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD) Y THE CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI)



CONSEJO EMPRESARIAL MUNDIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (WBCSD)<sup>47</sup>

En el año 1990, el Secretario General para el Comercio e Industria de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCED) durante la Segunda Cumbre de la Tierra o Segunda Cumbre de Río, que se realizó en Río de Janeiro, en 1992 creó un foro denominado "Business Council for Sustainable Development" ("Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible").

El WBCSD fue creado en 1995 en una fusión del Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible y el Consejo Mundial de la Industria para el Medio Ambiente y tiene su sede en Ginebra, (Suiza) con una oficina en Washington D.C. (Estados Unidos). Es una organización global conformada por más de 200 empresas líderes que trabajan juntas para acelerar la transición a un mundo sostenible. Representa un ingreso combinado de más de 8,5 billones de dólares estadounidenses y 19 millones de empleados.

---

<sup>46</sup> Fuente: <http://www.aeversu.org/index.php/es/noticias/196-el-no-a-todo-nos-lleva-a-la-nada>

<sup>47</sup> Publicaciones en: <http://www.wbcasd.org/>

Buscan desarrollar soluciones comerciales de alto impacto en los sistemas de Energía, Alimentos y Uso de la Tierra, entre otros aspectos.

## INICIATIVA DE SOSTENIBILIDAD DEL CEMENTO (CSI)

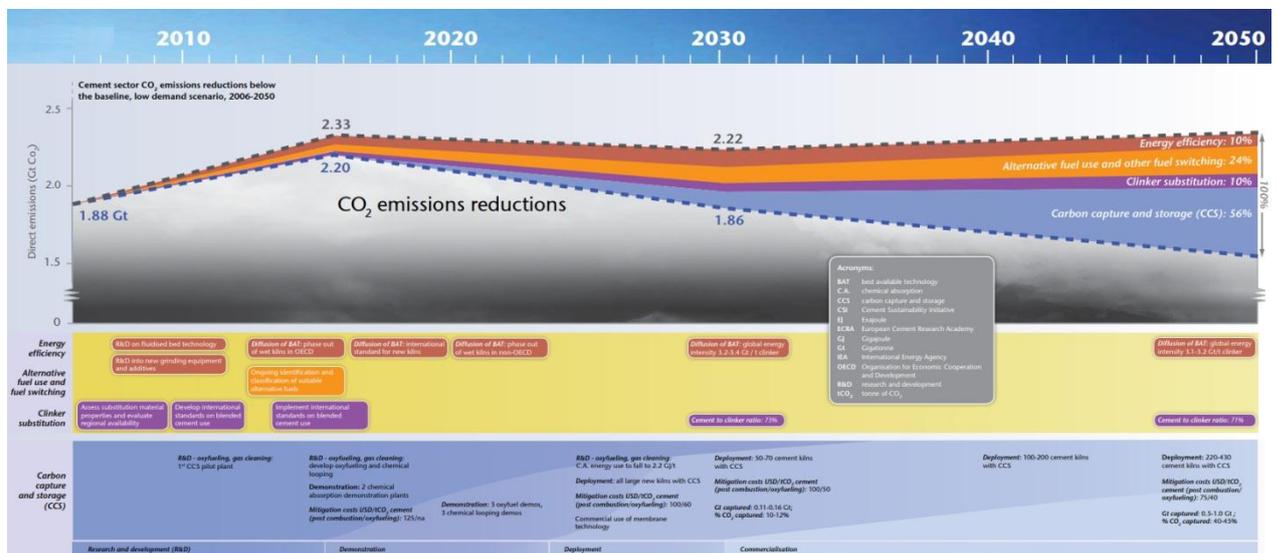


World Business Council for Sustainable Development

## Cement Sustainability Initiative

La Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI)<sup>48</sup> es un esfuerzo global de 24 grandes productores de cemento con operaciones en más de 100 países promueven la búsqueda del desarrollo sostenible. En conjunto, estas empresas representan alrededor del 30%. Forman parte de WBCSD.

El propósito de la Iniciativa es fomentar el desarrollo sostenible para la industria del cemento. El siguiente cuadro indica los objetivos de la iniciativa hasta 2050<sup>49</sup>.



<sup>48</sup> Publicaciones en: <https://www.wbcscement.org/index.php/about-csi>

<sup>49</sup> Fuente: [https://www.wbcscement.org/pdf/technology/WBCSD-IEA\\_Cement%20Roadmap\\_centre\\_spread\\_actual\\_size.pdf](https://www.wbcscement.org/pdf/technology/WBCSD-IEA_Cement%20Roadmap_centre_spread_actual_size.pdf)



CEMBUREAU



La European Cement Association<sup>50</sup> con sede en Bruselas es la organización representativa de la industria del cemento en Europa. Actualmente, sus miembros son las asociaciones nacionales de la industria del cemento y las empresas cementeras de la Unión Europea (excepto Malta y Eslovaquia) además de Noruega, Suiza y Turquía. Croacia y Serbia son miembros asociados de CEMBUREAU.

La Asociación actúa como portavoz de la industria del cemento ante las instituciones de la UE y otras autoridades públicas, y comunica los puntos de vista de la industria sobre todas las cuestiones y desarrollos normativos relacionados con cuestiones técnicas, medioambientales, energéticas, de salud y seguridad del personal y de sostenibilidad. Además de la UE, se mantiene un diálogo permanente con otras organizaciones internacionales (por ejemplo, OCDE, IEA), la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI) y asociaciones hermanas en otras partes del mundo.

CEMBUREAU desempeña un papel importante en el desarrollo sostenible mundial del cemento y las industrias de concreto premezclado y premezclado en cooperación con sus Asociaciones Miembros y otras organizaciones relevantes.

---

<sup>50</sup> Publicaciones en: <https://cembureau.eu/>

## FICEM



La Federación Interamericana del Cemento<sup>51</sup> representa a la gran mayoría de las empresas productoras, institutos y asociaciones de cemento en América Latina, El Caribe, España y Portugal. FICEM tiene como función la divulgación y fortalecimiento entre los socios de los enunciados de la agenda global del cemento, tales como la protección del clima, la eficiencia energética, la sustitución del uso de combustibles fósiles y las buenas prácticas de seguridad industrial y salud ocupacional.

### Objetivos:

- Promover el desarrollo sostenible de la industria cementera
- Fortalecer la representatividad de la industria cementera latinoamericana frente a organismos multilaterales, autoridades y la sociedad
- Recibir y difundir conocimiento técnico, normativo y de buenas prácticas que fomente los sistemas de construcción con base en cemento y concreto

FICEM se relaciona con un amplio espectro de organizaciones internacionales y se constituye en un centro de recepción y divulgación de información técnica, normativa y noticiosa que se extiende a 26 países de América Latina, España y Portugal donde operan 72 compañías productoras de cemento, 9 institutos técnicos y 7 asociaciones gremiales.

---

<sup>51</sup> Publicaciones en: <http://www.ficem.org/ficem/ique-es-ficem.html>

## OTRAS

### CEMA - España



La Fundación<sup>52</sup> fue constituida a finales del año 2005 por la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN) y los sindicatos CCOO de Construcción y Servicios y UGT-FICA, Federación de Industria, Construcción y Agro.

Su objetivo es realizar actuaciones que hagan compatible el progreso económico y social con el respeto al medio ambiente y a los recursos naturales, garantizando la salud de los trabajadores y ciudadanos, con el fin de mejorar la calidad de vida de generaciones presentes y futuras.

### ENTIDADES NACIONALES VINCULADAS A LA INDUSTRIA CEMENTERA:

#### AFCP



La Asociación de Fabricantes de Cemento Portland<sup>53</sup> es una entidad civil sin fines de lucro, fundada el 7 de diciembre de 1922, que representa a la industria argentina del cemento portland, promoviendo su constante crecimiento y desarrollo tecnológico y sustentable.

#### Misión y Objetivos:

---

<sup>52</sup> Publicaciones en: <http://www.fundacioncema.org/>

<sup>53</sup> Publicaciones en: <http://www.afcp.org.ar/>

- Asistir a los intereses generales del sector, dentro del marco de la legislación vigente.
- Proponer a los poderes públicos proyectos y obras que contemplen el desarrollo sostenible del país.
- Tener presencia institucional para promover el uso del cemento en la construcción civil, y en las obras de infraestructura que hacen al desarrollo y al bienestar de la Nación y sus habitantes.
- Participar con otras instituciones en alianzas estratégicas que beneficien a la comunidad preservando el ambiente, con responsabilidad social y uso eficiente de energías.
- Promover la capacitación del personal y ser parte directa en las Convenciones Colectivas de Trabajo, aportando iniciativas y liderando acciones destinadas a las condiciones laborales y sociales.

## ICPA



El Instituto del Cemento Portland Argentino<sup>54</sup> es una organización civil sin fines de lucro, fundada el 3 de enero de 1940, que funciona ininterrumpidamente, desde entonces, en su sede de la calle San Martín 1137 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Misión: Representar técnicamente a la Industria del Cemento Portland de Argentina, dentro de un marco de objetividad, profesionalismo y excelencia, impulsando el Desarrollo Sostenible.

<sup>54</sup> Publicaciones en: <http://www.icpa.org.ar/index.php>



## V. INICIATIVAS YA IMPLANTADAS EN NUESTRO PAÍS

### **RECYCOMB S.A.U.**

Recycomb es una empresa privada fundada en 1996 por Loma Negra C.I.A.S.A.

Esta planta utiliza una tecnología de trituración, mezcla y ajuste de composición de diferentes tipos de residuos, obteniendo como resultado de dicho proceso un producto denominado comercialmente RECYFUEL®, que es especialmente formulado para poder ser utilizado como combustible alternativo para los hornos de cemento. Recycomb valoriza por medio de este proceso residuos industriales peligrosos y no peligrosos en diferentes estados de agregación y composición, residuos líquidos, residuos pastosos, residuos sólidos húmedos y secos. Procesa acetonas, adhesivos, alcoholes, solventes, aceites y emulsiones, hidrocarburos del petróleo, pigmentos, etanol, diésel, resinas de plástico, textiles, embalajes, mercaderías de descarte, productos agrícolas, entre otros.

A través de la tecnología mencionada denominada "fuel blending", puede valorizar diferentes tipos de residuos industriales extrayendo la energía térmica aprovechable de los mismos, a fin de reemplazar a los combustibles fósiles no renovables que se utilizan en la industria del cemento<sup>55</sup>, tales como Gas Natural, PetCoke y Fuel Oil. La empresa cuenta con las certificaciones ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y procesa cerca de 50.000 TN de residuos industriales al año. Produce Recyfuel Líquido y Recyfuel Sólido, con los que cubre algo más del 6% de la energía térmica que utilizan los hornos de la cementera Loma Negra.

---

<sup>55</sup> En: <https://www.infobae.com/2010/06/14/521236-loma-negra-completo-la-compra-recycomb/>



En el año 2012, Recycomb comenzó a explorar las oportunidades de comenzar a considerar la incorporación de tecnología adicional para poder procesar Residuos Industriales No Especiales (RINE's), los cuales son destinados históricamente a enterramiento en CEAMSE por ser considerados como “asimilables a residuos domésticos”. Así en el año 2013 se comenzaron a realizar las primeras pruebas y ensayos y finalmente en 2014 se concretó el montaje de una línea piloto de preparación de Combustibles Derivados de Residuos (CDR), exclusivamente destinado a RINE's. Fue una planta con recirculación sobre sí misma, con una productividad del orden de las 3 tn/h. Si bien la instalación era de baja productividad, su justificación fue el desarrollo de la solución y del mercado disponible de Generadores de RINE's que hasta ese momento descargaban exclusivamente en CEAMSE.

Probadas las potencialidades del mercado existente, se decidió conformar un Consorcio de Administración Público Privada con la Universidad Nacional de San Martín, con la finalidad de presentar un proyecto de desarrollo de una plataforma eficiente y replicable de una planta de producción de CDR de 3.000 tn/mes de capacidad con posibilidad de formular un CDR de al menos 4.000 kcal/kg de PCi.

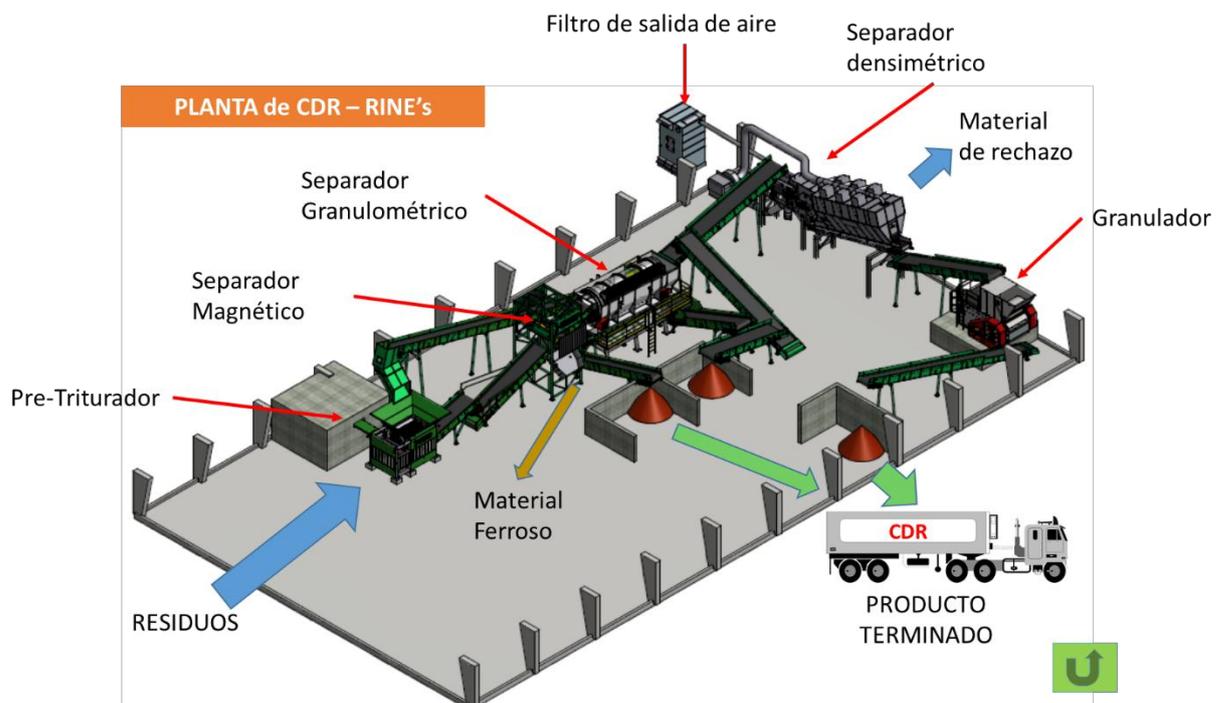
El proyecto fue presentado ante el FONARSEC como un proyecto de I+D+i constituido por 4 bloques de trabajo y desarrollo:

- Grupo 1: Desarrollo de un nuevo sistema de caracterización de residuos considerando a residuos sólidos secos heterogéneos y de muy baja densidad.
- Grupo 2: Análisis de todas las alternativas logísticas de movimiento de materiales del proceso, contemplando multimodalidad, aumento de densidad y viabilidad.
- Grupo 3: Selección de equipos, adquisición y montaje de la instalación completa, utilizando el piloto de 2014 como Fase 1 del proceso.
- Grupo 4: Desarrollar e implementar todas las modificaciones necesarias en los sistemas de alimentación al horno de cemento, para poder consumir un producto de PCi: 4.000 kcal/kg y Densidad inferior a 0,1 tn/m<sup>3</sup>

El proyecto fue aprobado y puesto en operación en 2016 y actualmente opera en condiciones operativas que dependen de la evolución del mercado de generación y la competitividad contra las demás opciones de disposición final disponibles en el país.

La planta finalmente definida cuenta con las siguientes etapas de procesamiento:

1. Recepción y acopio
2. Pretrituración
3. Separación magnética de ferrosos
4. Separación por granulometría (50mm)
5. Separación por densidad (Separador de inyección de aire)
6. Granulación



Esquema 3D de la planta completa



La capacidad aproximada de la planta es de hasta 3.000 tn/mes con dos turnos de producción.

### **ARX Arcillex S.A.**

Hacia el mes de abril de 2015, ARX Arcillex S.A. y la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) ya integraban el consorcio público privado para llevar adelante el proyecto aprobado en el marco de la convocatoria “Fondo de Innovación Tecnológica Regional (FITR) -Ambiente y Desarrollo Sustentable-2013” que administra el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva<sup>56</sup>. Se les adjudicó un subsidio de \$10.000.000 para financiar la producción de combustible derivado de residuos (CDR).

El objeto era elaborar CDR a partir de la fracción segregada, triturada y deshidratada de los residuos industriales no especiales y de los residuos domésticos provenientes de los planes de recolección diferenciada municipales.

El proyecto tiene entre sus principales objetivos, la disminución de los volúmenes de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios, el desarrollo de una planta piloto para la producción de 150 ton/día de CDR y la posibilidad de optimizar la transformación de desechos en combustibles alternativos útiles para su utilización en procesos productivos industriales de fabricación de arcilla expandida.

La iniciativa involucra otros objetivos como incrementar la tasa de reciclaje de materiales tales como chatarra ferrosa, no ferrosa y vidrios; integrar socialmente a antiguos cartoneros y recuperadores urbanos; y desarrollar la tecnología y procedimientos para que la producción de CDR tenga un PCi de

---

<sup>56</sup> Publicación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del 8 de abril de 2015. <http://www.mincyt.gob.ar/noticias/financian-la-produccion-de-combustible-derivado-de-residuos-solidos-10970>



5.800 Kcal/kg, con la posibilidad de vender el excedente del CDR no utilizado para la producción de arcilla expandida producida, a cementeras o plantas de generación eléctrica.

Para lograr una calidad óptima del CDR, equipos de investigadores de universidades públicas trabajaron en conjunto con la empresa ARX Arcillex S.A. en la calificación de los desechos disponibles, con el propósito de producir un combustible sólido de bajo nivel de humedad (debajo del 17%), con la granulometría y densidad adecuada, y maximizar su poder calorífico (encima de las 5.800 kcal/kg). En la implementación de la tecnología y hasta el día de la fecha, no se ha logrado superar con sustentabilidad y repetitividad más de 4.500 kcal/Kg de Poder Calorífico Superior (PCs), lo que en función de la humedad y otros componentes, lleva a contar con menos de 4.000 kcal/kg de PCi en promedio.

En lo que respecta a la participación de las entidades involucradas en el proyecto, la empresa ARX Arcillex S.A. puso a disposición tanto los equipamientos, maquinarias viales e infraestructura, como los recursos humanos para su participación en el manejo de la planta de producción de CDR y el recupero de materiales diversos.

Por su parte, la UNGS aportó los recursos humanos para llevar adelante el desarrollo y la gestión de las actividades de I+D+i, poniendo a disposición del proyecto sus instalaciones (laboratorios y oficinas ubicados en el campus universitario). Se generaron becas y viajes de estudio para evaluar la operación, tanto de plantas de producción de CDR como de plantas de reciclado de materiales diversos. Para la UNGS fue una oportunidad poder hacer I+D+i en el marco de un proyecto piloto que busca resolver la doble problemática del volumen creciente de residuos generados en el Área Metropolitana de Buenos Aires, y la déficit energético nacional.

La inversión anunciada y comprometida en el proyecto, que tenía un plazo de ejecución de 3 años (debiendo finalizar inicialmente en el año 2018), era de \$12.508.166, de los cuales el FONARSEC aportaba \$10.006.533 en concepto

de subsidio, mientras que ARX Arcillex S.A. y la UNGS aportaban \$2.501.633 como contraparte.

Sin embargo, la inversión aproximada fue de AR\$ 50.000.000.- contabilizando el aporte propio de ARX (80 % del total) y el crédito de FONARSEC (20 % del total).

El 02.08.2016 se realizó la inauguración de la planta ubicada en Salvador Debenedetti 8882 en la localidad de José León Suárez, partido de San Martín con la presencia del ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Dr. Lino Barañao, el presidente de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Ing. Facundo Lagunas y el subsecretario de Coordinación Administrativa, Dr. Rodolfo Blasco. También estuvieron presentes el ministro de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Sergio Bergman y el intendente del partido de San Martín, provincia de Buenos Aires<sup>57</sup>.



La planta permite transformar los desechos en combustible alternativo útil como insumo en procesos productivos y contribuye con la problemática de la disposición en rellenos sanitarios de los residuos generados en el Área Metropolitana de Buenos Aires, al aprovecharlos como parte del proceso productivo de CDR.

---

<sup>57</sup> Nota de inauguración: <http://ars.org.ar/noticias-nacionales/arx-arcillex-s-a-inauguracion-de-la-planta-de-formulacion-de-combustible-solido-recuperado/>



Se indica que entre los tipos de residuos a utilizar<sup>58</sup>, la planta de ARX ARCILLEX S.A., recibe RSU, conforme la denominación legal establecida por la Ley N° 13.592 (de los residuos sólidos urbanos) de la Provincia de Buenos Aires.

Específicamente, se trata de Residuos Industriales No Especiales (RINE), entre los que pueden mencionarse el descarte de pallets, envases y embalajes, recortes de telas y alfombras, etc.

La Planta no está autorizada a recibir ningún tipo de Residuo Peligroso (según la Ley Nacional N° 24.051) o Residuo Especial (según la Ley Provincial N° 11.720) para la formulación del combustible sólido recuperado.

La planta cuenta con la inscripción de la tecnología correspondiente y el permiso de uso de esa tecnología en su predio, conforme lo establecido por la Ley Provincial N° 13.592, su Decreto Reglamentario N° 1215/10, la Resolución OPDS N° 367/10 y normativa complementaria.

A partir de las actividades que desarrolla se habla de Combustible Sólido Recuperado (CSR) en lugar de CDR.

Los procesos que desarrolla son:

- 1) Admisión en planta.
- 2) Pesaje de los residuos.
- 3) Control de los residuos ingresados para evitar aquellos indebidos.
- 4) Selección de los RSU más adecuados para formular el CDR.
- 5) Trituración primaria (reducción a menos de 100 mm).
- 6) Separación de materiales ferrosos por bandas magnéticas.
- 7) Trituración secundaria o “granulación” (reducción a menos de 50 mm).
- 8) Clasificación por tamaños según requerimientos comerciales.
- 9) Compactación y embalaje en formas cilíndricas con films de plástico.
- 10) Control de calidad (realizado en forma conjunta con la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento, incluyendo granulometría, humedad, composición, poder calorífico, etc.).

---

<sup>58</sup> Detalle de la planta: <http://ars.org.ar/wp-content/uploads/ARX-Info%CC%81n-Ba%CC%81sica-Planta-CSR-FL-080816.pdf>

11) Despacho a los usuarios.



Las especificidades de la planta son:

- Capacidad de operación normal: 15 Ton/h
- Procesamiento previsto - 1° Etapa = 150 Ton/día de CDR
- Empleados: 15, en forma directa.



Rango de poder calorífico del CDR formulado.

- El PCI varía entre 4.000 a 5.000 Kcal/kg. Esta información ha sido convalidada por estudios realizados por investigadores de la Universidad Nacional de General Sarmiento sobre las muestras de CDR formulados en la planta.

- Equivalencia del CDR a gas natural:

- ✓ Gas natural PCI: 8.300 Kcal/m<sup>3</sup>
- ✓ 2 Kg de CDR equivalen a 1 m<sup>3</sup> de Gas Natural

Equivalencia del CDR a domicilios servidos con gas.

- Procesar, inicialmente, unas 150 ton/día de CDR (150.000 Kg/día).
- Esto equivale a 75.000 m<sup>3</sup> /día de Gas Natural aproximadamente.
- Considerando que un hogar consume, como media, unos 8,20 m<sup>3</sup>/día de Gas Natural (aproximadamente 500 m<sup>3</sup> de Gas Natural por bimestre).
- Se logra que los usuarios de este combustible alternativo no consuma el Gas Natural equivalente al consumo de unos 10.000 hogares por día.

## **GEOCYCLE S.A.**

GEOCYCLE en el País<sup>59</sup>

Geocycle S.A. pertenece al grupo Lafarge-Holcim, Su función es proveer soluciones sustentables para la gestión de residuos y obtener combustibles alternativos.

Opera en Argentina desde el año 1997 y cuenta con tres plantas de coprocesamiento en Córdoba, Mendoza y en Jujuy.

Tiene un total de 45 empleados directos y 200 indirectos.

---

<sup>59</sup> Fuente: <http://argentinambiental.com/notas/noti-empresas/ecoblend-se-renueva-ahora-geocycle/>



Coprocesa residuos de 100 clientes entre los que se encuentran las principales empresas de consumo masivo, automotrices y petroleras.

Durante 2016 en Argentina Geocycle coprocesó un total de 90.000 toneladas de residuos, previniendo la emisión de 60.000 ton de CO<sub>2</sub>.

Informan que se coprocesaron 1.000.000 de toneladas de residuos en sus 20 años.

### GEOCYCLE en el mundo

Red global presente en 60 países en cinco continentes.

Informa tener más de 10.000 clientes alrededor del mundo y 80 instalaciones de pretratamiento de residuos a lo largo del mundo.

Indican que sus expectativas de negocios responden a un plan global de desarrollo sostenible para el año 2030. El objetivo global es llegar a utilizar 80 millones de toneladas de residuos anuales.

El proceso<sup>60</sup>: los residuos llegan a sus plantas donde son analizados, clasificados, almacenados y triturados hasta convertirse en “producto terminado”. Destacan que logran la destrucción e integración total de los componentes de los residuos por medio de altas temperaturas en los hornos utilizados para la producción de cemento. Sostienen que el proceso es libre de residuos por lo que no tiene impacto negativo en las emisiones. Informan que la planta completa requirió una inversión de US\$ 25 millones.

Con fecha 14 de septiembre de 2017 se publicó<sup>61</sup> la firma de un acuerdo entre Geocycle S.A. y el Ministerio de Ambiente de Jujuy con el propósito de desarrollar la reutilización por co-procesamiento de NFU's que se encuentren o sean generados en la provincia de Jujuy, en el marco del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. El Grupo Holcim anunció una inversión de US\$1.000.000 para ese fin.

---

<sup>60</sup> Fuente: <https://infonegocios.info/nota-principal/geocycle-el-nuevo-nombre-de-ecoblend-ya-quema-la-basura-de-100-empresas-en-argentina>

<sup>61</sup> Fuente: <http://prensa.jujuy.gob.ar/2017/09/14/holcim-argentina-anuncio-una-inversion-de-un-millon-de-dolares-para-co-procesamiento-de-neumaticos-en-jujuy/>

## OTROS OPERADORES DE RESIDUOS REGISTRADOS EN OPDS

En la siguiente tabla se aprecian las sociedades incluidas en el LISTADO DE OPERADORES DE RESIDUOS INDUSTRIALES NO ESPECIALES del OPDS<sup>62</sup> que operan con estos residuos pero que no producen combustibles alternativos a partir de residuos, sino que los destinan a disposición final o los incineran sin recuperación energética. En algunos casos cuentan con acuerdos de complementación con Recycomb o con Arcillex, los cuales sí los derivan a la formulación de CDR.

Razón Social	Tecnologías	Domicilio	Localidad	Partido
AMBIENTAL CAMPANA S.A.	NER1:Recuperación,NE2:Formulación de combustible alternativo.	Calle: CAMINO DE LA COSTA BRAVA Nro: S/N	ZARATE	ZARATE
ARX ARCILLEX S.A.	NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE2:Formulación de combustible alternativo,NE3:Tratamiento Biológico de Residuos Orgánicos - Generación de Biogas,NE4:Tratamiento Físico-Químico de barros industriales no especiales de tipo inorganico,NE5:Disposición Final de Residuos provenientes de construcción y demolición,NE6:Disposición de RSU en rellenos sanitarios.	Calle: SALVADOR DE BENEDETTI Nro: 1200	JOSE LEON SUAREZ	GENERAL SAN MARTIN
BEFESA ARGENTIN A S.A.	NED1:Incineración,NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE2:Formulación de combustible alternativo.	Calle: AV. DE LOS CONSTITUYENTES Nro: 4394	BENAVIDEZ	TIGRE
BEFESA ARGENTIN A S.A.	NED1:Incineración,NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE2:Formulación de combustible alternativo.	Calle: Avenida de los Constituyentes Nro: 4425	DR RICARDO ROJAS	TIGRE
BRAUNCO S.A.	NED1:Incineración,NER1:Recuperación.	Calle: GUEMES Nro: 275 Km:	BENAVIDEZ	TIGRE
BRAUNCO TALAR S.A.	NED1:Incineración,NER1:Recuperación.	Calle: SAAVEDRA Nro: 2655	EL TALAR	TIGRE

<sup>62</sup> Incluidos en la tabla <http://sistemas.opds.gba.gov.ar/intra/Operadores/ConsultaWebNE.php>



DESLER S.A.	NED1:Incineracion,NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE4:Tratamiento Físico-Químico de barros industriales no especiales de tipo inorgánico.	Calle: STEPHENSON Nro: 3094 Ruta: Km:	MALVINAS ARGENTINAS	MALVINAS ARGENTINAS
HERA AILINCO S.A.	NED1:Incineracion,NE4:Tratamiento Físico-Químico de barros industriales no especiales de tipo inorganico,NE6:Disposición de RSU en rellenos sanitarios.	Calle: Nro: Ruta: CAMINO DE LA COSTA BRAVA Km: 6	ZARATE	ZARATE
IPES SA	NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE2:Formulación de combustible alternativo,NE4:Tratamiento Físico-Químico de barros industriales no especiales de tipo inorganico,NE6:Disposición de RSU en rellenos sanitarios.	Calle: Nro: Ruta: 33 Km: 18	LA VITICOLA	BAHIA BLANCA
RECOVERING S.A.	NE1:Segregación, recuperación y revalorización de materiales reciclables ,NE2:Formulación de combustible alternativo,NE4:Tratamiento Físico-Químico de barros industriales no especiales de tipo inorganico,NE6:Disposición de RSU en rellenos sanitarios.	Calle: CAMINO 014-04 Nro: S/N Ruta: Km:	CAMPANA	CAMPANA
RECYCOM B S.A.U.	NE2:Formulación de combustible alternativo.	Calle: Ruta: 205 Km: 82,5	URIBELARREA	CAÑUELAS



**VI. PLANTAS CEMENTERAS INSTALADAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. UBICACIÓN, PROPIEDAD, CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDADES. MAPAS DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS DE CADA UNA, CAPACIDADES. ESTIMACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO. ESTIMACIÓN DE INVERSIONES NECESARIAS PARA ADAPTARSE A COMBUSTIBLES PROVENIENTES DE RSU. IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLE ACTUALES. POSIBLE IMPACTO ECONÓMICO DE LA REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES IMPORTADOS.**

**PLANTAS CEMENTERAS INSTALADAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. UBICACIÓN, PROPIEDAD, CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDADES.**

La industria cementera argentina, al igual que en todo el mundo, cuenta con una larga tradición de empresas familiares desde sus inicios. Dichas empresas han ido siendo adquiridas e integradas a grupos internacionales con excepción de algunas. Incluso algunos de esos grupos aún conservan el control accionario por parte de empresas familiares.

Se trata de una de capital intensivo y de bajo nivel de evolución e innovación, por tratarse de una industria pesada de base. Es decir, a pesar de los desarrollos tecnológicos incorporados por medio de automatizaciones, controles, eficiencia térmica y mecánica, aumentos de productividad y control de polución, el proceso en sí de descarbonatación de calizas y calcinación en presencia de hierro, aluminio, sílice y sulfatos, no se ha modificado en más de 200 años.

Si bien en el 1870 comienzan los primeros intentos de montar fábricas de cemento en Argentina, es recién alrededor de 1918 que se logra la instalación de una planta que subsistiría por más de 20 años y fuera el puntapié inicial para el desarrollo de la industria en el país. Es por este motivo que en este 2018, se celebran los 100 años de la industria del cemento en la República Argentina.



La industria en nuestro país está conformada por 4 empresas, Loma Negra CIASA, Cementos Avellaneda SA, Holcim Argentina SA y PCR SA.

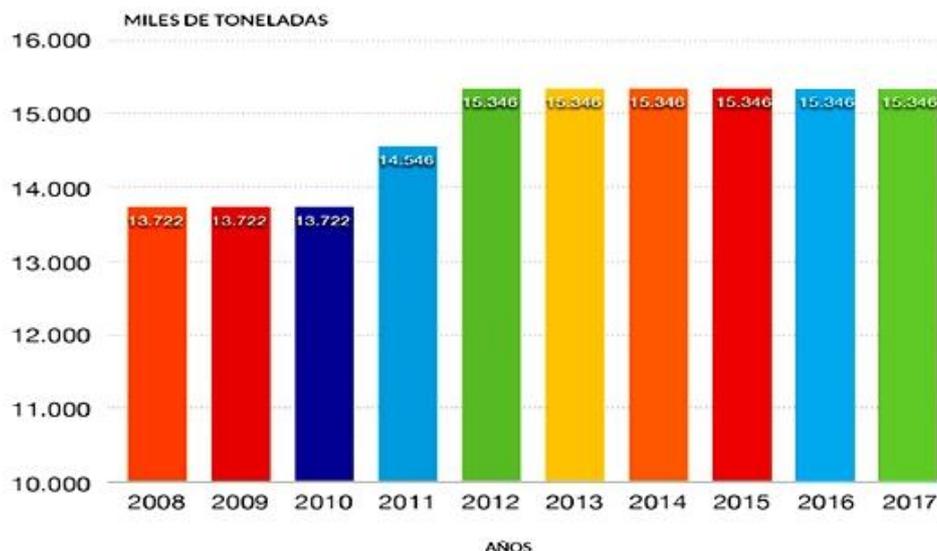
La empresa Loma Negra CIASA, fue fundada por don Alfredo Fortabat en el año 1926 y en el año 2005 fue adquirida por el grupo brasileño Camargo Correa, quien conformó un holding internacional denominado InterCement. Loma Negra opera en el mercado con plantas en las provincias de Buenos Aires (5), Neuquén (1), San Juan (1) y Catamarca (1).

La empresa Cementos Avellaneda SA, inicia sus actividades en el año 1919 como fábrica de cal en la ciudad del gran buenos aires que le da su nombre, utilizando calizas de la ciudad de Olavarría. En 1933 se instala en la ciudad de Olavarría y comienza la fabricación de cemento portland. En el año 1980 es adquirida por el grupo español Ciments Molins/Uniland. En el año 2009 el grupo brasilero Votorantim, adquiere el 49% de la empresa, manteniéndose hasta la actualidad como socio minoritario. La empresa Cementos Avellaneda opera en el mercado con plantas en las provincias de Buenos Aires (1) y San Luis (1).

La empresa Cementos Minetti SA, fue fundada en 1930 por el Sr. Juan Minetti, quien tenía una amplia experiencia en el sector harinero. En el año 1998 es adquirida por el grupo suizo Holcim quien en 1999 adquiere y fusiona también a la empresa cementera Corcemar SA, generando una única compañía. La empresa actualmente denominada Holcim Argentina SA, opera con plantas en las provincias de Córdoba (2), Mendoza (1), Jujuy (1), y una molienda en Buenos Aires (1).

La empresa PCR SA, inicia sus actividades como Empresa Ferrocarrilera de Petróleo en 1921. Al nacionalizarse los ferrocarriles, la empresa pasa a ser propiedad del Estado. En el año 1950 monta su primer planta de cemento portland en la ciudad de Comodoro Rivadavia en la Pcia. de Chubut. En el año 1978 es privatizada y adquirida por la familia Brandi. PCR opera con plantas en las provincias de Chubut (1) y Santa Cruz (1).

La capacidad instalada de producción de cemento portland en el país se aprecia en el siguiente gráfico<sup>63</sup>:



**Capacidad Instalada Operativa:** Es la tasa de producción que resulta de ajustar la capacidad instalada nominal a las condiciones reales de producción, teniendo en cuenta limitaciones operativas de mantenimiento preventivo y correctivo, y otras restricciones externas, tales como los cortes por abastecimiento de combustibles y eventuales imprevistos.

La producción de cemento despachada se puede evaluar en la siguiente tabla:<sup>64</sup>

	DESPACHOS MENSUALES DE CEMENTO PORTLAND (toneladas) Mercado Interno, Exportación e Importación					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	875.649	913.823	931.705	944.789	862.802	883.407
Febrero	783.928	839.605	802.573	897.752	808.340	805.992
Marzo	973.460	939.405	910.954	979.452	893.397	1.033.564
Abril	798.730	975.601	906.066	1.054.083	763.883	848.868
Mayo	889.351	1.016.258	929.429	1.001.776	889.421	972.913
Junio	906.689	931.774	899.656	1.060.456	864.447	1.010.400
Julio	912.446	1.015.717	967.894	1.073.762	852.362	1.020.379
Agosto	861.113	1.079.794	1.004.249	981.621	1.047.568	1.126.090
Septiembre	907.581	1.051.925	1.054.715	1.136.003	1.008.356	1.138.062
Octubre	991.255	1.152.262	1.115.388	1.146.265	939.651	1.160.045
Noviembre	982.628	1.062.265	1.010.068	1.001.247	1.023.658	1.191.537
Diciembre	809.727	927.744	905.468	937.983	950.647	(1) 1.011.914
<b>Totales Anuales</b>	<b>10.692.558</b>	<b>11.906.174</b>	<b>11.438.165</b>	<b>12.215.188</b>	<b>10.904.533</b>	<b>(1) 12.203.171</b>
Variación c/año anterior	-8,0%	11,4%	-3,9%	6,8%	-10,7%	11,9%
<b>Acumulado a Diciembre</b>	<b>10.692.558</b>	<b>11.906.174</b>	<b>11.438.165</b>	<b>12.215.188</b>	<b>10.904.533</b>	<b>(1) 12.203.171</b>
Variación c/año anterior	-8,0%	11,4%	-3,9%	6,8%	-10,7%	11,9%

(1) - Cifras provisionarias  
(2) - Valores estimados

<sup>63</sup> Fuente AFCP: <http://www.afcp.org.ar/index.php?IDM=58&mpal=2&alias=Capacidad-Instalada>

<sup>64</sup> Fuente AFCP: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/afcp-com/publico/P201712/P201712.html>



Es de destacar que al momento de la realización del presente trabajo, se encuentran en etapa de inicio de obras para las ampliaciones de:

- Planta L'AMALI (Olavarría - BsAs) de Loma Negra CIASA: una nueva línea de 6.000 t/d de Clinker
- Planta El Gigante (La Calera - San Luis) de Cementos Avellaneda: una nueva línea de 2.100 t/d de Clinker

PLAN DE MARCHA: se denomina de ese modo a la planificación de la operación anual del horno, previendo las paradas de planta programadas para mantenimiento. Históricamente seguían una línea de 60 días en invierno y 30 en verano. Sucedió así porque el mercado de gas no podía permitirse vender a la industria cementera durante los meses invernales por la demanda de hogares y por la necesidad de reparación y recambio de ladrillos refractarios de los hornos. Se realiza el mantenimiento general de los hornos y las torres. Actualmente, dado el precio y posibilidad del Pet Coke y del gas se puede hacer durante cualquier momento del año, además por las demandas del cemento se redujeron los tiempos y se llega a cerca de 20 días en invierno y a 15 días en verano (puede ser menos de 15 días, hasta llegar a 5 días dependiendo de la necesidad de la industria).

SE DEFINEN RESIDUOS LÍQUIDOS EN ESTA INDUSTRIA A: lodos de depuradora, aceites minerales, aceites de corte, aceites sintéticos, aceites hidráulicos, pinturas, residuos de la industria petroquímica y química, residuos de transporte, materia grasa, glicerol, entre otros, con los que se puede formular un combustible alternativo de buena calidad.

## LOMA NEGRA CIASA

Según se indica, a fin de diversificar la matriz energética en 2005, se decidió realizar inversiones en combustibles alternativos más allá del gas (carbón de petróleo – pet coke), para posibilitar mantener los hornos en marcha durante todo el año.<sup>65</sup>

### 1. Planta Barker

<sup>65</sup> Publicado en <http://argentina.intercement.com/posts/historia>



Localización: Est. Alfredo Fortabat entre Barker y La Negra. (7005). Villa Cacique. Benito Juárez. Provincia de Buenos Aires

Planta: Integrada completa (Cantera, Trituración Primaria, Molienda de Crudo, Horno de Clinker, Molienda de Cemento y Embolsadora)

Tecnología:

- 2 Molinos de bolas tubulares de circuito cerrado
- 1 Molino de bolas tubular de circuito abierto
- 2 Hornos largos de vía seca sin precalentador
- 2 Enfriadores de Clinker con parrilla de vaivén

Combustible Utilizado:

- 100% Gas Natural

Esta Planta, si bien cuenta con dos hornos, solo se utiliza 1 y dependiendo de la demanda. Los dos hornos están en condiciones de operar, pero sólo se utilizan en caso de alta demanda de mercado o problemas con los demás hornos, dada su ineficiencia. Son los más antiguos e ineficientes que siguen activos en la provincia. Cada uno tiene una capacidad de 1.000 t/día de Clinker y ambos necesitan en el orden de 1.300 Kcal/Kg de clínker. Actualmente sólo funcionan utilizando Gas Natural como combustible.. Si bien hasta los 90's contaron con instalaciones de alimentación de cáscaras de girasol generadas en los complejos aceiteros de Quequén y Bahía Blanca, estas dejaron de utilizarse a fines de dicha década y hoy demandaría una importante inversión volver a adaptar esos hornos para ser capaces de recibir otros combustibles. En el año 2015 se planificó instalar una molienda de carbón para tener opciones de marcha invernal cuando el Gas Natural es cortado para la industria, pero la misma se aplicó finalmente para la alimentación del nuevo segundo horno de planta L'Amalí como se verá más adelante. La cantera aún es utilizable para conseguir caliza de muy alta calidad, al igual que la capacidad de molienda que es utilizada para no invertir en nueva molienda en las demás plantas de la zona.

La planta Barker entonces, cuenta con una capacidad de producción de 1.000 t/día (1.000.000 Kg/día) de Clinker en cada uno de sus hornos con un consumo específico de aproximadamente 1.300 Kcal/Kg de Clíner. Su consumo se encuentra en 1.300.000.000 Kcal/día.

Teniendo presente que el m<sup>3</sup> de gas puede generar un PCi del orden de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de 156.627 m<sup>3</sup> de gas para uno solo de estos hornos.

Fuentes: CEMBUREAU 2002, AFCP y entrevistas con Ing. J. Marcelo Santangelo.



Imagen tomada de Google Maps. Planta Barker.

## 2. Planta L'Amali

Localización: Km 22 Camino Real a 16 de Julio. (7400) Pje. La Pampita – Olavarría. Provincia de Buenos Aires



Planta: Integrada Completa (Cantera, Trituración, Molienda de Crudo, Horno de Clinker, Molienda de Cemento) No dispone embolsadora en planta. Despacha granel y embolsa en Vicente Casares (Cañuelas)

#### Tecnología:

- 1 Molino vertical de harina cruda
- 2 Molinos de bolas tubulares de circuito cerrado para cemento
- 1 Horno de vía seca con 6 etapas de precalentamiento de ciclones, precalcinador y aire terciario
- 1 Enfriador con parrilla de vaivén

#### Combustibles Utilizados:

- 12% Combustibles Alternativos (biomasa, CDR, residuos líquidos de más de 4.000 Kcal/Kg)
- 88% Gas, Carbón, Pet Coke o Fueloil

Estos combustibles pueden ser utilizados todos juntos, gracias a las inversiones realizadas en quemadores especialmente diseñados para multicomcombustibles.

Respecto a esta Planta, es la tecnológicamente más moderna del país. Actualmente cuenta con 1 solo horno. Se está construyendo un segundo horno de igual capacidad. El actual es de una capacidad de 6.000 t/día de Clinker con un consumo específico de 760 Kcal/Kg de Clinker. Pueden utilizarse una gran variedad de combustibles como Gas Natural, Carbón, Pet Coke o Fueloil y es capaz aprovechar una sustitución térmica sin realizar nuevas inversiones, de hasta el 12% de su consumo por medio de biomasa, CDR y residuos líquidos de más de 4.000 Kcal/Kg. Para aumentos en la sustitución térmica, se requiere de nuevas inversiones.

Capacidad publicada al 2002: 1,6 millones de toneladas anuales de clínker.

Capacidad real al 2018: 1,98 millones de toneladas anuales de clínker (Esta mejora es debida a la mejora en Plan de Marcha, gracias a la



incorporación del PetCoke y Carbón a partir del año 2007, que permite no parar en invierno, y a las mejoras operacionales logradas con diferentes inversiones sobre la instalación que permitieron aumentar su productividad).

En relación al consumo, con 6.000 t/día (6.000.000 Kg/día) a 760 Kcal/Kg de Clínker, tenemos un consumo diario de 4.560.000.000 Kcal/día.

Teniendo presente que el m<sup>3</sup> de Gas Natural puede generar un PCi de cerca de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de 549.398 m<sup>3</sup> de gas para L´Amalí.

Para finalizar, es importante decir que se está construyendo un segundo horno. En el año 2017 la compañía realizó una oferta por el 40% de la empresa Loma Negra en Wall Street con la idea de capitalizarse para poder afrontar esta inversión. Logró una recaudación del orden de los US\$ 950<sup>66</sup> millones, de los cuales el 90% fue utilizado por el Grupo Camargo Correa para pago de deuda en Brasil y el resto destinado a pagar parte de esta inversión. Dado que la inversión en la segunda línea de L´Amali es superior a dicho monto, finalmente logró acordar un financiamiento con el proveedor chino que se adjudicó la obra..

Inicialmente Loma Negra anunció<sup>67</sup> una inversión de US\$ 350 millones para aumentar un 100% la capacidad de producción de su planta L´Amalí.

Se trata de una nueva línea de producción que comenzaría a producir a principio de 2020. Incrementaría la producción a 2,7 millones de toneladas de cemento al año.

La nueva línea de producción constaría de un horno y dos molinos verticales para la molienda de harina y de cemento, todo de última generación, y un sistema completo de ensacado y palletizado, además de un molino vertical de carbón

---

<sup>66</sup> Fuente: <https://www.infobae.com/noticias/2017/11/01/loma-negra-recauda-casi-usd-1-000-millones-en-su-debut-en-wall-street/>

<sup>67</sup> Publicación en el Cronista: <https://www.cronista.com/negocios/Loma-Negra-invierte-us-350-millones-para-aumentar-produccion-20171214-0036.html>



De la inversión, US\$ 230 millones de dólares serían destinados a la compra de equipamiento producido en el país, obra civil, montaje y otras inversiones locales, mientras que US\$ 120 millones se aplicarán a la compra de equipos importados.

La duración de la obra estaba prevista en 29 meses incluyendo las tareas de ingeniería, las que ya se encuentran iniciadas.

El desarrollo de la obra implicaba aproximadamente la creación de 1.000 puestos de trabajo directos, de los cuales 350 serán para la obra civil, 450 para el montaje mecánico y 200 para el montaje eléctrico. Además, se generarían 2.000 puestos de trabajo indirectos derivados de servicios logísticos de materiales y personas, seguridad, producción de piezas metalmecánicas en talleres y otras necesidades derivadas de la obra.

Sin embargo, dada la última información sobre las posibilidades de un cambio en el proyecto (fines de febrero 2018) se contemplaría un nuevo horno de 6.000 t/día de clínker con una eficiencia de 730 Kcal/Kg de clínker, con utilización de combustibles tradicionales como Gas Natural, Carbón, Pet Coke o Fueloil y asimismo con la posibilidad de llegar hasta un 40% de sustitución térmica con biomasa, CDR, residuos líquidos de más de 4.000 Kcal/Kg. De llegarse a concretar este proyecto incrementaría de manera sustancial la capacidad de demanda de CDR en la provincia. En ese caso la planta podría llegar a 3.960.000 toneladas anuales de clínker producidas. Se incrementaría el consumo diario en 4.380.000.000 Kcal.

Fuente: CEMBUREAU 2002, AFCP y entrevistas con Ing. J. Marcelo Santangelo.



Imagen tomada de Google Maps. Planta L'Amali

### 3. Planta Olavarría

Localización: Camino Real s/n. (7403) Olavarría. Provincia de Buenos Aires

Planta: Integrada completa (Cantera y trituración compartida con Pta. L'Amali, Molienda de crudo, Horno de Clinker y horno de Cal, Molienda de cemento y Cal, Molienda de Carbón para Ptas. Olavarría y L'Amali, Embolsadora y palletizadora)

Tecnología:

- 1 Prensa a Rodillos
- 2 Molinos de bolas tubulares de circuito cerrado
- 1 Molino de bolas tubular de circuito abierto
- 1 Horno por vía seca con 4 etapas de precalentamiento de ciclones y precalcinador (denominado Horno 7).

- 1 Horno de vía seca sin precalentamiento para producción de cal (denominado Horno 5)
- 2 Enfriadores con parrilla de vaivén
- 1 Enfriador tubular



Imagen tomada de Google Maps. Planta Olavarría

#### Combustible Utilizado

- 10% Combustibles Alternativos (residuos líquidos de más de 4.000 Kcal/Kg)
- 90% Gas Natural, Carbón, Pet Coke o Fueloil

La Planta Olavarría cuenta actualmente con un horno de Clinker activo (Horno 7). Tiene una capacidad de 3.000 Tn/día y requiere de 850 Kcal/Kg de clínker. Puede utilizar combustibles como Gas, Carbón, Pet Coke o Fueloil y es



capaz de utilizar sustitución térmica sin realizar inversiones por hasta el 10% de su consumo con residuos líquidos de más de 4.000 Kcal/Kg. Se pueden realizar inversiones para incrementar el porcentaje de sustitución térmica, incorporando la opción de CDR u otros residuos sólidos como NFU.

Olavarría tiene una capacidad de producción de 3.000 t/día de Clinker (3.000.000 Kg/día) con un consumo de 850 Kcal/Kg de clínker. Su consumo se encuentra en 2.550.000.000 Kcal/día

Teniendo presente que el m<sup>3</sup> de gas puede generar un PCi de cerca de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de 307.229 m<sup>3</sup> de gas para este horno.

Fuente: CEMBUREAU 2002, AFCP y entrevistas con Ing. J. Marcelo Santangelo.

#### 4. Planta LomaSer

Localización: Ruta Nacional 205, km 50,5. (1808) Vicente Casares. Provincia de Buenos Aires

Planta::

- Planta Mezcladora
- Embolsado y Palletizado
- Centro de control Logístico de toda la compañía

(Fuente: CEMBUREAU 2002- Actualización de la Empresa)

#### 5. Planta Ramallo

Localización: Ing. Agustín Roca 315. (2914) Parque Industrial Comirsa Ramallo. Provincia de Buenos Aires

Planta: De Molienda de cemento y mezcla con escoria

Tecnología:

- 1 Molino Vertical con rodillos

- Embolsadora y palletizadora

(Fuente: CEMBUREAU 2002- Actualización de la Empresa)

## 6. Planta Sierras Bayas

Localización: Bernardino Rivadavia 1903. (7430) Sierras Bayas – Olavarría. Provincia de Buenos Aires



Imagen tomada de Google Maps. Planta Sierras Bayas

Planta: Molienda de cemento, embolsado y palletizado. (Hornos y canteras no operativas)

Tecnología:

- 4 Molinos de bolas tubulares de circuito cerrado
- 1 Horno por vía seca con 2 etapas de precalentamiento de ciclones fuera de operación



- 1 Horno por vía seca con 4 etapas de precalentamiento de ciclones fuera de operación

- 2 Enfriadores con parrilla de vaivén no operativa

Combustible Utilizado anteriormente:

- 7% Combustibles alternativos líquidos de Poder Calorífico Inferior de 6.000 kcal/kg

- 93% Gas Natural

Actualmente los hornos en esta Planta no están en funcionamiento. De hecho no volverán a operar por el agotamiento de caliza en la cantera aledaña. Sólo se realiza la molienda del clínker que se trae de las Plantas L'Amalí y Olavarría.

Fuente: CEMBUREAU 2002, AFCP y entrevistas con Ing. J. Marcelo Santangelo.

## CEMENTOS AVELLANEDA

### 1. Planta Olavarría San Jacinto

Localización: Paraje San Jacinto - Casilla de Correo 53. (7400) Olavarría. Provincia de Buenos Aires

Planta: Integrada completa (Cantera, Trituración, Molienda de crudo, Hornos de Clinker, Horno vertical de Cal, Molienda de cemento y cal, Embolsadora, Palletizadora, molienda de carbón, horno de calcinación de arcillas)

Tecnología:

- 2 Molinos de bolas tubulares de circuito cerrado

- 1 Molino vertical

- 2 Hornos por vía seca con 5 etapas de precalentamiento de ciclones y Precalcinador

- 2 Enfriadores tipo cross bar



- 1 Horno vertical de cal
- 1 Horno rotativo de calcinación de arcillas para aditivar cementos

Combustible Utilizado:

- 15% Combustibles Alternativos (biomasa, CDR, residuos líquidos de más de 6.000 Kcal/Kg de clínker)
- 85% Gas, Carbón, Pet Coke o Fueloil

La Planta San Jacinto cuenta con 2 hornos activos de clínker. Tienen una capacidad de 3.300 y 2.400 Tn/día. Necesitan cada uno 800 Kcal/Kg de clínker. Puede utilizar combustibles como Gas, Carbón, Pet Coke o Fueloil y es capaz de utilizar sustitución térmica sin realizar inversiones por hasta el 15% de su consumo con biomasa, CDR y residuos líquidos de más de 6.000 Kcal/Kg de clínker. Se pueden realizar inversiones para incrementar el porcentaje de sustitución térmica y la compañía está analizando oportunidades al respecto.

Vinculado al consumo, con 3.300 Tn/día (3.300.000 Kg/día) en San Jacinto 1 con un consumo de 800 Kcal/Kg de clínker, tenemos un consumo diario de 2.640.000.000 Kcal/día.

San Jacinto 2 tiene una capacidad de producción de 2.400 Tn/día (2.400.000 Kg/día) con un consumo de 800 Kcal/Kg de clínker. Su consumo se encuentra en 1.920.000.000 Kcal/día

Teniendo presente que el  $m^3$  de gas puede generar un PCi de cerca de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de 318.072  $m^3$  de gas para San Jacinto 1 y de 231.325  $m^3$  de gas para San Jacinto 2.

Fuente: CEMBUREAU 2002, AFCP y entrevistas con Ing. J. Marcelo Santangelo.



Imagen tomada de Google Maps. Planta Olavarría San Jacinto

Al respecto la sociedad anunció lo siguiente<sup>68</sup>: se destaca una inversión de US\$ 30 millones para su fábrica de Olavarría, la planta de cemento más grande del país, con el objetivo de aumentar hasta 211 mil toneladas/año la capacidad de producción de cemento a partir de fines del 2017. Este proyecto contempla alcanzar en el futuro un total adicional de 300 mil toneladas/año. Esta inversión, consiste en la reactivación del viejo horno 1 de la planta San Jacinto, pero en lugar de dedicarlo a la producción de Clinker, el mismo será utilizado para la calcinación de arcillas, con la finalidad de utilizarlas como adición en la producción de cemento en reemplazo parcial de Clinker. De este modo se aumenta la capacidad de producción de Cemento, pero no la de Clinker.

Paralelamente a esta inversión en planta San Jacinto, la empresa ha iniciado las obras para el montaje de una segunda línea de producción de

<sup>68</sup> Publicación en el Cronista: <https://www.cronista.com/brandstrategy/Cementos-Avellaneda-S.A.-anuncia-inversiones-en-el-pais-por-us-230-millones--20170922-0110.html>



Clínker en la planta de La Calera en la Pcia. de San Luis, triplicando la producción de dicha planta.

## HOLCIM

### 1. Planta Campana

Localización: Ruta Nacional 9 km 81,5. (2804) Campana. Provincia de Buenos Aires

Planta: Molienda de Clinker con incorporación de adiciones, embolsado y palletizado.

Tecnología:

- 1 Molino vertical

(Fuente: CEMBUREAU 2002- Actualización de la Empresa)

### CUADRO RESUMEN:

	Producción	Consumo	Kcal/d	m <sup>3</sup> gas equivalentes
	t/d	Kcal/Kg		
<b>Olavarría</b>	3.000	850	2.550.000.000	307.229
<b>Barker</b>	1.000	1.300	1.300.000.000	156.627
<b>L´ Amalí</b>	6.000	760	4.560.000.000	549.398
<b>L´ Amalí 2</b>	6.000	730	4.380.000.000	527.711
<b>San Jacinto 1</b>	3.300	800	2.640.000.000	318.072
<b>San Jacinto 2</b>	2.400	800	1.920.000.000	231.325

## COSTOS ESTIMADOS DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS

Como se adelantó en el Capítulo 4, el precio estimado que pagan las cementeras a la fecha (marzo 2018) es de US\$ 20 por Gigacaloría (Gcal) térmica utilizada (gas o Pet Coke). Este valor se considera como estimado, dado que se trata de una información sensible para la competitividad de las empresas y por lo tanto es un dato confidencial no confirmado por ninguna de



ellas. No obstante se trata de un valor confiable, confirmado por operadores del mercado de combustibles.

Entonces, y repasando los hornos en funcionamiento en la provincia vemos que:

1. Horno Barker (si bien son dos, se considera uno solo activo) 1.300 Gcal/día por US\$ 26.000 diarios.
2. Horno L´Amalí 4.560 Gcal/día por US\$ 91.200 diarios.
3. Horno Olavarría (Horno 7) 2.550 Gcal/día por US\$ 51.000.
4. Horno San Jacinto 1 unas 2.640 Gcal/día por US\$ 52.800.
5. Horno San Jacinto 2 unas 1.920 Gcal/día por US\$ 38.400.
6. Horno L´Amalí 2 (estimado) 4.380 Gcal/día por US\$ 87.600 diarios.

Asimismo se supone dado el Plan de Marcha, unos 330 días de funcionamiento al año. Costos anuales de energía térmica en gas o Pet Coke estimados:

• Barker	US\$ 8.580.000
• Olavarría entre	US\$ 16.830.000
• L´Amalí	US\$ 30.096.000
• San Jacinto 1	US\$ 17.424.000
• San Jacinto 2	US\$ 12.672.000
• L´Amalí (posiblemente)	US\$ 28.908.000

Costos estimados de energía térmica por Kg de clínker producido por planta (se supone un tipo de cambio de US\$ 1 = \$ 20 (pesos):

• Olavarría de	US\$ 0,017 y pesos \$ 0,340
• Barker	US\$ 0,026 y en pesos \$ 0,52
• L´Amalí	US\$ 0,0152 y en pesos \$ 0,304
• San Jacinto 1 de	US\$ 0,016 y en pesos \$ 0,32
• San Jacinto 2 de	US\$ 0,016 y en pesos \$ 0,32
• L´Amalí 2	US\$ 0,0146 y en pesos \$ 0,292

Resumiendo, se aprecia en la siguiente tabla:



	Gcal/día	US\$/día	días/año	US\$ anual	US\$ por Kg clinker	AR\$ x Kg clinker
<b>Olavarría</b>	2.550	51.000	330	16.830.000	0,0170	0,340
<b>Barker</b>	1.300	26.000	330	8.580.000	0,0260	0,520
<b>L´Amalí</b>	4.560	91.200	330	30.096.000	0,0152	0,304
<b>L´Amalí 2</b>	4.380	87.600	330	28.908.000	0,0146	0,292
<b>San Jacinto 1</b>	2.640	52.800	330	17.424.000	0,0160	0,320
<b>San Jacinto 2</b>	1.920	38.400	330	12.672.000	0,0160	0,320

En el Capítulo 13 veremos los porcentajes de sustitución térmica con CDR máximos admisibles con y sin inversiones, las toneladas de CDR que se pueden consumir dependiendo de la calidad del combustible (Kcal/kg) y el ahorro posible de sustitución directa de combustibles base como gas y Petcoke.



## **VII. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SEPARACIÓN EN ORIGEN. VERTEDEROS Y CEAMSE. MUNICIPIOS Y CANTIDAD DE RESIDUOS. VIDA ÚTIL. LANDFILL MINING. GESTIÓN DE RESIDUOS (OPCIONES CONTEMPLADAS ADEMÁS DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA). EMPRESAS, COOPERATIVAS Y OTRAS ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL VINCULADAS.**

### **RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SEPARACIÓN EN ORIGEN**

De acuerdo al artículo 2 de la Ley 13.592 de la Provincia de Buenos Aires, se consideran..."1- Residuos Sólidos Urbanos: Son aquellos elementos, objetos o sustancias generados y desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales, comprendiendo aquellos cuyo origen sea doméstico, comercial, institucional, asistencial e industrial no especial asimilable a los residuos domiciliarios. Quedan excluidos del régimen de la presente Ley aquellos residuos que se encuentran regulados por las Leyes N°: 11.347 (residuos patogénicos, excepto los residuos tipo "A"), 11.720 (residuos especiales), y los residuos radioactivos."<sup>69</sup>

Asimismo se pueden clasificar por su composición en orgánicos o inorgánicos:

- Orgánicos: por ejemplo huesos, cáscaras, restos de fruta y verdura, celulósicos y cualquier otro de origen animal o vegetal. Tienen a descomponerse rápidamente y son fuente de proliferación bacteriana. Atraen a roedores, insectos y también a los animales domésticos que, además de romper las bolsas contenedoras, son vectores de enfermedades.
- Inorgánicos: es el caso del plástico y otros derivados de fósiles, vidrio, residuos de construcción, metal y textiles sintéticos, entre otros.<sup>70</sup>

---

<sup>69</sup> Ley de la Provincia de Buenos Aires 13.529. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/1-13592.html>

<sup>70</sup> Ing. Jéssica Timm. "Gestión de Residuos Sólidos Urbanos". Federación Argentina de Municipios (FAM). [http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion_residuos_solidos_urbanos.pdf)

La siguiente tabla indica el esquema de composición de los RSU de acuerdo a lo determinado por el Gobierno Nacional en el año 2014.<sup>71</sup>

FUENTE	LUGAR O FORMA DE GENERACIÓN	TIPO
RSU	TODOS	TODOS
Doméstica	Vivienda, bloques de viviendas	Residuos de comida, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, aluminio, hojalata y otros metales, electrodomésticos pequeños o de hogar, pilas, baterías, aceites y residuos domiciliarios peligrosos
Comercial	Restaurantes, bares, tiendas, negocios en general, talleres, etc	Papel, cartón, vidrio, comida, metales, residuos peligrosos
Institucional	Escuelas, municipios, dependencias locales, hospitales, centros de salud, etc.	Símil comercial
Construcción y Demolición	Obras públicas nuevas o de remodelación, ampliación de obra pública	Tierra, escombro, madera, hormigón, hollín, etc.
Servicios Municipales	Calles, jardinería, limpieza urbana	Residuos especiales, animales muertos, residuos de poda y arbolado, vehículos abandonados
Industriales (régimen especial ley 25612)		Metales, plásticos, tejidos, fibras, maderas, vidrios, papel, cartones, chatarra, residuos de alimentos, cenizas, etc
Agrícolas ( en su mayoría considerados en ley 24051)	Relacionadas con actividades agrícolas, forestales o ganaderas y realizadas dentro del perímetro	Fertilizantes, productos agro sanitarios, residuos de cultivos, bidones con restos de Agroquímicos.

<sup>71</sup> Publicación “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos”. Secretaría de Asuntos Municipales. Ministerio del Interior y Transporte de la Nación. Año 2014.  
[https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM\\_03\\_residuos\\_solidos.pdf](https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf)



En el país, el manejo de los RSU es una incumbencia de origen y gestión municipal. La recolección e higiene urbana y la disposición final, que en muchos casos se realiza en basurales a cielo abierto, son responsabilidad principalmente de los municipios.

Los aspectos de legislación y control son principalmente problemáticas provinciales, por lo cual también son responsables de los manejos de los RSU.

La Nación a través de la Ley 25.916 de Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) impuso el marco básico de protección que rige para todo el territorio nacional, siendo los gobiernos locales quienes imponen criterios más estrictos. Sus objetivos son: lograr un manejo adecuado de los residuos domiciliarios, promover la valorización de los residuos y minimizar el volumen de residuos destinados a disposición final.

Con ese marco, toda estrategia y política vinculada con las reutilización y el reciclaje demandan de la realización de tareas de separación en origen y, consecuentemente, recolección diferenciada.

Esta actividad comienza en los hogares, y es esencial en vías de facilitar el proceso de reciclado y recuperación, en vistas de permitir la reincorporación de determinados materiales en los ciclos de producción y consumo.

Se suele separar entre residuos húmedos u orgánicos y residuos secos, aunque también se puede separar en relación al material principal que compone el residuo, como cartón, vidrio, residuos áridos, etc. en un mayor grado de especificidad.

Estas tareas descansan en la necesidad de concientizar a la población en relación a la reducción de costos de gestión de residuos y presumiblemente de tasas municipales vinculadas.

La separación en origen “consiste en dividir en diferentes recipientes o contenedores los RSU que pueden ser reciclados, reutilizados o reducidos, para su posterior recolección diferenciada, clasificación y procesamiento. La



separación evita que los RSU que pueden revalorizarse se conviertan en basura”.<sup>72</sup>

### **Vertederos y CEAMSE**

La Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE)<sup>73</sup> es una empresa creada por los estados de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad de Buenos Aires para realizar la gestión integral de los Residuos sólidos urbanos del área metropolitana. Es una empresa pública y su jurisdicción es la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 33 partidos del Área Metropolitana. Como empresa interjurisdiccional, su capital es propiedad en partes iguales de los estados parte.

<b>Nº</b>	<b>Partido</b>	<b>Destino</b>
1	Almirante Brown	CEAMSE Norte III
2	Avellaneda	CEAMSE Norte III
3	Berazategui	CEAMSE Norte III
4	Berisso	Ensenada
5	Brandsen	Ensenada
6	Ensenada	Ensenada
7	Esteban Echeverría	CEAMSE Norte III
8	Escobar	CEAMSE Norte III
9	Ezeiza	CEAMSE Norte III
10	Florencio Varela	CEAMSE Norte III
11	Gral. Rodríguez	CEAMSE Norte III
12	Gral. San Martín	CEAMSE Norte III
13	Hurlingham	CEAMSE Norte III
14	Ituzaingo	CEAMSE Norte III
15	José C. Paz	CEAMSE Norte III
16	La Matanza	González Catán
17	La Plata	Ensenada
18	Lanús	CEAMSE Norte III
19	Lomas de Zamora	CEAMSE Norte III
20	Malvinas Argentinas	CEAMSE Norte III
21	Magdalena	Ensenada
22	Merlo	CEAMSE Norte III

<sup>72</sup> Publicación “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos”. Secretaría de Asuntos Municipales. Ministerio del Interior y Transporte de la Nación. Año 2014.

[https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM\\_03\\_residuos\\_solidos.pdf](https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf)

<sup>73</sup> Publicado por CEAMSE: <http://www.ceamse.gov.ar/quienes-somos/>



23	Moreno	CEAMSE Norte III
24	Morón	CEAMSE Norte III
25	Quilmes	CEAMSE Norte III
26	San Fernando	CEAMSE Norte III
27	San Isidro	CEAMSE Norte III
28	San Miguel	CEAMSE Norte III
29	Tigre	CEAMSE Norte III
30	Tres de Febrero	CEAMSE Norte III
31	Vicente López	CEAMSE Norte III
32	Pilar	CEAMSE Norte III
33	Presidente Perón	CEAMSE Norte III

Hacia el año 1976, el intendente municipal de Buenos Aires Osvaldo Cacciatore decreta la prohibición de la incineración de residuos por los particulares y cierra las usinas que estaban en actividad. Asimismo crea los rellenos sanitarios que serán gestionados por una nueva empresa estatal denominada Cinturón Ecológico Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), compuesta por los gobiernos de la Ciudad y la Provincia de Buenos Aires, por partes iguales.

Dicha empresa surgió en 1977 con un plazo de duración de 100 años, tendría la función de transportar los residuos desde las plantas de transferencia, hasta los rellenos de disposición final. Mientras tanto, quedaría como responsabilidad de cada municipio el barrido de la vía pública y la recolección de los residuos domiciliarios a través de vehículos recolectores.

Los residuos originados en los municipios del Gran Buenos Aires ingresarían directamente a los centros de disposición final. En cambio, en la Ciudad de Buenos Aires, los camiones transportarían la basura recolectada hasta "Estaciones de Transferencia", donde los residuos pasarían a camiones (tráilers) de gran capacidad de carga, que serían los encargados de llevar los residuos hasta los Centros de Disposición Final. Las Estaciones de Transferencia tenían como finalidad disminuir los costos de transporte y evitar mayores inconvenientes de tránsito. Asimismo, se prohibía a todos los municipios comprendidos dentro del CEAMSE, la descarga de basura en depósitos cerrados o abiertos, incluyendo dicha prohibición cualquier tipo de



tarea de "recuperación" de residuos, actividad históricamente conocida como "cirujeo".<sup>74</sup>

Actualmente la empresa trabaja en forma conjunta con instituciones nacionales como el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), el Instituto Nacional del Agua, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y la Universidad de Buenos Aires.

### **Complejos ambientales:**

El trabajo primordial de CEAMSE se realiza en los denominados Complejos Ambientales. Estos son predios con diversas instalaciones que reciben los RSU para su tratamiento y disposición final.

Por tratamiento CEAMSE define un conjunto de procesos realizados con el objetivo de reducir el volumen de residuos a ser colocados en un Relleno Sanitario y minimizar su impacto ambiental.

Estas actividades incluyen la separación y clasificación de residuos, la captación del biogás, el tratamiento de los líquidos lixiviados y la fabricación de Compost o enmienda orgánica.<sup>75</sup>

En la actualidad CEAMSE tiene a su cargo tres Complejos Ambientales en actividad: Complejo Ambiental Norte III, Complejo ambiental Ensenada y Complejo Ambiental González Catán. En etapa post-cierre se encuentran los Centros de Disposición Final Norte I y II, Centro de Disposición Final Bancalari y Complejo Ambiental Villa Domínico.

### **Plantas de separación y clasificación de residuos:**

Las plantas de separación y clasificación de residuos son instancias intermedias que permiten recuperar residuos sólidos urbanos para su posterior reciclaje. De esta manera se reduce la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios, alargando la vida útil de los mismos.

---

<sup>74</sup> Información histórica obtenida de Wikipedia.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Coordinaci%C3%B3n\\_Ecol%C3%B3gica\\_%C3%81rea\\_Metropolitana\\_Sociedad\\_del\\_Estado](https://es.wikipedia.org/wiki/Coordinaci%C3%B3n_Ecol%C3%B3gica_%C3%81rea_Metropolitana_Sociedad_del_Estado)

<sup>75</sup> Obtenido de :<http://www.ceamse.gov.ar/reciclaje/#>



Estas plantas pueden ser de origen social o privado. En las primeras, los recolectores informales se organizan en cooperativas o asociaciones.

CEAMSE indica que construye las plantas y otorga los elementos de higiene y seguridad para operar cada planta además de brindar, a través de personal especializado, la capacitación necesaria para que cada organización pueda gerenciar su propia planta.

Actualmente (principios de 2018) están en funcionamiento nueve plantas de origen social con una capacidad de tratamiento de 650 t/día de residuos cada una.

Una vez separados todos los materiales, se arman fardos para luego ser comercializados por cada planta. Del total de los residuos que ingresan en las plantas, CEAMSE afirma que se recupera aproximadamente un 8%.

### **Relleno Sanitario**

El Relleno Sanitario es una obra de ingeniería donde se depositan los RSU luego de ser tratados. Su diseño está pensado para evitar la contaminación del subsuelo, por lo que el fondo de la zona elegida se impermeabiliza primero con una barrera de arcilla y luego con una membrana de polietileno de alta densidad. Sobre esa barrera se colocan una capa de suelo y un sistema de captación de líquidos lixiviados, tras lo cual el relleno está en condiciones de entrar en funcionamiento.

Los rellenos sanitarios de CEAMSE reciben Residuos sólidos urbanos y otros residuos (residuos patogénicos autoclavados, cenizas de incineración de residuos patogénicos, cenizas de incineración de residuos industriales y residuos especiales tratados – no incineración) previa evaluación técnica y administrativa de los generadores privados.

Los Rellenos Sanitarios de CEAMSE, en su conjunto, reciben más de 17.400 toneladas diarias de residuos sólidos (a octubre 2017)<sup>76</sup>.

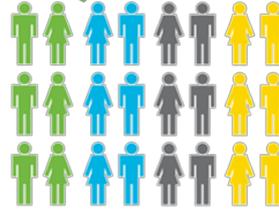
---

<sup>76</sup> Obtenido de <http://www.ceamse.gov.ar/reciclaje/#>

El ámbito geográfico de acción del CEAMSE es el AMBA.

(Área Metropolitana de Buenos Aires)

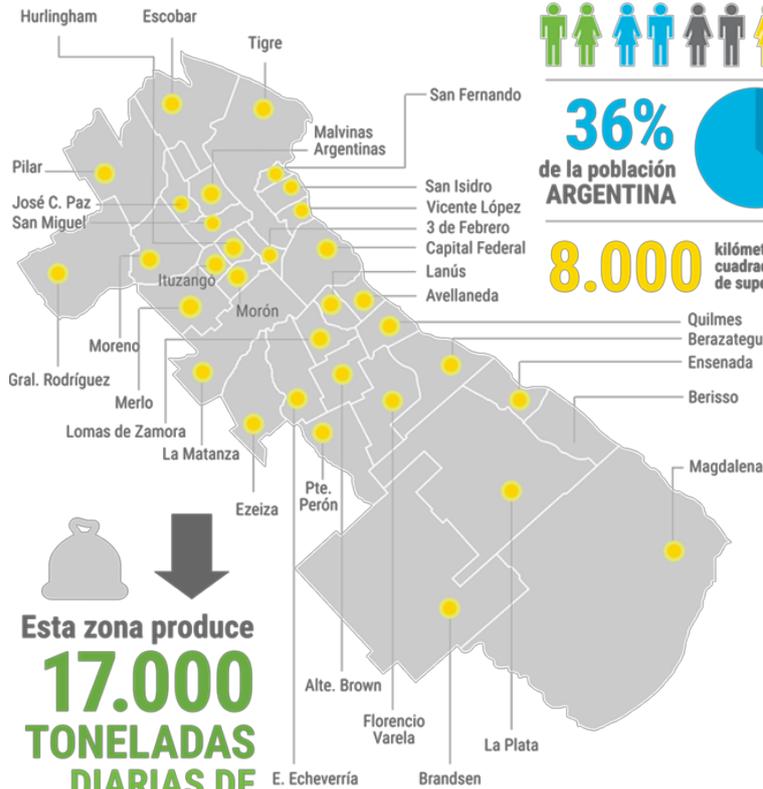
14,5 millones de habitantes



36% de la población ARGENTINA

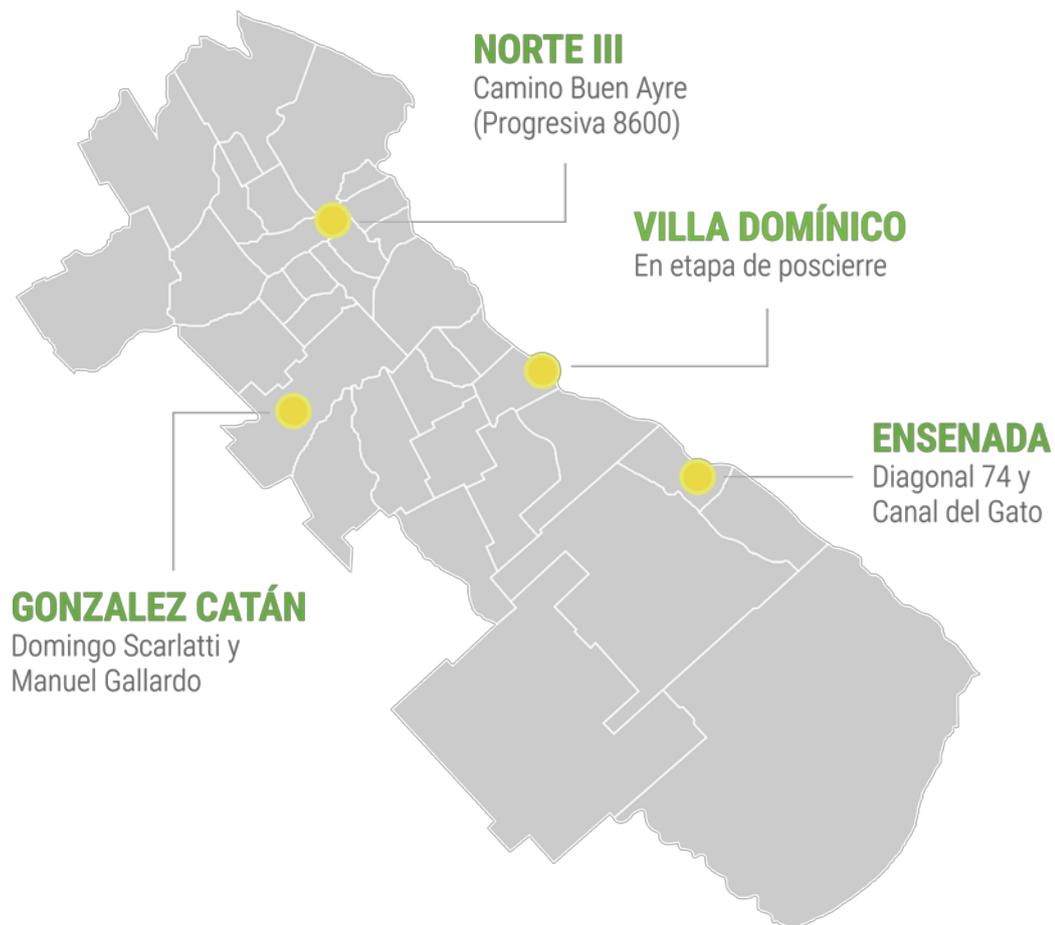


8.000 kilómetros cuadrados de superficie



Esta zona produce **17.000 TONELADAS DIARIAS DE RESIDUOS**

DETALLE DE LOS PREDIOS:



- A. CENTRO DE DISPOSICIÓN FINAL (CDF) NORTE I – II
- Etapa de post-cierre
  - **Planta de tratamiento Norte II.** (Etapa de post-cierre)
- B. CENTRO DE DISPOSICIÓN FINAL (CDF) BANCALARI
- Etapa de post-cierre
- C. COMPLEJO AMBIENTAL NORTE III – C

**Ubicación:** Camino del Buen Ayre – Progresiva 8600 (sentido Norte-Oeste), Partido de José León Suárez, Municipio Gral. San Martín, Provincia de Buenos Aires.

**Operador:** La operación del relleno está a cargo del consorcio TECSAN, conformado por Benito Roggio e Hijos.

Este Centro de Disposición Final obtuvo la certificación ISO 9001 – Sistema de Aseguramiento de Operación



***Municipios que atiende:*** Recibe los residuos, principalmente, de los siguientes Municipios del Conurbano Bonaerense:

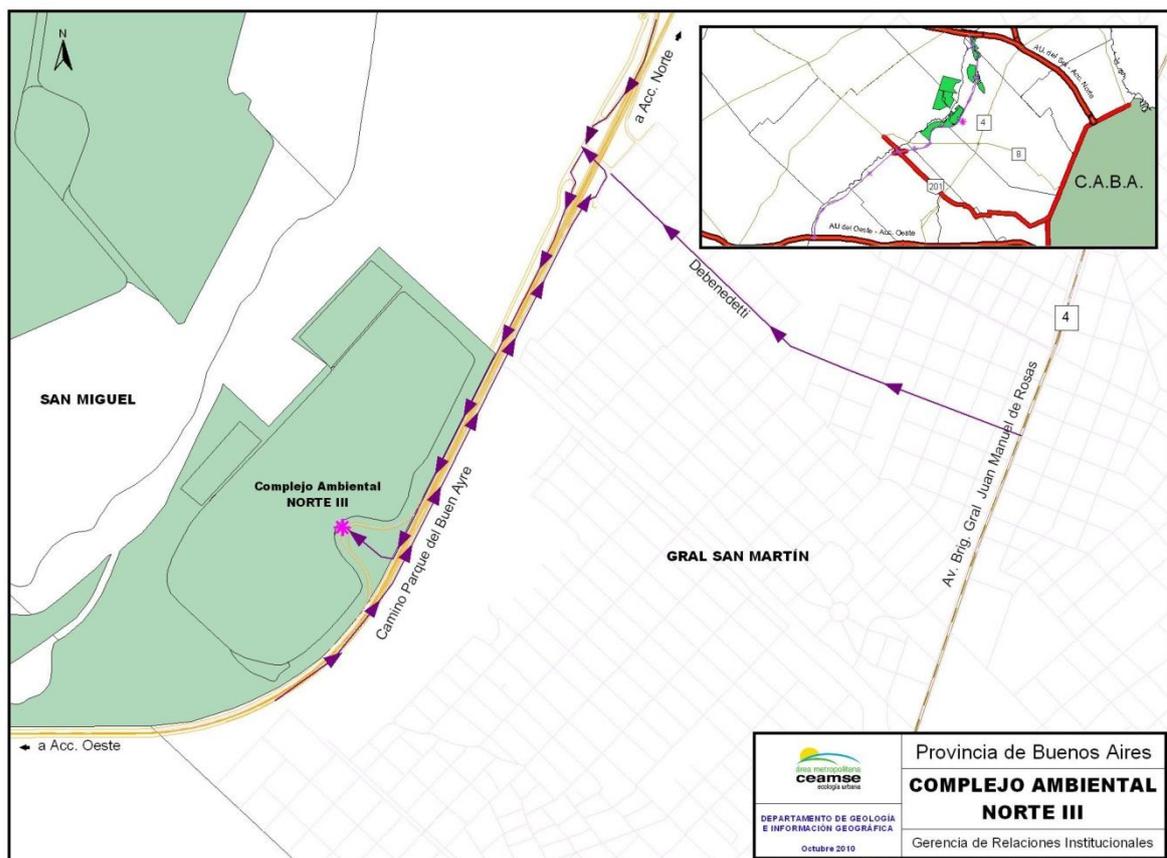
- Almirante Brown
- Avellaneda
- Berazategui
- Escobar
- Esteban Echeverría
- Ezeiza
- Fcio. Varela
- Gral. Rodríguez
- Gral. San Martín
- Hurlingham
- Ituzaingó
- José C. Paz
- Lanús
- Lomas de Zamora
- Malvinas Argentinas
- Merlo
- Moreno
- Morón
- Pilar
- Presidente Perón
- Quilmes
- San Fernando
- San Isidro
- San Miguel
- Tigre
- Tres de Febrero
- Vicente López
- y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Ingresaron 426.544,10 toneladas en el mes de octubre 2017, equivalentes a 13.759,49 toneladas de residuos diarios. Se añade a esto el ingreso desde los municipios de Mercedes, Escobar, Lobos y San Andrés de Giles, además

de los Generadores Privados por 26.922,60 en el mes de octubre de 2017, siendo 868,47 toneladas diarias adicionales. Toneladas mensuales en octubre 2017 453.466,70, y toneladas diarias 14.627,96. Las tablas se pueden ver en las páginas subsiguientes obtenidas de <http://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>.

### ***Tipo de residuos que recibe:***

- Domiciliarios e industriales asimilables a los domiciliarios
- Barros y sólidos analizados
- Especiales tratados
- Residuos patogénicos tratados no cenizas
- Cenizas de incineración de residuos patogénicos
- Cenizas de incineración de residuos industriales
- Residuos verdes (poda y orgánicos de ferias y mercados, para compostar)
- Residuos con asbestos



### ***Plantas de tratamiento Norte III:***

Módulos:

- NORTE III- C (en operación)
- NORTE III, A y B (etapa de post-cierre)

Según una publicación<sup>77</sup>, se indica que solo el 13% de la basura que llega a Norte III (la nota afirma 17.000 toneladas de basura al día aunque según las bases de CEAMSE son casi 15.000 toneladas diarias) se recicla o revaloriza en una planta de TMB (se explica esta tecnología más adelante en este capítulo), es decir 1.100 toneladas diarias. Sobre ese tratamiento se describe el siguiente proceso: con unas palas mecánicas se toman los residuos y se los apoya sobre cintas con destino a una máquina de trituración. Luego ingresan en un trommel, que no es otra cosa que un cilindro que separa lo orgánico de lo sólido. Posteriormente un equipo de operarios separa con sus manos los artículos reciclables. Los metales también siguen su propio curso hasta que son separados por un imán. Los elementos reutilizables son enfardados en unos cubos compactos. El remanente es enviado a los "módulos". Con este proceso se recuperan unas 600 toneladas cada día.



Imagen obtenida de: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires>

En definitiva se advierte que casi 14 mil toneladas, más lo que sobra del TMB se entierra en rellenos sanitarios (se publica que se llega a casi 16 mil toneladas diarias enterradas). El proceso posterior es la descomposición

---

<sup>77</sup> Publicado por Infobae: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires>

aeróbica de las "montañas de basura" que "transpiran" un líquido conocido como "lixiviado", que es extraído por un equipo de bombeo para que no contamine las napas.



Imagen obtenida de: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires>

De allí recorren un camino hasta un piletón donde se revuelven 2.000 metros cúbicos de este líquido cada día. Es definido como un líquido de color marrón, viscoso y con un aroma nauseabundo, pero que luego de un proceso decantación, filtrado y "nanofiltrados" por medio de instalaciones ósmosis inversa, se convierte en agua limpia que la empresa usa para regar su predio o devuelve a la cuenca del río Reconquista, que recorre el centro Norte III.

A su vez parte de los residuos también se convierten en energía. La basura enterrada despiden metano. El gas metano es captado y transportado por cañerías hasta una zona de compresores que enfrían el gas y lo transforman en "biogás". El biogás es transformado en electricidad que es transmitida por medio de un electroducto subterráneo de casi 8 kilómetros de largo (cables) hasta la subestación Rotonda, en la localidad de José León Suárez, y de ahí a la distribución final de energía que abastece a hogares bonaerenses.

Además se afirma que se captan las cubiertas de vehículos de caucho y reconvierten el material en granulado para pisos deportivos y otros usos por medio de la planta de la empresa Regomax.

Con las sobras vegetales de podas y ramas produce compost en silobolsas. Y con el resto de la fracción orgánica se planea producir "ecoladrillos".



Imagen obtenida de: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires>

#### D. CENTRO DE DISPOSICION FINAL ENSENADA

**Ubicación:** Diagonal 74 y Canal del Gato, Partido de Ensenada, Pcia. de Buenos Aires.

**Operador:** Actualmente las obras son dirigidas por CEAMSE, con provisión de equipos y ejecución de los trabajos a cargo de empresas contratadas al efecto.

**Datos de interés:** En relación al Centro de Disposición Final, existe una sentencia judicial de la Suprema Corte de Justicia de la Pcia. de BsAs para el cierre definitivo del mismo. Existieron plazos sucesivos de cierre fijados por el órgano judicial que no fueron cumpliéndose.

Por ello el gobierno se comprometió a construir una nueva planta de tratamiento para reciclar casi el 80% de esos restos domiciliarios. Es una planta



de tecnología TMB y con opción de instalación a futuro de una planta de producción de CDR.

Ello así, en diciembre de 2017 comenzó a funcionar la planta de tratamiento en Punta Lara con capacidad de 900 ton diarias, que supone la recuperación del 63% de los residuos urbanos de los municipios que destinan sus residuos a ese predio.

De ese modo se podrá avanzar con el cierre definitivo del relleno sanitario ordenado hace 11 años.

La planta se construyó dentro de un esquema con participación público-privada, donde interactúan la Provincia a través de OPDS, CEAMSE y la empresa ARX ARCILLEX SA. Para ello se realizó una inversión de 300 millones de pesos provenientes de activos nacionales.

***Recibe los residuos de los siguientes municipios:***

- Berisso
- Ensenada
- La Plata
- Brandsen
- Magdalena

Ingresaron 34.724,70 toneladas en el mes de octubre 2017, equivalentes a 1.120,15 toneladas de residuos diarios.

***Tipo de residuos que recibe:***

- Sólidos domiciliarios e industriales asimilables a los domiciliarios

***Planta de Tratamiento de Lixiviado***

*Ubicación:* Diagonal 74 altura Arroyo El Gato, Ensenada, Pcia. de Buenos Aires

*Capacidad de tratamiento:* 200 m<sup>3</sup>/día

*Fecha de inicio de funcionamiento:* diciembre 1994



## E. CENTRO DE DISPOSICION VILLA DOMINICO

**Ubicación:** Acceso Sudeste y Canal Sto. Domingo, Villa Domínico, Pcia. Buenos Aires.

*Este Centro de Disposición Final se cerró en forma definitiva el 31/01/04.*

El Relleno Sanitario Villa Dominico obtuvo las certificaciones “ISO 9002 – Sistema de Aseguramiento de Calidad”- e “ISO 14001 – Sistema de Gestión Ambiental”.

### **Planta de Tratamiento de Lixiviado**

**Ubicación:** Calle Ortega y A° Santo Domingo – Villa Domínico, Avellaneda, Pcia. de Buenos Aires

*Capacidad de tratamiento: 250 m<sup>3</sup>/día*

*7.500/7.700 m<sup>3</sup>/mes*

*Antes se procesaban 6.000/6.200 m<sup>3</sup> por mes. Con la ampliación realizada a la planta, se obtuvo el tratamiento de unos 1.500 m<sup>3</sup> adicionales, logrando así una capacidad de tratamiento mensual de 7.500/7.700 m<sup>3</sup>.*

*Fecha de inicio de funcionamiento: Enero 2001*

En las diferentes etapas del tratamiento, ecualización, aeróbico, anaeróbico y sedimentadores, se han efectuado más de 700 análisis.

## DESCRIPCIÓN TÉCNICA

### *1.- Datos Básicos del Relleno Villa Domínico*

- Relleno en operación desde Marzo 1979 al 31 de Enero 2004
- Superficie 298 Ha.
- Total de Toneladas acopiadas 47.000.000
- Contenido de materia Orgánica 45-50%
- Reducción estimada de CO<sup>2</sup> equivalente 5.500.000 Tn

## F. CENTRO DE DISPOSICIÓN FINAL GONZÁLEZ CATÁN



**Ubicación:** Domingo Scarlatti y Manuel Gallardo, González Catán, Partido de La Matanza, Pcia. de Buenos Aires.

**Operador:** Actualmente las obras son dirigidas por CEAMSE, con provisión de equipos y ejecución de los trabajos a cargo de la empresa Los Mallines.

**Municipio que atiende:** Se disponen los residuos de los Municipios de la zona oeste del Conurbano Bonaerense:

- La Matanza

Ingresaron 51.907,30 toneladas en el mes de octubre 2017, equivalentes a 1.674,43 toneladas de residuos diarios.

***Tipo de residuos que recibe:***

- Domiciliarios.

***Planta de Tratamiento de lixiviados:***

*Capacidad de tratamiento:* 500 m<sup>3</sup>/ día

*Fecha de inicio de funcionamiento:* diciembre 1998

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

El tratamiento es un sistema combinado biológico y fisicoquímico. Está basado en la remoción de materia orgánica, tratamiento físico-químico y desinfección por la eventual presencia de organismos patógenos en los mismos.

*Consta de las siguientes etapas:*

- Descarga de Lixiviados.
- Desbaste de Sólidos Gruesos
- Ecuación y Acopio
- Tratamiento Biológico Anaeróbico en Laguna
- Tratamiento Biológico Aeróbico de Lodos Activados





En las siguientes tablas se puede apreciar la evolución histórica de los residuos generados por municipio y gestionados por CEAMSE (hasta diciembre 2017).<sup>78</sup>

---

<sup>78</sup> <http://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>

**RESIDUOS DISPUESTOS**

AÑO	2015												Acumulado 2015	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
1	CUIDAD AUT. DE BS. AS.	96.468,9	89.176,6	100.597,1	101.593,6	100.626,8	93.304,4	64.688,6	95.382,8	91.091,6	95.728,0	96.594,5	96.137,6	1.153.380,5
2	ALTE. BROWN	14.535,5	13.822,6	13.701,5	14.339,5	14.922,9	14.970,6	16.367,2	15.777,1	13.900,6	14.825,5	13.923,2	13.718,6	174.074,8
3	AVELLANDA	12.272,6	21.459,2	19.419,4	11.605,9	11.219,2	11.153,2	12.558,4	14.336,9	16.574,1	16.122,3	13.328,9	11.527,9	171.597,0
4	BERAZATEGUI	5.989,5	5.201,3	5.635,7	5.486,6	5.222,5	5.617,4	5.781,5	6.088,2	5.631,6	6.009,3	6.166,8	6.627,4	69.931,7
5	BERISSO	2.171,8	2.024,1	2.190,4	2.101,8	1.994,4	1.907,8	1.837,6	2.237,6	2.297,9	2.372,6	2.183,9	2.219,4	25.380,4
6	ENSENADA	2.432,0	2.471,9	2.236,5	2.439,9	2.379,2	2.254,0	2.287,6	2.227,0	2.278,4	2.365,0	2.433,6	2.569,2	28.429,5
7	EST. ECHEVERRIA	5.779,1	4.987,3	5.723,7	5.460,4	5.718,5	5.543,5	5.680,2	5.700,3	5.794,0	6.088,5	5.941,2	6.517,7	68.934,3
8	EZEIZA	1.986,4	1.860,6	1.865,8	2.077,7	1.979,4	2.006,7	2.091,0	2.204,0	2.061,7	2.071,5	1.957,5	2.240,4	24.028,6
9	FCO. VARELA	6.485,9	5.922,0	6.034,4	5.980,4	6.219,4	6.047,9	6.423,5	6.556,1	6.298,8	6.823,4	6.746,9	7.166,1	76.384,8
10	GRAL. SAN MARTIN	18.405,6	16.115,3	18.594,4	17.924,7	16.851,6	16.217,8	19.041,5	19.396,5	19.409,1	20.845,0	19.414,8	20.071,5	222.277,7
11	HURLINGHAM	6.101,7	5.335,0	5.526,6	6.078,6	6.748,6	5.803,7	5.779,8	5.764,3	5.722,0	6.102,5	5.638,9	7.045,6	71.847,4
12	ITUZAINGO	6.245,7	6.113,2	6.527,8	6.433,8	6.468,1	6.392,3	5.993,7	5.816,0	5.890,1	6.179,6	6.390,6	6.574,7	75.009,6
13	JOSE C. PAZ	6.231,4	3.736,2	4.858,2	5.082,7	5.454,4	4.071,2	4.687,4	6.213,1	4.517,7	5.457,0	6.003,5	4.942,2	61.265,0
14	LA MATANZA	44.426,5	41.402,1	45.121,6	46.513,1	45.541,1	45.520,0	47.459,1	46.700,0	46.893,5	48.175,9	50.190,6	52.631,3	580.574,9
15	LA PLATA	13.722,1	15.509,1	17.068,3	17.505,3	17.882,0	17.477,0	17.800,4	17.169,6	17.567,4	17.930,4	18.022,8	20.158,5	207.812,7
16	LANUS	16.635,2	11.583,5	12.943,7	20.201,6	23.402,3	20.823,9	20.312,6	20.858,1	21.507,7	22.181,4	18.004,2	21.686,0	229.840,3
17	LONAS DE ZAMORA	21.317,4	18.924,1	21.247,3	23.029,7	22.491,9	21.753,4	21.522,4	21.925,6	22.943,0	22.902,1	23.054,4	24.798,9	285.910,1
18	MALVINAS ARG.	7.415,4	6.610,0	7.372,2	7.067,4	7.294,1	6.717,3	6.997,2	7.471,5	7.095,5	7.484,4	7.903,4	8.433,3	87.861,6
19	MERLO	13.783,4	11.122,4	12.578,7	12.958,2	13.373,2	12.571,0	14.550,0	12.510,6	9.946,6	9.776,9	9.055,4	10.301,2	102.532,6
20	MORON	8.572,9	7.201,4	7.537,9	8.466,2	8.134,7	8.136,7	8.380,9	8.381,9	8.520,2	8.979,4	8.779,5	9.208,2	100.299,8
21	MORON	11.426,8	10.003,5	11.247,4	11.991,6	11.897,3	11.596,0	11.275,0	11.291,6	11.277,8	11.751,4	11.129,8	12.797,2	137.485,4
22	QUILMES	15.070,8	13.297,9	14.885,5	13.943,9	14.076,4	13.486,0	13.942,4	14.186,6	14.325,3	14.822,1	14.512,9	16.280,7	172.805,2
23	SAN FERNANDO	6.142,4	5.217,5	5.439,4	5.441,7	6.132,8	5.227,5	5.319,5	5.883,3	5.631,7	6.552,3	6.400,7	7.045,6	70.434,4
24	SAN ISIDRO	16.712,1	15.113,4	15.889,2	16.687,8	16.941,2	16.037,2	16.280,8	17.348,8	18.084,4	19.331,1	18.785,6	17.942,0	205.123,6
25	SAN MIGUEL	11.512,3	8.888,4	8.741,0	9.880,8	10.174,5	9.277,8	9.833,4	9.816,1	10.053,7	10.538,6	10.340,2	11.275,7	120.402,6
26	TIGRE	13.485,8	11.803,7	12.173,5	12.247,7	12.442,9	11.846,4	12.173,4	12.563,5	12.971,2	14.619,4	14.100,8	14.781,4	155.212,6
27	TRES DE FEBRERO	14.080,8	12.838,8	13.611,8	13.828,8	14.214,4	14.402,5	15.021,3	14.438,4	15.428,7	15.630,0	14.485,4	16.076,0	173.471,9
28	VICENTE LOPEZ	12.325,7	11.026,6	11.945,7	12.279,3	12.795,3	11.488,8	12.070,0	12.642,0	12.784,1	13.575,1	13.091,0	14.030,0	150.053,6
N 29	PTE. PERON (*)	1.288,7	1.086,0	1.173,8	1.212,5	1.271,5	1.270,4	1.323,1	1.438,8	1.349,3	1.419,5	1.286,8	1.513,4	15.634,1
I 30	PILAR (*)	5.013,7	4.160,4	4.648,6	4.406,7	3.723,1	3.977,4	4.085,5	4.571,3	4.238,4	5.731,9	4.707,6	6.257,6	55.452,3
C 31	GRAL. RODRIGUEZ (*)	1.247,1	1.274,5	1.105,7	961,4	1.206,4	1.045,8	1.084,0	1.440,9	1.161,2	1.416,1	1.314,4	1.263,6	14.521,0
I 32	BRANDSEN (*)	576,8	922,3	445,8	372,9	555,7	423,7	559,3	491,3	473,9	321,9	0,0	1.227,9	6.377,3
P 33	MAGDALENA (*)	283,5	226,8	222,9	206,3	217,1	224,2	244,7	249,3	248,8	291,8	246,6	263,9	2.925,8
A 34	MERCEDES (*)	3.744,4	3.671,1	603,6	730,8	1.105,5	801,3	405,2	608,6	811,9	923,0	573,1	579,3	11.231,7
L 35	ESCOBAR (*)	4.366	3.101,8	3.455,9	3.572,4	3.196,7	3.140,2	3.150,9	3.436,3	3.002,6	4.045,5	3.660,7	4.322,5	38.423,1
L 36	MARCOS PAZ (*)	1.412,7	1.080,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.993,0
E 37	CONCORDIA (*)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
S	OTROS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	GEN. PRIVADOS	31.458,4	28.388,9	29.658,4	32.248,3	31.002,3	28.882,2	32.089,8	31.956,2	30.973,3	31.704,5	30.088,6	29.885,2	388.315,0

NOTA: (\*) No incluidos en ley 9111



AÑO	2016												Acumulado 2016	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
1	CIUDAD AUT. DE BS. AS.	87.355,0	82.607,7	93.369,0	93.186,4	92.370,3	82.918,2	88.591,4	93.143,8	95.941,9	94.420,2	91.450,4	99.354,3	1.094.708,7
2	ALTE. BROWN	15.487,5	14.439,7	15.300,6	13.701,5	14.397,9	13.091,6	13.108,3	15.922,8	16.112,1	16.069,9	15.922,0	16.057,6	180.322,0
3	AVELLANEDA	9.808,2	8.109,3	13.326,9	14.931,0	14.937,1	11.807,2	13.216,3	13.718,4	13.007,7	13.668,2	13.637,7	13.782,8	152.797,7
4	BERAZATEGUI	7.888,3	6.947,0	6.206,1	5.898,7	5.993,1	5.705,3	7.255,8	8.188,7	7.852,3	7.787,5	7.321,5	7.600,6	84.352,8
5	BERISSO	2.014,9	1.991,3	2.279,0	2.318,8	2.182,3	1.935,0	2.187,2	1.992,5	2.134,8	2.138,2	1.855,3	1.942,5	24.971,9
6	ENSENADA	5.070,5	3.702,5	2.780,0	2.382,7	2.703,5	2.288,6	2.580,9	2.310,5	2.443,7	2.430,5	2.480,5	2.866,3	33.895,9
7	EST. EGHEVERRIA	6.298,4	5.862,2	5.948,0	5.048,2	5.943,7	5.298,2	5.580,5	6.227,7	6.327,7	6.406,5	6.188,7	6.675,8	72.201,2
8	EZEIZA	2.085,0	2.031,5	1.952,5	1.989,9	2.025,5	2.102,7	2.109,3	2.948,4	3.174,9	3.951,6	3.707,9	3.620,5	32.219,7
9	FCIO. VARELA	6.707,4	6.222,3	6.787,4	6.591,4	6.666,7	6.178,7	6.552,6	7.059,8	7.042,1	7.156,3	7.076,2	7.558,3	81.597,2
10	GRAL. SAN MARTIN	18.403,2	16.631,3	19.356,0	16.053,4	16.909,5	15.422,1	14.802,6	17.501,1	17.210,8	17.262,8	17.504,4	17.783,8	204.940,1
11	HURLINGHAM	6.860,4	5.888,8	7.228,2	6.389,1	6.483,1	6.287,4	6.203,6	6.237,5	6.105,1	6.282,9	6.254,1	6.445,9	76.756,2
12	ITUZANGO	4.910,2	5.227,1	5.046,4	3.920,4	4.434,3	5.711,7	4.931,0	5.412,0	5.545,5	5.792,7	5.519,9	5.914,5	62.305,6
13	JOSE C. PAZ	8.353,2	6.198,2	6.701,5	7.111,7	5.391,0	5.447,8	5.115,7	5.505,8	6.042,4	7.240,5	5.756,4	5.340,1	74.204,4
14	LAMATANZA	47.845,4	44.573,6	48.280,3	46.824,5	48.484,6	45.789,2	46.543,2	50.784,9	49.900,5	52.686,6	49.686,0	50.478,4	581.857,1
15	LA PLATA	22.550,2	21.282,9	25.155,6	24.244,8	26.000,0	23.086,2	19.150,8	22.625,4	22.780,9	23.074,2	22.616,1	23.908,9	276.455,9
16	LANUS	20.085,0	19.141,4	21.759,3	20.192,9	20.073,2	18.606,2	22.403,7	25.588,1	24.726,4	24.295,2	23.991,4	25.029,1	265.897,8
17	LOMAS DE ZAMORA	23.497,8	22.405,2	24.071,2	21.912,2	23.356,5	21.650,0	21.182,3	25.567,4	25.134,1	25.338,1	25.445,5	27.059,4	286.619,6
18	MALVINAS ARG.	7.851,7	7.410,6	7.679,0	7.118,9	7.515,3	6.988,1	7.172,7	7.933,1	7.666,3	7.922,8	7.458,2	8.098,7	90.795,4
19	MERLO	14.811,5	22.237,9	20.729,7	20.561,0	21.718,7	19.294,3	19.294,0	18.863,7	20.481,7	19.150,0	19.884,9	17.599,3	235.126,6
20	MORENO	9.195,4	8.404,6	9.378,0	7.733,9	8.704,5	7.817,6	8.133,8	9.155,7	8.725,5	8.608,3	8.486,1	8.654,5	103.028,0
21	MORON	12.271,7	11.515,4	12.346,8	11.655,2	12.670,6	11.818,3	11.192,4	12.851,0	11.916,6	12.179,2	12.200,2	12.374,5	144.324,0
22	QUILMES	15.306,4	13.944,9	14.927,8	13.810,3	14.217,8	12.930,7	13.868,0	15.251,2	14.872,1	15.399,9	14.703,7	15.617,6	174.610,4
23	SAN FERNANDO	6.232,3	5.774,5	6.599,7	6.388,9	6.401,8	5.990,8	5.927,3	5.494,5	6.017,2	5.518,2	5.620,1	7.022,9	71.708,0
24	SAN ISIDRO	17.284,0	16.542,9	18.769,9	17.826,8	19.425,2	17.847,6	16.465,0	18.300,8	17.678,2	17.474,5	17.632,3	17.129,2	212.376,5
25	SAN MIGUEL	10.894,1	11.557,4	11.852,5	13.220,9	13.777,8	12.161,4	11.204,5	12.252,7	11.831,8	12.236,1	12.303,6	13.345,0	146.638,7
26	TIGRE	13.850,4	13.973,5	13.921,5	12.942,6	13.641,6	12.997,4	12.554,2	13.780,4	13.386,3	14.352,9	13.934,0	14.277,5	163.222,3
27	TRES DE FEBRERO	15.336,2	14.344,1	15.681,1	14.358,8	15.262,8	13.878,5	12.934,4	14.728,0	14.340,6	14.609,7	14.645,1	14.725,4	174.860,7
28	VICENTE LOPEZ	11.721,4	11.756,8	12.323,0	11.649,3	13.349,5	12.328,4	12.200,7	13.387,7	13.296,8	13.128,5	13.171,5	12.671,6	150.985,4
29	PTE. PERON (*)	1.333,9	1.286,3	1.365,0	1.316,2	1.334,1	1.313,5	1.355,6	1.489,6	1.419,1	1.430,0	1.374,4	1.519,8	15.927,4
30	PILAR (*)	5.137,1	5.018,9	4.929,4	4.969,7	4.315,1	4.031,7	3.705,2	4.541,7	4.463,9	5.940,0	5.740,3	6.229,7	58.626,5
31	GRAL. RODRIGUEZ (*)	1.248,9	1.350,5	1.686,8	1.549,2	1.625,4	1.478,0	1.540,4	1.588,1	1.675,5	1.939,2	1.723,6	1.933,9	19.349,5
32	BRANDESEN (*)	4.993,3	4.647,7	5.022,2	6.834,4	4.833,5	4.846,6	5.793,8	5.983,3	5.912,2	4.854,4	5.812,2	4.909,9	6.224,4
33	MAGDALENA (*)	270,9	298,5	320,9	280,2	280,6	289,3	322,6	337,3	319,7	184,0	280,7	366,7	6.224,4
34	MERCEDES (*)	453,6	714,2	537,0	1.285,7	1.218,4	695,7	762,9	1.400,9	1.277,0	684,3	429,7	767,0	10.236,4
35	ESCOBAR (*)	3.887,1	3.760,3	4.028,2	3.671,1	3.132,6	3.132,6	2.920,2	3.460,3	3.254,5	4.641,5	4.278,5	4.694,4	45.202,2
36	SAN VICENTE	155,6	1.055,1	1.121,6	1.124,2	1.179,2	1.155,0	1.100,3	1.240,7	1.095,7	1.352,6	888,5	988,1	12.426,7
37	GRAL. LAS HERAS	0,0	305,6	502,4	654,1	508,0	535,8	475,3	553,7	499,6	504,1	441,7	450,0	5.430,3
38	BOLIVAR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	BARADERO	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
40	SANTA ROSA DE CALA	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
41	MUNICIP. PELLEGRINI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
42	MARCOS PAZ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43	MUNICIP. URDINARAIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	OTROS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	GEN. PRIVADOS	28.977,6	28.132,4	30.973,4	30.256,9	29.917,0	31.905,4	28.325,5	29.352,8	27.453,9	27.197,4	28.655,7	28.118,6	348.276,6

NOTA: (\*) No incluidos en ley 9111



	AÑO	2017												Acumulado 2017
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	CIUDAD AUT. DE BS.AS.	88.746,8	80.193,9	96.762,4	92.871,3	97.821,8	93.222,4	93.182,7	94.007,7	95.899,5	98.293,4	85.117,0	85.083,9	1.101.202,7
2	ALTE. BROWN	17.741,1	13.843,7	17.810,9	15.239,2	16.963,7	15.313,8	14.582,0	13.829,8	15.087,7	19.251,4	16.315,9	15.829,7	191.808,9
3	AVELLANEDA	12.938,7	12.938,7	13.735,3	13.183,1	14.867,2	12.907,2	12.681,6	13.783,3	14.221,8	14.308,4	14.458,1	13.899,7	162.343,5
4	BERAZATEGUI	8.153,1	6.402,2	7.557,9	6.742,2	8.760,8	9.091,2	8.856,2	8.834,8	9.559,5	10.783,4	9.517,0	9.627,0	103.888,2
5	BERISSO	2.340,0	1.921,8	1.783,9	1.968,9	2.220,6	2.040,8	2.081,6	2.323,2	2.478,3	2.573,0	2.395,7	2.336,0	26.463,9
6	ENSENADA	3.252,1	2.998,8	3.243,8	2.593,5	2.998,4	2.537,5	2.713,0	2.728,5	2.987,0	2.884,3	3.528,7	2.940,3	35.281,9
7	EST. ECHEVERRIA	7.118,7	5.794,9	6.745,9	6.567,2	7.323,8	6.183,6	5.771,7	5.654,6	6.130,3	7.446,1	6.663,6	6.882,4	78.262,8
8	EZEIZA	3.822,5	3.217,9	3.867,6	3.569,8	4.229,2	3.152,1	3.163,5	6.075,0	6.188,8	6.204,9	6.086,9	6.575,5	56.753,6
9	FCJO. VARELA	7.908,0	6.838,4	7.887,5	6.904,3	7.799,9	6.571,4	6.770,2	6.630,7	6.977,2	8.554,2	7.368,7	7.412,6	87.516,4
10	GRAL. SAN MARTIN	17.672,9	14.761,4	18.180,0	15.941,2	17.853,5	16.794,5	15.848,4	17.344,5	17.645,9	18.489,4	17.809,4	18.413,8	206.754,9
11	HURLINGHAM	6.672,4	5.598,8	7.174,5	6.027,6	6.486,8	5.714,3	6.291,3	7.099,3	7.798,9	8.024,2	7.974,7	5.944,4	80.807,0
12	ITUZAINGO	5.795,2	5.070,8	5.132,0	4.639,4	4.493,0	4.188,6	4.954,3	5.077,8	5.892,8	5.889,6	7.463,8	8.946,6	67.543,9
13	JOSE C. PAZ	6.081,0	6.915,5	7.709,0	5.893,0	6.162,8	5.686,1	5.232,0	4.782,8	7.467,1	6.135,1	5.303,9	5.897,8	73.266,0
14	LA MATANZA	50.342,0	43.607,7	50.385,1	44.513,9	50.096,2	48.348,6	48.145,2	50.612,1	51.106,1	51.907,3	48.102,3	47.146,6	584.283,0
15	LA PLATA	22.727,1	20.170,3	23.905,1	21.177,0	23.728,6	26.647,0	26.048,7	28.446,4	30.445,4	28.809,5	28.519,8	27.788,8	308.413,6
16	LANUS	26.881,5	26.389,7	27.892,3	26.568,5	28.418,2	21.767,8	23.509,9	26.984,3	28.310,5	27.556,1	28.953,1	26.591,3	319.803,1
17	LOMAS DE ZAMORA	26.155,9	23.335,6	29.101,4	26.520,9	28.326,0	25.309,5	24.688,7	26.751,9	27.497,2	28.474,0	26.813,2	27.681,0	319.655,2
18	MALVINAS ARG.	8.147,2	6.798,5	7.792,5	6.943,9	7.459,1	7.081,6	7.077,6	7.413,9	7.731,5	8.016,8	7.811,5	8.439,5	90.703,5
19	MERLO	18.953,3	17.605,6	20.806,7	17.645,2	21.274,9	18.410,4	17.016,5	18.017,2	16.590,8	16.353,3	15.623,3	15.537,9	212.655,0
20	MORENO	9.227,4	7.839,8	9.145,1	7.652,2	8.690,4	8.352,2	7.775,5	8.682,6	8.703,7	8.791,4	9.418,1	8.407,8	105.679,1
21	MORON	12.406,5	10.929,1	13.394,8	12.055,9	13.525,2	12.882,4	12.189,7	12.634,0	12.982,1	13.195,3	12.579,8	12.751,0	151.325,6
22	QUILMES	16.702,6	13.250,0	15.500,8	13.898,8	15.593,2	14.317,4	14.392,6	16.031,5	16.820,4	17.740,2	16.721,3	16.124,8	187.093,6
23	SAN FERNANDO	6.795,5	5.247,6	7.475,1	6.554,5	7.279,8	6.668,0	6.539,2	7.112,9	6.801,8	7.404,7	7.924,0	8.031,4	84.033,5
24	SAN ISIDRO	17.701,2	15.205,2	17.902,1	16.930,9	19.417,3	18.050,1	17.263,9	18.326,0	18.994,5	19.165,3	19.065,4	18.153,1	216.175,1
25	SAN MIGUEL	12.833,0	11.301,7	14.273,5	12.981,7	15.383,9	14.526,4	10.599,3	10.837,7	11.651,1	12.015,9	11.214,2	14.022,4	151.640,9
26	TIGRE	14.677,3	12.539,7	14.818,1	12.691,3	13.789,3	12.380,7	12.939,4	18.719,1	20.406,4	19.995,6	19.341,1	18.180,2	190.478,2
27	TRES DE FEBRERO	14.559,5	12.191,2	15.144,3	13.336,2	14.578,6	13.568,4	13.218,5	13.061,6	15.638,0	15.101,0	13.525,3	13.339,1	167.261,7
28	VICENTE LOPEZ	12.799,2	10.920,6	14.107,1	13.414,0	13.327,9	12.366,3	12.041,5	12.696,8	12.919,0	14.349,2	13.691,8	14.329,6	166.963,0
29	PTE. PERON (*)	1.530,8	1.156,9	1.566,9	1.316,5	1.444,4	1.330,6	1.289,5	1.389,9	1.438,8	1.689,0	1.479,0	1.537,9	17.180,2
30	PILAR (*)	6.357,5	5.130,0	6.369,1	5.498,3	5.952,2	5.696,3	5.725,2	5.993,7	6.192,4	6.390,9	6.197,7	6.400,7	71.904,1
31	GRAL. RODRIGUEZ (*)	2.000,7	1.636,9	2.505,1	1.649,4	1.697,1	1.608,7	1.765,0	1.878,8	1.877,9	1.911,7	1.772,1	1.883,8	22.187,3
32	BRANDSEN (*)	693,8	347,9	166,5	46,5	154,2	14,0	81,0	79,4	202,2	119,2	53,2	145,9	2.103,8
33	MAGDALENA (*)	274,2	297,2	378,0	325,7	305,4	244,0	262,8	292,0	307,6	358,7	426,8	314,7	3.787,3
34	MERCEDES	883,3	893,1	982,2	1.270,7	1.618,5	1.302,5	1.309,2	1.498,9	1.419,8	1.152,3	776,3	713,6	13.820,3
35	ESCOBAR (*)	4.789,3	4.117,5	4.716,6	4.229,7	4.593,3	4.270,5	4.369,8	4.691,3	4.788,6	5.003,6	4.764,7	5.205,6	55.540,7
36	LOBOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	628,4	553,1	445,3	1.948,8
37	SAN VICENTE	1.765,1	1.371,3	1.259,7	1.116,8	1.265,7	187,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.966,1
38	GRAL. LAS HERAS	470,8	425,4	528,8	464,0	517,6	88,2	0,0	3,4	7,4	0,0	0,0	0,0	2.505,5
39	SAN ANDRES DE GILES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	238,2	526,3	469,4	378,3	0,0	1.612,3
	OTROS	0,0	0,0	5,9	20,4	9,1	4,8	0,0	9,1	4,2	157,5	230,6	503,3	944,8
	GEN. PRIVADOS	26.862,6	24.049,0	28.867,1	26.103,5	27.180,3	23.992,3	25.738,6	25.454,3	24.688,1	24.515,0	24.760,8	22.719,1	303.928,7

NOTA: (\*) No incluidos en ley 9111

## Vida útil

En relación a la vida útil de los vertederos de CEAMSE, los centros de disposición final que actualmente reciben residuos son los de Norte III, González Catán y Ensenada.

Es dable recordar que durante el año 2012 surgió un problema vinculado con la poca vida útil residual de Norte III, y una pelea política entre la Provincia y la Ciudad de Buenos Aires con el frenado momentáneo del envío de residuos hacia ese predio.

Finalmente se solucionó el conflicto con distintas campañas y con la ampliación de la capacidad de las capas de Norte III y el mejoramiento del predio de Ensenada.



Imagen obtenida de: <https://www.infobae.com/sociedad/2018/01/27/tapados-de-basura-en-cinco-anos-colapsa-el-sistema-de-rellenos-sanitarios-del-amba/>

Si bien desde esa fecha se dejó de hablar de vida útil estimada de los predios de CEAMSE, hacia el mes de enero de 2018 comenzaron a publicarse nuevas estimaciones<sup>79</sup> sobre la vida útil de los predios por la inauguración del último módulo utilizable en Norte III en el partido bonaerense de San Miguel. Las autoridades de la Coordinación Ecológica Metropolitana Sociedad del

<sup>79</sup> Publicado por Infobae: <https://www.infobae.com/sociedad/2018/01/27/tapados-de-basura-en-cinco-anos-colapsa-el-sistema-de-rellenos-sanitarios-del-amba/>



Estado (CEAMSE) informaron que la actual situación tiene un límite temporal y espacial de 5 años. Luego de ese plazo, los municipios del AMBA y la Ciudad deberían disponer su basura en otros espacios o con nuevas tecnologías.

Se afirma que las autoridades oficiales no quieren hablar de incineración. Esta tecnología es resistida por los ambientalistas y prohibida por la ley de “basura cero” de CABA. También indican que a la fecha se está enterrando 18.000 tn (en tablas se publican 17.400tn) por día. Estiman que se pasarían a disponer al 2030 unas 25.000 tn por día.

La vida útil de los vertederos se calcula sobre distintas variables, como la cantidad de población atendida, la generación diaria por habitante, el método de explotación, la densidad media del vertedero, el área de vertido, la altura de las celdas, la cantidad de celdas máximas según la altura del vertedero, el espesor de la cobertura, el tipo de recubrimiento.

Una ejemplo de memoria de cálculo del dimensionamiento y la vida útil de un vertedero, se puede apreciar en <http://www.olivacordobesa.es/Vida%20util%20vertedero.pdf>

Llevando el ejemplo para la celda activa de Norte III C, vemos los siguientes datos:

Los parámetros básicos son los siguientes:

- Población atendida Norte III: 11.800.000 habitantes.
- Generación de residuos: 1,25 kg por habitante y día.
- Vertido de residuos: 1,19 kg por habitante y día.
- Método de explotación: vertido en área sobre topografía vaguada o depresión con canaletas para extraer lixiviados.
- Suponemos que el vertedero es de media densidad: 700 kg/m<sup>3</sup>.
- Suponemos un área disponible para el vertido de: 300,125 hectáreas (1.750 metros de largo x 1.715 metros de ancho).
- En el ejemplo suponemos una altura de cada celda de 6,8 metros.
- Se supone una altura máxima del vertedero: 64 metros.
- Se supone un espesor del material de cobertura: 1,2 tn/m<sup>3</sup>.



- Configuración del recubrimiento superior: capa de tierra de 20cm compactada.

- Configuración del recubrimiento del fondo: barrera de arcilla y luego con una membrana de polietileno de alta densidad de 1.500 micrones.

- Generación de lixiviados: 0,5 l/s/ha de vertedero cubierto.

Utilizando estos datos de partida, a continuación se presentan los cálculos necesarios para la determinación de la vida útil de este vertedero:

1.- Determinación de las toneladas de residuos vertidas diariamente.

•Vertido diario =  $[(11.800.000 \text{ habitantes})(1,19 \text{ kg/hab/día})/(1.000 \text{ kg/tn}) = 14.042 \text{ tn/día}$

2.- Determinación del área de vertido requerida anualmente.

•Volumen de vertedero requerido diariamente =  $(14.042 \text{ tn/día})(700 \text{ kg/m}^3) = 20.060 \text{ m}^3/\text{día}$

•Volumen de vertedero requerido anualmente =  $(20.060 \text{ m}^3/\text{día})(365 \text{ día/año}) = 7.321.900 \text{ m}^3/\text{año}$

•Área requerida anualmente =  $(7.321.900 \text{ m}^3/\text{año})/(6,8 \text{ m}) = 1.076.750 \text{ m}^2/\text{año}$  (107,67 ha/año)

3.- Determinación de las necesidades de material de cobertura.

•Volumen de material de cobertura requerido anualmente =  $1.076.750 \text{ m}^2/\text{año} \times 0,20 \text{ m} = 215.350 \text{ m}^3/\text{año}$

•Volumen de material de cobertura requerido diariamente =  $215.350 \text{ m}^3/\text{año}/365 \text{ días/año} = 590 \text{ m}^3/\text{día}$

•Toneladas de material de cobertura requeridas diariamente =  $590 \text{ m}^3/\text{día} \times 1,2 \text{ tn/m}^3 = 708 \text{ tn/día}$

4.- Número de capas

•Puesto que cada capa utiliza 7 metros de altura, el vertedero podrá contar con 9 capas más la cobertura final de 1 metro.

•Nº de capas =  $(64 \text{ m} - 1 \text{ m})/(6,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) = 9 \text{ capas}$



#### 5.- Vida útil de cada una de las capas:

##### - 1ª capa

- Capacidad =  $3.001.250 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 14.285.950 \text{ tn}$
- Duración =  $14.285.950 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,79 \text{ años}$
- A partir de la segunda capa se consideran retranqueos de 2 metros respecto a la capa anterior y caballones de cierre frontal de 5 metros en coronación, pendiente exterior 3:1 a anterior 1:1.

##### - 2ª capa

- Superficie disponible:  $3.001.250 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.984.100 \text{ m}^2$ .
- Capacidad =  $2.984.100 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 14.204.316 \text{ tn}$
- Duración =  $14.204.316 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,77 \text{ años}$

##### - 3ª capa

- Superficie disponible:  $2.984.100 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.966.950 \text{ m}^2$ .
- Capacidad =  $2.966.950 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 14.122.682 \text{ tn}$
- Duración =  $14.122.682 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,76 \text{ años}$

##### - 4ª capa

- Superficie disponible:  $2.966.950 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.949.800 \text{ m}^2$ .
- Capacidad =  $2.949.800 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 14.041.048 \text{ tn}$
- Duración =  $14.041.048 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,74 \text{ años}$

##### - 5ª capa

- Superficie disponible:  $2.949.800 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.932.650 \text{ m}^2$ .
- Capacidad =  $2.932.650 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 13.959.414 \text{ tn}$
- Duración =  $13.959.414 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,72 \text{ años}$



- 6ª capa:

• Superficie disponible:  $2.932.650 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.915.500 \text{ m}^2$ .

• Capacidad =  $2.915.500 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 13.877.780 \text{ tn}$

• Duración =  $13.877.780 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,71 \text{ años}$

- 7ª capa

• Superficie disponible:  $2.915.500 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.898.350 \text{ m}^2$ .

• Capacidad =  $2.898.350 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 13.796.146 \text{ tn}$

• Duración =  $13.769.146 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,69 \text{ años}$

- 8ª capa

• Superficie disponible:  $2.898.350 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.881.200 \text{ m}^2$ .

• Capacidad =  $2.881.200 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 13714512 \text{ tn}$

• Duración =  $13.714.512 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,68 \text{ años}$ .

- 9ª capa

• Superficie disponible:  $2.881.200 \text{ m}^2 - [1.715 \text{ m} \times (2 + 8) \text{ m}] = 2.864.050 \text{ m}^2$ .

• Capacidad =  $2.864.050 \text{ m}^2 \times 6,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ tn/m}^3 = 13.632.878 \text{ tn}$

• Duración =  $13.632.878 \text{ tn} / (14.042 \text{ tn/día} \times 365 \text{ días/año}) = 2,66 \text{ años}$ .

6.- Vida útil de vertedero

• Por tanto la vida útil del vertedero considerando estable la generación de residuos será de:  $(2,79 + 2,77 + 2,76 + 2,74 + 2,72 + 2,71 + 2,69 + 2,68 + 2,66)$   
**= 24,52 años.**



## Valorización energética

Según una publicación periodística<sup>80</sup> de octubre de 2017, se habrían proyectado siete plantas de incineración que generarían energía para unos 3.700.000 habitantes. El problema al respecto es que en el año 2005 CABA votó la denominada ley de “Basura Cero” que propone la disminución de los residuos enterrados hasta reducirla a su mínima expresión por medio del reciclado, compostaje u otras técnicas amigables con el ambiente, prohibiendo expresamente la incineración de residuos en todas sus formas, con y sin recuperación de energía.

Los plazos para que esa ley se cumpla ya están vencidos a la fecha, toda vez que en 2012 el distrito debía disminuir el 50% de los residuos que se enterraban. Actualmente la reducción del enterramiento alcanzó el 36% gracias a una planta de tratamiento de áridos (restos de construcción) que trata 2000 tn por día. Mientras que el sistema de recolección diferenciada, separación y reciclado apenas alcanzan el 6 por ciento, siempre según cifras oficiales.

Asimismo, el punto energético es el otra temática, dado que se afirma que se intentará reformar la ley de energías renovables para incorporar la tecnología conocida como waste to energy.

Desde el sector ambientalista señalan que atenta contra los puestos de trabajo ligados al reciclaje y desaprovecha un potencial enorme de generación de empleos. De acuerdo con datos del sector, en la Argentina 200.000 personas trabajan en la recolección, clasificación y procesamiento de materiales para reciclaje, sólo en el sector de la economía popular. A ello se suman quienes trabajan en industrias y otros circuitos de reciclado.

Estas fuentes de trabajo entran en serio riesgo si deben competir con una tecnología que para generar energía necesita materiales con alto poder calorífico, entre los que se encuentran precisamente los que tienen mercado de reciclaje.

---

<sup>80</sup> Publicado por Infobae: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/10/21/buenos-aires-evalua-nuevamente-incinerar-la-basura/>



Adicionalmente, y desde un punto de vista más estratégico, si bien la minimización en la generación está en el tope de todas las jerarquizaciones y priorizaciones de acciones a desarrollar en la gestión adecuada de los RSU, transformarlos en un “recurso” necesario para una industria que requiere de los mismos para funcionar sería cuanto menos contradictorio. Esto se basa en el hecho de que dicha industria haría lo necesario para que no se reduzca la generación de una fuente de energía como ésta. Es por esta paradoja que casos como el Alemán, en el que se deben importar residuos del resto de Europa para poder cumplir con la cuota de consumo de su matriz de generación eléctrica por medio de tecnología WtE, es mostrado por la industria como una gran noticia (Estamos “limpiando” Europa) y como una consecuencia nefasta por las ONG’s ambientalistas (Sólo quieren más y más residuos)

El costo de instalación de incinerador de 3.000 toneladas día ronda los 600 millones de dólares (según esa publicación). Al respecto se puede tener presente que, como se viera en el capítulo 6, la inversión necesaria para montar una planta de CDR de hasta 150 Ton/día no supera los 4 millones de dólares, lo que proporcionalmente representaría 80 millones de dólares para poder procesar la misma cantidad de 3.000 tn/día. Si bien las relaciones no necesariamente lineales, aun multiplicando por dos dicho valor la diferencia justifica la estimación. La clave está entonces en el hecho de que se está utilizando instalaciones que ya existen y operan con condiciones termoquímicas que requieren adecuaciones menores como son los hornos de cemento. Por lo que el desafío de la viabilidad pasa por la capacidad de consumo que dichos hornos puedan tener para este tipo de combustibles y la competitividad de los mismos frente a los combustibles convencionales..

### **Landfill mining**

Landfill mining o minería de vertederos es el proceso por medio del cual se busca recuperar materiales residuales de rellenos sanitarios y vertederos para su recuperación, reutilización como materiales secundarios, y reciclaje, y eventualmente ante la imposibilidad de reutilización, para su valorización energética.



Imagen tomada de <http://landfill.com.s109594.gridserver.com/landfill-mining-and-reclamation/>

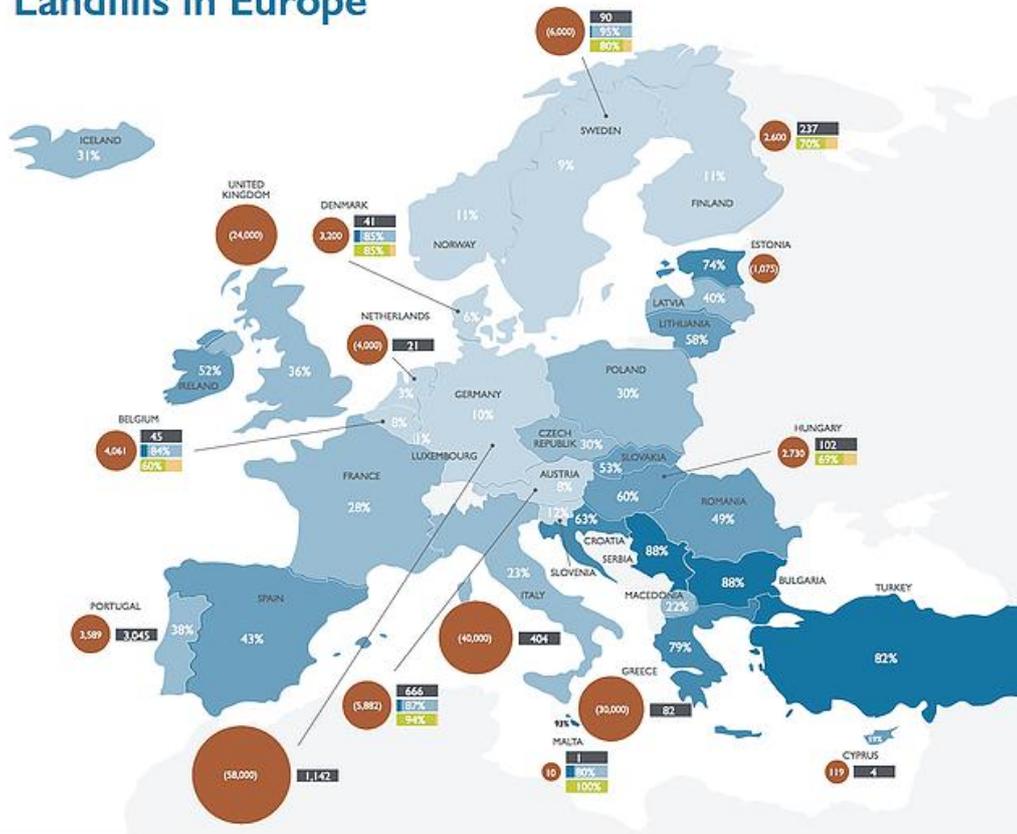
En términos generales, la implantación de una política de minería de vertederos puede representar un desarrollo económico que favorezca la creación de empleo, asista en la reducción de importación de algunas materias primas, y permita avanzar con los objetivos de mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Durante siglos, en todo el mundo se han arrojado residuos en vertederos. Existen millones de estos sitios en todo el mundo, aunque solo algunos se encuentran operacionales en el presente. Muchos de ellos se encuentran en locaciones semi-urbanas y suelen llamarse rellenos sanitarios. Generalmente cuentan con sistemas de control de emisiones de gases y algunas medidas de protección ambiental que cambian de acuerdo a las legislaciones de cada país.

En la actualidad en nuestro país se está comenzando a indagar en la posibilidad de producción de gas a través de la quema de gas metano que emana de la descomposición de esos residuos.

Existen distintas organizaciones en el mundo vinculadas con la recuperación y minería de vertederos, entre las cuales destaca EURELCO (European Enhanced Landfill Mining Consortium). Este organismo persigue dos objetivos primordiales, el denominado Waste to Materials vinculado con la recuperación de materiales y WtE, para la reconversión energética de los residuos minados.

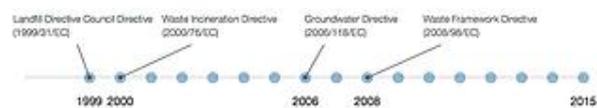
## Landfills in Europe



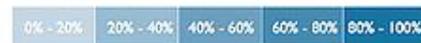
Este mapa tomado de <https://www.eurelco.org/infografic>, nos da una imagen de la cantidad de vertederos de residuos sólidos urbanos en Europa y el porcentual de cantidad total de esos residuos generados que terminan en dichos vertederos.

La temática abarcada es el valor económico de esos vertederos en cuanto a la recuperación de metales allí depositados. Posteriormente se indagó en el uso posible de los otros residuos y las

### Timeline of waste related directives in Europe

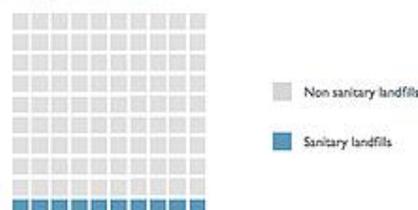


### Legend



Current landfill rate(%) i.e. share of landfilled waste versus total waste generated, excluding major mineral waste (EUROSTAT 2012 data)

EU(28): 500,000+ landfills



opciones asociadas más rentables.



Imagen tomada de <https://www.recyclingstar.org/publications/overview-landfill-mining-resource-recovery-option-future/>

No es desconocido que estos vertederos representan riesgos ambientales en vistas de la pobre tecnología aplicada en el pasado para frenar la contaminación de las napas y acuíferos subterráneos, como así también por las emanaciones de gases no controladas. Son unas de las mayores fuentes de emisiones de metano.

Sin embargo, a través de la gestión de recuperación de recursos en la minería de vertederos, el gasto neto efectuado para la reducción de la problemática ambiental que representan puede ser drásticamente reducido. Tanto a través de la obtención de materiales como de la producción de energía.<sup>81</sup>

---

<sup>81</sup> Se aprecia una interpretación en <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/landfill-mining-recycling-eurelco/>



En particular, el denominado “Landfill Mining” persigue la mejora en el valor agregado en relación al balance de recuperación ambiental y capital obtenido con las tareas realizadas de minería; incluso se busca obtener un beneficio financiero capaz de asegurar la recuperación ambiental de otros vertederos no provechosos económicamente.

Esta práctica no se detiene en residuos sólidos urbanos, también se trabaja sobre residuos de origen industrial.

Estos últimos residuos son generados muchas veces durante la producción de aluminio, zinc, cobre y acero, o asimismo, en la industria petroquímica.

Del mismo modo, esta práctica es relevante para los denominados residuos áridos provenientes de la construcción, que están compuestos entre otros por vidrio, plástico, metales, cemento, cal, arena, lajas, y demás materiales de construcción. Estos residuos pueden ser absorbidos a través de la molienda para convertirse en base de hormigón de baja calidad utilizado frecuentemente en veredas u otras construcciones que no requieren la resistencia de un hormigón de gran calidad.

Es de destacar que bajo esta visión, un relleno sanitario deja de cumplir una función de “disposición final”, para transformarse en un depósito o reservorio de materiales de potencial interés futuro, incluso a la espera de nuevas tecnologías que permitan valorizarlos. Como concepto básico, en la vida útil del relleno se habrán degradado todos los componentes de tipo orgánico, quedando mayoritariamente los inertes (ferrosos, no ferrosos, cementicios, inorgánicos) y los orgánicos de alta dificultad de descomposición como lo son mayoritariamente los plásticos. De este modo, los plásticos que no se pueda o no se justifique que sean reciclados, pueden formar parte de un CDR de excelente calidad térmica para la generación de energía.

Asimismo, otros residuos urbanos pueden ser utilizados con la tecnología proveniente de los nuevos cañones de plasma para ser transformados en hidrógeno y energía. Esta práctica deja como residuo un mineral capaz de ser



convertido en cemento de baja calidad, cerrando aún más el concepto de economía circular.

Finalmente, esta práctica puede favorecer la creación de nuevas fuentes de empleo vinculadas con la separación las operaciones de remoción de viejos rellenos sanitarios, la separación en el campo, la producción de equipos móviles de separación, trituración y blending, el reciclado, la recuperación de metales y elementos químicos de interés para la industria y la reconversión energética.

### **Gestión de residuos (opciones contempladas además de la valorización energética)**

En relación a la legislación de la provincia de Buenos Aires, el artículo 2 de la Ley 13.592 define que:..."2. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos: 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.- La gestión integral comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, almacenamiento, planta de transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final".<sup>82</sup>

La gestión de residuos sólidos urbanos también es definida como "el conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos en una zona determinada el destino más adecuado desde el punto de vista económico y ambiental, según sus características, volumen, procedencia, posibilidades de recuperación y comercialización, coste de tratamiento y normativa legal".<sup>83</sup>

Se aprecia en las definiciones antecedentes un enfoque que considera dados la cantidad y composición de los residuos en vistas a determinar la manera más apropiada de avanzar en su tratamiento.

---

<sup>82</sup> Ley de la Provincia de Buenos Aires 13.529. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/1-13592.html>

<sup>83</sup> Definición obtenida de: Francisco J. André y Emilio Cerdá "Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas".- Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y Universidad Complutense de Madrid.  
[https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Andre/publication/28148707\\_Gestion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_analisis\\_economico\\_y\\_politicas\\_publicas/links/09e4150bc899a4252600000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Andre/publication/28148707_Gestion_de_residuos_solidos_urbanos_analisis_economico_y_politicas_publicas/links/09e4150bc899a4252600000.pdf)



Distinto sería el caso de comenzar con la gestión de los residuos sólidos urbanos en la etapa de producción y comercialización de los bienes de consumo que finalmente serían convertidos en residuos. De acuerdo a este último enfoque se podría avanzar en la reducción del volumen y calidad de composición de esos residuos, mejorando las posibilidades de gestión de los mismos.

Asimismo, en el marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se propone el concepto de las 3R, que favorece la gestión tendiente al reaprovechamiento material de los residuos. Reducir, Reutilizar y Reciclar. Este concepto se atribuye a Japón, se introdujo en las Políticas para Establecer una Sociedad Orientada al Reciclaje y fue presentada por el Primer Ministro japonés Koizumi en la cumbre del G8 en el año 2004 persiguiendo imponer una cultura dedicada al reciclaje.

Reducir persigue disminuir el volumen de los desechos generados. Se vincula con una política de concientización en relación a la producción y consumo más eficientes. Involucra el aprovechamiento de mejoras tecnológicas en relación a empaquetado y aspectos del producto, y el consumo responsable (Ejemplo: Análisis de ciclo de vida de los productos). La reutilización implica que los elementos utilizados puedan ser aplicados en actividades secundarias o ser recuperados para su uso original sin transformación alguna y que no sean desechados (Ejemplo: Envases retornables). El reciclado comprende la recuperación de productos desechados para volver a ser procesados como nuevas materias primas (Ejemplo: Envases plásticos para fabricar nuevos productos).

La gestión tradicionalmente se puede separar en cuatro etapas (incluyendo las 8 etapas indicadas en la ley provincial - generación, disposición inicial, recolección, transporte, almacenamiento, planta de transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final - dentro de estas más amplias):

- 1- Pre-recogida
- 2- Recogida



- 3- Transporte
- 4- Tratamiento

Podría existir una etapa previa vinculada con la producción y comercialización de los bienes que serán convertidos en residuos, como reglamentaciones que indiquen que deben contener o como deben ser realizados los empaques, o qué tipo de bolsas descartables deben producirse para no incrementarse los residuos finales.

### **Pre-Recogida**

En relación a la primera etapa, de pre-recogida, las tareas vinculadas son las de almacenamiento, manipulación, clasificación y presentación de los residuos para tender a favorecer las tareas de recogida y traslado. Esta etapa se ha desarrollado de manera considerable en los últimos años a través de instalación de contenedores, campañas ciudadanas de separación de residuos, entrega de bolsas reciclables entre otras actividades.

### **Recogida y Transporte**

Las etapas de recogida y transporte se suelen planificar y llevan costos implícitos. Los residuos son transportados a lugares de tratamiento o llevados a plantas de compactación y transferencia para su nuevo transporte más eficiente hasta el destino final. En determinados casos, los mismos transportes cuentan con equipos de compactación.

En determinados países la separación de residuos por parte de la ciudadanía es tan importante que cada residuo tiene un sistema de recogida y de transporte especial adecuado para su reciclaje o revalorización.

### **Tratamiento**

La etapa de tratamiento se compone de actividades tendientes a eliminación, depósito o aprovechamiento de los materiales incluidos en los residuos. Actualmente se desarrollan tareas de vertido controlado, incineración (incluyendo la valorización energética), reciclado, compostaje y reutilización/reducción de residuos, siendo el vertido la práctica predominante



en nuestro país. Ello es así porque a pesar de poderse efectuar reciclaje, reutilización o revalorización, siempre existe un remanente que debe ser dispuesto en un vertedero.

También es cierto que en determinados lugares se desarrolla la práctica de eliminar de manera ilegal los residuos a través del vertido en lugares no controlados o la quema de residuos sin control.

1. En relación a las consecuencias económicas de los vertederos, los mismos suelen generar una externalidad negativa dada la caída del precio de las propiedades vecinas, sin mecanismos de compensación. Del mismo modo, estos vecinos se ven afectados por efectos no deseados devenidos de fallas de seguridad de las instalaciones de los vertederos, como vertido de lixiviados en las napas, emanaciones no controladas, etc.

Asimismo incluyen gastos de inversión inicial por parte del estado y constantes gastos mensuales destinados a ampliar constantemente la vida útil del mismo, evitando el agotamiento de la capacidad y reduciendo los riesgos de filtraciones y emanaciones peligrosas.

Como se vio en el acápite de Landfill mining, una vez que los vertederos han llegado a su vida útil y luego de verificada la inactividad que denote la total degradación de los orgánicos, se puede comenzar la tarea de minería de vertederos en busca de recursos económicamente utilizables, así como durante su vida “activa” se puede realizar el aprovechamiento de las emanaciones como fuente de metano para generación de energía.

2. En relación a la incineración, se logra reducir de esta manera el volumen de los residuos, y como se analiza en este trabajo, esto permite generar energía eléctrica y calorífica, promoviéndose el ahorro energético proveniente de otras fuentes.

3. En referencia al reciclaje, esta práctica ha obtenido gran notoriedad en los últimos años debido principalmente a las ventajas económicas (mayormente subsidiadas por el Estado) y de naturaleza ambiental. Su aplicación permite el ahorro de recursos naturales escasos, el incremento de la vida útil de los vertederos y un tratamiento generalmente más limpio en comparación con las demás alternativas. Su



aplicación implica asimismo mayores costos operativos, como la preparación de plantas de reciclaje y reutilización, la mano de obra y la logística.

4. Cuando se define el compostaje, el mismo se refiere a un tipo en particular de reciclaje vinculado con la descomposición aeróbica y controlada de los residuos orgánicos, con el fin de obtener un material estabilizado que puede ser utilizado como abono orgánico o enmienda de suelos. Permite reducir el contenido de residuos de origen biodegradable, y en consecuencia, la generación de gases, lixiviados y vectores.

5. Finalmente, se puede hablar de otras prácticas vinculadas a la gestión de los residuos: la reutilización y la reducción en origen. Ambas prácticas permiten reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos, pero requieren la existencia de empresas o entidades que rescaten de entre los residuos los bienes capaces de ser reutilizados sin necesidad de reciclar y de consumidores que puedan modificar sus hábitos de consumo. La reducción en origen puede ayudar a disminuir cantidades y costos, pero su alcance es limitado.

Esta alternativa requiere de una etapa de preparación para la reutilización/reducción en origen, que está conformada por el conjunto de operaciones consistentes en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.

Otras medidas vinculadas con la gestión de los residuos son:

- Previsión: Es el conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia, material o producto.

- Otro tipo de valorización, (como por ejemplo la valorización energética): Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general.

- Eliminación: Cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía.

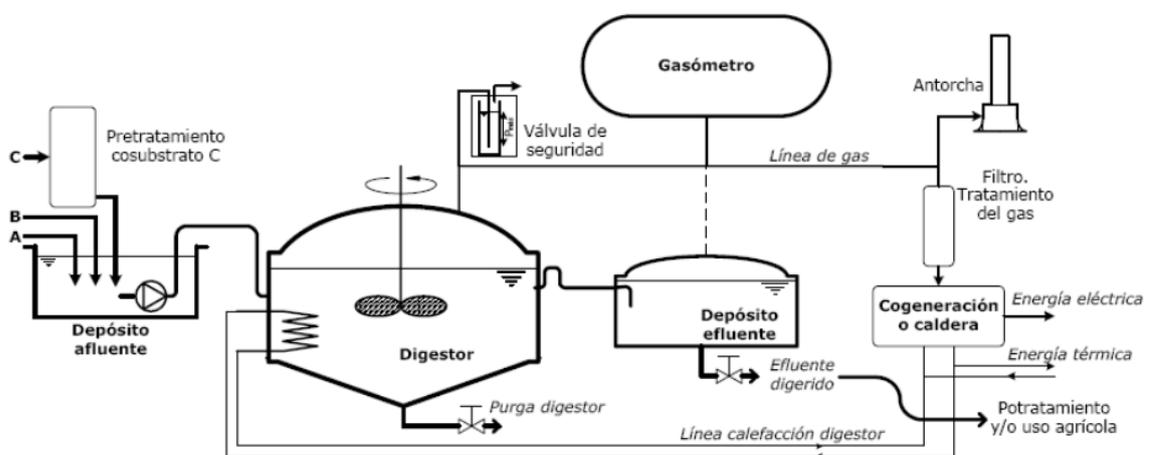
## TECNOLOGÍAS NO TÉRMICAS (DIGESTIÓN ANAERÓBICA, GAS DE RELLENO SANITARIO O HIDRÓLISIS Y TRATAMIENTO MECÁNICO BIOLÓGICO).

### DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La digestión anaeróbica<sup>84</sup> consiste en la descomposición de material biodegradable en ausencia de oxígeno para dar como resultado dos productos mayoritarios: biogás (compuesto mayoritariamente por metano) y el lodo estabilizado, conocido como digerido o digestato. Esta tecnología utiliza reactores (digestores) cerrados donde se controlan los parámetros críticos para favorecer el proceso de fermentación anaeróbica y maximizar la producción de Metano que es el componente más fácilmente valorizable como combustible.

Es un proceso que también se produce de un modo natural y espontáneo en diversos ámbitos, como por ejemplo en pantanos, en yacimientos subterráneos o incluso en el estómago de los animales.

El proceso:



Esquema de funcionamiento del proceso de biogás

<sup>84</sup> Obtenido de una publicación de Agrowaste: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>



## Etapas:

1- Alimentación: pretratamiento y depósito. La alimentación del proceso requiere material fermentable con una composición y concentración relativamente estable. Debe ser constante para estabilizar el metabolismo de los microorganismos implicados.

Mediante el pretratamiento y depósito se facilita la hidrólisis y se mezclan materiales potencialmente productores de biogás.

La co-digestión mediante el uso de co-sustratos es una variante tecnológica que puede solucionar problemas o carencias de un material. En este proceso de co-digestión se combinan varias mezclas de sustratos orgánicos biodegradables, logrando aumentar el potencial de producción de biogás por kilogramo de mezcla degradado.

2- Proceso biológico. La digestión anaerobia es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de grupo de bacterias involucradas en ellas. Muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea. El proceso de degradación de la materia orgánica se divide en cuatro etapas: a) Hidrólisis. b) Etapa fermentativa o acidogénica. c) Etapa acetogénica. d) Etapa metanogénica.

a) Etapa de hidrólisis consiste en una transformación controlada por enzimas extracelulares en la que las moléculas orgánicas complejas y no disueltas se rompen en compuestos susceptibles de emplearse como fuente de materia y energía para las células de los microorganismos.

b) Etapa acidogénica es controlada por bacterias. Consiste en la transformación de los compuestos formados en la primera etapa en otros compuestos de peso molecular intermedio; como dióxido de carbono, hidrógeno, ácidos y alcoholes alifáticos, metilamina, amoníaco y sulfhídrico.

c) Etapa acetogénica los ácidos y alcoholes que provienen de la acidogénesis se van transformando por la acción de bacterias en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.



d) Etapa metanogénica consiste en la transformación bacteriana del ácido acético y del ácido fórmico en dióxido de carbono y metano, y la formación de metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno.

#### Productos:

El biogás es el principal producto obtenido en el proceso. La principal aplicación del biogás es la combustión directa para la producción de calor y/o la generación de energía eléctrica. El biogás debe ser refinado previamente en cualquiera de sus aplicaciones energéticas. En este sentido, las operaciones de depuración varían en función del uso del biogás. La purificación del biogás incluye la eliminación de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , agua y partículas sólidas.

También se genera el denominado digerido o digestato, que se puede decir que es la mezcla del residuo orgánico ya digerido y la biomasa microbiana producida. A partir del digerido se pueden formular fertilizantes.

#### Ventajas:

- El biogás, con un buen calorífico, puede ser utilizado en la propia instalación de captación para generación de electricidad y/o calor (co-generación); con el consiguiente beneficio económico.
- La materia orgánica resultante final (digerido) resulta suficientemente estabilizada para su uso directo.
- Los digestores trabajan dentro de un rango de humedad que se acerca al de la mayoría de materiales orgánicos aptos para su biodegradación.
- Reducción de la cantidad de subproductos a gestionar.
- Sistemas conocidos, simples y fáciles de gestionar y operar.
- Reducción del consumo de combustibles fósiles.
- Reducción de la emisión directa de metano aportando para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

#### Inconvenientes:

- Por ser un proceso biológico, no es simple mantener la estabilidad del proceso.
- Es muy sensible a tóxicos inhibidores.



- La puesta a punto del sistema requiere largos periodos.
- En muchos casos, se requiere grandes capacidades de tratamiento para un mejor control del proceso y su buen funcionamiento.
- Requiere de una inversión inicial elevada en obra civil e implantación de los equipos, dependiendo de las capacidades.

### GAS DE RELLENO SANITARIO O HIDRÓLISIS

Los rellenos sanitarios constituyen una fuente importante de biogás resultado del proceso de descomposición biológica de residuos sólidos de origen orgánico, conformado por metano y dióxido de carbono, encontrándose también trazas de compuestos orgánicos volátiles. Se podría afirmar que un Relleno Sanitario adecuadamente construido (con suficiente estanqueidad y sistemas de captura y remoción de líquidos y gases), puede considerarse como un gran Biodigestor. La composición del biogás generado depende de diversas variables, dentro de las que sobresalen las características y volumen del residuo, humedad, compactación y edad del relleno sanitario.

El proceso de descomposición de residuos orgánicos<sup>85</sup> en un relleno sanitario resulta complejo y ocurre en diversas etapas. Así, es posible identificar cinco fases durante el proceso:

Fase I: Aeróbica, que inicia inmediatamente después de la disposición de los residuos sólidos en el relleno sanitario y en la que las sustancias fácilmente biodegradables se descomponen por la presencia de oxígeno y se propicia la formación de dióxido de carbono, agua, materia parcialmente descompuesta registrando temperaturas entre 35°C y 40°C.

Fase II: Aeróbica con el desarrollo de condiciones anaeróbicas en la que ocurre el proceso de fermentación, actúan los organismos facultativos con la producción de ácidos orgánicos y la reducción significativa del pH, condiciones propicias para la liberación de metales en el agua y la generación de dióxido de carbono.

---

85

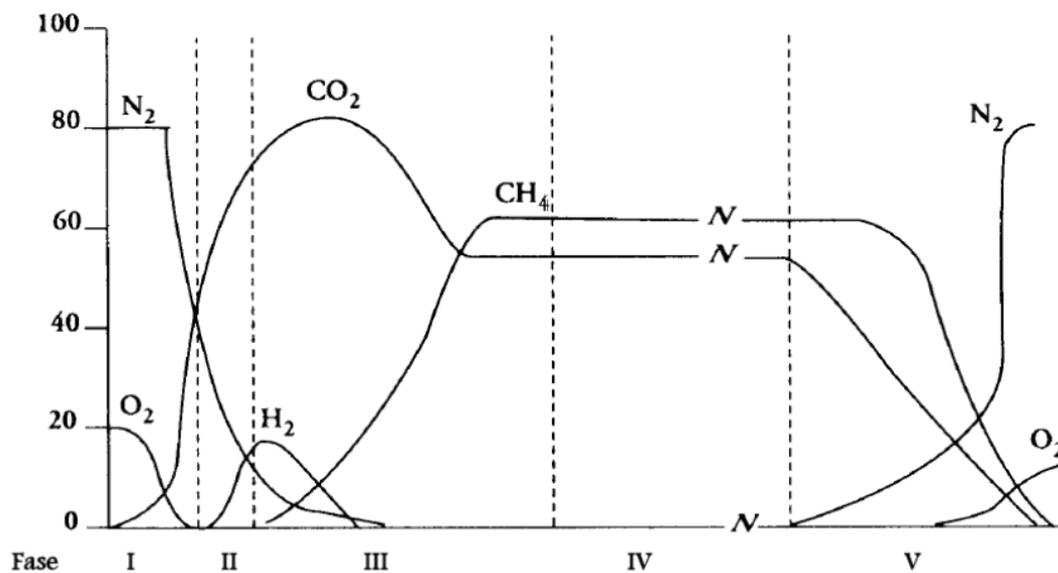
<http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Emisiones%20de%20biog%C3%A1s%20producidas%20en%20rellenos%20sanitarios.pdf>

Fase III: Anaeróbica, resultado de la acción de organismos formadores de metano, que en las condiciones adecuadas, actúan lenta y eficientemente en la producción de este gas mientras reducen la generación de dióxido de carbono.

Fase IV: Metanogénica estable, que registra la más alta producción de metano oscilando entre 40%-60% de metano en volumen.

Fase V: Estabilización, la producción de metano comienza a disminuir y la presencia de aire atmosférico introduce condiciones aeróbicas en el sistema.

Estas fases afectan la composición del biogás y la duración de cada fase se encuentra determinada por las condiciones climáticas y los factores operativos del relleno sanitario. Las Fases I y II pueden durar desde varias semanas hasta dos años (o más), favoreciendo el proceso de biodegradación. Las altas temperaturas del ambiente, la compactación y la disposición de residuos en capas delgadas y celdas pequeñas pueden reducir el tiempo para estas fases.



Composición óptima de biogás en una celda de relleno sanitario

Las Fases III y IV tienen una duración aproximada de unos cinco años en función de la operación del relleno sanitario y, en particular, de la cantidad de humedad de los residuos sólidos dispuestos. El alto contenido de humedad incrementa significativamente las reacciones biológicas aumentando la cantidad de biogás generado con el tiempo.



La Fase V puede tener una duración de varias décadas. La estabilización depende en gran medida de las medidas adoptadas para garantizar el aumento de su tiempo de vida útil. Los componentes del biogás que se encuentran en mayor proporción corresponden a metano y a dióxido de carbono.

Se ha estimado de forma teórica que la cantidad de biogás generado a partir de una tonelada de carbono biodegradable equivale a 1.868 Nm<sup>3</sup> (Normal metros cúbicos). Debido a la degradación biológica incompleta, generalmente se acepta que un volumen máximo aproximado de 200 Nm<sup>3</sup> de biogás puede generarse a partir de una tonelada de residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario<sup>86</sup>.

### TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO (TMB)

El Tratamiento Mecánico-Biológico (TMB) es una tecnología de pre-tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos y de manejo especial. TMB combina la clasificación y tratamiento mecánico y el tratamiento biológico de la parte orgánica de los residuos.

#### Objetivos:

- Se busca disminuir el volumen a confinar y así minimizar el tamaño del relleno sanitario o prolongar su vida útil.
- Asimismo se persigue eliminar la actividad biológica en la degradación de la fracción orgánica de los RSU para que en el relleno sanitario se minimicen las posibilidades reales de producción de metano.
- También se persigue la disminución en la concentración de elementos lixiviados que podrían contaminar los acuíferos (para el caso de falta de impermeabilización o con daños en la impermeabilización).
- Se pretende disminuir la cantidad de residuos a confinar.
- En determinadas oportunidades se puede producir electricidad a través del aprovechamiento térmico de la fracción con buen poder calorífico.
- Minimización de vectores por la eliminación de la materia orgánica.

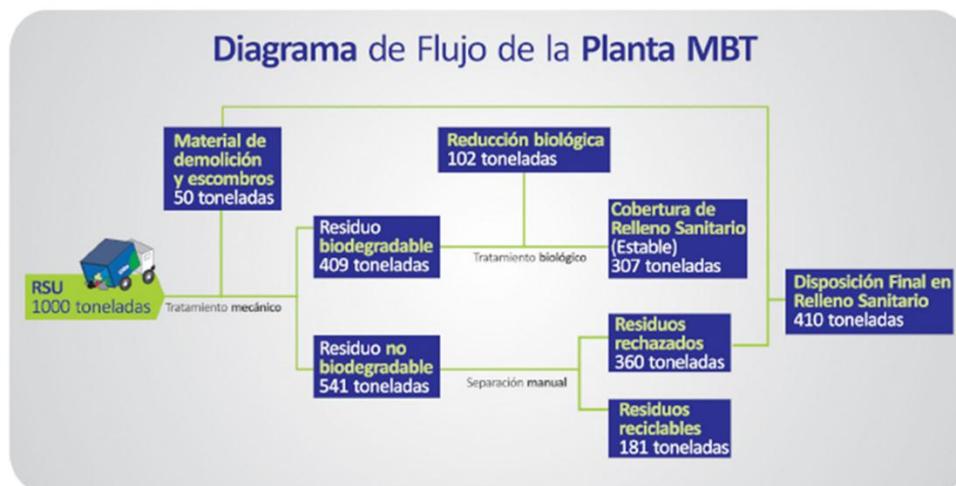
---

<sup>86</sup> Johannessen, L. M., (1999). Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK. Washington, D.C. U.S.A.

Ejemplo de un tratamiento mecánico-biológico:



Detalle de una Planta de TMB de Guipúzcoa- España<sup>87</sup>.



Flujo de la Planta de TMB de CEAMSE

<sup>87</sup> Fuente: <https://mineriaurbana.org/2014/07/08/planta-de-tratamiento-mecanico-biologico-para-recuperar-materias-primas-y-compost-de-la-basura/>

1. Ingreso de Residuos
2. Separación de áridos y voluminosos
3. Apertura automática de bolsas
4. Tromel de separación de húmedos
5. Separación magnética de metales ferrosos
6. Separación manual de reciclables y de no ferrosos por corrientes de Eddy
7. Acopio intermedio de residuos húmedos
8. Distribución de residuos húmedos en celdas con insuflado de aire
9. Colocación de mantas para el inicio del proceso de biodrying
10. Destinación de material orgánico estabilizado, como cobertura diaria del Relleno Sanitario



Esquema 3D de planta TMB de CEAMSE

En una planta TMB, los residuos recibidos son sometidos a un tratamiento de varias etapas tales como:

- Recepción de residuos
- Inspección y separación de voluminosos no procesables
- Pre-Trituración de residuos por medio de trituradores de gran potencia
- Separación de orgánicos por medio de trómmes mecánicos y envío a celdas de biosecado aeróbico con inyección de aire y estacionamiento
- Separación de materiales de baja densidad por aspiración o separadores de aire y envío a línea de separación de clorados y de granulación para preparación de CDR
- Separación de fracción ferrosa por medio de separadores magnéticos
- Separación y selección manual de reciclables, compactación y comercialización
- Separación de fracción no ferrosa por medio de separadores de corriente de Eddy.
- Carga de fracción “resto” con destino a disposición final



Planta de TMB Roggio en Complejo Ambiental Norte III

Los residuos tratados contienen una concentración elevada de materiales re-aprovechables para la generación de energía o para el reciclaje.

Residuos utilizables en este sistema:

- residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- lodos de depuración.

Productos de este sistema:

- materiales reciclables como metales, papel, plásticos, vidrios etc.
- abono por composta (recolección separada de materia orgánica).
- materiales no aprovechables preparados para su confinación seguro (compactación  $> 1,3 \text{ T/m}^3$ )
- fracción con alto valor calorífico (sustitución de combustible)

Ventajas adicionales:

- el material confinado es inerte o de muy baja calidad para ser valorizado.
- disminución de volumen a confinar a menos de la mitad (densidad  $> 1,3 \text{ t/m}^3$ ), por lo cual se consigue una prolongación de la vida útil del relleno de por lo menos el doble de tiempo estimado.



- ausencia de instalaciones adicionales para la captación y quema de biogás y para el tratamiento de lixiviado.

- seguridad contra incendios o explosiones por presencia de metano (se minimiza la presencia de metano).

### **Empresas, Cooperativas y otras organizaciones de la sociedad civil vinculadas.**

Existen distintos tipos de empresas y cooperativas cuyas actividades se enlazan con la gestión de residuos.

Las empresas son generalmente sociedades o emprendimientos unipersonales que buscan obtener una ganancia económica con las tareas de gestión de residuos, sea por los contratos municipales o por los servicios contratados con otras empresas a las cuales les brindan sus servicios.

Las cooperativas son entidades sujetas al control del Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social (INAES) dependiente del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación. No persigue fines lucrativos y busca el mejoramiento social y económico de sus trabajadores.<sup>88</sup>

**DE RECOLECCIÓN:** las entidades que realizan estas tareas son generalmente contratadas por los municipios y comunas de CABA con el objetivo de recoger puerta a puerta los distintos tipos de residuos. En ocasiones los municipios pueden tener ordenanzas vinculadas con la separación en origen, en virtud de lo cual estas instituciones deberán tener procedimientos para la recolección de los diversos tipos de residuos sólidos urbanos.

**DE SEPARACIÓN:** Se dedican a clasificar los materiales separados y a venderlos a distintas empresas que los convierten en nuevas materias primas. Como en el caso de los Centros Verdes de CABA. Por ejemplo: El Amanecer de los Cartoneros, El Álamo, Cooperativa del Oeste, Cooperativa de Recuperadores Urbanos del Oeste, entre otras.

---

<sup>88</sup> Fuente: <http://facyr.org.ar/>



**DE RECUPERACIÓN:** Los residuos suelen estar formados por: chatarra metálica, residuos de papel, trapos, y otros residuos (vidrio, huesos, goma, neumáticos). Una parte de estos residuos se puede recuperar para su reutilización sin necesidad de otros tratamientos avanzados.

**DE TRATAMIENTO:** Los sistemas de tratamiento incluyen la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el rechazo para su posterior tratamiento finalista.

**DE RECICLAJE (TIPO DE TRATAMIENTO):** utilizan los materiales previamente separados y los convierten en nuevas materias primas para sus procesos o para procesos de otras empresas.

**DE DEPÓSITO:** son entidades que solamente brindan el lugar físico intermedio para la gestión de residuos. Desde los depósitos se continúan o comienzan las tareas de separación.

**DE TRANSPORTE:** entidades que recogen residuos desde los depósitos y los llevan hasta otros lugares en donde se avanzará con la gestión de residuos.

**DE GESTIÓN:** realizan la gestión integral de los residuos, desde los hogares hasta los centros de tratamiento, transformación o disposición final.

**POR TIPO DE RESIDUO:** en determinados casos suelen dedicarse exclusivamente a la recolección y tratamiento de un solo tipo de residuos, como es el caso de aquellas que recogen restos de carnes, grasas y restos de carnicerías a fin de transformar esos residuos en otros productos.

**DE FUENTES DE ENERGÍA PARA VALORIZACIÓN:** entidades que transforman los residuos en fuentes de energía (como las plantas de producción de CDR)



DE ENERGÍA: entidades que transforman los residuos previamente tratados en energía (como las cementeras).

DE BOLSAS DE RESIDUOS u OTROS PRODUCTOS: entidades que reciclan residuos plásticos y los transforman en bolsas de residuos u otros productos plásticos.

VERTEDEROS: son los lugares físicos autorizados donde se envían los residuos con el sentido de disposición final (como Norte III en CEAMSE).

DE GENERACIÓN DE ENERGÍA POR UTILIZACIÓN DE BIOGÁS: en vertederos funcionan plantas de biogás, como en el caso de CEAMSE en NORTE III<sup>89</sup>. Logran extraer biogás, generando electricidad que abastece hasta 100.000 personas. También podrían ser instalaciones termomecánicas fijas (No rellenos sanitarios) como biodigestores que reciban RSU para su gasificación anaeróbica.

DE CAPACITACIÓN: son generalmente fundaciones, cooperativas o centros de estudios que capacitan en tareas de separación, reciclaje y valorización con el fin de promover actividades laborales vinculadas con la gestión de residuos.

DE INFORMACIÓN: generalmente son medios periodísticos o particulares que denuncian infracciones ambientales como el vuelque de residuos en lugares no autorizados, el incremento de los niveles de contaminación vinculado con los residuos, las quejas de vecinos ante malos olores y otras ineficiencias en la gestión de residuos.

ONG's: Organizaciones no gubernamentales que se movilizan y sensibilizan por diferentes temas, entre los que se destacan los vinculados a la gestión de los residuos y los temas ambientales en general.

---

<sup>89</sup> Informado por CEAMSE en: <http://www.ceamse.gov.ar/plantadebiogas/>



## **VIII. LOGÍSTICA. PRODUCTO A TRANSPORTAR. MEDIOS DE TRANSPORTE. MAPAS DE RUTAS, FERROCARRILES Y VÍAS DE TRANSPORTE. POSIBILIDADES DE TRANSPORTE.**

### **LOGÍSTICA.**

El objeto de este capítulo es conocer las posibilidades de transporte de combustible derivado de residuos desde los mayores centros de recepción y concentración de RSU, hasta las plantas cementeras que se encuentran en el territorio bonaerense. En consecuencia, se podrá calcular el costo de ese transporte a fin de avanzar en el análisis de factibilidad económica de aplicación del combustible derivado de residuos como sustitutos sustentables de los combustibles fósiles actualmente utilizados en los hornos cementeros (como se verá en el Capítulo 16).

Para ello es menester conocer los transportes que actualmente utilizan las empresas cementeras tanto para recibir sus insumos, como para entregar sus productos en los centros urbanos cercanos a los mayores vertederos de la provincia (específicamente los de la CEAMSE), y los posibles medios de transporte alternativos que puedan estar disponibles en el área de influencia de los mismos.

En la actualidad el transporte de cemento, materiales y derivados en el territorio de la provincia de Buenos Aires, se realiza por medio de ferrocarril y camiones. Podrían considerarse adicionalmente las vías fluvial y marítima. Al respecto, en este trabajo se realiza un relevamiento de los medios de transporte en uso, las mayores empresas vinculadas con la logística del cemento y las posibilidades de avanzar en la implementación de otros medios alternativos a los utilizados en la actualidad.

Respecto a las distancias, en el Capítulo 7 se indagó sobre la localización de los hornos cementeros ubicados en la Provincia de Buenos Aires. Asimismo, en el Capítulo 8 se determinó la ubicación de los mayores vertederos habilitados al día de hoy (principalmente aquellos pertenecientes a la CEAMSE).



En referencia a los hornos, nos interesa la ubicación de las Plantas con hornos activos de clínker, es decir:

1. Planta Barker en Benito Juárez de la empresa Loma Negra
2. Planta L'Amali en Olavarría de la empresa Loma Negra
3. Planta Olavarría de la empresa Loma Negra
4. Planta Olavarría San Jacinto de la empresa Cementos Avellaneda

Ello así, se desarrolla un recuento de los medios de transporte actualmente en uso por las cementeras u otros dadores de carga de la zona y aquellos posibles de ser utilizados:

En primer lugar es importante realizar un análisis de las cargas que circulan en las áreas de interés para el análisis, detectando en principio las siguientes:

#### Transporte de SALIDA (Outbound)

- Transporte de piedra y arena granítica para hormigón (Por tren y camión)
- Transporte de cemento a granel por tren y camión
- Transporte de cemento y cal embolsados por tren y camión
- Transporte de cal en big-bags por camión
- Transporte de clínker a granel entre plantas de las empresas cementeras
- Transporte de arcilla a granel por camión
- Transporte de cerámicos y ladrillos cerámicos palletizados por camión
- Transporte de granito colorado en bloques por camión
- Transporte de cereales por camión
- Transporte de hacienda por camión
- Transporte de residuos industriales por camión
- Transporte de cargas generales

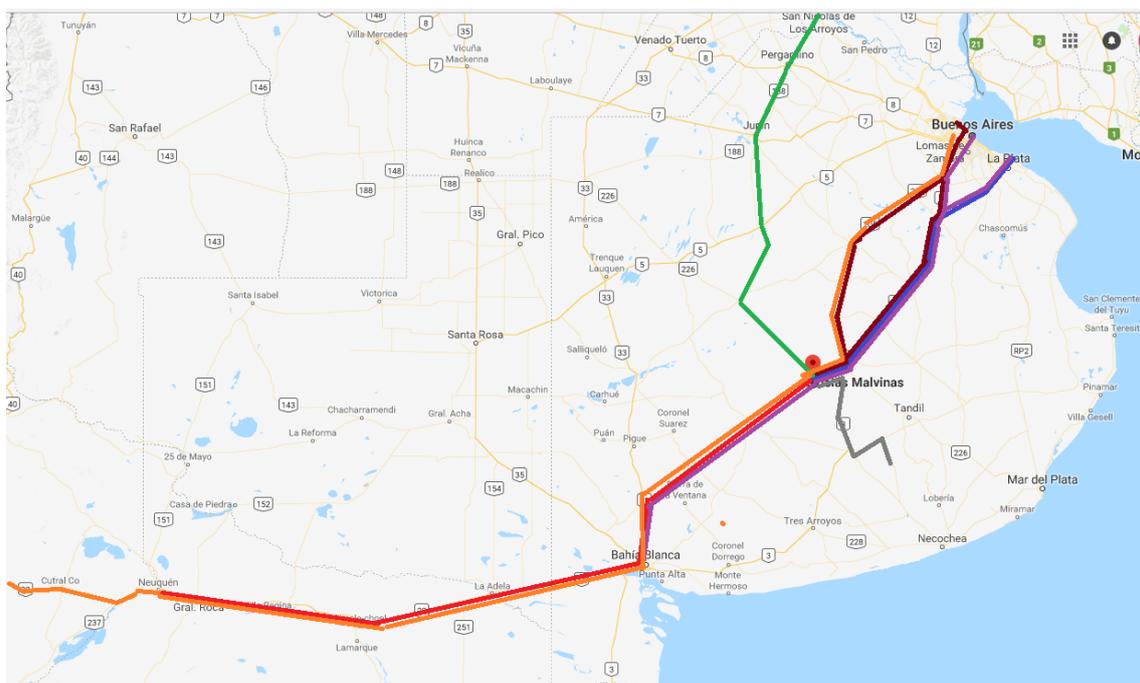
#### Transporte de INGRESO (INBOUND)

- Transporte de yeso mineral desde Allen-RN por tren

- Transporte de Mineral de Hierro desde San Nicolás-BsAs por camión y tren
- Transporte de PetCoke desde puerto de San Nicolás-BsAs por camión y tren
- Transporte de Carbón Mineral desde puerto de San Nicolás-BsAs por camión y tren
- Transporte de PetCoke desde Refinería Dock Sud por tren
- Transporte de Pet Coke desde Refinería La Plata por camión
- Transporte de arcilla desde Barker por camión y tren
- Transporte de cargas generales

#### Transporte de PASADA (PASS-THROUGH)

- Transporte de productos químicos desde Polo Petroquímico de Bahía Blanca-BsAs hacia AMBA
- Transporte de Residuos Industriales desde AMBA a Bahía Blanca-BsAs
- Transporte de Residuos Industriales desde Bahía Blanca-BsAs a AMBA
- Transporte de Metanol desde Pza. Huincul-NQN a AMBA



En el mapa se pueden ver las líneas de transporte.



- Naranja desde Plaza Huincul hasta el AMBA.
- Violeta desde Bahía Blanca hacia el AMBA
- Rojo desde Allen.
- Azul desde puerto La Plata
- Gris hacia Planta Barker
- Verde a San Nicolás
- Marrón desde Olavarría hacia CABA y alrededores.

Otro dato de interés para el análisis, es la detección de las configuraciones principalmente disponibles para todos estos tipos de transportes que se generan y llegan al área de influencia de las cementeras. Estos básicamente se resumen en los siguientes:

- Camión “chasis y acoplado” con baranda
- Semi-remolque playo con o sin barandas
- Semi-remolque tipo Batea basculante de 30m<sup>3</sup> de capacidad
- Camión con chasis y acoplado tipo Roll-Off
- Camión con chasis y acoplado tipo tolva
- Semi-remolque tipo tolva
- Vagones de tren del tipo “todo puerta”
- Vagones de tren del tipo tolva

En el caso de la cementera Loma Negra CIASA, tiene dos formas básicas de transportar sus productos en la provincia de Buenos Aires: por tren y por camiones directamente desde Olavarría y Benito Juárez.

El transporte en tren lo realiza, principalmente, hasta una estación de transferencia ubicada en Vicente Casares dentro del partido de Cañuelas (recibiendo allí tanto cemento a granel, como cemento embolsado), adicionalmente continúa en tren hasta los depósitos de Llavallol (Fundamentalmente con piedra granítica), Bullrich y finalmente la estación de Sola en el barrio de Barracas de CABA (a estos últimos envía solamente cemento embolsado). Para este último trayecto utilizan normalmente los vagones del tipo “Todo Puerta”, los que se muestran más adelante en la descripción de Ferrosur Roca S.A.



Estas formaciones regresan generalmente vacías hacia Olavarría o Benito Juárez según el caso, generando una capacidad de transporte desaprovechada de 40 vagones diarios.

El envío por transporte vial se realiza por camiones Tolva (Para el caso de cemento a granel) y por camiones playos que son útiles por permitir productos palletizados (para cemento y cal embolsada y palletizada). Envía camiones directamente desde Olavarría y Benito Juárez hacia toda la provincia y al resto del país, y al mismo tiempo utiliza camiones para transportar cemento desde las estaciones de transferencia ferroviarias hasta el destino final del cemento. Es decir, transporta por camión desde las plantas hasta sus compradores y también utiliza el tren para enviar cemento hasta las estaciones de transferencia y luego, desde allí, utiliza camiones para repartir el cemento llevado en tren.

La empresa Cementos Avellaneda realiza todos sus trayectos por camión dado que Ferrosur Roca S.A. informa que no tiene capacidad de transporte para sumar los productos de Cementos Avellaneda. Los camiones regresan normalmente vacíos hasta Olavarría y las configuraciones normalmente utilizadas son: camiones tolvas para cemento a granel, chasis y acoplado o semi-remolques playos para cemento y cal embolsada y palletizada.

Por su parte, tanto las empresas mineras de la región Canteras Piatti, Canteras Villa Mónica, Canteras Argentinas, Cantera Cerro del Águila, Cantera Colombo, entre muchas otras, utilizan mayoritariamente camiones tipo batea de 30 m<sup>3</sup> de capacidad.

## PRODUCTO A TRANSPORTAR

Una consideración fundamental para cualquier análisis logístico, es entender la naturaleza del producto a transportar. En el caso analizado el CDR es un producto de extremadamente baja densidad, encontrándose en el orden de los 0,1 a 0,2 t/m<sup>3</sup>. Es por este motivo que resulta inevitable optar por una de las únicas dos posibilidades de hacer eficiente un flete de un material tan liviano:

- Aumentar su densidad previo al transporte
- Aumentar el volumen transportado por viaje

➤ Aumentar su densidad previo al transporte:

Normalmente un CDR de buena calidad, tiene una densidad que oscila entre 0,1 y 0,3 tn/m<sup>3</sup> a granel. Para esta opción existen al menos cuatro alternativas, que mostradas en orden creciente de costos operativos de cada una de ellas, resultan las siguientes:

- Cajas Roll-Off de 20/28 m<sup>3</sup> de capacidad, acopladas a compactador estacionario tipo pre-crusher.



- Compactación y enfiado prismático o cilíndrico: Admite granulometría de hasta 50mm y permite llegar hasta 0.3 tn/m<sup>3</sup> aprox. (\*)



• Briqueteado: Admite granulometría de hasta 25mm del material a densificar con briquetas de tamaños variables. Permite llegar hasta  $0.5 \text{ tn/m}^3$  aprox. (\*)



• Pelletizado: Admite granulometría de hasta 5mm del material a densificar y permite llegar hasta  $0.6 \text{ tn/m}^3$  aprox. (\*)



(\*) Todos los valores de densidad mencionados dependen exclusivamente de los materiales utilizados para la formulación del CDR.

➤ Aumentar el volumen transportado por viaje:

Esta opción contempla la posibilidad de incorporar equipos o modalidades de transporte que admitan mayor cantidad de  $m^3$  transportados por viaje. Para el caso de Argentina y particularmente entre el AMBA y la ciudad de Olavarría, las opciones disponibles en el mercado para esto son sólo 3:

- Incorporación de equipos tipo Walking-Floor:

Estos equipos ya están disponibles en Argentina, para 85 y 90  $m^3$  de capacidad (Fabricantes: Hermann y Bhaco)

- Incorporación de equipos Roll-Off:

Uso de equipos de chasis y acoplado con sistema de izaje Roll-Off, transportando dos cajas abiertas de 30  $m^3$  de capacidad.



- Uso de ferrocarril:

Independientemente de que el ferrocarril disponible es operado por Loma Negra (y ya hace uso de esta opción), es una realidad que diariamente se dispone de un retorno de hasta 40 vagones cerrados vacíos que regresan de zona sur del AMBA hasta Olavarría, por lo que podrían ser aprovechados por Cementos Avellaneda a un costo muy bajo.

Además, haciendo un análisis básico de los componentes logísticos asociados a este negocio, resulta claro que se destacan dos componentes claves: el flete de entrada a la planta de preparación y el flete de salida de la misma con su llegada a la cementera (Dado que podría haber algún tráfico intermedio hacia a algún acopio transitorio o alguna multimodalidad). En este contexto, se verifica que:

- El flete “ineficiente”, es siempre el de ingreso a la planta de preparación, dado que los residuos llegan sin tratamiento previo, mezclados y acopiados de cualquier manera (a granel, en big-bags, en tambores, compactados, sin compactar, etc.)

- El flete “eficientizable” es siempre el de salida hacia la cementera, dado que lo que se envía es un producto formulado de características regulares y predecibles dentro de ciertos rangos de composición y por ende, a los fines del flete, de densidad.



Considerando entonces esta particularidad logística, la distribución de los principales generadores y la ubicación de las plantas cementeras en la provincia, resulta bastante intuitivo pensar que para minimizar el impacto del flete “ineficiente” y optimizar la logística, la planta de preparación debería situarse preliminarmente en la zona sur del AMBA y cercano a las vías de comunicación con la ciudad de Olavarría.

Como ejemplos de soluciones a lo mencionado, la empresa ARX Arcillex S.A. tiene un convenio con Loma Negra por medio del cual envía CDR desde Norte III hacia Olavarría. Para lograr la competitividad necesaria, se apeló a una doble estrategia de densificación del CDR por medio de un enfardado y embalado del mismo y la utilización de camiones contratados por Loma Negra que regresaban vacíos desde Zona Norte del AMBA a las plantas de cemento.

En el caso particular de Recycomb, al contar en la zona de Cañuelas donde se encuentra su planta de preparación de CDR, con un transportista que realiza viajes de diarios de piedra granítica entre Olavarría y su depósito en la ciudad de Cañuelas, optó por el transporte a granel en bateas de 30 m<sup>3</sup> de capacidad, densificando sólo por compactación con pala cargadora en el momento de la carga sobre camión. Por tratarse de un operador logístico al que le resulta rentable regresar al costo y transferir todo su ahorro al flete de CDR, permite viajar con este producto a un valor rentable para ambas partes.

Como novedades logísticas en evolución en nuestro país, se destacan los equipos de transporte de carga tipo “Bitren”<sup>90</sup> y los equipos tipo “walking Floor”.

Los bitrenes son transportes viales de más de 20 metros de largo. La ventaja del uso de los bitrenes radica en que obtienen una reducción de costos (de entre el 30% y 40%) y se incrementa la carga por unidad -54 toneladas versus 30 toneladas en convencional-. De este modo se circula dañando menos la carpeta asfáltica por su distribución más eficiente del peso en los ejes, se reducen las emisiones por unidad de carga transportada, se bajan los

---

<sup>90</sup> Se publica en: <http://www.canuelasnews.com.ar/actualidad/2018/3/18/loma-negra-comienza-utilizar-bitrenes-520.html>

costos asociados a la mano de obra involucrada y al consumo de combustible por unidad de carga transportada.



Los equipos “Walking Floor”, son semi-remolques cerrados de hasta 90 m<sup>3</sup> de capacidad y que también podrían configurarse como bitrenes sin inconvenientes. Su particularidad es que el piso de los equipos está compuesto por un sistema de tablillas metálicas que se mueven por medio de un accionamiento hidráulico de manera alternativa hacia atrás y adelante desplazando la carga hacia “adentro” o hacia “afuera”, permitiendo la auto-carga y auto-descarga del equipo. Básicamente la principal ventaja del equipo es la posibilidad de transportar mayor volumen por viaje y asegurar que el material pueda cargarse y descargarse con facilidad sin necesidad de volcar el equipo.





## **MEDIOS DE TRANSPORTE. MAPAS DE RUTAS, FERROCARRILES Y VÍAS DE TRANSPORTE.**

### Análisis de todos los medios de transporte posibles:

Las opciones factibles de utilizarse son: transporte ferroviario, transporte vial, transporte fluvial, transporte marítimo y combinaciones entre ellos. No sería factible el transporte aéreo dada la prohibición legal de trasladar residuos y mucho más combustibles por vía aérea.

#### 1. Transporte por ferrocarril:

FERROSUR ROCA S.A.<sup>91</sup>

La participación accionaria de la sociedad es la siguiente:

- Cofesur es subsidiaria de Camargo Correa (la principal accionista de Loma Negra) y controlante con 80% de las acciones de Ferrosur Roca.
- El Estado Nacional, accionista minoritario de la empresa con 16%.
- El resto de las acciones, un 4% son del personal de la firma, que fue privatizada en 1993.

Se advierte la importancia estratégica y competitiva para Loma Negra C.I.A.S.A. del control de este medio.

La red ferroviaria concesionada a Ferrosur Roca es de 3.180 km siendo las principales localidades de origen/destino de la carga Cañuelas, Azul, Olavarría, Tandil, Quequén, Bahía Blanca, Choele Choel, Allen, Cipolletti, Neuquén, Plaza Huincul y Zapata.

El acceso al Gran Buenos Aires, Capital Federal y La Plata se realiza a través de las vías del transporte urbano de pasajeros. En la red metropolitana las principales estaciones de origen/destino de la carga son: Vicente Casares, Lavallol, La Plata, Ensenada, Estación Sola (en el barrio de Barracas en Capital Federal), y Dock Sud (en Avellaneda).

---

<sup>91</sup> Tomado de Ferrosur Roca S.A.: <http://www.ferrosur.com.ar/nuestra-empresa.html>

Ferrosur Roca a través de la red propia o de otros concesionarios tiene acceso a las terminales portuarias del Puerto de Buenos Aires, Exolgan (Dock Sud), La Plata, Campana. San Nicolás, Rosario, Bahía Blanca y Quequén.



La red ferroviaria tiene conexión a las vías de otros concesionarios de carga: Nuevo Central Argentino S.A., Ferroexpreso Pampeano S.A. y Trenes Argentinos, a través de las cuales son habituales los tráficos de intercambio entre las distintas regiones en las que esas empresas prestan servicios.

El 12 de marzo de 1993 Ferrosur Roca SA comienza a operar la concesión del transporte ferroviario de cargas con 3.110 kilómetros de vías de trocha ancha (1.676 mm) del ex Ferrocarril Roca.

La red operada atraviesa las provincias de Neuquén, Río Negro, sur de La Pampa y Buenos Aires, uniendo los distintos polos productivos desde Zapala hasta los centros de distribución en el gran Buenos Aires con acceso a los principales puertos y centros de consumo.

Se indica que la empresa ha adecuado el servicio para incrementar el volumen de carga transportada.

Desde la zona de Zapala (Pcia. del Neuquén) la producción minera utiliza el transporte ferroviario para minerales tales como yeso y bentonita.

En la zona del Alto Valle de Río Negro el transporte de fruta estacional como carga refrigerada posibilita mantener la cadena de frío dentro de

estándares internacionales requeridos con un tren especial que, dotado de un generador de energía eléctrica, alimenta los equipos refrigerados para mantener dicha cadena de frío en los contenedores.

En la zona de Bahía Blanca el Polo Petroquímico abastece al mercado local e internacional con productos tales como soda cáustica, policloruro de vinilo (PVC) y polietileno, que son transportados por Ferrosur hacia puertos y centros industriales del Gran Buenos Aires.

En la zona de Tandil la producción cerealera es cargada para su transporte hacia los puertos del sur bonaerense, permitiendo una rápida salida de la misma. También, con origen en Barker, partido de Benito Juárez, se realiza un importante tráfico de productos cementeros a granel para su procesamiento final en el centro de transferencias que Loma Negra posee en Vicente Casares.



En la región central de la provincia de Buenos Aires, se generan los principales volúmenes de carga de Ferrosur Roca. Desde allí se transportan agregados graníticos, piedra, arena, productos procesados a granel como cales y cemento y productos cerámicos palletizados. Estos productos que tienen su

origen en la zona de canteras y plantas industriales cercanas a Olavarría, tienen como destino los principales centros de transferencia y descarga en Cañuelas, Llavallol, Sola, La Plata y Dock Sud, uniendo de esa manera grandes centros de consumo. La red ferroviaria de Ferrosur atraviesa los principales centros productivos de agregados y cemento para la industria de la construcción y los despacha en la zona del gran Buenos Aires.

Se aplica asimismo un sistema multimodal que permiten brindar un servicio "puerta a puerta" combinando el tren con camiones. Las inversiones realizadas en desvíos ferroviarios y centros de transferencia han posibilitado transportar productos a los centros de consumo y a los puertos de exportación con tarifas competitivas.



Todos los procesos laborales y las actividades ferroviarias son realizadas con la aplicación de un sistema de Gestión Integral de Calidad que cuenta con certificación bajo Norma ISO 9001-2008 expedida por el Bureau Veritas. El alcance de dicha certificación es: "Transporte Integral de Cargas - Servicio Multimodal".

Características de las formaciones:

1. Tolva Mineralera
  - Productos transportados: Piedra, agregados graníticos, clínker, sal y carbón de petróleo.



- Parque Activo Actual: 764 u
- 2. Tolva Hooper
  - Productos transportados: Yeso, clínker, piedra, agregados graníticos, coque y sal
  - Parque Activo Actual: 146 u
- 3. Tolva Cementera (A)
  - Productos transportados: Cemento, escoria molida, fertilizantes, cal bentonita a granel y yeso
  - Parque Activo Actual: 202 u
- 4. Tolva Cementera (B)
  - Productos transportados: Cemento, filler calcáreo, clínker, escoria molida y cereales
  - Parque Activo Actual: 100 u
- 5. Tolva Cerealera
  - Productos transportados: Cereales, alimentos para aves, clínker y fertilizantes sólidos
  - Parque Activo Actual: 166 u
- 6. Vagón Borde Alto
  - Productos transportados: Coque y chatarra de hierro
  - Parque Activo Actual: 46 u
- 7. Vagón Borde Bajo
  - Productos transportados: Yeso, arcillas, laminillos y óxido de hierro, caños, y otras cargas palletizadas
  - Parque Activo Actual: 56 u
- 8. Portacontenedores
  - Productos transportados: Contenedores de 20 y 40 pies
  - Parque Activo Actual: 287 u
- 9. Todo Puerta
  - Productos transportados: Cargas palletizadas
  - Parque Activo Actual: 204 u
- 10. Cubierto Dobles
  - Productos transportados: Cargas palletizadas
  - Parque Activo Actual: 174 u
- 11. Cisterna Carga Sup
  - Productos transportados: Soda cáustica líquida, caldo de sidra y petróleo
  - Parque Activo Actual: 67 u
- 12. Cisterna Carga Vent
  - Productos transportados: Nafta, metanol y MTVE
  - Parque Activo Actual: 8 u

## FERROEXPRESO PAMPEANO S.A.

Ferroexpreso Pampeano S.A. –FEPSA- (Sociedad Comercial del Plata<sup>92</sup> – SCP- 17,7%), es una sociedad controlada en un 80% por Compañía Inversora Ferroviaria S.A.I.F., empresa en la cual SCP participa con el 21,99%.

Es una concesionaria de transporte ferroviario de carga que brinda servicios hacia los puertos de Bahía Blanca y Rosario-San Martín a exportadores, acopiadores, y grandes productores de la pampa húmeda. Cuenta con 54 locomotoras, 30 de las cuales poseen computadoras a bordo instaladas y en comunicación con el centro de control, y 2.270 vagones.



Imagen de la red ferroviaria que abarca Ferroexpreso Pampeano S.A.

<sup>92</sup> Publicado en <http://www.scp.com.ar/ferroexpreso-pampeano.php>



En referencia a la publicación, se indica:

- La red tiene una extensión de 5.100km
- La vía principal es de 1.700km
- Y han transportado 3,9 Millones de toneladas

En la carta del Presidente de Sociedad Comercial del Plata, parte integrante del Balance cerrado el 31 de diciembre de 2016<sup>93</sup> se indica:

A través del Ferroexpreso Pampeano (FEPSA) - SCP 17.7% - se participó del transporte de cargas por ferrocarril, en particular de la cosecha de granos y cereales de la zona núcleo del país. Se incrementó un 10,5% durante 2016 el volumen total transportado y un 45% los ingresos por ventas.

TRENES ARGENTINOS CARGA - BELGRANO CARGAS Y LOGÍSTICA SA (BCYLSA)<sup>94</sup>

Sus accionistas son Trenes Argentinos Infraestructura, Trenes Argentinos Operaciones y la Administración General de Puertos (AGP), todas sociedades del Estado Nacional.

En junio de 2013, se crea Belgrano Cargas y Logística SA (BCYLSA) con el fin de nuclear en una misma empresa tres líneas de transporte de cargas: la Línea Belgrano, la Línea San Martín y la Línea Urquiza. En 2016, y con el propósito de darle una impronta federal, la empresa comienza a llamarse La línea Belgrano debe su nombre al Ferrocarril General Manuel Belgrano formalmente inaugurado en el año 1876. A lo largo de sus primeras cinco décadas de funcionamiento, la red que lo constituía se convirtió en una de las principales del País y del continente, gracias a su gran influencia en el NOA y en los países limítrofes, brindando en su tiempo las únicas conexiones ferroviarias de carga con Chile y Bolivia.

La línea San Martín, en lo que hace a su condición carguera, comenzó a desarrollarse en la primera mitad del siglo XX como Ferrocarril Buenos Aires al

---

<sup>93</sup> Estados financieros publicados en [http://www.scp.com.ar/downloads/balances-  
anuales/Balance\\_Anuual\\_2016.pdf](http://www.scp.com.ar/downloads/balances-<br/>anuales/Balance_Anuual_2016.pdf)

<sup>94</sup> Obtenido de <https://www.bcy.com.ar/>



Pacífico, de capitales británicas. En 1948, cuando se concretó la nacionalización ferroviaria, fue rebautizado con el nombre del prócer nacional como Ferrocarril General San Martín.

En cuanto a la línea Urquiza, su origen era múltiple. En ella confluyeron distintos ramales mesopotámicos que habían adoptado la trocha de 1,435 metros, llamada "universal" por ser la que predominaba en la región y en los países limítrofes. Esta línea también fue rebautizada con la nacionalización, en 1948, como Ferrocarril Nacional General Urquiza.

Las tres líneas Belgrano, San Martín y Urquiza–suman 9282 kilómetros operativos, con 4897 km., 2899 km y 1486 km. respectivamente. A esto se suman 7 talleres con 548 empleados.

Se recorren 17 provincias: Salta, Jujuy, Chaco, Santiago del Estero, Formosa, Entre Ríos, Corrientes, Misiones, San Juan, San Luis, Córdoba, La Rioja, Tucumán, Santa Fe, Catamarca, Mendoza, Buenos Aires y llega hasta la terminal de Retiro, en la Ciudad autónoma de Buenos Aires. Esto equivale a más del 70% de las provincias argentinas.

Cuenta con salidas fronterizas a los 5 países limítrofes: Chile, Bolivia, Paraguay, Brasil y Uruguay.

Las cargas actuales incluyen cereales, oleaginosos, subproductos, azúcar, cemento, piedra, fundente, carbón, fertilizantes, metales, madera, vino, aceitunas, melaza, agua y otras eventuales.

Tiene una flota de 71 locomotoras y 5176 vagones en funcionamiento.

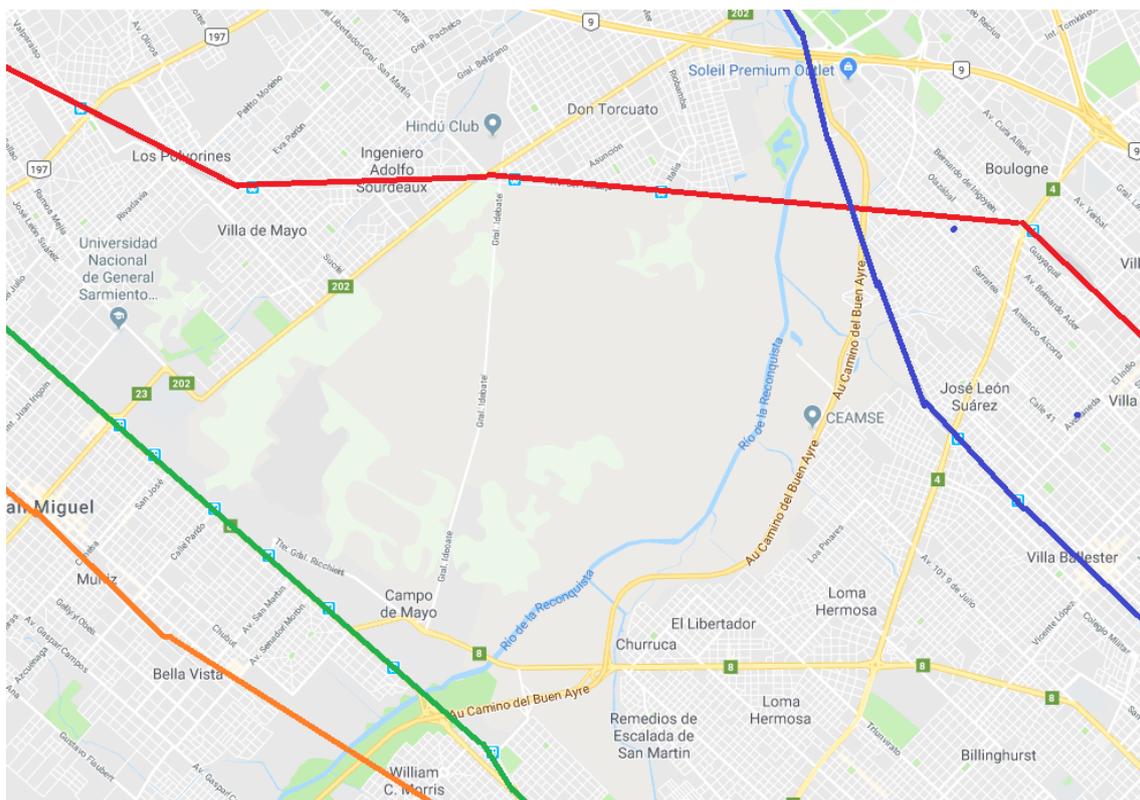
Accede a 5 cruces internacionales:

- Brasil (Paso de los Libres / Uruguayana)
- Uruguay (Concordia / Salto)
- Paraguay (Posadas / Encarnación)
- Bolivia (Pocitos / Yacuiba)
- Chile (Socompa / Antofagasta)

Accede a puertos en:

- Zona Rosario
- Zona Zárate
- Zona Buenos Aires
- Puertos Norte Provincia de Buenos Aires
- Puerto Barranqueras
- Puerto Custodia Paraguay
- Puerto Del Guazú

El siguiente mapa obtenido de Google Maps nos muestra como es circundada el área del predio de la CEAMSE Norte III por cuatro ferrocarriles:



- Naranja: Ferrocarril General San Martín
- Verde: Ferrocarril General Urquiza
- Azul: Ferrocarril General Mitre (otra empresa).
- Rojo: Ferrocarril General Belgrano



El Ferrocarril General Belgrano Norte avanza hacia el Puerto de Rosario, también sobre el Río Paraná y hacia el Puerto de Buenos Aires en sentido inverso.

El ramal del Ferrocarril General Urquiza termina su recorrido hacia el norte en las cercanías, pero en el otro sentido va hacia el Puerto de Buenos Aires.

El ramal del Ferrocarril General San Martín va hacia el Oeste. Por otro lado regresa al Puerto de Buenos Aires.

A fines de octubre de 2017<sup>95</sup>, Trenes Argentinos Infraestructura (ADIF) firmó un convenio con el Ejército para realizar un relevamiento del estado de la infraestructura de vías de un tramo de 60 kilómetros del Ferrocarril Urquiza, entre Pilar y Zárate.

El objetivo es tender una “trocha mixta” (estándar/ancha) entre esos dos puntos, lo que permitiría la conexión entre los ferrocarriles Mitre y San Martín. De esta manera, por la traza del Urquiza (de trocha estándar de 1435 mm) podrían correr trenes tanto de este ancho de vía como de trocha ancha (1676 mm).

Esto permitiría que los trenes de cargas y las formaciones de pasajeros de larga distancia procedentes del Interior (Tucumán, Córdoba, Santa Fe) por vías del Mitre sean derivados a la línea San Martín para llegar por ésta al puerto de Buenos Aires o bien a la estación Retiro San Martín, a la que proyecta renovarse como futura terminal de todos los servicios de larga distancia, exceptuando los de la línea Roca.

La obra permitiría que vagones de carga de trocha ancha circulen por las vías del Urquiza de Zárate a Pilar.

## TREN MITRE

---

<sup>95</sup> Publicado en <http://enelsubte.com/noticias/estudian-tender-un-ramal-de-trocha-ancha-para-cargas-entre-zarate-y-pilar/>



El tren Mitre<sup>96</sup> pertenece a Trenes Argentinos. No es un tren de cargas en la zona de análisis, sin embargo es el tren que llega a los puertos de Campana y Zárate.

El ferrocarril General Mitre avanza hacia los Puertos de Campana y Zárate sobre el Río Paraná, por un lado y hacia el Puerto de Buenos Aires por el otro. En el caso de realizarse el proyecto de trenes de cargas ampliando las vías del Urquiza es una buena posibilidad usar los ramales de este tren hacia los puertos de Campana y Zárate.

Para que sea ejecutable esta opción se deberá contemplar la posibilidad de utilizar las vías con trenes de carga en horarios nocturnos de poca o nula actividad de transporte público.

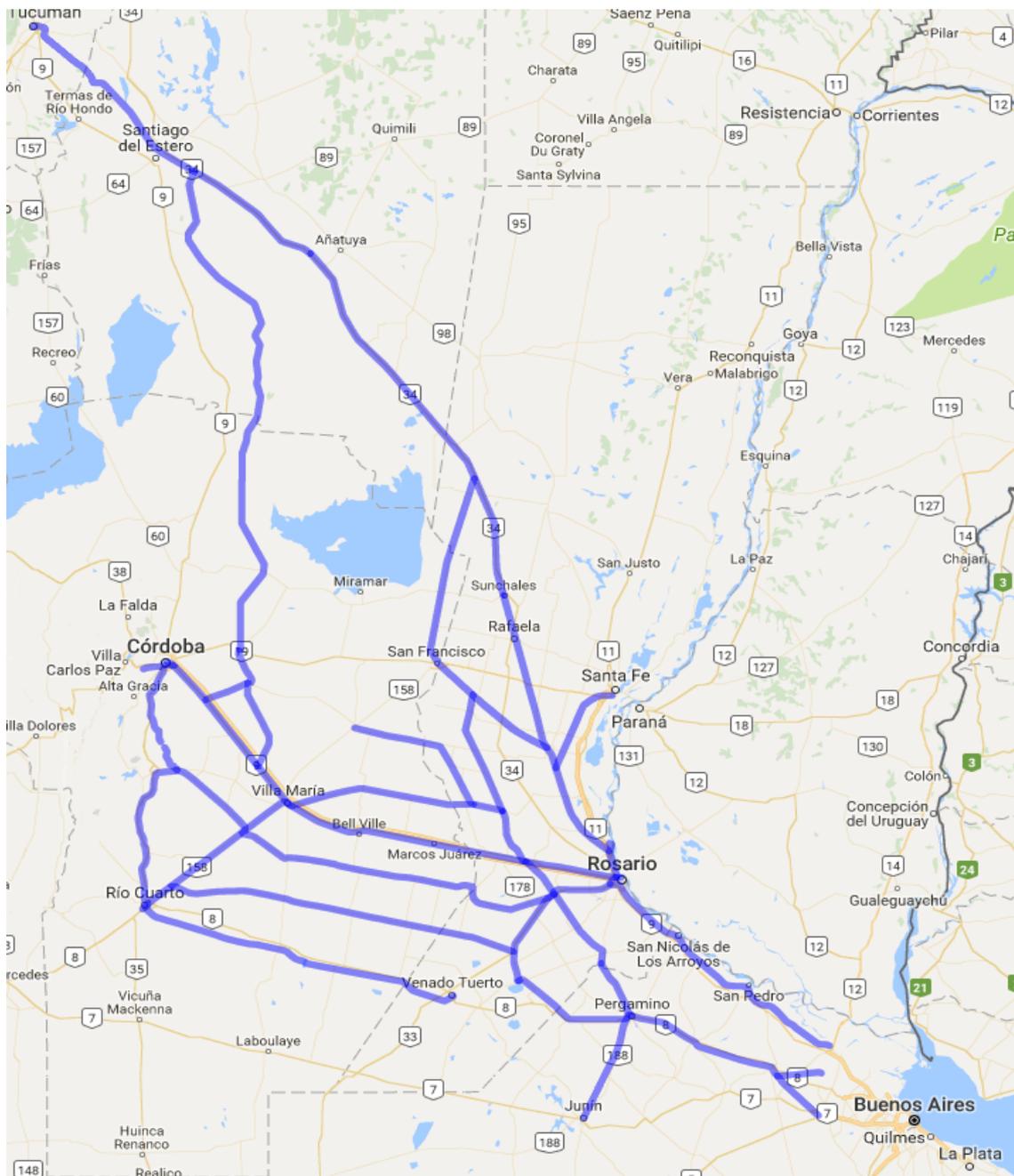
#### NUEVO CENTRAL ARGENTINO

Respecto a Nuevo Central Argentino NCA<sup>97</sup>, es una red que se compone de los ramales de carga del Ferrocarril General Mitre.

---

<sup>96</sup> Publicado en: <https://www.trenmitre.com.ar/>

<sup>97</sup> Publicado en: <http://www.nca.com.ar/>



Detalle de la red de NCA

La concesión pertenece a la empresa Aceitera General Deheza (AGD).

En principio sus ramales no se encuentran cerca de los centros de disposición final de la CEAMSE ni de los hornos cementeros instalados en la Provincia de Buenos Aires.

Sin embargo, dadas las modificaciones de los ramales de carga hacia los puertos de Campana y Zárate podría tener vinculación con esos puertos.



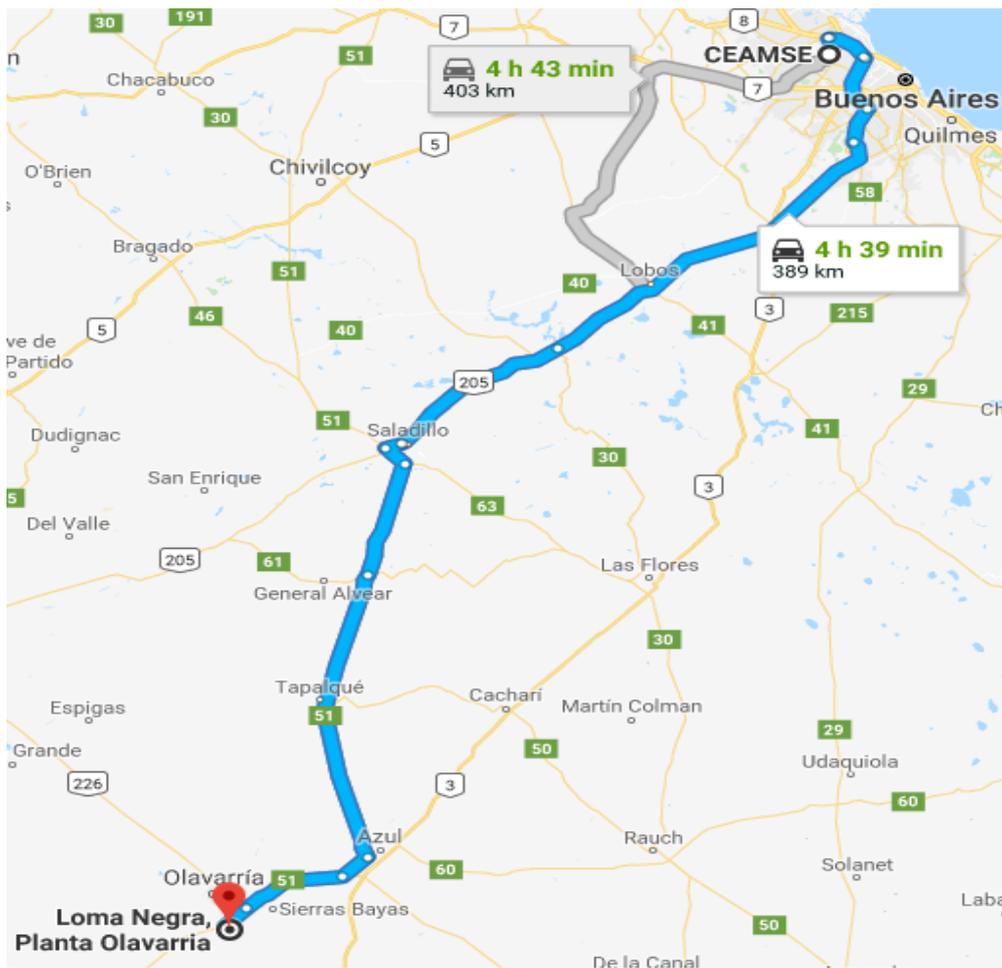
## 2. El transporte vial:

En los siguientes mapas obtenidos de Google Maps se pueden apreciar las distancias de rutas entre la CEAMSE Norte III y los hornos cementeros ubicados en Olavarría. El primero de ellos muestra las mejores rutas y cantidades de kilómetros entre la Planta de Loma Negra de Olavarría y la CEAMSE Norte III.

En la imagen aérea que sigue se puede evaluar la distancia en ruta entre la planta de Loma Negra C.I.A.S.A. en Olavarría y la ubicación cercana de la Planta de Cementos Avellaneda S.A.

La siguiente imagen aérea, también capturada de Google Maps, nos muestra la cercanía entre las plantas de Olavarría de Cementos Avellaneda (Planta San Jacinto) y las dos plantas de Loma Negra (Planta L'Amalí y Planta Olavarría).

Los mapas que prosiguen (también obtenido de Google Maps) nos indican las distancias desde Ensenada, La Matanza y CEAMSE Norte III y los hornos cementeros ubicados en Olavarría y Benito Juárez, Planta Barker de Loma Negra.



Mapa de distancias entre CEAMSE Norte III y la Planta Olavarría de Loma Negra.

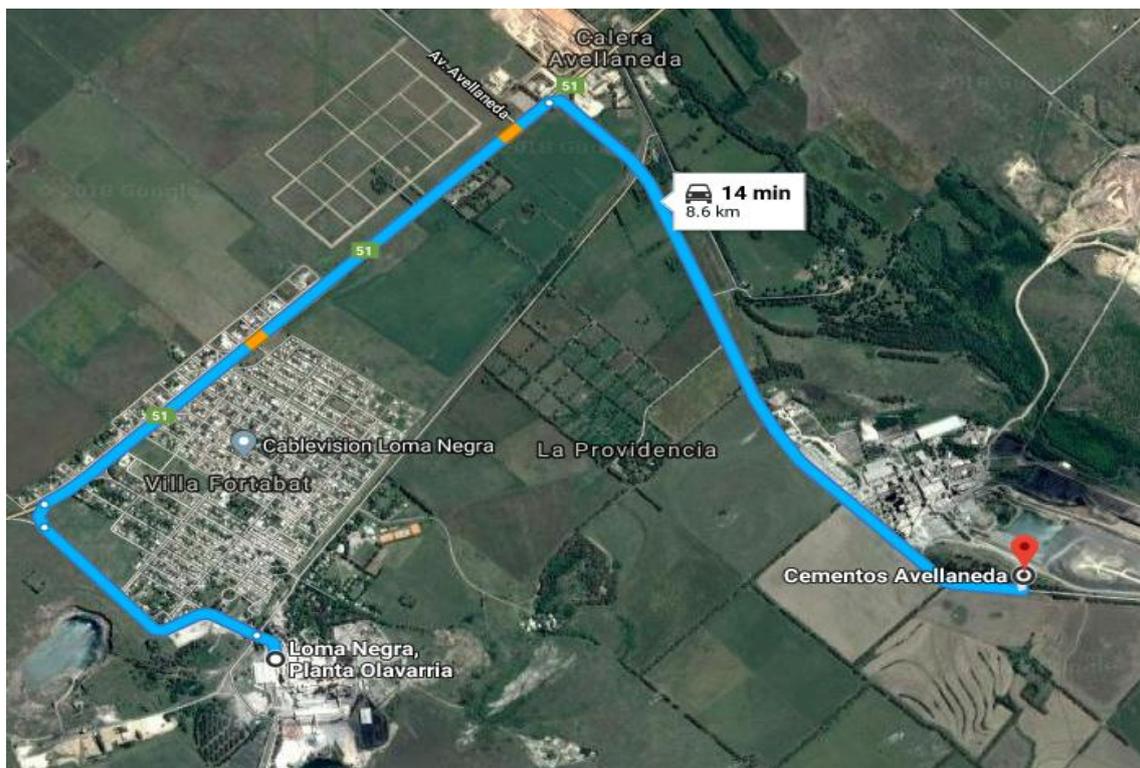


Imagen aérea de la Planta Olavarría de Loma Negra y la Planta de Cementos Avellaneda.

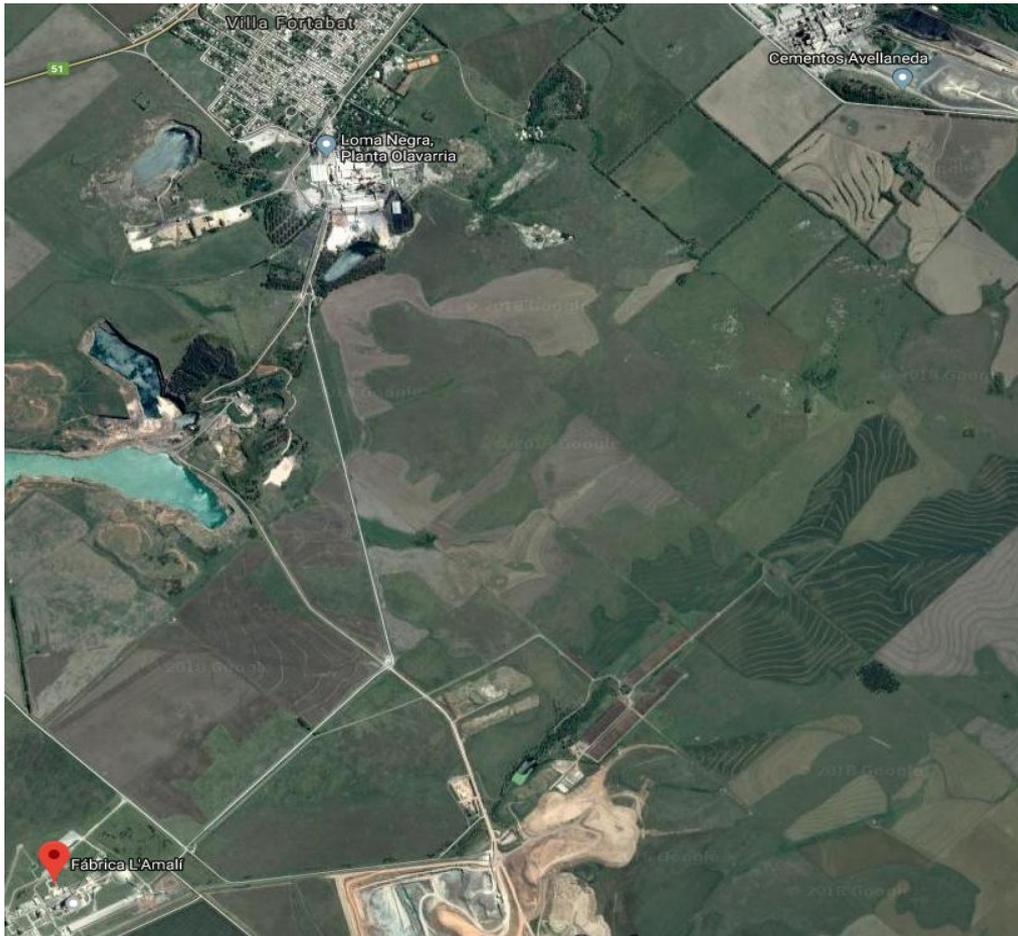
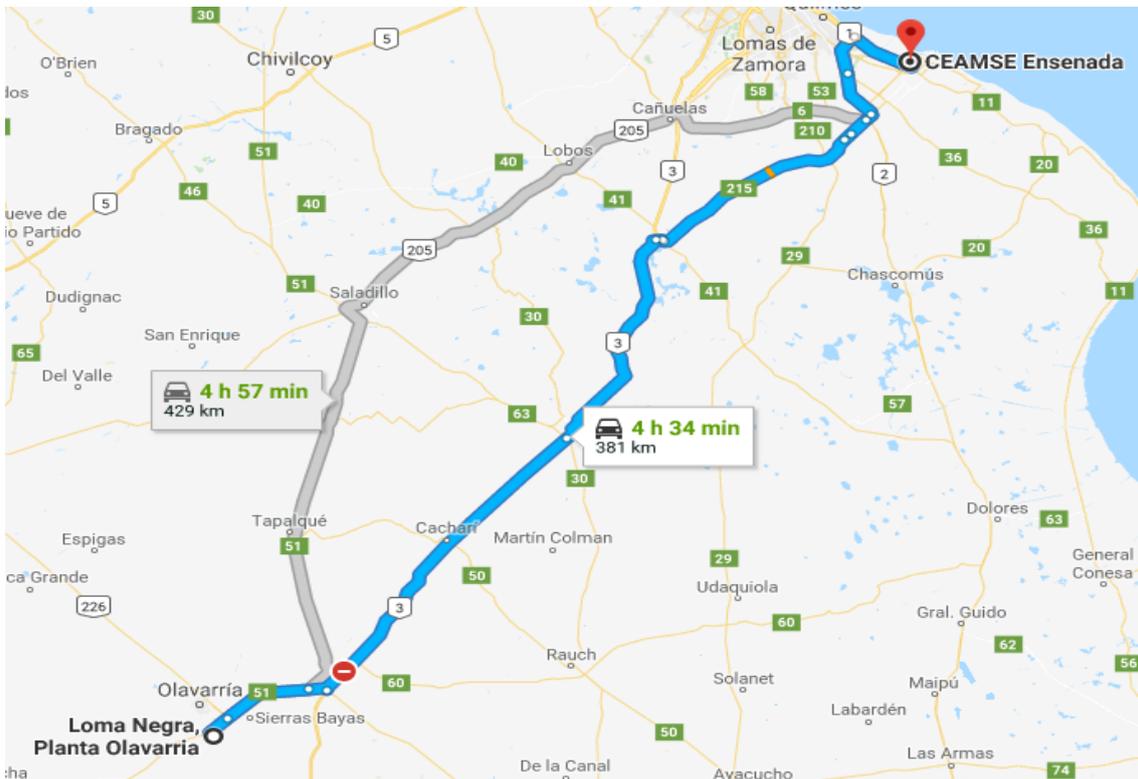
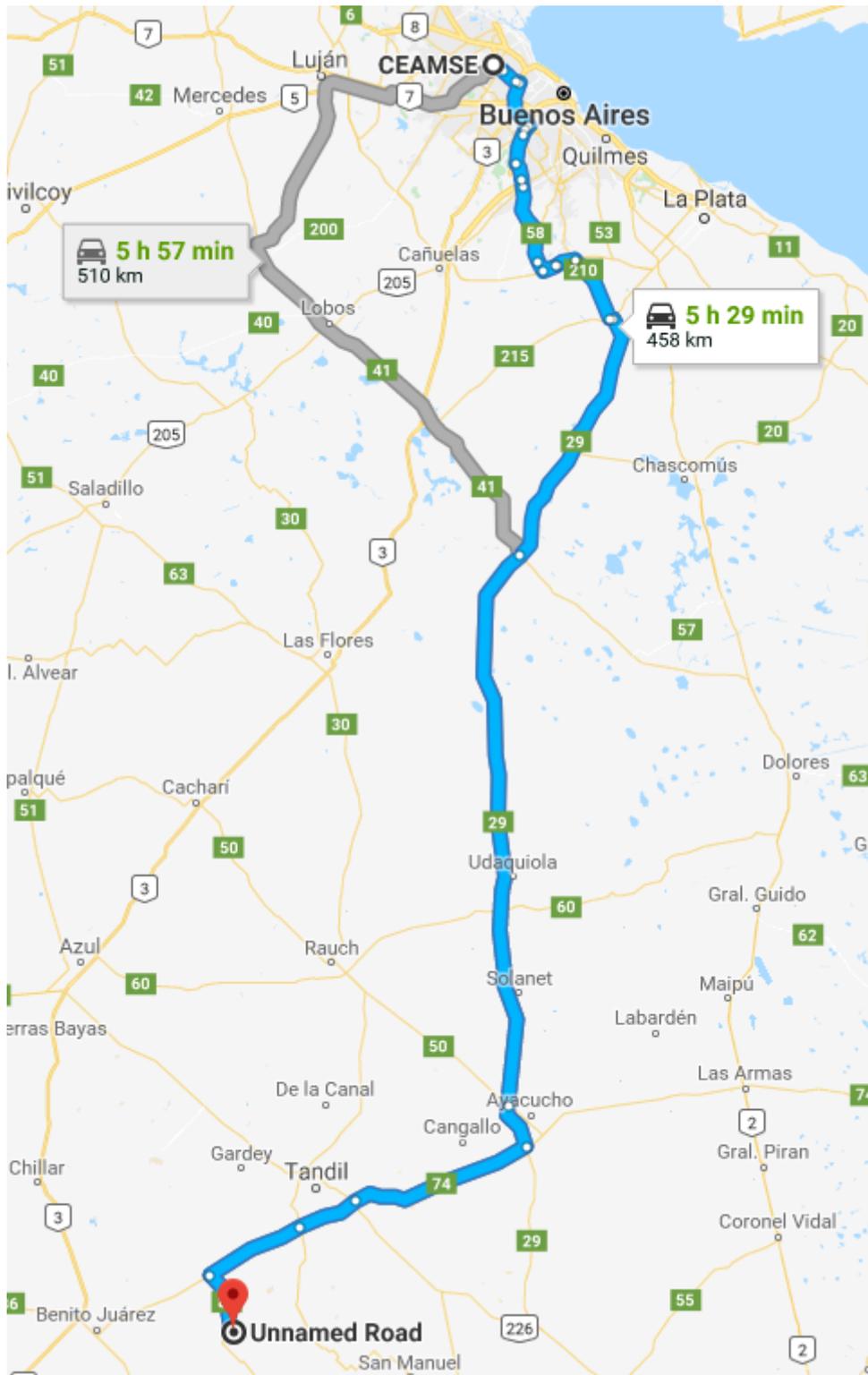


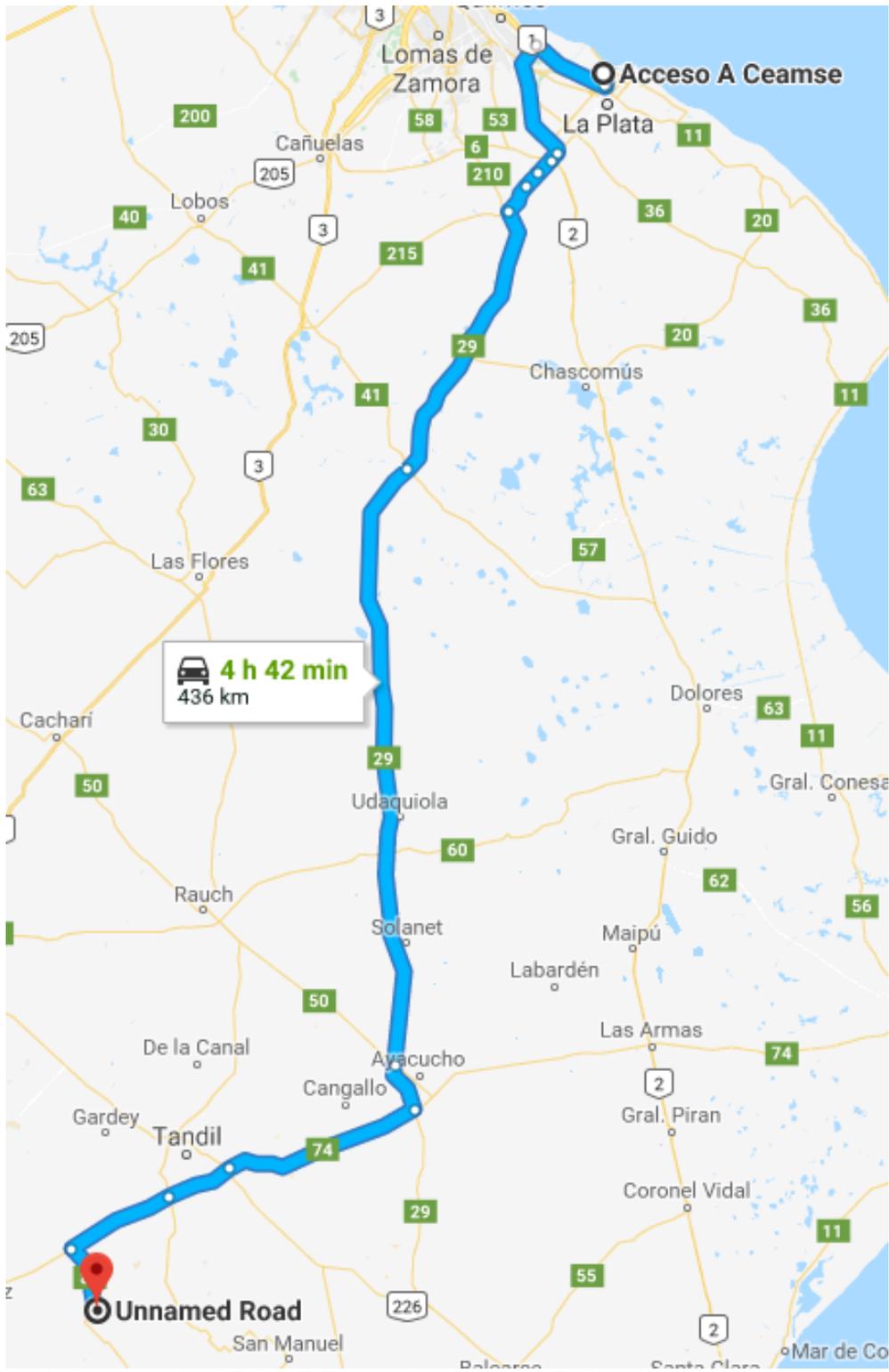
Imagen aérea del área de las plantas de Olavarría.



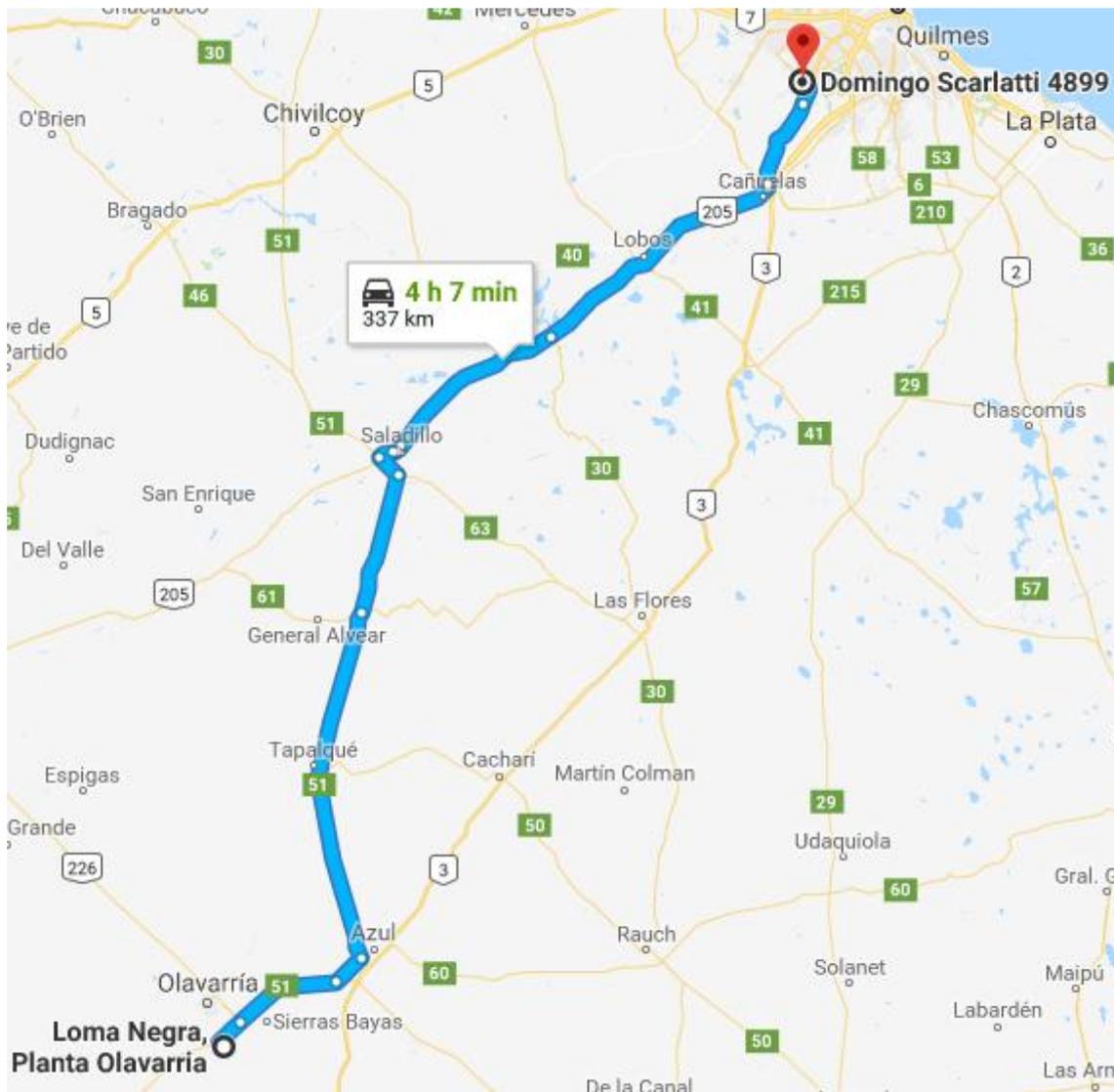
Mapa de distancias entre CEAMSE Ensenada y la Planta Olavarría de Loma Negra.



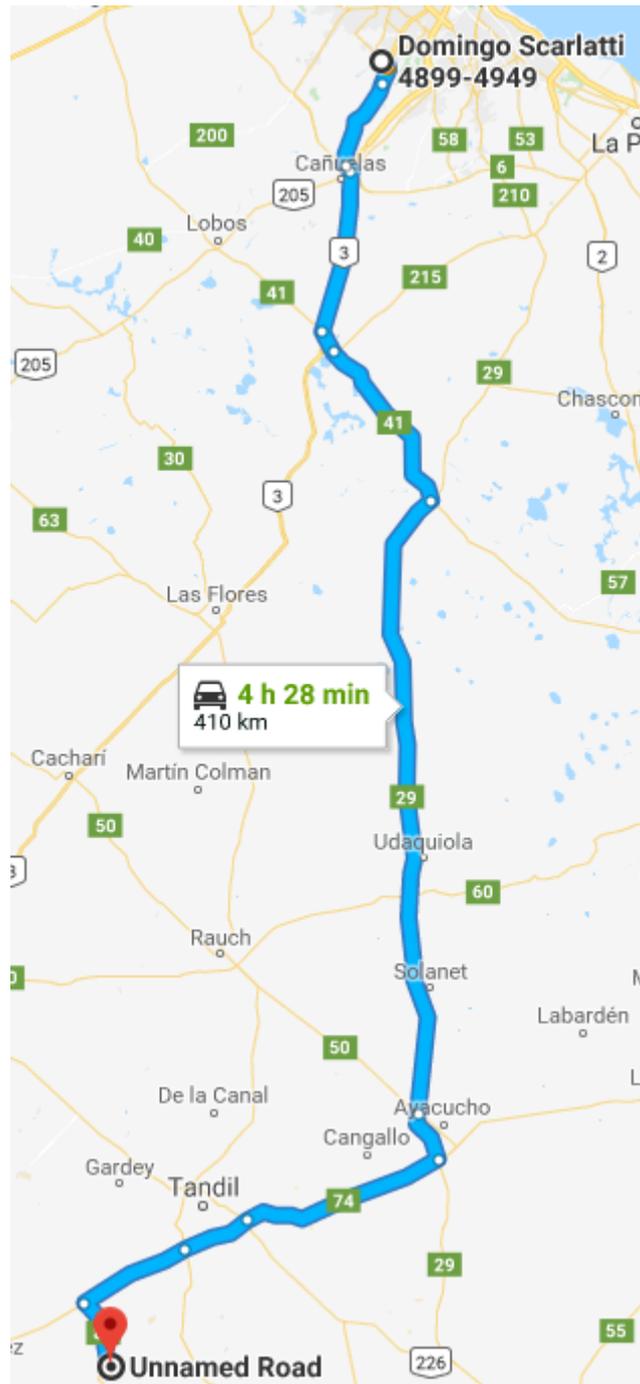
Mapa de distancias entre CEAMSE Norte III y la Planta Barker de Loma Negra en Benito Juárez.



Mapa de distancias entre CEAMSE Ensenada y la Planta Barker de Loma Negra en Benito Juárez.



Mapa de distancias entre CEAMSE La Matanza y la Planta Olavarría de Loma Negra.



Mapa de distancias entre CEAMSE La Matanza y la Planta Barker de Loma Negra en Benito Juárez.

### 3. Otras Opciones

Hasta aquí hemos visto las distancias y posibilidades de transporte directo, sea por tren o camión, desde los Centros de Disposición Final de CEAMSE hasta las Plantas con hornos cementeros activos en la Provincia.

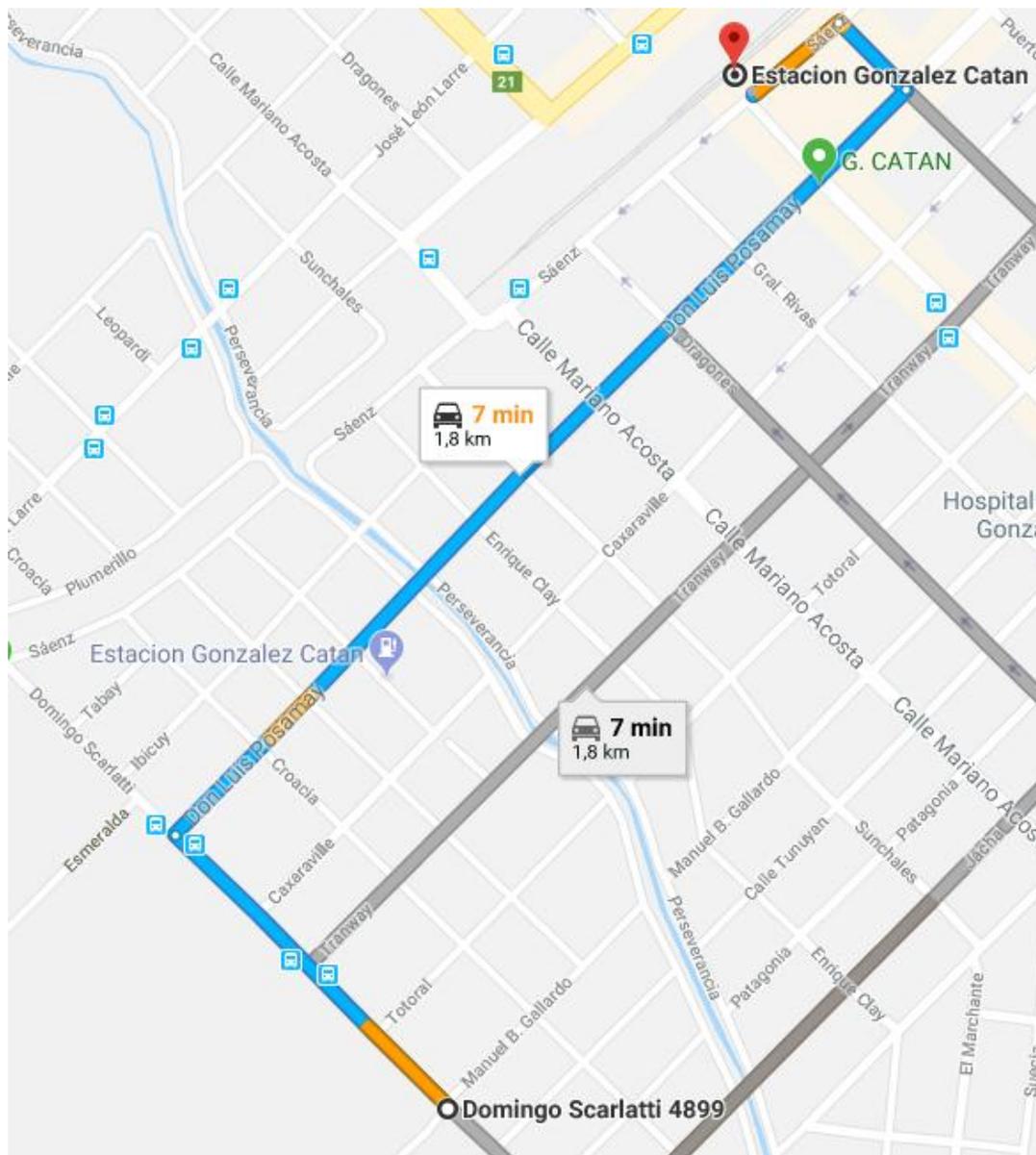


Los datos y mapas que continúan evalúan la posibilidad de realizar el transporte del CDR en combinaciones de ferrocarril o camión, con balsas y buques a través del Río de La Plata y el Mar Argentino hasta los puertos de Mar del Plata, Necochea (Quequén) y Bahía Blanca (Ing. White), para luego combinar nuevamente con ferrocarril y camión hasta las plantas con hornos cementeros.

Es por ello que se desarrolla primero un análisis de distancias desde cada Centro de Disposición Final (CDF) hasta los puertos cercanos por ferrocarril o camión. Luego se avanza en un desarrollo de las vías fluviales y marítimas hasta los puertos indicados, y finalmente, se avanza en el análisis de posibilidades de dichos puertos hasta las plantas cementeras con hornos activos.

Este es el desarrollo desagregado de una opción que intentará visualizar por tramos, la combinación de medios de transporte. De ese modo, aunque no sea económicamente viable, cada uno de estos tramos puede ser aplicado en análisis sucesivos, como sería el caso de importación de CDR hasta plantas ubicadas en la provincia, o en su defecto, exportación del mismo.

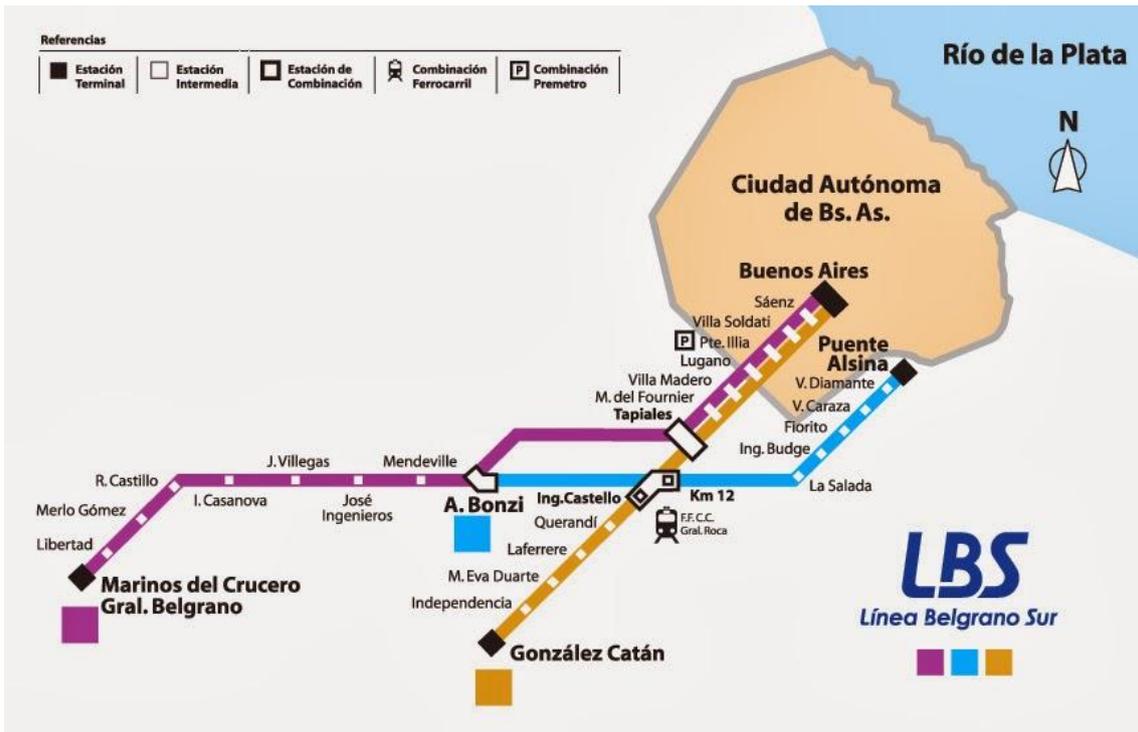
- A. Transporte desde los CDF hasta los puertos cercanos.
  - a) CEAMSE La Matanza. Transporte hasta el Puerto



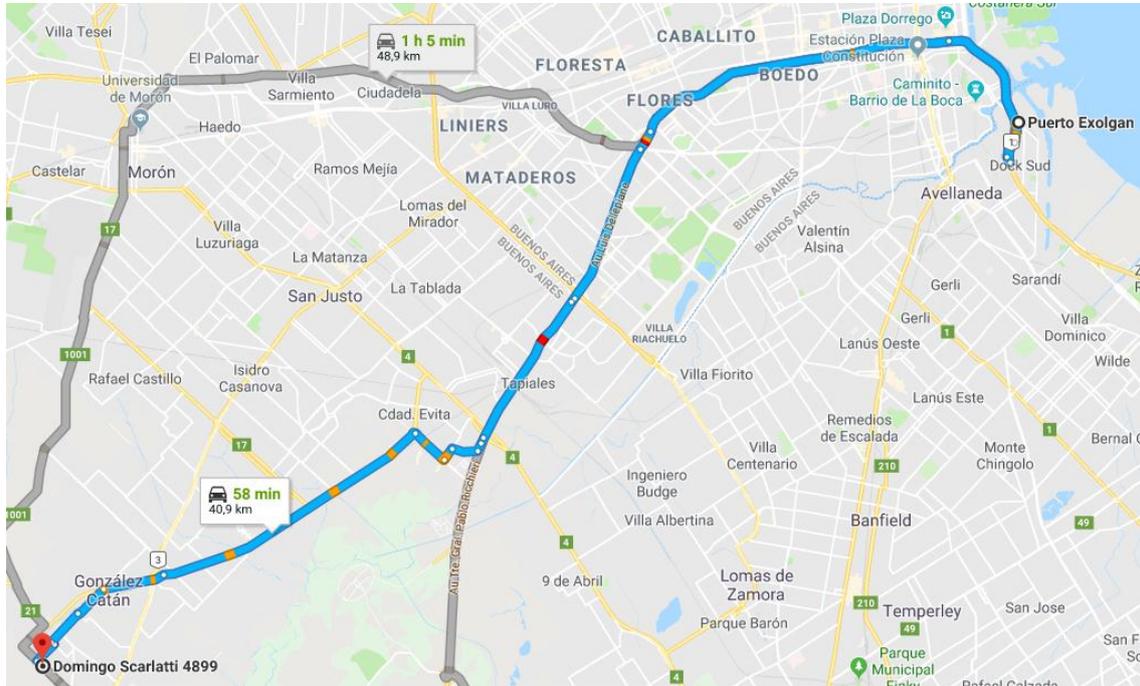
Mapa de distancias entre CEAMSE La Matanza y la Estación de González Catán.

Existe la posibilidad de transportar desde la estación de González Catán hacia el puerto de Dock Sud o Buenos Aires. Para ello se debería realizar una combinación entre el Ferrocarril General Belgrano Sur con el Ferrocarril General Roca en “Ingeniero Castello-De Elía”, y luego combinar nuevamente en Témperley y avanzar hacia Plaza Constitución. Posteriormente se debería habilitar la línea que circula por Puerto Madero hacia el Puerto para cargas.

En otro sentido, se puede ir directamente desde Témperley hacia la estación Cañuelas y tomar los trenes de Roca-Ferrosur hacia las plantas cementeras de la provincia.



En su defecto, por camión se puede apreciar el recorrido desde CEAMSE La Matanza hasta la terminal Exolgan en Dock Sud



Mapa de distancias entre CEAMSE La Matanza y el Puerto de Dock Sud.

En este caso se contempla la posibilidad de llegar directamente al puerto con camiones.

b) CEAMSE Ensenada. Transporte hasta el Puerto.

Del mismo modo, se analiza la posibilidad de llegar desde el CDF de Ensenada al Puerto.

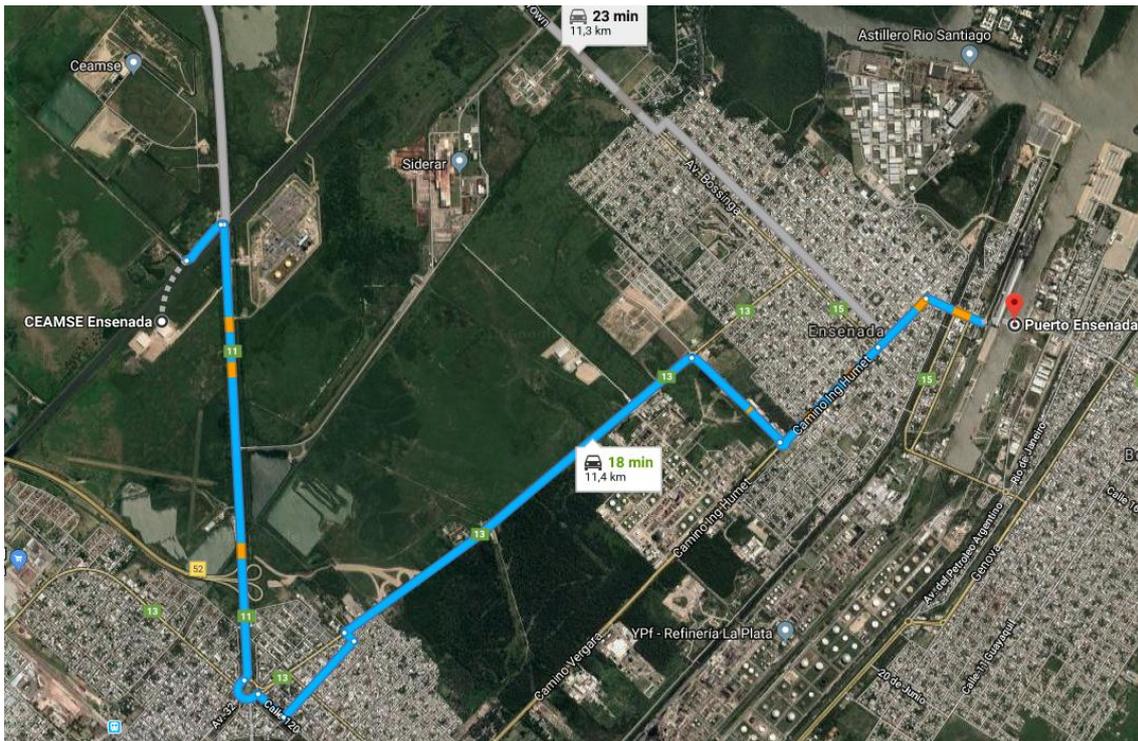
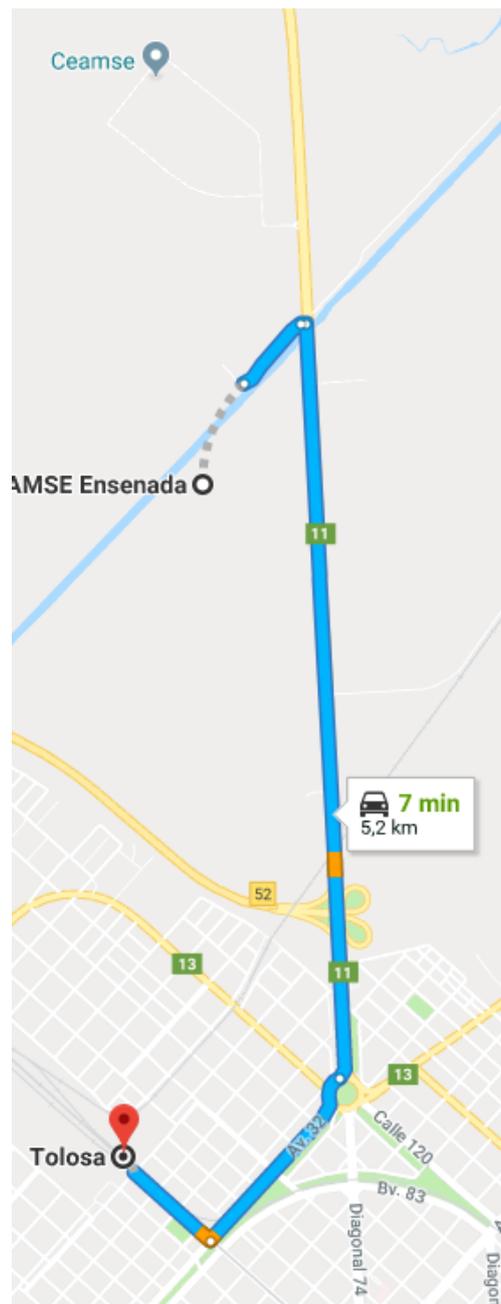


Imagen aérea de la ruta entre CEAMSE Ensenada y el Puerto La Plata.

En esta imagen se detalla el trayecto posible de camiones desde CEAMSE Ensenada hacia el Puerto La Plata.

En relación al ferrocarril, si bien hay líneas ferroviarias cerca de CEAMSE Ensenada, la estación más cercana es la de Tolosa. Si se construyese una estación de transferencia cercana el recorrido sería menor. Es posible también utilizar el ramal que llega al puerto de Ensenada.

Se puede realizar un trayecto en tren hasta la estación Avellaneda (o habilitar los ramales de cargas de Villa Elisa o Berazategui hacia Bosques) y luego directamente hacia Témperey y Cañuelas, para posteriormente ir directamente hacia las plantas cementeras con hornos en la Provincia.



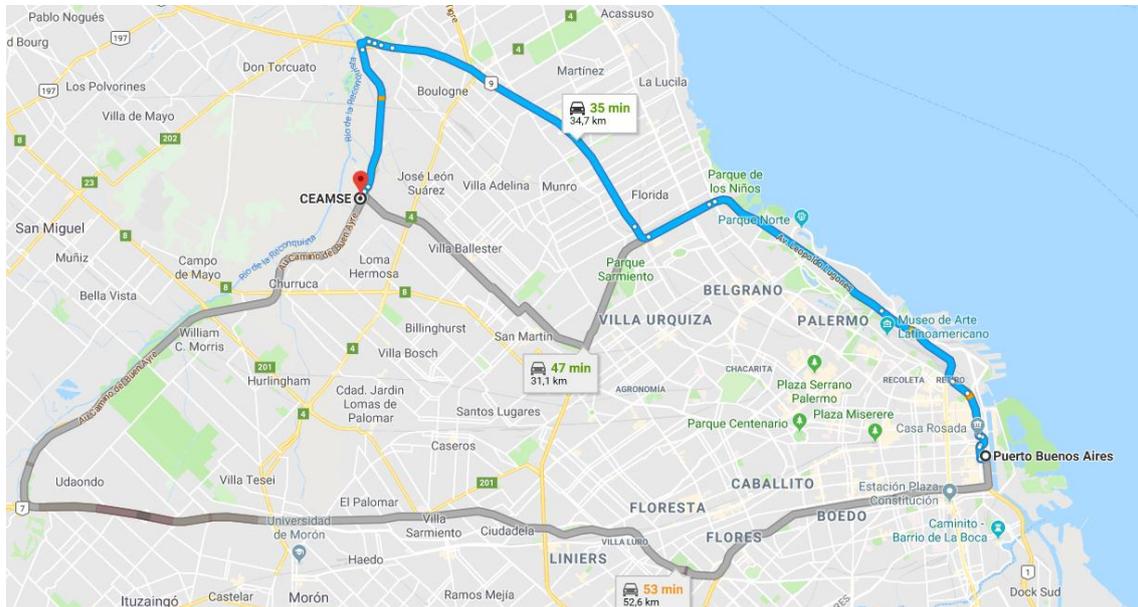
Mapa de distancias entre CEAMSE Ensenada y la Estación de Tolosa.

Del mismo modo, se avanza en un detalle de las distancias de la CEAMSE Norte III a los puertos cercanos:

- c) CEAMSE Norte III. Transporte hasta el Puerto de Buenos Aires.

En relación al transporte ferroviario, se ha visto anteriormente el mapeo con las cuatro líneas de ferrocarriles que circundan al predio de CEAMSE Norte. Esas mismas líneas son capaces de llegar directamente hasta la Terminal de Retiro, y por lo tanto, al Puerto de Buenos Aires.

El detalle vial que continúa indica los Km desde la CEAMSE Norte III hacia el Puerto de Buenos Aires.



Mapa de distancias entre CEAMSE Norte III y el Puerto de Buenos Aires.

d) CEAMSE Norte III. Transporte hasta el Puerto de Campana

Como se vio anteriormente, esta Estación pertenece a la Línea Mitre, aunque se destaca que estaría en perfectas condiciones para ser utilizada como estación de cargas. Actualmente se estudia la combinación con la Línea Urquiza para llegar hasta el puerto con trenes de carga.

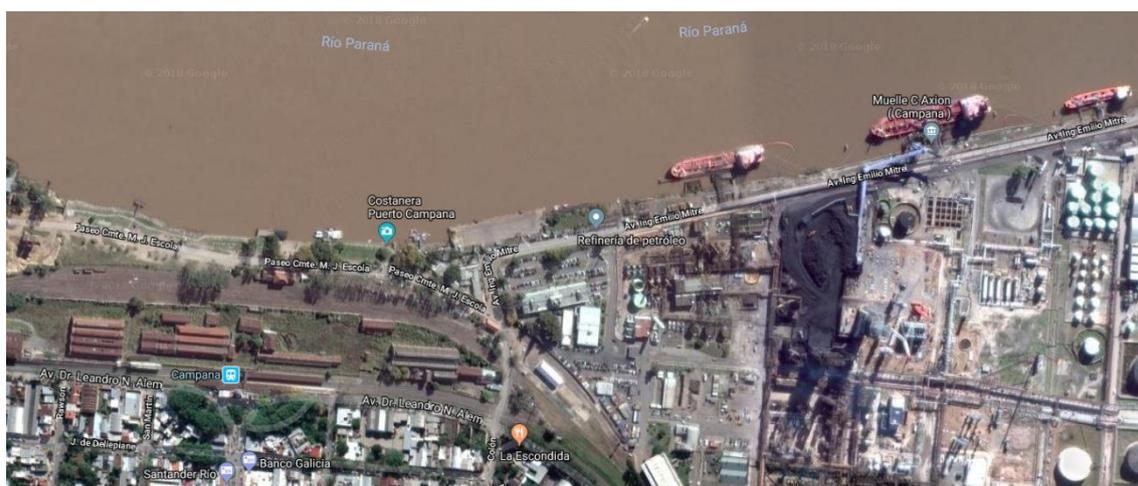
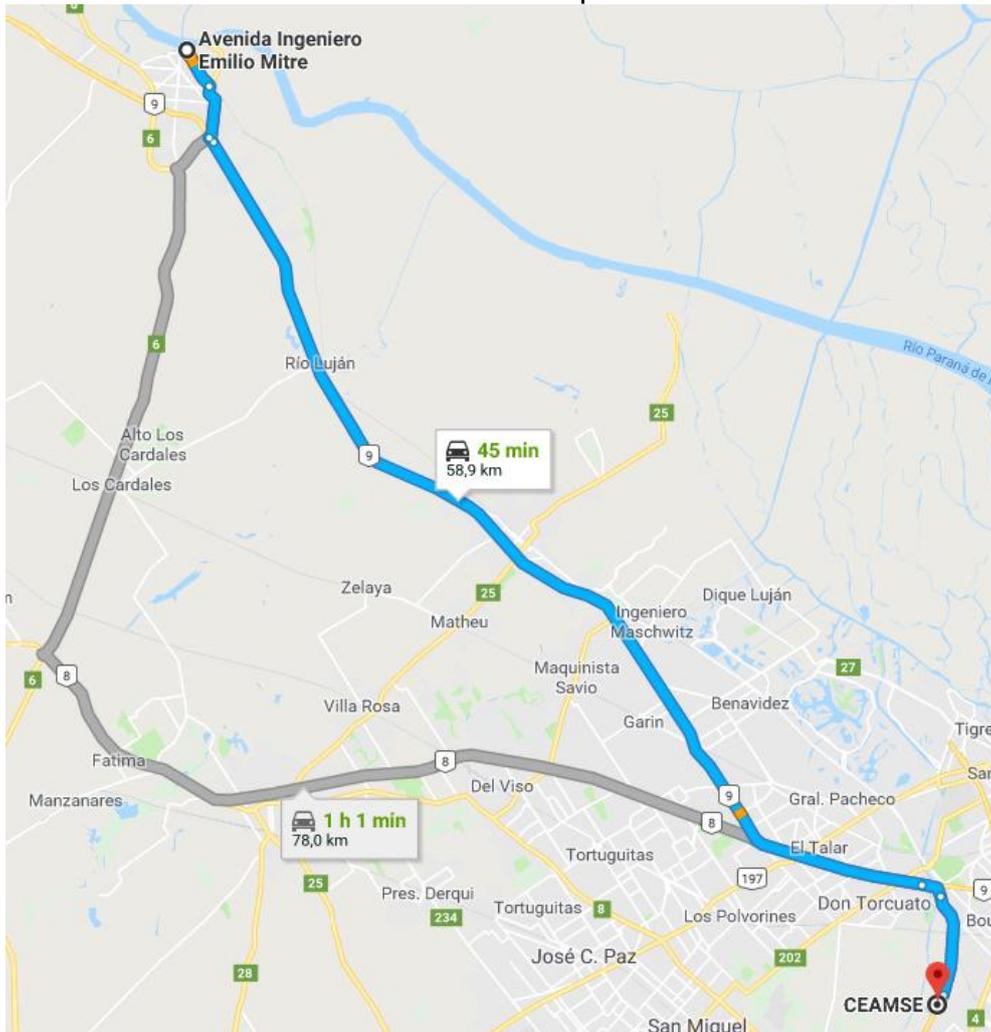


Imagen aérea del Puerto de Campana y la Estación Ferroviaria.

Se aprecia la cercanía del puerto y el ferrocarril en la ciudad de Campana.

### Detalle de rutas hacia el Puerto de Campana.

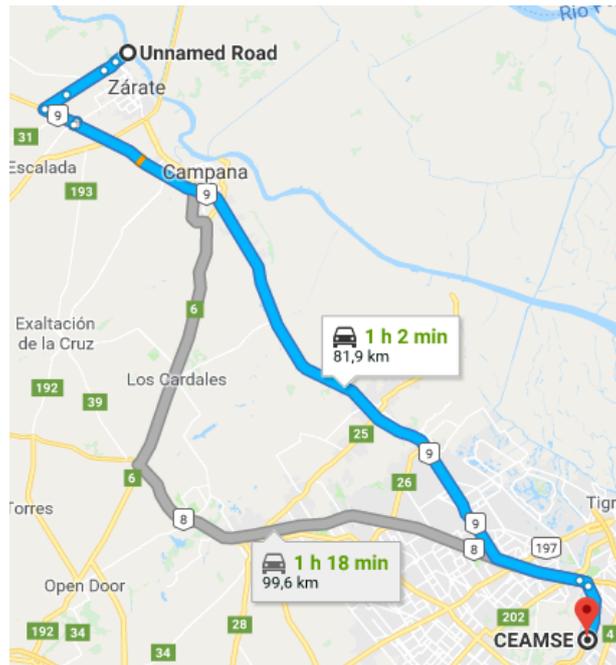


Mapa de distancias entre CEAMSE Norte III y el Puerto de Campana.

#### e) CEAMSE Norte III. Transporte hasta el Puerto de Zárate

Del mismo modo, la Estación Zárate pertenece a la Línea Mitre y asimismo, se estudia la combinación con la Línea Urquiza para llegar hasta el puerto con trenes de carga.

Sin embargo, en este caso se debería contar con transporte por camiones desde la estación de trenes hasta el Puerto.



Mapa de distancias entre CEAMSE Norte III y el Puerto de Zárate.

Detalle de rutas hacia el Puerto de Zárate.



Imagen aérea de distancias entre el Puerto de Zárate y la Estación Ferroviaria.

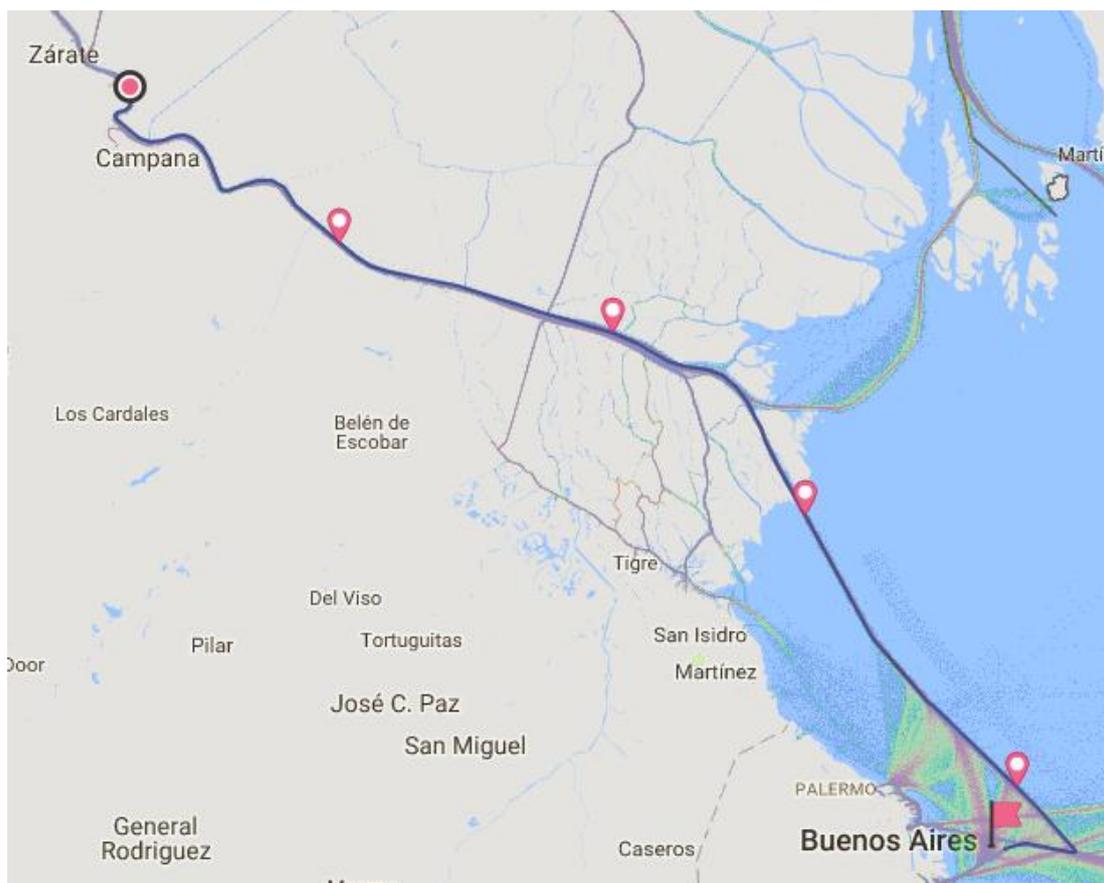
Estas son las opciones de carga y transporte del CDR producido en las cercanías de los CDF hasta sus puertos cercanos.

#### B. Transporte fluvial y transporte marítimo:

El segundo paso de este análisis es conocer las distancias y posibilidades de realizar el transporte fluvial y marítimo desde los puertos del Río de La Plata descriptos hasta los puertos del sur de la provincia.<sup>98</sup>

Como ya se ha anticipado, al realizarse el análisis de esta opción por tramos, se puede conocer la posibilidad eventual de realizar comercio a otras provincias o exterior de CDR por medio del transporte fluvial y marítimo.

##### 1. Transporte fluvial en balsa por el Río Paraná y el Río de La Plata.



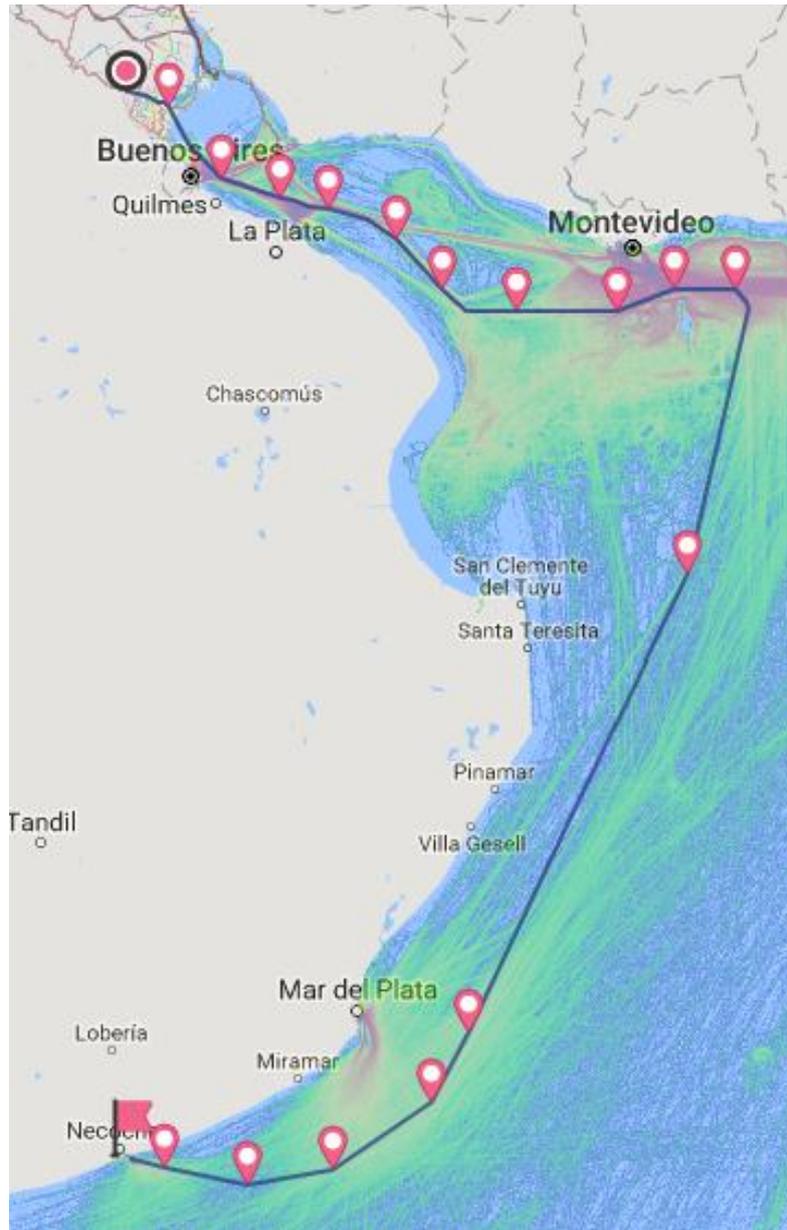
Desde Puerto Campana hasta puerto Buenos Aires en balsa.

La distancia total es de 48 Millas Náuticas.

<sup>98</sup> Distancias marítimas en millas náuticas y mapas marítimos obtenidos desde <https://www.marinetraffic.com/es/voyage-planner/>

Esta opción contemplaría un trasbordo en el Puerto de Buenos Aires de balsa a buque marítimo.

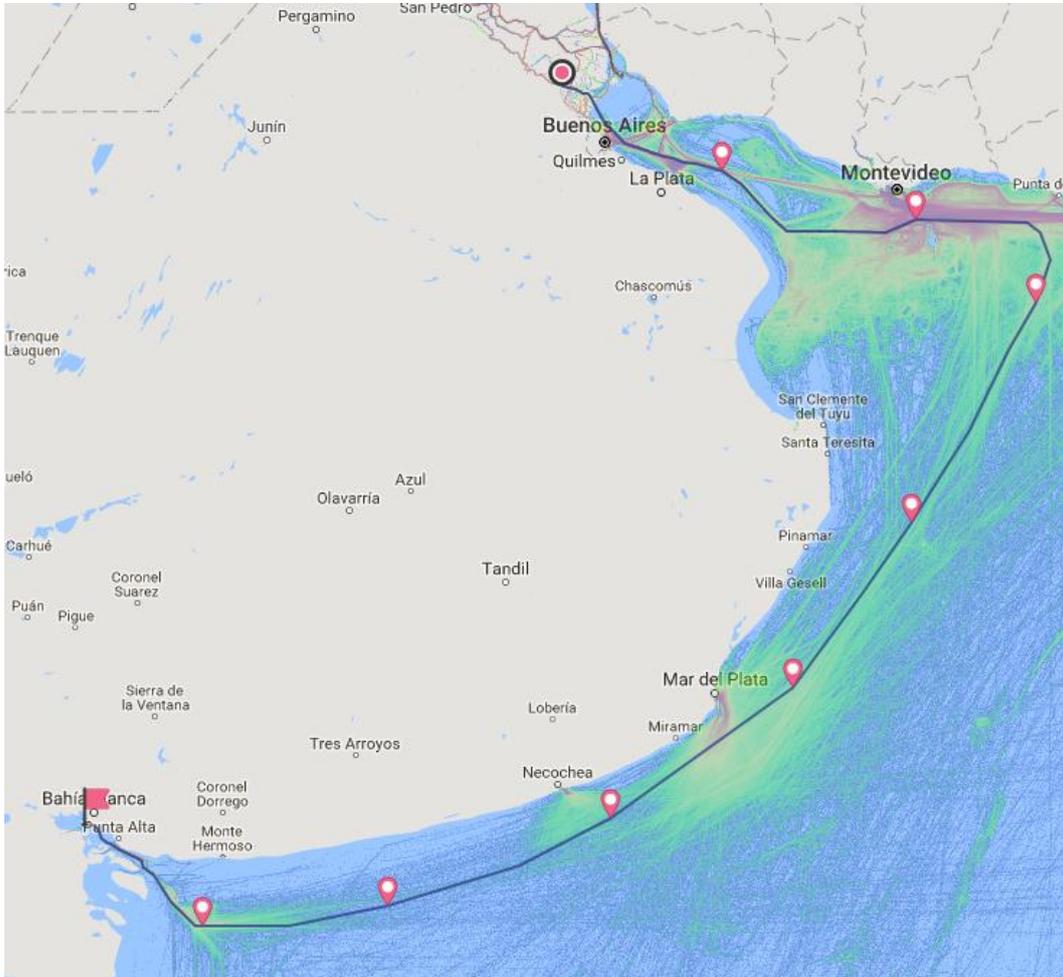
- i. Transporte fluvial y transporte marítimo en buque:
  - a) Transporte desde el Puerto de Campana hasta el Puerto Quequén.



Desde Puerto Campana hasta puerto Quequén en Necochea.

La distancia total es de 459 Millas Náuticas.

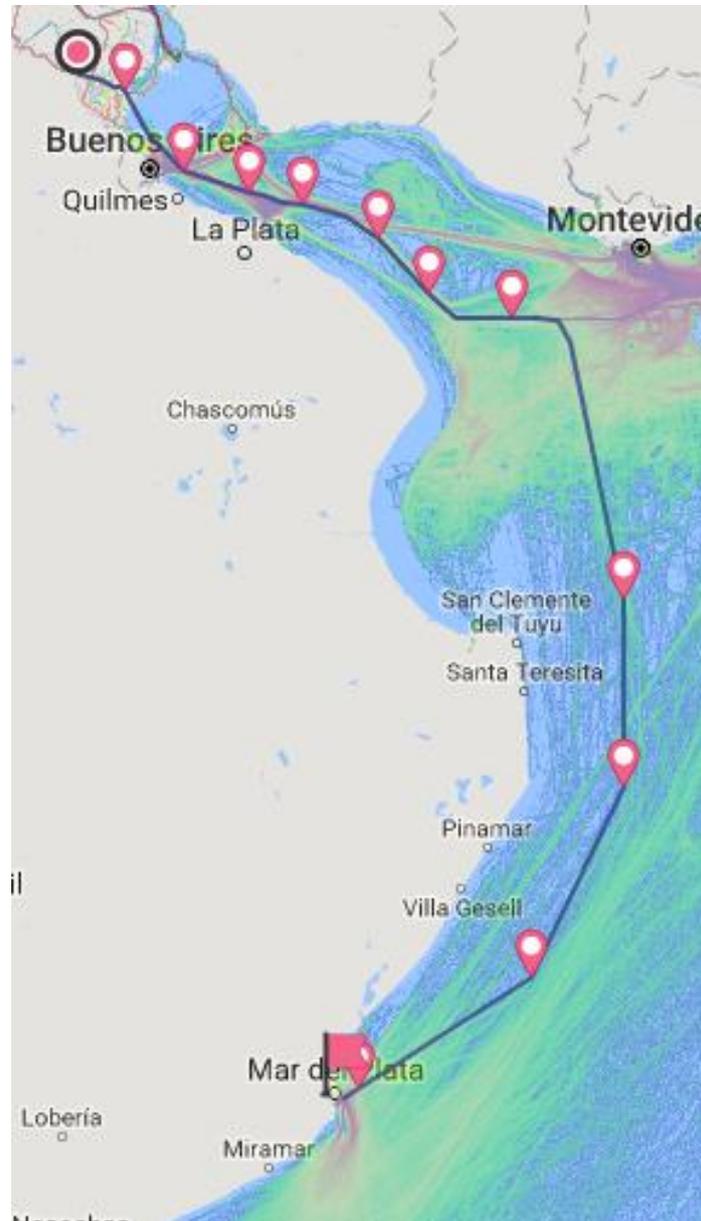
b) Transporte desde el Puerto de Campana hasta el Puerto Ing. White.



Desde Puerto Campana hasta puerto Ingeniero White en Bahía Blanca.

La distancia total es de 678 Millas Náuticas.

c) Transporte desde el Puerto de Campana hasta el Puerto de Mar del Plata.



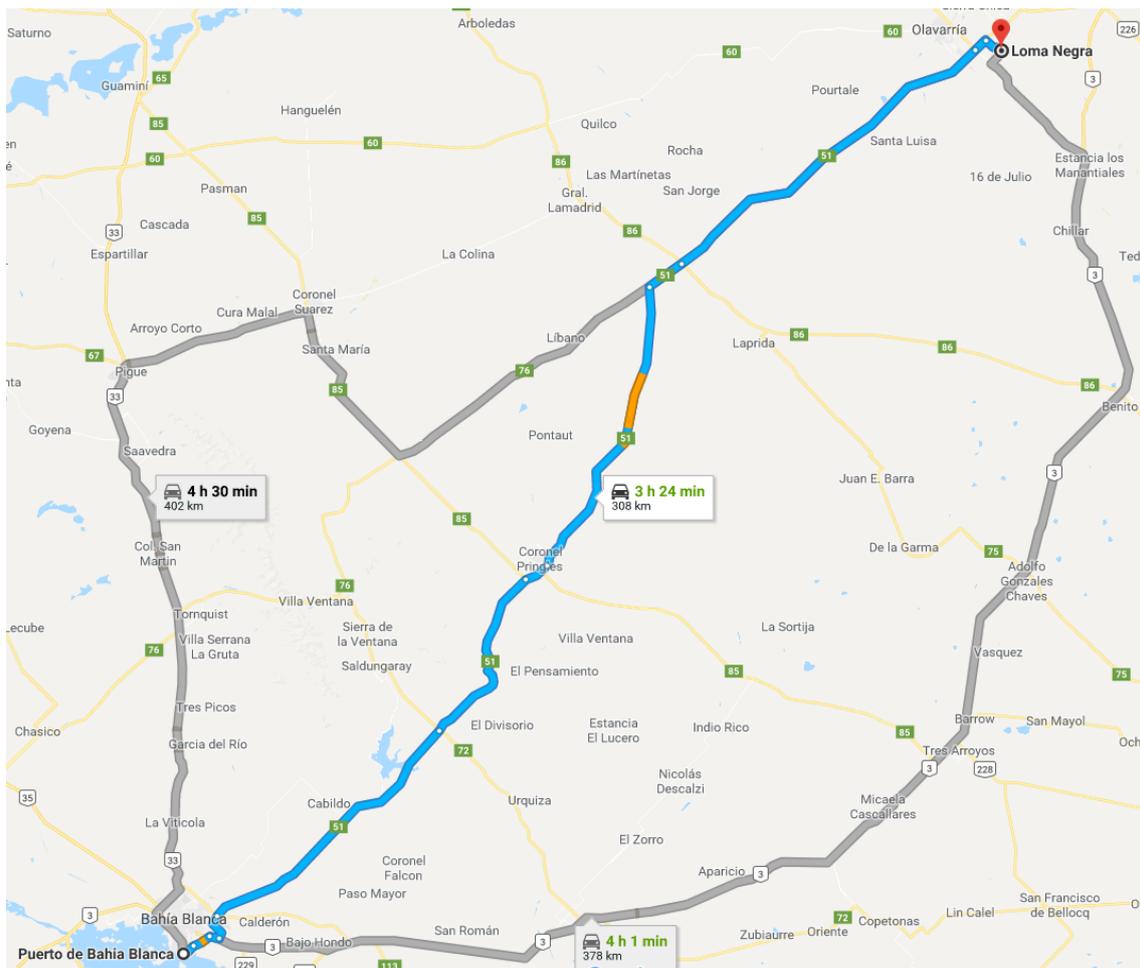
Desde Puerto Campana hasta puerto Mar del Plata.

La distancia total es de 322 Millas Náuticas.

C. Transporte desde los Puertos del Sur hasta las plantas con hornos cementeros:

a) Puerto de Bahía Blanca

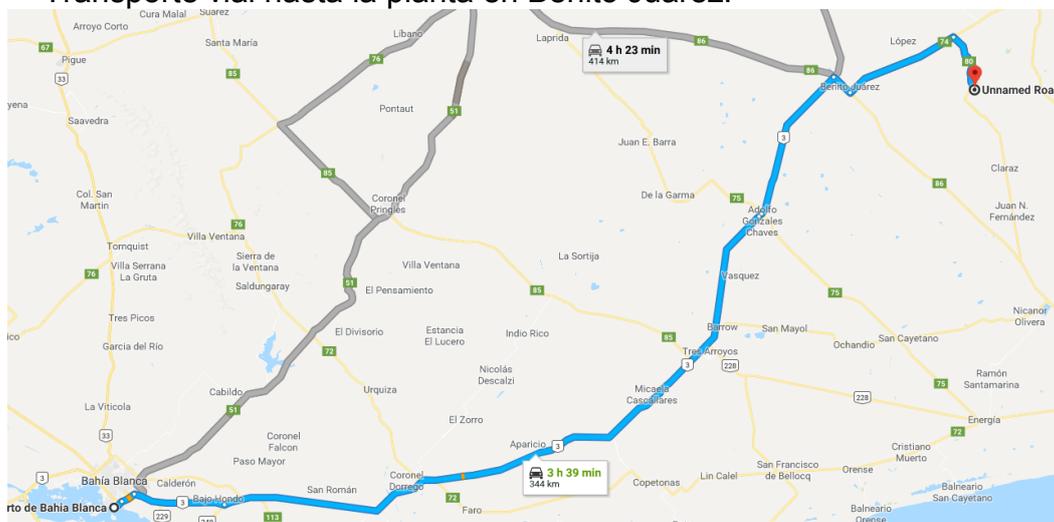
Se aprecia el transporte vial hasta las plantas en Olavarría:



Mapa de distancias entre el Puerto de Bahía Blanca y las plantas en Olavarría.

Asimismo, existe la posibilidad del tren desde el puerto hasta los hornos en Olavarría.

### Transporte vial hasta la planta en Benito Juárez:



Mapa de distancias entre el Puerto de Bahía Blanca y la Planta Barker en Benito Juárez.

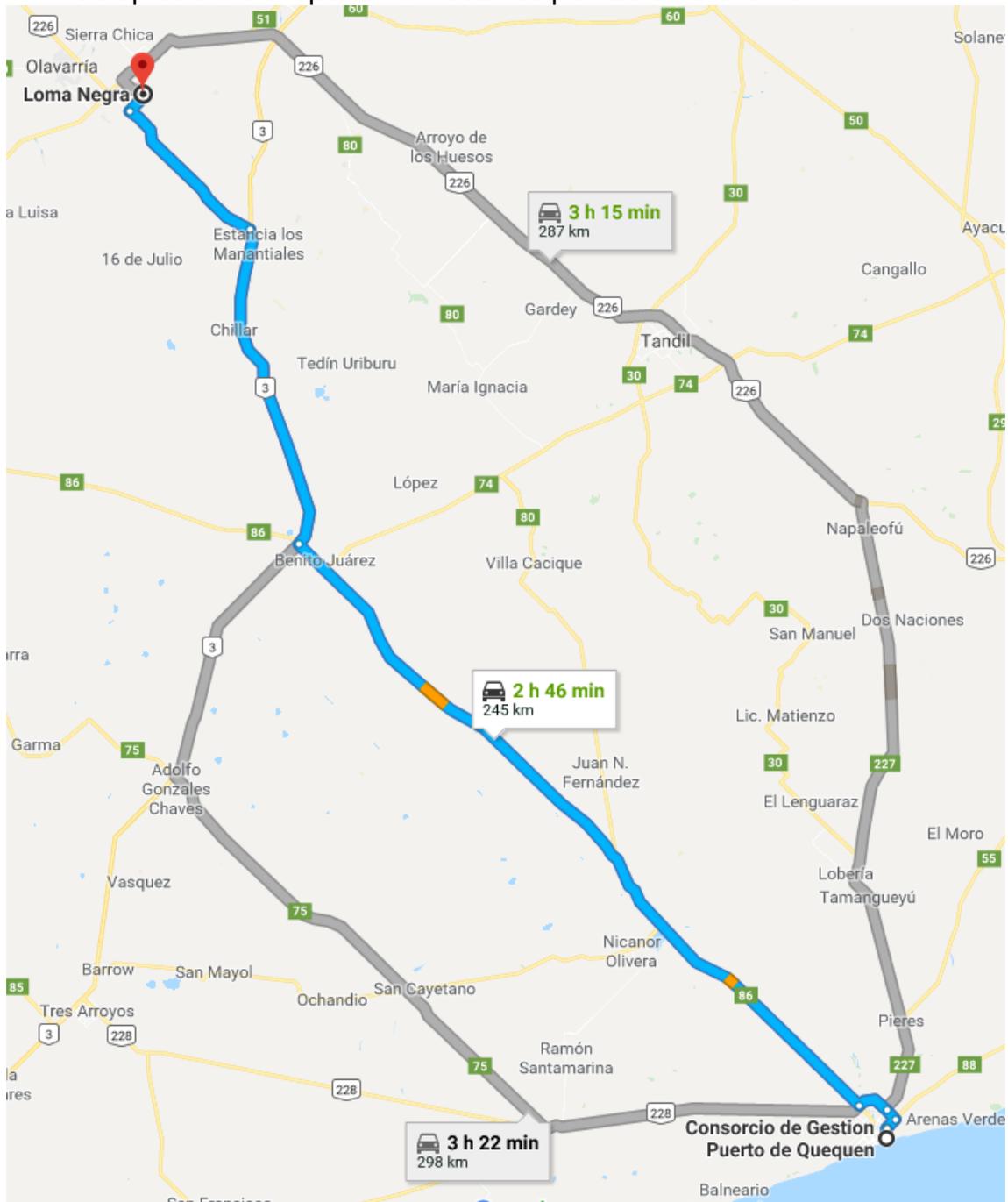
También es posible llegar por tren desde el puerto hasta los hornos en Benito Juárez.



Imagen aérea del Puerto de Ingeniero White. Se distingue el complejo ferroviario aledaño.

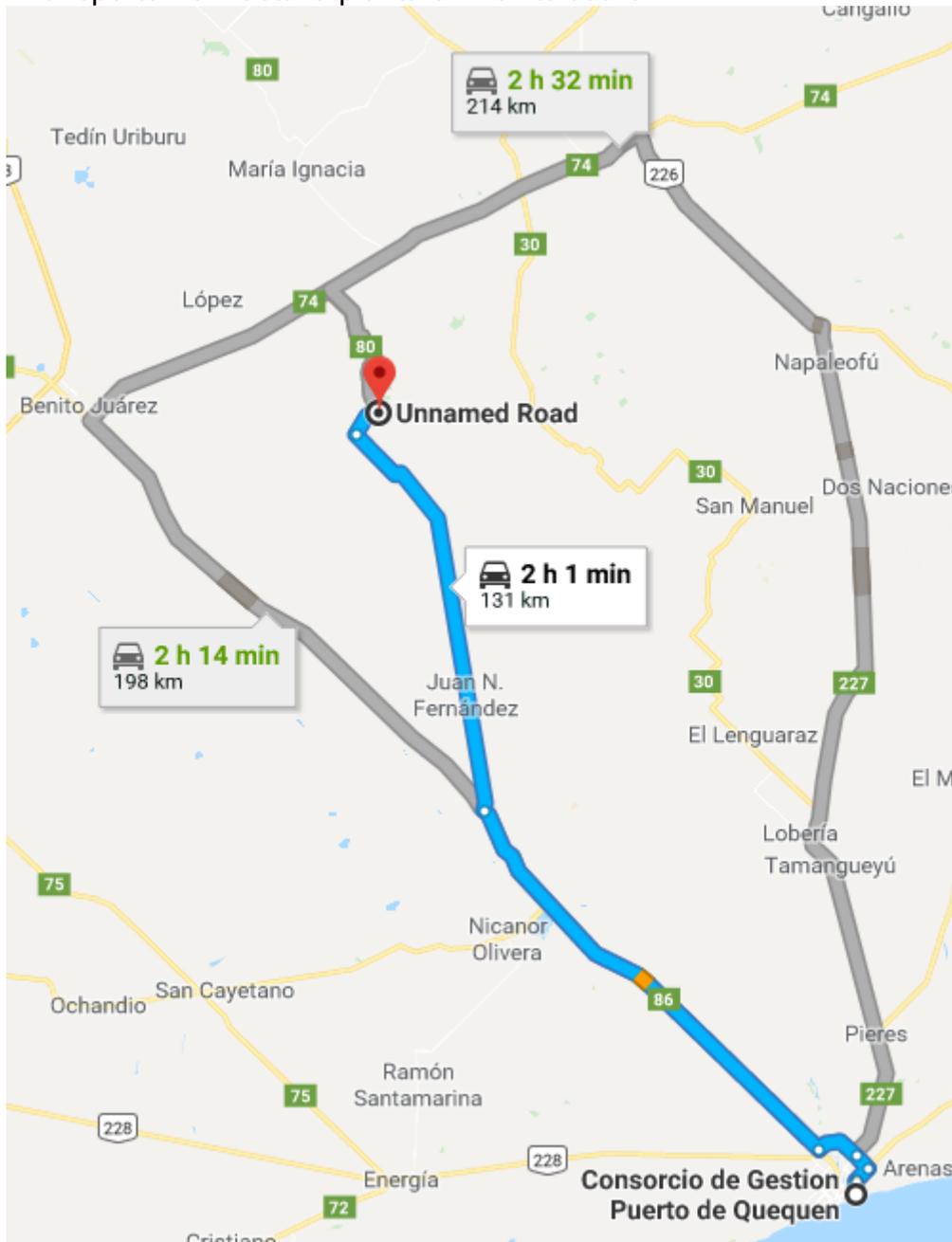
b) Puerto de Quequén – Necochea.

Se aprecia el transporte vial hasta las plantas en Olavarría:



Mapa de distancias entre el Puerto de Quequén y las plantas en Olavarría.

Transporte vial hasta la planta en Benito Juárez:

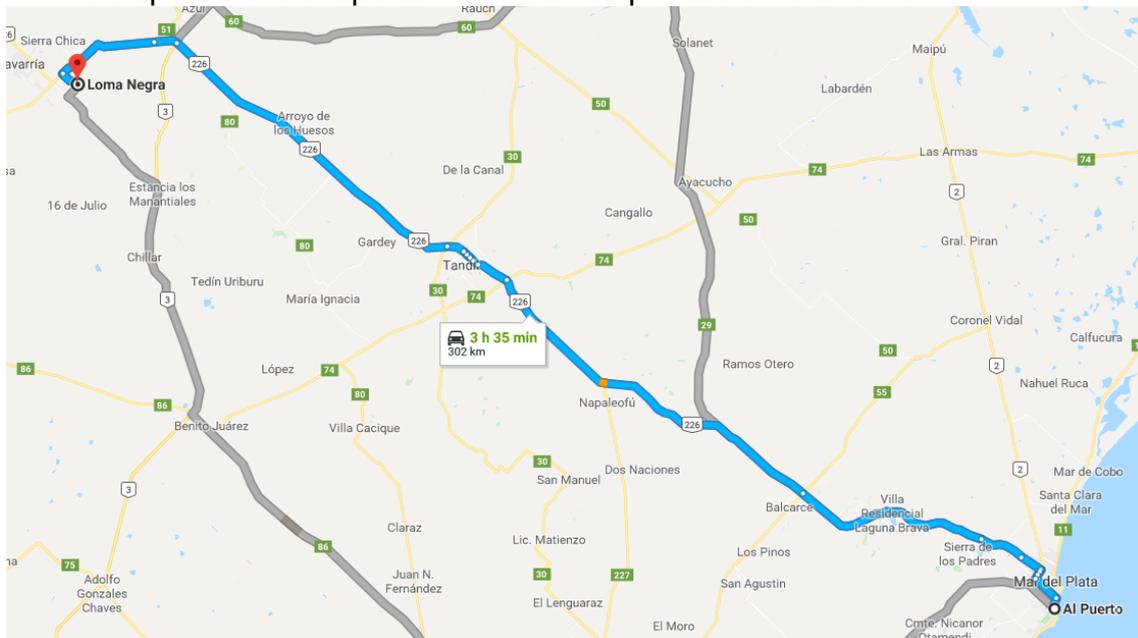


Mapa de distancias entre el Puerto de Quequén y la Planta Barker en Benito Juárez.

Es importante aclarar que si bien en Ferrosur se indica que se trabaja hasta el puerto de Quequén, no existe actualmente línea ferroviaria activa que llegue hasta la vieja estación de Necochea. En el caso de que esta posibilidad se vuelva operativa se deberá poner en funciones este trayecto ferroviario.

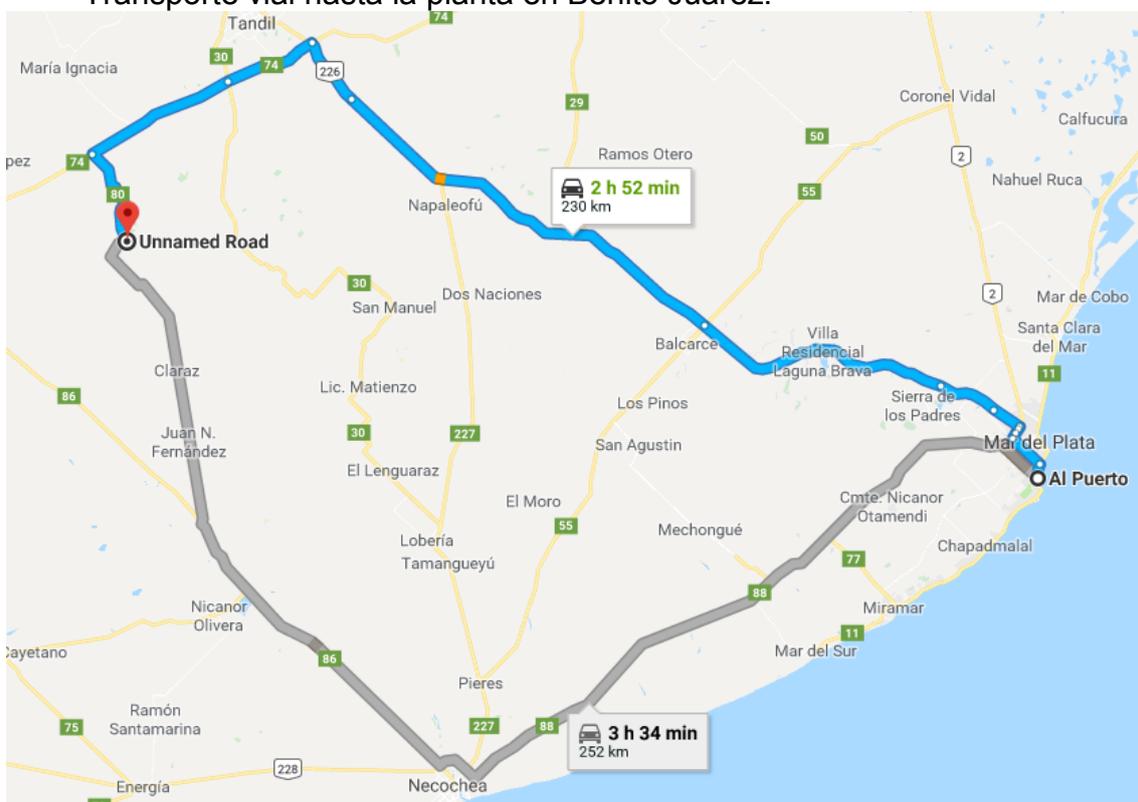
c) Puerto de Mar del Plata.

Se aprecia el transporte vial hasta las plantas en Olavarría:



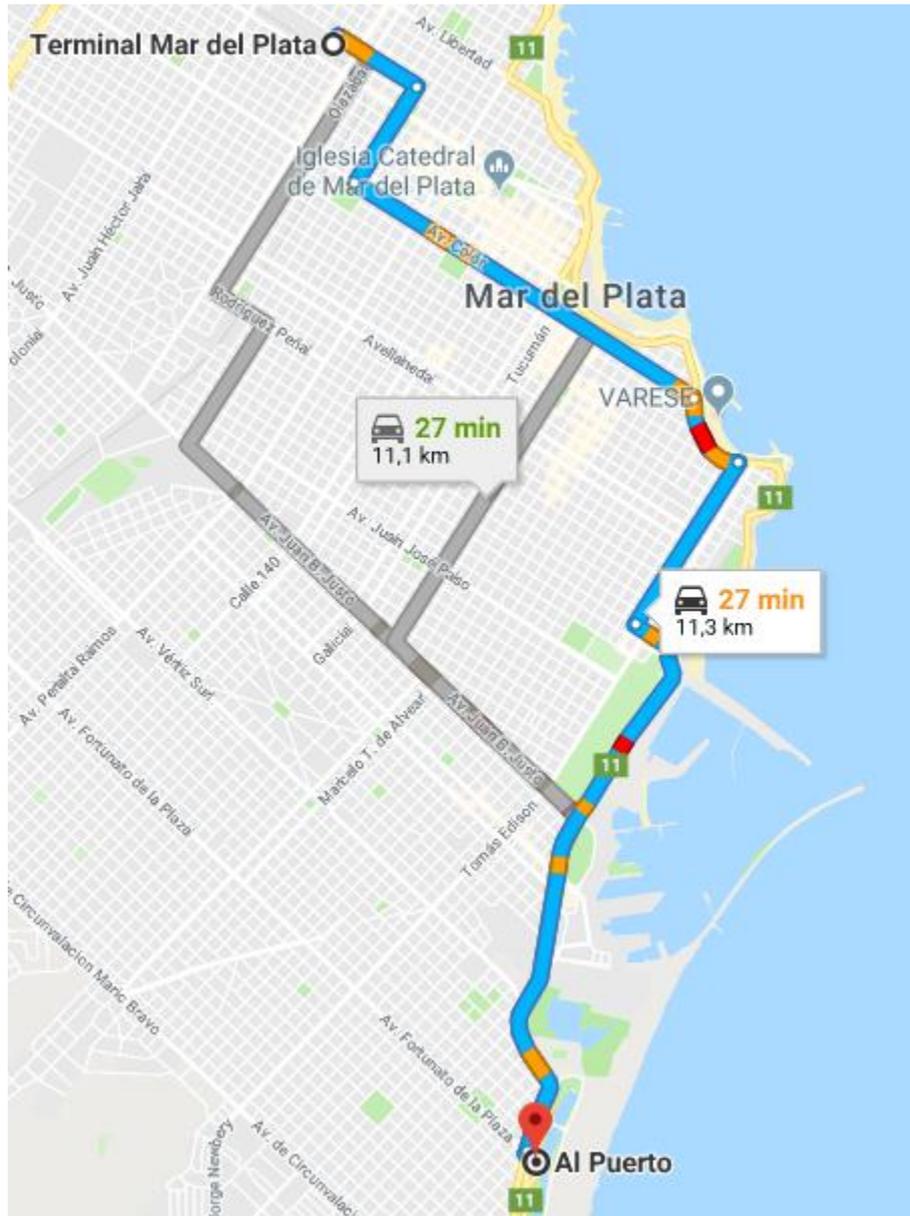
Mapa de distancias entre el Puerto de Mar del Plata y las plantas en Olavarría.

Transporte vial hasta la planta en Benito Juárez:



Mapa de distancias entre el Puerto de Mar del Plata y la Planta Barker en Benito Juárez.

Detalle desde el Puerto hasta la terminal de trenes de Mar del Plata:



Mapa de distancias entre el Puerto de Mar del Plata y la terminal ferroviaria.

Ferrosur indica que se pueden transportar cargas hasta el Puerto de Mar del Plata. Existiría una línea de cargas directamente al puerto que actualmente no se encuentra en actividad. En su defecto se deberá meritar el transporte vial a través de la ciudad.



## POSIBILIDADES DE TRANSPORTE:

### Transporte por Tren.

Desde CEAMSE Norte III. Tren Directo hasta las plantas de Olavarría (estación Olavarría y L´Amalí). También tren directo hasta la estación de Villa Cacique.

Desde CEAMSE Ensenada hasta plantas de Olavarría (estación Olavarría y L´Amalí). También tren directo hasta la estación de Villa Cacique.

Desde CEAMSE La Matanza hasta plantas de Olavarría (estación Olavarría y L´Amalí). También tren directo hasta la estación de Villa Cacique.

### Transporte por Camiones.

DISTANCIAS EN KM	CEAMSE Norte III	CEAMSE Ensenada	CEAMSE La Matanza
Olavarría Loma Negra	389	382	336
Olavarría Cementos Avellaneda	388	380	334
L´Amalí	395	387	341
Planta Barker	458	436	410

### Transporte por Tren y Camión:

Es posible realizando descargas en las estaciones de transferencia en Cañuelas y Barracas.

### Otras opciones:

A continuación se realiza un detalle de las distancias vistas para un análisis de combinación ferro-vial-fluvial-marítima. La siguiente tabla nos indica las distancias para camiones entre los CDF y sus puertos cercanos:

DISTANCIAS EN KM	Puerto Zárate	Puerto Campana	Puerto Buenos Aires	Puerto Ensenada
CEAMSE Norte III	81,9	58,9	34,7	
CEAMSE Ensenada				11,4
CEAMSE La Matanza			40,9	



Transporte desde los CDF por tren hasta los puertos del Río de La Plata:

- Desde CEAMSE Norte III hasta Puerto de Campana.

Por Tren es posible, aunque se debería invertir en los ramales y considerar el horario nocturno.

- Desde CEAMSE Norte III hasta Puerto de Zárate.

Por Tren es posible, aunque se debería invertir en los ramales y considerar el horario nocturno.

- Desde CEAMSE Norte III hasta Puerto de Buenos Aires.

Por Tren es posible.

- Desde CEAMSE La Matanza hasta Puerto de Buenos Aires/Dock Sud.

Por Tren es posible. Se deben considerar los traspasos de línea Belgrano Sur a Roca.

- Desde CEAMSE Ensenada hasta Puerto La Plata.

Por Tren. Es posible.

La siguiente tabla nos da una idea de la distancia en millas náuticas (MN) entre los puertos. Es de destacar que las líneas navieras de cargas tienen distintas rutas y por ello las distancias no son directas. Por ejemplo los buques que van desde el Puerto de Ensenada-La Plata hasta Ing. White tienen un recorrido más largo que aquellos que van desde el Puerto de Buenos Aires hasta el Puerto de Ing. White. Se puede ver mejor en los mapas anteriores al respecto.

<b>DISTANCIAS EN MN</b>	<b>Puerto Zárate</b>	<b>Puerto Campana</b>	<b>Puerto Buenos Aires</b>	<b>Puerto Ensenada</b>
<b>Puerto Mar del Plata</b>	335	322	294	<b>272</b>
<b>Puerto Quequén</b>	472	459	430	408
<b>Puerto Ing. White</b>	691	678	518	628
<b>Puerto de Buenos Aires</b>	54	48		

Finalmente, en la siguiente tabla se aprecia la distancia en Km entre los puertos del sur y los hornos cementeros para el transporte con camiones.



DISTANCIAS EN KM	Puerto Mar del Plata	Puerto Quequén	Puerto Ing. White
Olavarría - todas las plantas.	302	245	344
Planta Barker	230	131	308

Entonces debemos analizar las distancias que implica el transporte desde los CDF a cada Puerto, las distancias de transporte marítimo a cada puerto del sur, y luego las distancias desde estos puertos a las Plantas. Para ello armé tablas que vinculan los CDF con esas distancias en MN y Km. Así tenemos para el caso de CEAMSE Norte III y Olavarría:

DISTANCIAS EN MN	Olavarría vía Bahía	Olavarría vía Quequén	Olavarría vía Mar del Plata
Puerto Zárate Balsa	572	484	629
Puerto Campana Balsa	566	478	342
Puerto Zárate Buque	691	472	335
Puerto Campana Buque	678	459	322
Puerto Buenos Aires Buque	518	430	<b>294</b>

En millas náuticas la menor distancia es desde el Puerto de Buenos Aires en buque hasta el puerto de Mar del Plata. Son 294 MN.

DISTANCIAS EN KM	Olavarría vía Bahía	Olavarría vía Quequén	Olavarría vía Mar del Plata
Puerto Zárate	425,9	326,9	383,9
Puerto Campana	402,9	303,9	360,9
Puerto Buenos Aires	378,7	<b>279,7</b>	336,7

En Km, la menor distancia es desde el Puerto de Quequén. Solo 279,7Km.

Las menores distancias de la opción de combinación fluvial y marítima para el trayecto desde CEAMSE Norte III a Olavarría son siempre desde el Puerto de Buenos Aires y dependiendo del costo del flete marítimo, hasta el Puerto de Quequén o al de Mar del Plata.



A continuación vemos las distancias en Km desde los puertos hasta la Planta Barker. Las distancias en MN hasta los puertos del sur son las mismas que para Olavarría. Mejor opción, es desde el Puerto de Buenos Aires en buque hasta el puerto de Mar del Plata. Son 294 MN.

DISTANCIAS EN KM	Barker vía Bahía	Barker vía Quequén	Barker vía Mar del Plata
<b>Puerto Zárate</b>	389,9	212,9	311,9
<b>Puerto Campana</b>	366,9	189,9	288,9
<b>Puerto Buenos Aires</b>	342,7	<b>165,7</b>	264,7

En Km, la menor distancia es desde el Puerto de Quequén con 165,9Km.

Por ello, e igualmente que en el caso de Olavarría, las menores distancias de la opción de combinación fluvial y marítima para el trayecto en cuestión es siempre desde el Puerto de Buenos Aires y dependiendo nuevamente del costo del flete marítimo, hasta el Puerto de Quequén o al de Mar del Plata.

Además se deberá considerar la posibilidad de utilizar el tren desde los puertos del sur hasta los hornos cementeros. En ese caso Mar del Plata podría ser la opción más viable económicamente.

En el caso de Ensenada, los Km a recorrer serían:

CEAMSE Ensenada. KMs	Puerto Mar del Plata	Puerto Quequén	Puerto Ing. White
<b>Olavarría</b>	313,4	<b>256,4</b>	355,4
<b>Planta Barker</b>	241,4	<b>142,4</b>	319,4

En este aspecto, la menor distancia es el Puerto de Quequén, aunque ya vimos que la menor distancia marítima era el Puerto de Mar del Plata con 272MN. Entonces también dependerá de la posibilidad de utilizar el tren y de los costos de flete marítimo.



Y para el caso de La Matanza, vemos lo siguiente:

<b>CEAMSE La Matanza. KMs</b>	<b>Puerto Mar del Plata</b>	<b>Puerto Quequén</b>	<b>Puerto Ing. White</b>
<b>Olavarría</b>	342,9	<b>285,9</b>	384,9
<b>Planta Barker</b>	270,9	<b>171,9</b>	348,9

Aquí también, la menor distancia vial es el Puerto de Quequén, y ya vimos que la menor distancia marítima era el Puerto de Mar del Plata con 294MN. Del mismo modo dependerá de los costos del flete marítimo y de la posibilidad de utilizar el tren..

### **CONCLUSIÓN SOBRE MEDIOS DE TRANSPORTE.**

Luego de haber realizado un paneo general de los medios de transporte existentes, y haciendo hincapié en la búsqueda de la mejor opción de transporte de CDR hacia los hornos cementeros de la provincia, parecería ser que el uso de los camiones de Loma Negra y Cementos Avellaneda que retornan vacíos directamente hacia las plantas con hornos estaría en primer lugar (más aún con la implementación de los equipos de transporte de carga tipo “Bitren” y los equipos tipo “walking Floor”).

Es decir, la existencia de fletes ociosos de camiones que regresan vacíos directamente hacia las plantas con hornos parece resolver la ecuación de costos del transporte y las condiciones y exigencias particulares de las empresas cementeras para permitir el ingreso de vehículos a sus plantas, entre otras consideraciones que hacen a un análisis logístico global.

Por otro lado, también hay que considerar como una buena opción la posibilidad de utilización de los trenes que vuelven desde las estaciones de transferencia en Barracas y Cañuelas. Como se ha visto, las formaciones cuentan con el tipo de vagón “Todo Puerta” que conviene para ser usado como vagón de carga de CDR. Además, el costo de transporte por unidad del tren es menor.



Asimismo, dadas las características del producto a transportar cuya peculiaridad es la cantidad de  $m^3$  en lugar de su peso en tn ( $0,1$  a  $0,2 \text{ t/m}^3$ ), la mayor problemática resulta en incrementar la densidad del producto y aumentar el volumen transportado por viaje.

Ese motivo hace muy importante la posibilidad de compactar, hacer briquetas y palletizar el producto, como asimismo, contar con ferrocarriles y camiones de gran porte.

Finalmente, como hemos visto, existe la opción de utilizar la vía fluvial y marítima que incluye también el transporte por camiones y/o trenes. Esta opción no parece ser viable en comparación con el uso de camiones de las compañías cementeras que regresan vacíos a sus hornos, o con el uso del tren directo, pero sin embargo es una opción a investigar en vistas a tener un destino distinto del CDR.



## **IX. RESUMEN DE LA CADENA DE VALOR E IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES CLAVE.**

### **CADENA DE VALOR**

Cuando hablamos de cadena de valor empresarial, o cadena de valor, nos referimos a un modelo teórico cuyo fin es describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial con el fin de generar valor al consumidor final.<sup>99</sup>

Este proceso se convirtió en una herramienta para la Planificación Estratégica. Consiste en reducir a una empresa en un conjunto de funciones como investigación y desarrollo, recursos humanos, producción y mercadeo. Luego se incrementa más el análisis para identificar las actividades empresarias cruciales y describir las relaciones entre ellas que inciden críticamente sobre los costos operativos. El objetivo del análisis es mejorar la rentabilidad o margen empresario, creando valor mientras se minimizan los costos.

Sin embargo, la práctica ha demostrado que la reducción de costos monetarios tiene también un límite tecnológico, pues en ocasiones afecta también la calidad de la oferta y el valor que esta genera.

La cadena de valor ayuda a determinar las actividades o competencias distintivas que permiten generar una ventaja competitiva. Tener una ventaja de mercado es tener una rentabilidad relativa superior a los rivales en el sector industrial en el cual se compite, la cual tiene que ser sustentable en el tiempo.

Las actividades de la cadena de valor son múltiples y además complementarias (relacionadas). El conjunto de actividades de valor que decide realizar una unidad de negocio es a lo que se le llama estrategia competitiva o estrategia del negocio, diferente a las estrategias corporativas o a las estrategias de un área funcional. El concepto de subcontratación o externalización es consecuencia de los análisis de la cadena de valor.

---

<sup>99</sup> Este modelo fue referido por Michael Porter en su obra "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance" NY: Free Press, 1985.



Posteriormente se comenzó a trabajar sobre la cadena de valor de la industria. La cadena de valor industrial<sup>100</sup> se define como el conjunto interrelacionado de actividades creadoras de valor (valor agregado), la cual va desde la obtención de fuentes de materias primas, hasta que el producto terminado es entregado al consumidor final, incluyendo las actividades de post venta (devoluciones, garantías, servicio técnico, mantenimiento, instalación, reciclaje, etc.), en las cuales participan varias empresas. Estas actividades son bloques de construcción, mediante los cuales las firmas en la industria crean un producto de valor para los compradores. Cualquier empresa presenta una cadena de valor industrial, ninguna es autosuficiente; todas las organizaciones pertenecen a un eslabón de la larga cadena desde que la materia prima es extraída de la naturaleza y comienza a ser transformada, hasta que el producto es usado por el consumidor final; más aún si se trata de PyMEs, las cuales abastecen a mercados especializados y/o locales y contribuyen a la transformación de materia prima dispersa.

La cadena de valor proporciona un modelo de aplicación general que permite representar de manera sistemática las actividades de cualquier unidad estratégica de negocios, ya sea aislada o que forme parte de una institución.<sup>101</sup>

Por otro lado, referenciando a Porter, una organización se constituye a partir de un conjunto de actividades estratégicas. En esta apreciación la cadena de valor desagrega las partes existentes en actividades primarias y secundarias como:<sup>102</sup>

#### Actividades primarias:

- Logística hacia el interior
- Operaciones y procesos sobre los productos
- Logística hacia el exterior
- Marketing

---

<sup>100</sup> Morillo, Marysela. Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de Valor Agregado para las Pequeñas y medianas industrias. Revista Actualidad Contable FACES Año 8 N° 10, Universidad de los Andes. Enero-Junio 2005. Mérida. Venezuela.

<sup>101</sup> Francés, Antonio. Estrategia Y Planes Para La Empresa: Con El Cuadro de Mando Integral. Editorial Prentice Hall. Pearson Educación, México. 2006

<sup>102</sup> Arjona Torres, Miguel. Dirección estratégica: Un enfoque práctico. Díaz de Santos. Madrid. 1999.



- Ventas
- Mantenimiento-Servicios post venta

#### Actividades secundarias:

- Adquisición de bienes y servicios
- Tecnología-Investigación y desarrollo
- Administración de recursos humanos
- Servicios contables, financieros, impositivos y legales
- Infraestructura de la Empresa

De acuerdo a Porter, las actividades primarias se encausan hacia una logística de entrada, salida y sus respectivas operaciones cuando son actividades que implican la manufactura y prestación de servicios, las secundarias consideran factores de dirección, finanzas, recursos humanos, tecnología y suministros.

Desde el punto de vista estratégico, conocer la cadena de valor es importante porque permite a los dirigentes entender la actividad que se realiza, sus procesos con los proveedores y los clientes, las diferencias estructurales entre la competencia, identificar necesidades y beneficios en el entorno competitivo a partir de barreras de entradas y salidas. Pero por sobre todo permite identificar cuáles son las actividades que realmente generan valor al negocio y cuales son aquellas que pueden sacrificarse en vistas de mejorar la eficiencia y/o supervivencia de las empresas.

Entre los aspectos prácticos de la cadena de valor de Porter se distingue que esta puede ser utilizada como técnica de gestión para la organización basada en procesos para perseguir un objetivo, también como base para crear valor agregado y encauzar la actividad de la empresa hacia los factores críticos de éxito de la actividad en el mercado. En síntesis, conocer la cadena de valor permite que una empresa y directivos gestionen sus actividades en un marco de acción estratégica para obtener resultados satisfactorios en un determinado tiempo y mercado. Es así como aspectos de marketing, gestión de la

producción, distribución y logística, la comercialización y procesos de asistencia son elementos de análisis.<sup>103</sup>

Acerca de los Factores Críticos de Éxito, a modo de simplificación diremos que son puntos clave que al ser bien ejecutados definen y garantizan el desarrollo y el crecimiento de una empresa.

## EL CASO DE ESTUDIO

Abordando el caso específico de este trabajo, se debe considerar la cadena de valor de la valorización energética de residuos sólidos urbanos (en cementeras en primer caso y en empresas de generación eléctrica por incineración WtE como complemento). Dicha cadena presenta una estructura coordinada, con elementos de integración inter-participativa del sector público con otros actores y eslabones que participan.



El cuadro que antecede nos da una idea de actores, ubicación en la cadena de valor y actividades relacionadas. Esta cadena está pensada desde

<sup>103</sup> Idarraga Pérez Faizully, Ossa Figueroa Oscar: "Diseño de la cadena de valor del reciclaje del plástico en la ciudad de Cali" Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, 2012 <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3022/1/TID00950.pdf>



el punto de vista del Productor de CDR. Del mismo modo, a continuación se indican otros actores vinculados:

Otros actores:

- Proveedores de servicios intermedios.
- Proveedores de maquinaria.
- Proveedores de insumos.
- Organizaciones de la sociedad civil.
- Ambientalistas.
- Partidos políticos.
- Distintas reparticiones del Estado.

Acercas de las cooperativas y empresas, deben emprender mecanismos estratégicos para llevar adelante la recuperación, tratamiento y transformación de residuos a fin de posibilitar el desarrollo de una actividad productiva y sostenible.

Se evidencia la existencia de eslabones productivos capaces de competir entre sí por la materia prima, la cual no representa para quien la recolecta una ganancia significativa, aunque sí puede serlo para quien la procesa, recicla o revaloriza.

Peculiaridades de la cadena de valor de la valorización energética de residuos sólidos urbanos: algunos aspectos que son exclusivamente vinculados a esta cadena de valor, son los relacionados con las particularidades negativas que conlleva la mala gestión integral de los residuos. Es decir, que si bien se puede hablar de reducción de costos en los distintos procesos y en la mejora en la rentabilidad global alcanzada por los bienes producidos, es también indispensable sopesar cual es el efecto económico, social, político y ambiental de no llevar adelante una gestión eficiente de los residuos sólidos urbanos. Avanzaremos sobre dichos efectos al final de este capítulo.

La adecuada gestión integral de residuos sólidos constituye en su campo de acción, el proceso por el cual se recuperan materiales con un potencial de ser aprovechables para otros usos. Estos residuos representan una ventaja,



que si bien para los recicladores individuales no es muy rentable por su bajo precio en el mercado, la complejidad logística y de acopio, si es un negocio provechoso para aquellas entidades dedicadas a procesar los residuos en vistas a un fin determinado, sea para reutilizar materiales, producir combustibles u obtener otros productos o insumos para los cuales ya han establecido un mercado.

Uno de los retos de la industria del reciclaje, recuperación y valorización representa la identificación de un modelo o sistema en el que se pueda justificar económicamente la actividad de la recuperación de residuos. Los procesos vinculados con las actividades más rentables de la cadena infieren la realización de grandes inversiones con altos costos asociados, como son: el proceso de transportar los residuos hacia los vertederos o centros de acopio, procesos de separación, de transporte hacia las plantas o centros de reciclaje o recuperación (de corresponder), generación de nuevos productos como CDR, transporte hacia el destino final (como en el caso de estudio a cementeras o plantas de generación eléctrica), entre otras opciones de la gestión de residuos.

Es importante entender que otras de las razones por las cuales se deben ejecutar estos procesos refieren además de criterios económicos, a criterios ambientales y ecológicos, de productividad y hasta sociales, en parte debido a que optimizan y reducen el consumo de nuevos recursos y ayudan a las mejoras las zonas aledañas a los vertederos y alargan la vida útil de los mismos.

La Gestión Integral de Recursos Sólidos Urbanos integra un proceso más complejo dentro del problema de generación de la basura, donde los aspectos técnicos, logísticos y ambientales de la recolección, el transporte y la disposición final se desarrollan bajo una estrategia que busca reducir los niveles de emisión de cada una de las partes de dicho proceso (Emisiones por transporte, por consumo de energía, por degradación anaeróbica de los desechos), y por otro lado maximiza el aprovechamiento de subproductos a partir de programas de recuperación, separación, tratamiento, reciclaje y valorización. En la actualidad la tendencia mundial es no sólo reducir y



minimizar la necesidad de vertederos, sino que en caso de no poder evitarlos transformar los mismos en “Reservorios” o almacenamiento de recursos que luego podrán aprovecharse con las tecnologías y recursos económicos necesarios para ello. Esta recuperación futura se conoce actualmente en el mundo como “Landfill Mining”.

Estos procesos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos se desarrolla mediante etapas, actores y roles separando y clasificando residuos no aprovechables respecto de los aprovechables. Estas etapas ya fueron analizadas en el Capítulo 8.

El manejo de residuos implica además ejercer acciones de responsabilidad y compromiso para reducir los volúmenes de residuos enviados a disposición final e implementar tecnologías limpias, procesos eco-eficientes, basados en la sostenibilidad del desarrollo de la sociedad con el medio ambiente.

Los residuos sólidos pueden ser considerados como una reserva de recursos que tienen un valor comercial, pero sólo cuando éstos son potencialmente aprovechables (por sus condiciones y características físico-químicas). Las actividades incluidas en su gestión requieren de determinados conocimientos y herramientas. Es por ello que existen programas de capacitación como el caso de Puntos Verdes de CABA<sup>104</sup>, las capacitaciones del INTI, como las efectuadas en Salta<sup>105</sup> y Santa Fe<sup>106</sup>, el "Programa de recolectores urbanos de basura" de la Municipalidad de Santa Fe<sup>107</sup>, entre otras.

Así es que cuando los recicladores realizan procesos de transformación de los desechos en productos útiles para la industria pueden obtener un mayor beneficio económico además del aprovechamiento de gran cantidad de residuos.

---

<sup>104</sup> Se puede ver en: <http://www.buenosaires.gob.ar/agencia-de-proteccion-ambiental/residuos-organicos-0>

<sup>105</sup> En: <https://www.inti.gob.ar/tecnointi2013/CD/info/pdf/538.pdf>

<sup>106</sup> En: <https://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc85/inti6.php>

<sup>107</sup> En [http://www.santafeciudad.gov.ar/ciudad\\_inclusiva/programa\\_recolectores\\_urbanos\\_basura.html](http://www.santafeciudad.gov.ar/ciudad_inclusiva/programa_recolectores_urbanos_basura.html)

Es más rentable para los grupos de recicladores organizados, estructurar y crear procesos de transformación que den un valor agregado a los residuos sólidos que recolectan y separan para su comercialización.



Imagen obtenida del "Programa de recolectores urbanos de basura" de la Municipalidad de Santa Fe

En referencia a la política ambiental, generalmente está destinada a la recuperación de residuos y reciclaje, es por ello que las capacitaciones tienden mayormente a esos fines. Considerando que la valorización energética es una alternativa de complementación de la de Reúso y Reciclaje, puede ser sumamente útil comenzar a desarrollar capacitaciones tendientes a avanzar en un esquema de valorización energética para cada una de las etapas que desarrollan a continuación.

#### 1. Generación / Separación en origen:

Esta etapa se refiere a la creación del residuo como tal, es decir cuando elementos, objetos o sustancias generados, son desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales<sup>108</sup>.

<sup>108</sup> Como vimos en el Capítulo 8, definición de Residuo Sólido Urbano del art. 2 de la Ley 13.592 de la Provincia de Buenos Aires.



Si bien en cada jurisdicción existen normas de aplicación específicas, en general los generadores están categorizados según la actividad que desarrollen y/o el volumen de residuos que generen. Se encuentran incluidos entre otros los hogares y residencias, grandes centros comerciales, hoteles y casas de comidas rápidas, entidades de distintos sectores empresariales e instituciones públicas, industrias; en definitiva son los sujetos involucrados que generan algún tipo de residuos sólidos urbanos o residuos industriales no peligrosos o no especiales los cuales se consideran asimilables a domésticos.

Dependiendo del municipio puede haber normativa referente a la separación en origen.

Los valores agregados en esta etapa son:

- Creación del insumo de todo el proceso: “el residuo sólido urbano”. Es generalmente un material heterogéneo con un alto grado de variabilidad en su composición y características que requiere de importantes tareas de separación y clasificación para poder ser “transformado” en un producto de calidad predecible y estable.

- Separación en origen. La tarea reviste una gran importancia en relación a los costos y eficiencias posteriores de la cadena de valor. Su ejecución puede mejorar considerablemente la relación de precio/utilidad del producto final por la reducción en el costo y mejora en la calidad. Para avanzar en este aspecto se debe propender a crear una cultura de separación en origen en los hogares y comercios (en la población en general), que irremediablemente conlleva realizar inversiones en educación, modificación de hábitos culturales y puesta a disposición de los hogares, comercios e instituciones de lugares para arrojar sus residuos previamente separados. Esto último también incide en el gasto que deben realizar los municipios. Otros países como Japón y Alemania incluyen importantes multas a quienes no realicen correctamente la separación de residuos en origen. Hay iniciativas en nuestro país, como la bolsa verde y la bolsa negra en CABA, los puntos verdes de varios municipios, entre otros.

Factores críticos de éxito:

- A nivel general, en esta etapa el factor crítico de éxito es la separación en origen generalizada. Resulta fundamental en un esquema de reducción de costos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos mirándola de manera global. Incluso



podría afectar completamente a la etapa siguiente, creándose el campo para una recolección diferenciada de residuos, más eficiente y más efectiva.

## 2. Recolección / Traslado:

En esta etapa se consideran las actividades de recolección de residuos en la vía pública o en el lugar acordado con el generador y la actividad de traslado hacia el lugar estipulado por el municipio para a disposición , centro de reciclaje o planta de tratamiento.

Son sujetos involucrados los municipios que recogen los residuos por sí mismos o que definen quienes serán aquellos autorizados a realizar tareas de recolección, las empresas o cooperativas de recolección y transporte de residuos, las personas que retiran residuos de la vía pública buscando elementos específicos (Recicladores urbanos) y empresas que recogen determinados residuos generados por destinar a otras actividades (como aquellos que retiran restos cárnicos de carnicerías).

### Valores agregados:

- **Recolección:** la tarea de recoger desde la vía pública y llevar hasta el vehículo que transporta es realizada tanto a mano como por medios mecanizados. Cada municipio (incluido CABA) determina la forma de recolección. Si en la etapa previa se consideró un esquema de separación por medio de contenedores ubicados en las calles (como en CABA – Rosario - Córdoba) la recolección se realiza por medio de camiones con brazos mecanizados (Técnicamente conocida como Recolección Contenerizada) sin necesidad de operarios que recorran las calles recogiendo las bolsas de residuos desde el frente de cada inmueble de los generadores (como en la mayoría del país, salvo algunas grandes ciudades). Las ventajas comparativas del primer esquema son obviamente la reducción de costos cargados a la empresa de recolección o al municipio por la contratación de mano de obra (corredores recolectores) y reducción de riesgos laborales asociados; la menor incidencia de alimañas rompiendo las bolsas dado su depósito en los contenedores; la mejor posibilidad de separación en origen. Las desventajas son, precisamente la menor mano de obra contratada (solo un conductor y a veces un acompañante), la inversión inicial asociada a poner a



disposición de los generadores los contenedores en cada cuadra, la reducción del espacio de estacionamiento en la vía pública (por el espacio utilizado por los tachos), las posibilidades de robo y vandalismo (como sucedió en el partido de La Plata en los años 2012 y 2013 cuando se intentó poner en práctica dicho sistema en el centro del casco urbano), el mantenimiento e higienización de los contenedores, entre otras. Finalmente, los recicladores urbanos retiran elementos específicos (como cartones, diarios, cables, botellas, latas de aluminio, etc.) reduciendo los residuos generales a transportar. En el caso de la recolección manual, si bien se reduce el volumen a recolectar por parte de la empresa de recolección o el Municipio, suele generarse el conflicto de la apertura de bolsas sobre las aceras con su consecuente dispersión de residuos y afectación de la higiene urbana. En el caso de la recolección contenerizada el conflicto se genera asociado a la dificultad para estos recicladores urbanos de poder acceder de manera segura a los residuos, debiendo introducirse en los contenedores con los riesgos asociados a dicha acción.

- Transporte: es el traslado desde los generadores hacia la planta de transferencia, depósito intermedio o centro de disposición final, dependiendo del caso. El traslado en sí es un valor agregado, y la eficiencia en esa tarea dependerá de la posibilidad de reducir costos por la mayor cantidad de residuos transportados. Es por eso que se utilizan camiones compactadores y/o instalaciones fijas de compactación sobre camiones especialmente acondicionados, que reducen el volumen de los residuos a transportar y maximizan la densidad de los mismos. Del mismo modo, un residuo que ha sido separado admite y requiere de un transporte diferenciado. Dependiendo de este último punto se puede generar mayor o menor valor al transporte, porque se puede considerar un destino distinto. No es lo mismo transportar todos los residuos generados desde CABA hasta CEAMSE Norte III, y luego allí efectuar tareas de separación y transportar el vidrio nuevamente hacia una planta de limpieza de botellas usadas y vidrio, que separar las botellas en CABA como actualmente se lleva adelante en los Puntos Verdes<sup>109</sup>. Lo mismo se realiza con otros elementos, reduciéndose el volumen de residuos transportados hasta la CEAMSE Norte III e incrementándose el valor agregado del transporte por la mayor cantidad de residuos no tratables por CABA que terminan en CEAMSE. En relación a las empresas de transporte de residuos específicos, las mismas deberían cumplir con las normativas previamente aprobadas para poder efectuar el transporte de esos residuos y de ese

---

<sup>109</sup> Información sobre los Puntos Verdes en: <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/separacion/donde-se-llevan-los-materiales-reciclables/puntos-verdes>



modo generar su valor agregado. Los recicladores urbanos luego de recoger los residuos que consideran útiles, los venden a plantas de reciclaje o empresas que los reutilizan como insumos para sus procesos productivos.

#### Factores críticos de éxito:

- Volviendo al tema del eslabón anterior de la cadena, una empresa de recolección que realice tareas de “separación en origen” previas al transporte y acopio, podría tener un importante beneficio económico por la eficiencia de la logística asociada. En definitiva con la separación en origen mejora la eficiencia de la recolección y también del transporte. Si no se efectúa en la etapa previa, puede ser un factor crítico de éxito para gestionar por parte de los agentes de esta etapa de transporte. Asimismo puede correr con cargo al municipio o, en su caso a las empresas de transporte.

- En la recolección:

- La mecanización, por la reducción de mano de obra necesaria y sus riesgos asociados.

- Circuitos de recogida prediseñados por zona y por día, teniendo en cuenta cuándo se han generado históricamente más residuos (qué días) y en qué lugares para poder tener un circuito lo más eficiente posible con camión completo antes de concurrir al lugar de destino final.

- La entrega de bolsas diferenciadas para separación en origen a los generadores en el área de recogida.

- Que las empresas de residuos específicos, cumplan con la normativa en curso.

- Que los recicladores urbanos, conozcan quiénes generan los residuos que contengan los materiales que buscan para poder conseguir mejores materiales vendibles, en mejores condiciones, en menos tiempo, en más cantidades y de mejor calidad.

- En Transporte:

- El empleo de camiones compactadores o instalaciones fijas de compactación que reduzcan el volumen de los residuos transportados.

- El uso de camiones más nuevos y más eficientes que consumen menos combustible y generan menos emisiones.

- La implementación de transporte diferenciado de residuos. Diferentes camiones con diferentes destinos para los residuos ya separados.



- Desarrollar la capacidad de realizar el mantenimiento de las unidades a menor costo (los camiones suelen trabajar diariamente recorriendo grandes distancias con poco tiempo para su reparación y mantenimiento).
- Que las empresas de residuos específicos, cumplan con la normativa en curso.

La siguiente es la planificación en la recolección de Ciudad Autónoma de Buenos Aires hacia 2015<sup>110</sup>.

*En la actualidad, se han dispuesto 28.000 contenedores en todas las zonas de servicios de Higiene Urbana, es decir el 100% de la ciudad se encuentra contenedorizada.*

*La recolección de los RSU de la ciudad de Buenos Aires se realiza en horario nocturno de 21:00 horas a 6:00 horas. La recolección es mecanizada en zonas contenedorizadas y también manual en áreas donde aun no se ha provisto de contenedores.*

*Los camiones utilizados para la recolección son del tipo compactador de carga lateral o bilateral. La dotación del servicio de recolección consta de 1 chofer y 2 cargadores por ruta.*

*La división actual de la ciudad en 7 zonas de servicios de recolección se instrumentó a partir de Septiembre de 2014, cuando el Gobierno de la Ciudad llamó a la Licitación Pública Nacional e Internacional de la Prestación de los Servicios Publico de Higiene Urbana para 6 zonas de la Ciudad de Buenos Aires – 2003 (Pliego de Bases y Condiciones N° 997/2013).*

*El servicio de recolección de RSU en la ciudad de Buenos Aires se encuentra dividido en 7 (seis) zonas (6 áreas con servicio mercerizado o contratado + 1 área operada por el Ente de Higiene Urbana). Las Zonas de Servicio de Higiene Urbana son:*

<sup>110</sup> Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - 2015 - Informe Final - Facultad de Ingeniería de UBA. DIRECTORES DEL ESTUDIO: Mg. Ing. Néstor Fernando GIORGI; Ing. Marcelo ROSSO. En <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/I.Final-ECRSU-CABA-FIUBA-2015-NOV-16.pdf>



- *Zona 1 (AESAs – Aseo y Ecología S.A.) – Comuna 1.*
- *Zona 2 (CLIBA Ingeniería Urbana SA.) - Comunas 2, 13 y 14.*
- *Zona 3 (Impsa Ambiental S.A.) - Comunas 11, 12 y 15.*
- *Zona 4 (Ecohabitat .SA. y Otra UTE) - Comunas 9 y 10.*
- *Zona 5 (Ente de Higiene Urbana - GCBA) – Comuna 8.*
- *Zona 6 (Ashira – Martin y Martin S.A UTE) - Comunas 5, 6 y 7.*
- *Zona 7 (Transportes Olivos – URBASUR UTE) - Comunas 3 y 4.*

### 3. Acopio / Acondicionamiento:

Se destacan las tareas de recepción y depósito intermedio (en el caso de que posteriormente exista otro traslado hacia un vertedero o depósito final), y las tareas de separación previa.

En esta etapa se preparan los residuos para ser transformados o reciclados.

Son actores de esta etapa los municipios (por otorgar autorizaciones o realizar las tareas por sí mismos), las cooperativas y empresas que efectúan tareas de separación, las empresas que utilizan sus predios como depósitos intermedios, la CEAMSE (por los lugares designados en sus predios para realizar tareas de acondicionamiento) y empresas de reciclaje de residuos específicos.

#### Valores agregados:

- Los valores agregados que debe considerar el acopio son, entre otros, aquellos vinculados con la facilidad y velocidad de recepción y descarga de los residuos, reduciendo los tiempos muertos de la etapa de transporte. Se suele dar el caso de colas importantes de camiones que esperan su turno para poder descargar en los vertederos o depósitos intermedios. Todo elemento, proceso o protocolo que ayude a



acelerar los tiempos de descarga en los acopios serán siempre un factor crítico de éxito para este valor agregado (como equipos, espacio, lugar y mano de obra calificada para la tarea). También, aquellos aspectos relacionados con la seguridad, que eviten emanaciones de gases y reduzcan las posibilidades de pérdidas y derrames de lixiviados. Las empresas de reciclaje de residuos específicos pueden agregar mucho valor, por tener la capacidad (lugares aptos) para trabajar con estos residuos.

- En el caso del acondicionamiento, el valor agregado se da por la posibilidad de clasificar y separar la mayor cantidad de residuos en el menor tiempo posible. También la eficiencia en la separación, es decir que se clasifiquen los residuos con más calorías disponibles para ser fuente de energía y con menos contenido de cloro. El hecho de cumplir mejor con las especificidades del producto final son un gran valor agregado en esta etapa, preparando los residuos para ser transformados en combustible apto de manera más veloz. Del mismo modo, la posibilidad de realizar secado de los residuos, para que pierdan el mayor contenido de humedad es un valor agregado de enorme peso. Serán factores críticos contar con mano de obra especializada que conozca bien el trabajo, poseer maquinaria específica capaz de clasificar, separar y secar en el menor tiempo posible (como el caso de brazos mecánicos, electroimanes para ferrosos y separadores por corrientes de Eddy para no ferrosos, que separan los productos metálicos velozmente).

#### Factores críticos de éxito:

- En acopio:
  - Toda maquinaria específica que reduzca los tiempos de descarga y transporte interno, como grúas, retroexcavadoras, palas, volcadoras hidráulicas, etc.
  - Contar con mano de obra suficiente, especializada y disponible.
  - El espacio disponible para el acopio incrementa la cantidad de residuos a recibir.
  - Del mismo modo el tamaño del playón de descarga es importante tanto para acelerar el tiempo de vaciamiento de los camiones como para el caso de que se realicen tareas de acondicionamiento.
  - Otros elementos que sirvan para acelerar los procesos de descarga y acondicionamiento, como el de poseer cintas transportadoras para



movilizar rápidamente los residuos recibidos a lugares específicos a fin de realizar otras tareas incrementan el valor.

- Asimismo la capacidad de tener lugares de acopio seguros, separados de los centros de disposición final, tanto por las emanaciones de gases que puedan generarse, como por el manejo de lixiviados.

- Brindar todo tipo de herramental, vestimenta y Elementos de Protección Personal (EPP's) a los empleados que realizan tareas de acopios a fin de reducir los riesgos de accidentes de trabajo (y las consecuencias de los mismos).

- El hecho de tener instalaciones aptas como pisos de concreto con capacidad portante adecuada y con capas protectoras impermeabilizadas y contenciones como para confinar y evitar pérdidas de lixiviados, reducen los costos y riesgos ambientales

- En acondicionamiento:

- Contar con mecanismos de control intermedios para revisar los residuos clasificados y volver a separar aquellos que no cumplan las especificaciones estandarizadas del producto final.

- Contar con cintas transportadoras adecuadamente diseñadas para este tipo de usos, conectadas y sincronizadas entre sí de modo que aceleren los tiempos de clasificación y separación. De esa manera se podrán acondicionar la mayor cantidad de residuos en el menor tiempo posible y con la calidad adecuada.

- Contar con mano de obra suficiente, especializada y disponible.

- Brindar todo tipo de herramental, vestimenta y EPP's a los empleados que realizan tareas de acondicionamiento a fin de reducir los riesgos de accidentes de trabajo (y las consecuencias de los mismos).

- Contar con todo tipo de maquinaria que acelere los tiempos de clasificación y separación específica capaz de clasificar, separar y secar en el menor tiempo posible (como el caso de brazos mecánicos, electroimanes, separadores por corrientes de Eddy, separadores por granulometría como trómmeles, separadores por densidad como los separadores por corriente de aire, entre otros).

- El espacio disponible para el acopio incrementa la cantidad de residuos a recibir y la elección de las mezclas de residuos a alimentar a la



línea, de modo de maximizar el rendimiento y la eficiencia de los equipos aguas abajo

- Poseer instalaciones aptas, techadas, contenidas y con medidas de seguridad eléctricas, mecánicas, térmicas e ignífugas.
- Herramientas, equipos o procesos que sirvan para secar los residuos y reduzcan la humedad de los residuos, mejorando así tanto su Poder Calorífico Inferior como la optimización de los fletes..
- Contar con contenciones perimetrales con pendientes, conducciones y piletas estancas para la captación de los líquidos libres de los residuos.
- Tener la posibilidad de segregar residuos de menor o nulo contenido calórico inferior como una opción secundaria de producto final, que tenga otro destino (mejorador de suelos, enmiendas orgánicas, carga para ladrillos ecológicos, u otros usos).
- Tener la posibilidad de separar residuos que tengan mayor valor en el mercado como recuperados o reciclados y que no se transformen en combustible (algunos cartones, vidrios, ferrosos, no ferrosos, entre otros).

#### 4. Transformación

Es la etapa de mayor generación de valor intrínseco. Se incluyen en esta etapa todas las actividades tendientes a volver a poner en el mercado a los residuos. Es decir aquellas que recuperan los residuos y los ponen en condiciones de ser adquiridos sin mayores procesos, aquellas que efectúan reciclaje de algunos residuos y con transformaciones (leves o no) los ponen en condiciones de ser vendidos (como los ladrillos obtenidos de plásticos o las bolsas de polietileno), también aquellas que les otorgan otro valor como insumo o combustible de otros procesos (como el CDR o la obtención de metales para ser reprocesados).

En esta etapa los actores son los municipios (por otorgar autorizaciones o realizar las tareas por sí mismos), las cooperativas y empresas que efectúan tareas de recuperación, reciclaje o valorización, la CEAMSE (por los lugares designados en sus predios para realizar tareas de reciclaje, reutilización o



valorización) y empresas de reciclaje de residuos específicos que crean nuevos productos (verbigracia y volviendo a las empresas de residuos cárnicos, aquellas que obtienen glicerina de las grasas animales). Por último no puede dejar de considerarse un actor clave de esta cadena de valor que es el “usuario final” del producto obtenido por el procesamiento de esos residuos. Este actor, que puede ser un fabricante de productos de uso masivo que utiliza algunos residuos como sustitutos de materias primas, otros como materiales de reuso y otros como sustituto de combustibles. Sin estos actores la cadena de valor es inviable, y allí radica la causa del mayor porcentaje de fracasos en este campo. La cadena de valor se cierra sobre sí misma, si y sólo si, existe un actor que logre reinsertarla comercial y económicamente en el mercado. De otro modo la cadena se corta allí y se torna no sustentable. (La gran mayoría de los emprendimientos de separación y reciclaje de residuos en pequeños municipios del interior del país)

#### Valores agregados:

- El valor agregado de esta etapa es la de transformar un residuo en un producto. Sea cual fuere el objetivo final del producto (reutilización de residuos, reciclado, valorización, entre otros), esta etapa se centra en que la mayor cantidad de residuos recibidos dejen de ser tales y se transformen en un producto capaz de ser vendido o de ser reutilizado como está o transformado en materia prima o energía como insumo en alguna otra cadena productiva. Es decir, el objetivo es que el residuo deje de ser tal, que mute su naturaleza y que sea un producto o insumo con valor de mercado. Del mismo modo, la reducción en el volumen de residuos cuyo destino final sean los vertederos es otro valor agregado (deseado como externalidad positiva). Como se ha visto, la escasa vida útil remanente de los depósitos de destino final de CEAMSE hace invaluable la reducción del volumen de residuos con ese destino.

#### Factores críticos de éxito:

- Contar con mecanismos de control intermedios y finales para revisar el producto en cada etapa del proceso el fin de que se ajuste a las especificaciones estandarizadas del producto final.



- Aseguramiento de la calidad del producto de modo que sea confiable y competitivo para el usuario final.
- Lograr productividades que permitan la competitividad del producto final en el mercado.
- Contar con mano de obra suficiente, especializada y disponible.
- Brindar todo tipo de herramental, vestimenta y EPP's a los empleados que realizan tareas de producción a fin de reducir los riesgos de accidentes de trabajo (y las consecuencias de los mismos).
- Contar con todo tipo de maquinaria que acelere los tiempos de producción, capaz de secar, triturar, cortar, prensar, separar y enfardar en el menor tiempo posible (como trituradoras, chipeadoras, prensas, enfardadoras, separadoras magnéticas, no magnéticas, por densidad o por granulometría, entre otras).
- El espacio disponible para la producción que incremente la cantidad de residuos a transformar.
- Poseer instalaciones aptas, techadas, con medidas de seguridad eléctrica, mecánica, térmica e ignífugas.
- Equipos, instalaciones y procesos que sirvan para secar los residuos y reduzcan la humedad de los residuos (si no se realiza durante el acondicionamiento).
- Contar con sistemas de colección y contención de líquidos de residuos (si no se realiza durante el acondicionamiento).
- Tener la posibilidad de elaborar otros productos finales o insumos con valor de mercado y que no impliquen mayores costos, sino beneficios secundarios (como abono por ejemplo).
- Tener la posibilidad de crear nuevos productos con valor de mercado, dada la demanda que surja.



- Tener la posibilidad de desarrollar nuevos productos (para los cuales la etapa de Comercialización deberá crear o descubrir nuevos mercados).

## 5. Comercialización

Esta etapa es una de las más importantes, dado que es aquella que permite obtener un beneficio de las tareas realizadas, sin el cual toda la cadena de valor se torna inviable. Es generalmente la etapa que en términos absolutos da mayor valor al producto por la posibilidad de variar el precio de venta de mercado.

Las actividades vinculadas son de desarrollo de mercados (buscando nuevos clientes e intentando obtener legislaciones que mejoren y contemplen incentivos para para los productos provenientes de residuos transformados), desarrollo de productos (induciendo a modificar las tareas de transformación para acercarse a las necesidades del mercado), actividades administrativas generales (como contabilidad, tributación, financiación, actividades jurídicas, recursos humanos, etc.), publicidades, promociones, comunicaciones y gestión de stakeholders, logística (si es el caso de que el propio transformador es quien realiza la entrega o coordina el traslado hacia el destino de la venta), entre otras.

Son los mismos actores que realizaron la transformación del producto aquellos que realizan su comercialización, con el agregado de los estados provinciales y el nacional (en sus distintos estamentos) si brindan asistencia y beneficios para la colocación de los productos obtenidos de residuos, y también, algunas empresas interesadas en revender los productos adquiridos por tener capacidad de revender en mejores condiciones que los transformadores.

Valores agregados:

Los valores agregados de esta etapa se vinculan con poder vender la mayor cantidad de productos obteniendo la máxima utilidad posible.



Simplemente, toda tarea efectuada para lograr vender la producción (e incrementar las cantidades vendidas) consiguiendo el mayor beneficio económico final es el objetivo principal de esta etapa. El poder de tener la facultad de modificar el precio de venta (negociando con los compradores) puede ser definitivo, no obstante siempre existe un límite fijado por la competitividad con los productos “vírgenes” que se intentan reemplazar o sustituir con estos productos provenientes de la transformación de residuos.

La posibilidad de llegar a negociaciones con municipios y la CEAMSE, dada la necesidad de obtención de residuos, es también un valor agregado de esta área (por ejemplo si se deben ganar licitaciones).

Otras actividades que dan valor agregado a la etapa de comercialización son: desarrollo de nuevos mercados (la búsqueda de nuevos clientes), la mejora de las legislaciones sobre los productos desarrollados (como la posibilidad de incinerar residuos hoy prohibido en CABA), desarrollo de nuevos productos (a partir de necesidades de los clientes y siendo posible en la etapa de transformación), actividades administrativas necesarias (contabilidad, tributación, apoyo jurídico, contrataciones, recursos humanos, entre otras).

Desarrollo financiero (la obtención de fuentes de financiamiento y las condiciones de las mismas suelen estar incluidas en la etapa de comercialización, porque el desarrollo de nuevas plantas de producción se vinculan con el mayor poder de ventas, el crecimiento del mercado y las necesidades de colocación de más productos).

Actividades de publicidad, promoción y logística (en caso de corresponder) son implícitamente actividades de comercialización y son herramientas para incrementar la cantidad vendida.

En el caso de las actividades vinculadas a gestión de stakeholders, si bien es una acción que requiere de la participación y compromiso de todas las etapas, es bien conocido que normalmente requiere de una alta coordinación de todas ellas. Esto responde a requerimientos de audiencias públicas, requerimientos de las autoridades de aplicación, quejas de vecinos, de ONG's,



y todo otro actor o parte interesada que pueda verse afectado positiva o negativamente por la actividad.

El desarrollo del embalaje (en caso de ser necesario) es una tarea de comercialización (aunque a veces, por el mantenimiento de la calidad del producto puede ser influenciado por el área de transformación – si debiese ser sellado por ejemplo – o por el área de logística si tuviera que cumplir algún requerimiento técnico de los transportes a considerar).

Factores críticos de éxito:

- Implementación de estrategias de venta.
- En determinados casos, la obtención de una marca para diferenciar el producto.
- La posibilidad de negociar el precio del producto.
- Contar con mano de obra preparada y efectuar la capacitación de los empleados de esta área en el manejo de los clientes y proveedores.
- El análisis de la factibilidad de tercerizar algunas actividades que no influyen en el desarrollo del negocio como contabilidad, tributación, asuntos jurídicos, recursos humanos, entre otras.
- La capacidad negociación con los municipios y CEAMSE por los residuos.
- La capacidad de lograr que el producto no sea considerado residuo, sino insumo por la legislación
- La capacidad de influir en el desarrollo de la normativa y legislación.
- El análisis de fuentes de financiamiento, que reduzcan los costos y que admitan un apalancamiento total de los proyectos actuales o a efectuarse en el futuro (como el incremento de capacidad de la planta de transformación). Negociación con entidades financieras para obtener tasas más bajas, capacidad de obtención de financiamiento externo, capacidad de obtención de



créditos específicos para la ampliación de planta, capacidad de obtención de subsidios, posibilidad de emisión de debentures y obligaciones negociables. El análisis de emisión de nuevas acciones o incremento del capital.

- El estudio de los proveedores de residuos y servicios necesarios.
- El estudio del mercado y de la competencia.
- El estudio de las necesidades de los posibles nuevos clientes, a fin de analizar la creación de nuevos productos.
- La captación de nuevos clientes a través de distintas herramientas como el estudio del mercado, el desarrollo de la publicidad, la comunicación directa, las alianzas comerciales, entre otras.
- Realizar promociones correctas y que incrementen las ventas.
- La localización en plaza afín a las necesidades de los clientes.
- El estudio de toda la cadena de logística para la entrega en tiempo y forma del producto final en planta o en depósito de los clientes.
- La concepción de un embalaje determinado si es que fuese necesario (por ejemplo si se transporta por tren, el enfardado concreto para que el espacio de los vagones de carga sea usado más eficientemente).

## 6. Transporte del producto

Esta etapa se vincula con las actividades exclusivas de logística desde la planta de transformación hacia el lugar donde el producto será finalmente valorizado, revendido o utilizado. Es una etapa crucial, porque dados sus costes afecta todo el precio del producto (no es lo mismo entregar CDR en el horno de la planta cementera que dejarlo a disposición de la empresa cementera en el playón de la planta de transformación). Los mayores costos de traslado inferirán si una producción es viable, o en su defecto, económicamente no sustentable.



En definitiva, los análisis de factibilidades del capítulo 16 son únicamente posibles teniendo presentes los aspectos de traslado hacia los hornos cementeros vistos en el capítulo 9.

A menudo en Argentina el costo de la logística suele ser el mayor costo de toda la producción (incluso mayores que las amortizaciones de las instalaciones), y dadas las variaciones de los costos de los combustibles, suele ser la variable más sensible del proyecto. Son extrínsecos a la transformación del residuo, y generalmente tercerizados.

También se incluyen todas las actividades de carga y descarga de producto, de acarreo de buques, costos de puertos, intercambios ferroviarios, carga y descarga en playones, multimodalidad, etc.

Los actores incluidos en este eslabón de la cadena son las empresas de transporte de ferrocarriles, de transporte vial, fluvial y marítimo, y también dado el caso, de carga de buques, de rada y descarga de puertos, de acarreo de buques, de descarga de contenedores, vagones y camiones.

Valores agregados:

El valor agregado de esta etapa es la eficiencia y eficacia del transporte del producto desde la planta de producción hasta el horno cementero, el depósito que indique el cliente o hasta la planta de WtE (en caso de corresponder). También se incluye el traslado hacia el punto de reventa, si correspondiese. Es una etapa que insume grandes costes, y son costes externos a la producción en sí, por ello se debe realizar un análisis pormenorizado de cómo influyen esos costos y cuál es la sensibilidad de los mismos ante cambios externos, como el precio de los combustibles, tarifas, salarios, costos sindicales, entre otros.

Esta eficiencia tiene un componente clave que está relacionado con la cantidad de producto transportado y por ende el costo unitario del mismo (\$/tn) ó en su expresión más genérica para liberarlo de la condición de distancia en la que el costo unitario se expresa por peso y km (\$/tnkm)



Para esto es fundamental entender que tanto la densidad del producto como la capacidad volumétrica del transporte analizado son las variables de acción, independientemente del precio unitario mencionado. Por lo que tanto, las operaciones de aumento de densidad de los productos finales como la disponibilidad de equipos de transporte con la mayor capacidad volumétrica posible son las dos dimensiones a estudiar con el fin de minimizar el indicador de \$/tnkm a considerar.

Factores críticos de éxito:

- Conocimiento de la cadena de logística. Desde el mapa de ruta o derrotero, los playones de descarga, los controles de carga, las radas, los horarios de ingreso a puerto, las empresas de acarreo, de descarga de buques, de descarga de camiones, de rutas alternativas, de trenes y vagones. Dependiendo de la forma de transporte seleccionada.

- Estudio de los tiempos de transporte, de ser posible por etapas hasta el destino final.

- Sistematización de la etapa con: documentación y controles (con remitos, cumplimiento de Código de Operaciones de Traslado –COT–), control sobre los medios de transporte (cuidando que estén en condiciones normativas y operativas de funcionar), conocimiento de las empresas contratadas (si es transporte tercerizado), control sobre los conductores (autorizados para conducir), entre otros aspectos.

- Control sobre los permisos de transporte ambientales necesarios que deberán tener las empresas de transporte y logística (en la actualidad la OPDS no tiene regulación específica sobre el transporte del CDR, existe un vacío reglamentario y viajan como mercancía con remito y COT en su caso).

- Control de costos pasados por las empresas de transporte contratadas (para no pagar gastos y costos inexistentes).

- Ejecución de controles de partida y arribo, por cumplimiento de los tiempos contratados con las empresas de logística.



- Control sobre la correcta contratación de seguros de transporte. Sobre el seguimiento de la producción hasta el destino.

- Control sobre aspectos de la mano de obra en las distintas actividades de la cadena de logística y de la correcta contratación de seguros (por la responsabilidad subsidiaria con las empresas tercerizadas).

## 7. Cliente final

Se refiere meramente al final de la cadena. Al uso que se le da al producto, que en nuestro análisis es el inicio de la actividad de valorización energética. Es decir desde la puesta a disposición en la playa de descarga dentro de la cementera o en la cadena de transporte de la planta de generación eléctrica por incineración.

Las actividades más importantes son los controles finales (por ejemplo las concentraciones de cloro, el contenido de humedad y el Poder Calorífico del producto), el proceso de fabricación de cemento (se podría ampliar a toda la cadena de valor de la fabricación del cemento y su venta, pero no hace a este análisis), la generación de electricidad (se podría continuar también con el curso de la electricidad generada por un lado y la utilización de las cenizas remanentes por otro), y también de toda actividad que pueda utilizar CDR como sucedáneo de la fuente de energía actualmente en uso, como el caso de la industria siderúrgica.

Los actores de esta etapa son las cementeras, las empresas de generación eléctrica y los nuevos clientes que puedan surgir en vistas de las ventajas de costos de adquirir y utilizar CDR.

Valores agregados:

En referencia a este punto, el valor agregado en esta etapa se puede separar en el valor que agrega la empresa que compra el producto y lo utiliza, o el valor final que se le otorga al producto antes de ser aplicado a otros procesos. Específicamente, en este análisis nos volcaremos sobre la segunda



acepción, porque si bien es interesante el valor que se le otorga al producto como insumo en otras industrias (y que justificarán su precio de mercado), en esta etapa estamos cerrando la cadena de valor del producto en sí, y no de la industria cementera o de generación de energía eléctrica por incineración de residuos.

El valor agregado será entonces el vinculado a los controles finales, que aseguran que el producto es el requerido para los procesos posteriores, y también los análisis finales que se realizan para determinar el tiempo de vida del producto (si es que el mismo será guardado en depósitos hasta su utilización).

Factores críticos de éxito:

- Efectividad de los controles finales. Aplicación de pruebas suficientes a los lotes entregados.
- Determinación de la vida útil del combustible.
- Depósito seguro del combustible hasta su utilización.

## 8. Otros actores

Cuando hablamos de otros actores nos referimos a todos los proveedores de recursos para la actividad, que no están expresamente incluidos en los eslabones de la cadena, pero que sin su presencia el proceso no podría llevarse adelante. También aquellos sujetos de derecho que plantean requerimientos, quejas, proyectos, y que de alguna forma interfieren con la dinámica de recopilación, transporte, producción, comercialización, contratación de recursos humanos o utilización del producto final. Ellos son: Proveedores de servicios intermedios, Proveedores de maquinaria, Proveedores de insumos, Organizaciones de la sociedad civil, Empleados, Vecinos, Academia, Accionistas, Autoridades de Aplicación, Ambientalistas, Partidos políticos, Distintas reparticiones del Estado, entre otros.



Particularidades negativas originadas por la mala gestión integral de los residuos:

- El efecto económico contempla aspectos tales como mayores gastos de disposición final, de aseo de calles, de transporte de residuos, de tareas de acopio, de tareas de clasificación y separación, de recuperación de lugares transformados en basurales, de gastos por enfermedades asociadas con la mala disposición de residuos (de muertes asociadas), de efectos económicos derivados del incremento de alimañas en las cercanías, de gastos derivados de contaminación de napas y abrevaderos, de costos por muertes de semovientes (animales como ganado), de gastos de salubridad en general, de gastos por acciones judiciales, demandas e indemnizaciones.

- El Efecto social negativo debido a mayores afectaciones de la salud pública, suciedad de calles, de malestar general por la proliferación de basurales a cielo abierto, malestar por emanaciones, por muertes vinculadas a la mala gestión, por mayor cantidad de alimañas, entre otros.

- El efecto Político asociado al costo de la mala gestión de gobierno, y el efecto negativo en futuras elecciones por asociación de la Gestión con el malestar o la falta de resultados adecuados.

- Los efectos ambientales que representan en si misma a una mala gestión en el manejo de residuos, por el deterioro de todo el medio circundante a las zonas donde se alojan basurales, por las emanaciones de gases de efecto invernadero, olores, vectores de insalubridad, contaminación de napas y todo otro impacto esperable cuando los residuos son depositados sin los cuidados necesarios.

Hasta aquí me he remitido sólo a algunas particularidades negativas generales. Específicamente de la cadena de valor de la valorización energética de residuos sólidos urbanos podemos incluir aspectos que hoy en día están en discusión, y vinculados a las emisiones de la incineración, y de la reducción del valor posible de los residuos asociado con otras alternativas como reciclaje o recuperación.



Las emisiones por incineración fueron en parte enunciadas en el Capítulo 4, y volveremos a ellas en el Capítulo 14 de Emisiones. Son el efecto negativo más discutido y en contra de la incineración de residuos. Por este motivo la industria a nivel global se ha concentrado mucho más en el desarrollo de sistema de tratamiento, purificación y control de emisiones, que en el desarrollo de otros aspectos de esta tecnología, permitiendo así la coexistencia de plantas del más alto nivel técnico y operativo en medio de grandes ciudades debido a que su producción es normalmente de cogeneración de energía eléctrica y agua caliente para calefacción. Por otro lado, las emisiones de gases nocivos generados en los depósitos finales y liberados al ambiente son un efecto 28 veces más negativos para el proceso de Cambio Climático que los emitidos en una combustión controlada, por lo que los mismos se verían reducidos por la incineración con aprovechamiento térmico de los residuos.

En relación a la competitividad con las otras opciones de tratamiento de residuos que podrían contemplarse, se considera que siendo tan basta la generación de residuos en la zona de análisis, y tan poco el residuo tratado, no sería una barrera para un proyecto de este tipo. Sin embargo, los residuos recuperados y/o reciclados no suelen competir con aquellos valorizados energéticamente, porque la política de utilización del CDR es precisamente obtener el mayor valor posible de mercado de los residuos, no crear un producto de menor valor que consecuentemente brinde una menor utilidad empresarial. Por este motivo, tampoco deberá considerarse que la formulación de CDR es competencia y atenta contra las operaciones de reciclado, dado que estas últimas permiten que un residuo reemplace una materia prima y no un combustible de baja calidad como el caso de las cementeras o las plantas de generación térmica.



## X. POSIBLES IMPLICANCIAS SOCIALES.

Entre los aspectos sociales que podemos encontrar como más relevantes de la temática, se destacan los laborales, y los ambientales y de salubridad general.

En relación al análisis de las implicancias sociales, podemos comenzar con las potestades normativas sobre el tema. Si bien es cierto que en el próximo Capítulo veremos la factibilidad legal del proyecto, es posible en este momento hacer una breve reseña de la normativa en materia social.

Las legislaciones siguientes que se incluyen se fundamentan en los artículos 28 de la Constitución Provincial y 41 de la Constitución Nacional respectivamente (ambos a ser vistos en el Capítulo siguiente).

Como veremos más adelante en el Capítulo 12, en relación a la legislación provincial, el texto de la Ley 13.592 de la Provincia de Buenos Aires indica en su Art. 3: *“Constituyen principios y conceptos básicos sobre los que se funda la política de la gestión integral de residuos sólidos urbanos:*

1) *Los principios de precaución, prevención, monitoreo y control ambiental.*

2) *Los principios de responsabilidad compartida que implican solidaridad, cooperación, congruencia y progresividad.*

7) *La promoción de políticas de protección y conservación del ambiente para cada una de las etapas que integran la gestión de residuos, con el fin de reducir o disminuir los posibles impactos negativos.*

8) *La promoción del desarrollo sustentable mediante la protección del ambiente, la preservación de los recursos naturales provinciales de los impactos negativos de las actividades antrópicas y el ahorro y conservación de la energía, debiendo considerarse los aspectos físicos, ecológicos, biológicos,*



*legales, institucionales, sociales, culturales y económicos que modifican el ambiente.*

*10) El aprovechamiento económico de los residuos, tendiendo a la generación de empleo en condiciones óptimas de salubridad como objetivo relevante, atendiendo especialmente la situación de los trabajadores informales de la basura.*

*11) La participación social en todas las formas posibles y en todas las fases de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.*

*12) La recolección y tratamiento de residuos es un servicio de carácter esencial para la comunidad, en garantía de la salubridad y la preservación del ambiente.”*

Se puede apreciar que se privilegia el desarrollo sustentable con énfasis en el aspecto ambiental, y también se brinda un papel relevante a la utilización económica de los residuos en vistas a fomentar el *“empleo en condiciones óptimas de salubridad”* y la *“situación de los trabajadores informales de la basura”*.

Por su parte, la Ley Nacional 25.916 (que también analizaremos en el capítulo siguiente) incluye entre las funciones de la autoridad de aplicación que crea la de *“c) Fomentar medidas que contemplen la integración de los circuitos informales de recolección de residuos.”* en su Art. 25.

Esta Ley establece los *“presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios”*. Y ese es su objetivo, la protección del ambiente.

Por último, y como ya veremos también, se encuentra la Ley 1.854 de la Ciudad de Buenos Aires entre sus objetivos incluye:

*“Artículo 10 - 1) Son objetivos generales de la presente ley:*

*a) Garantizar los objetivos del artículo 4° de la Ley Nacional N° 25.916 (B.O. N° 30.497 del 7/9/04) “Gestión de Residuos Domiciliarios” y el artículo 3°*



de la Ley N° 992 (B.O.C.B.A. N° 1619 del 29/1/03) "Programa de Recuperadores Urbanos. [...]"

*e) Desarrollar instrumentos de planificación, inspección y control con participación efectiva de los recuperadores urbanos, que favorezcan la seguridad, eficacia, eficiencia y efectividad de las actividades de gestión de los residuos."*

Asimismo indica: *"Artículo 43 - Tendrán garantizada la prioridad e inclusión en el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos secos y en las actividades de los centros de selección, los recuperadores urbanos, en los términos que regula la Ley N° 992, los que deberán adecuar su actividad a los requisitos que establece la presente, de acuerdo con las pautas que establezca la reglamentación, impulsando su adecuación y de acuerdo con los diferentes niveles de organización que ostenten, con la asistencia técnica y financiera de programas dependientes del Poder Ejecutivo.*

*Artículo 44 - La Ciudad adoptará las medidas necesarias para establecer líneas de crédito y subsidios destinados a aquellas cooperativas de recuperadores urbanos inscriptas en el Registro Permanente de Cooperativas y de Pequeñas y Medianas Empresas (REPyME). Dichos créditos y subsidios tendrán como único destino la adquisición de bienes de capital dirigidos al objeto principal de su actividad de acuerdo a lo que determine la Ley de Presupuesto."*

Si bien todas las legislaciones integran la actividad de los "trabajadores informales de la basura", "circuitos informales de recolección de residuos" o "Recuperadores Urbanos", es la legislación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires la que brinda mayor estatus a los mismos a través de "la prioridad e inclusión en el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos secos y en las actividades de los centros de selección". Así también se legisla en materia crediticia, al adoptar "medidas necesarias para establecer líneas de crédito y subsidios destinados a aquellas cooperativas de recuperadores urbanos inscriptas" para adquirir bienes de capital.



Asimismo, la ciudad cuenta con la ley 992/02<sup>111</sup> que declara "*como un Servicio Público a los Servicios de Higiene Urbana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*" y obliga al Poder Ejecutivo a incorporar "*a los recuperadores de residuos reciclables a la recolección diferenciada en el servicio de higiene urbana vigente.*"

Las ejecución de estas leyes de la Ciudad se puede apreciar en el trabajo de las cooperativas de recuperadores urbanos<sup>112</sup>. Hay 12 cooperativas. Ellas son las encargadas de recolectar de manera exclusiva los materiales reciclables secos. Brindan un servicio público y habrían sido integradas al Servicio Público de Higiene Urbana en el año 2002:

- El Amanecer de los Cartoneros
- El Álamo
- Cooperativa del Oeste
- Cooperativa de Recuperadores Urbanos del Oeste
- Cartoneros del Sur
- El Trébol
- Alelí
- Reciclando Trabajo y Dignidad
- Baires Cero
- Cooperativa Primavera
- Cooperativa El Ceibo
- Cooperativa Madreselva

Del mismo modo, existen los Centros Verdes que son espacios de trabajo comunitario equipado con los elementos de seguridad, higiene y salubridad (como fábricas y galpones). Otorga a los recuperadores urbanos un lugar donde realizar su tarea. Los Centros Verdes suman valor a la cadena del reciclaje y brindan un espacio propicio para acopiar y enfardar los materiales, lo

---

<sup>111</sup> En [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg\\_tecnica/sin/normapop09.php?id=31157&qu=c&ft=0&cp&rl=1&rf=](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/sin/normapop09.php?id=31157&qu=c&ft=0&cp&rl=1&rf=)

<sup>112</sup> En: <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/separacion/porque-debemos-separar/cooperativas-de-recicladores-urbanos>



cual permite negociar mejores precios de venta. Se intenta poner fin a la separación y clasificación en la vía pública.

Se indica que actualmente, en la Ciudad de Buenos Aires funcionan 8 Centros Verdes gestionados por cooperativas de recuperadores urbanos. A estos establecimientos llega todo el material recolectado por los recicladores y por los camiones que recogen los contenidos de los contenedores verdes que están dentro del circuito de RSU monitoreado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

#### Centros Verdes de la Ciudad

- Centro Verde Barracas: Está administrado por la Cooperativa “El Amanecer de los Cartoneros” y se ubica en la calle Herrera 2124.
- Centro Verde Parque Patricios: Está administrado por la Cooperativa “El Amanecer de los Cartoneros” y se ubica en la calle Cortejarena 3151.
- Centro Verde Núñez: Está administrado por la Cooperativa “Madreselva” y se ubica en la Av. General Paz 98.
- Centro Verde Retiro Norte: Está administrado por la Cooperativa “El Ceibo” y se ubica en Colectora Arturo Illia y Salguero (Ex Línea Belgrano).
- Centro Verde Constituyentes: Está administrado por la Cooperativa “El Álamo” y se ubica en la Av. de los Constituyentes 6259.
- Centro Verde Chilavert: Está administrado por la Cooperativa “Alelí y Baires” y se ubica en la calle Cnel. M. Chilavert 2745.
- Centro Verde Soldati: Está administrado por las Cooperativas Del Oeste y se ubica en la calle Barros Pazos 3701.
- Centro Verde Varela: Está administrado por las Cooperativas Recuperadores Urbanos del Oeste y se ubica en Av. Varela 2505.

Entonces, y a los fines del trabajo, la primer problemática social a analizar es la laboral. Desde este aspecto, la cuestión es si existe competencia entre los recuperadores urbanos (o la denominación legal que cada jurisdicción les otorgue), otros recuperadores y recicladores existentes, y las empresas que



transformarán los residuos en combustibles o en insumos para la industria del cemento.

Haciendo un análisis pragmático de la realidad, vimos en el Capítulo 8 las tablas de las cantidades de residuos enviados a los centros de disposición final de CEAMSE. Más allá de la prohibición de incinerar en la ciudad de Buenos Aires, esa jurisdicción envió a CEAMSE Norte III 1.101.202,17 TN de residuos en el año 2017 (en el próximo capítulo veremos las metas de la ley de Basura Cero). Como vimos, esa ciudad cuenta con Centros Verdes y Recuperadores Urbanos incluidos en el proceso de Gestión por Ley. En el año 2004 envió a disposición final a la Provincia de Buenos Aires 1.497.656 TN (según Decreto N° 639/GCABA/07 que también veremos en el Capítulo siguiente).

En definitiva, 16 años después de la promulgación de la ley 992/02, 13 años después de la promulgación de la ley 1.854/05 y 10 años después de su decreto reglamentario aún se envían a la Provincia más de 1 millón de toneladas de residuos al año (también se verá la existencia de una planta de TMB que recicla 1.100 Tn de residuos diarios exclusivamente provenientes de CABA en CEAMSE Norte III).

Haciendo una planta tan grande de Waste to Energy como la que se está construyendo en China -Shenzhen, en la provincia de Guangdong y que vimos en el Capítulo 5, que será alimentada con hasta 5.600 toneladas de desechos municipales por día, generando 168 MW de energía, no se podría siquiera destinar la mitad de las toneladas de residuos que llegan a CEAMSE desde todo el Área Metropolitana de Buenos Aires (como vimos en el Capítulo 8 17.400 TN al día en octubre).

En definitiva no habría una competencia por los residuos, siendo posible efectuar tareas de recuperación, reciclaje y posteriormente valorización energética del remanente calórico (y pensando en la posibilidad de construir una planta de tal magnitud).

Del mismo modo, se incrementaría la demanda laboral por la necesidad de tareas de clasificación y separación, y posteriormente transformación.



Secundariamente, también existe una reducción de la cantidad de basura que se envía al enterramiento. El enterramiento genera, en la práctica concreta, contaminación.

Y así podemos avanzar en el segundo aspecto: el ambiental y de salubridad en general.

Como ya hemos visto, la legislación sobre los residuos, es en sí una legislación ambiental. Las implicancias sociales al respecto son amplias, y físicamente visibles.

Tanto surgen quejas por la instalación de vertederos y centros de disposición final cercanas a centros urbanos, como por la contaminación ambiental que genera la mala gestión de esos vertederos y centros, por los lixiviados que escapan a las napas, por los gases emanados a la atmósfera, por los incendios ocasionales en vertederos a cielo abierto, por las fallas en la recolección y el transporte que deja residuos en la vía pública, o incluso en vertederos clandestinos.

Sin embargo esas problemáticas no son tema de este estudio (como aspectos negativos, porque la reducción de residuos enviados a disposición final sería una externalidad positiva), pero sí lo son las ocurridas por la generación de energía eléctrica desde basura y por la producción de combustible derivado de residuos y su aplicación.

Sí es positiva entonces la reducción de residuos enviados a vertederos y centros de disposición final por la menor cantidad de lixiviados que escapan a las napas, la menor generación de gases combustibles (como metano que se evapora a la atmósfera) y la menor cantidad de volumen ocupado en esos centros de disposición final.

Entonces, los aspectos negativos son (como ya hemos visto en el Capítulo 5 respecto a las plantas instaladas en el resto del mundo y sobre todo en China) aquellos vinculados con las emanaciones y con las cenizas de alta concentración de contaminantes. Cómo se verá en el próximo Capítulo, el Convenio de Estocolmo, Ley 26.011 promueve la eliminación de



Contaminantes Orgánicos Persistentes e indica valores de “factor tóxico equivalente” coherentes con las normas internacionales. Considera los valores del factor de equivalentes tóxicos con respecto a las dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados y bifenilos policlorados coplanares. Estos compuestos son emitidos a la atmósfera en condiciones no controladas, derivadas también de producciones no intencionales. Específicamente indica que entre las categorías de fuentes industriales que tienen un potencial de formación y liberación relativamente elevadas de estos productos químicos al medio ambiente están:

*"a) Incineradoras de desechos, incluidas las co-incineradoras de desechos municipales peligrosos o médicos o de fango cloacal; [...] b) Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento;"*

Greenpeace indica que *"las plantas de incineración emiten miles de sustancias químicas tóxicas que dañan la salud: metales pesados como mercurio, cromo, cadmio, arsénico, plomo y berilio; hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs); bencenos clorados; naftalenos policlorados; compuestos orgánicos volátiles (COVs); gases ácidos como óxidos de azufre; dióxidos de nitrógeno y ácido clorhídrico; gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, entre muchas otras. Además, en el proceso de incineración de residuos se forman compuestos nuevos –dioxinas y furanos- conocidos como Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs). Estas sustancias son extremadamente tóxicas, cancerígenas, persistentes y bioacumulables que además pueden dispersarse grandes distancias de su fuente."*<sup>113</sup>

En relación a las cenizas generadas por la industria del Waste to Energy, se indica que una parte del residuo que accede a los hornos termina reducido a cenizas (alrededor del 15 o 20% del peso, según los técnicos; hasta un 30% según Greenpeace). Estas escorias requieren de vertederos específicos (y de seguridad) para su almacenamiento, aunque en los últimos años también se han desarrollado técnicas de aprovechamiento que se utilizan para hacer

---

<sup>113</sup> En <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/Incineracion-y-rellenos-sanitarios/>

áridos artificiales que se usan posteriormente para construir carreteras o se vitrifican para hacer vidrios<sup>114</sup>.

También existen otras organizaciones internacionales como Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA)<sup>115</sup> - Alianza Global para Alternativas al Incinerador (GAIA).



Con sede en la ciudad de Quezon en Filipinas GAIA es una alianza mundial de cerca de 800 organizaciones no gubernamentales e individuos distribuidos en cerca de 90 países en oposición a la incineración de residuos.

Se resisten a los incineradores y vertederos. Promueven la producción limpia y la creación de una economía de ciclo cerrado y eficiente en el uso de los materiales donde todos los productos se reutilizan, reparan o reciclan.

En referencia a la legislación, como veremos en el próximo capítulo, la Ley 1.854 de CABA prohíbe la combustión de residuos y *“la contratación de servicios de tratamiento de residuos sólidos urbanos de esta ciudad, que tengan por objeto la combustión”*. No así las otras legislaciones que obligan a utilizar determinadas tecnologías para incinerar eliminando la posibilidad de emisiones peligrosas.

Presentando un ejemplo, una planta en el estado de Nueva York en Estados Unidos (es una de la que aporta más datos de emisiones), en el

---

<sup>114</sup> En <http://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2013/11/17/52865dda61fd3d38558b457b.html>

<sup>115</sup> En <http://www.climatenetwork.org/profile/member/global-alliance-incinerator-alternatives-gaia>



condado de Westchester<sup>116</sup> en particular quema 2.250 toneladas por día de desperdicios domésticos y comerciales. Suministra 63 MW de electricidad.

Según se indica, la planta emitió 261.750 ton de dióxido de carbono y más de 60 ton de monóxido de carbono en 2016 conforme "Informe de totales de contaminantes en emisiones"<sup>117</sup> del Departamento de Conservación del Estado de Nueva York. Asimismo liberó 112 ton de dióxido de azufre y más de 907,5 ton de óxido de nitrógeno ese mismo año.

La contaminación de la incineración es una realidad. Sin embargo, las actuales tecnologías reducen y hasta anulan esta contaminación por las elevadas temperaturas, los sistemas de enfriamiento rápido para la inhibición de formación de Dioxinas y Furanos, los sistemas de filtrado con eficiencias del 99% y los monitoreos continuos con enclavamientos de seguridad que bloquean la alimentación, ya sea en hornos cementeros, grandes calderas o sistemas de gasificación por arcos de plasma. En el capítulo 14 veremos las emisiones de la industria.

Asimismo, y volviendo a la realidad de nuestro medio, en el caso de que se lograsen recapturar todos los elementos recuperables y reciclables incluidos en de los residuos sólidos urbanos (e industriales), aún quedarían componentes a ser enviados a centros de disposición final, que con determinados tratamientos podrían obtener un mejor contenido calórico y características físico químicas (por secado, separación de clorados y trituración por ejemplo) adecuadas para poder ser valorizados energéticamente de manera segura.

---

<sup>116</sup> En [https://www.huffingtonpost.com/entry/why-waste-to-energy-plants-are-problematic\\_us\\_59274e5de4b0d2a92f2f4259](https://www.huffingtonpost.com/entry/why-waste-to-energy-plants-are-problematic_us_59274e5de4b0d2a92f2f4259)

<sup>117</sup> En <http://www.michaelshank.tv/wp-content/uploads/2017/05/Wheelabrator-Report-2016.pdf>



## **XI. CONSTITUCIÓN. LEYES. DECRETOS. TRATADOS INTERNACIONALES. RESOLUCIONES Y ORGANISMOS. PROPIEDAD DE LOS RESIDUOS. CONCEPTO DEL CDR. FACTIBILIDAD LEGAL.**

### **CONSTITUCIÓN. LEYES. DECRETOS. TRATADOS INTERNACIONALES. RESOLUCIONES Y ORGANISMOS. PROPIEDAD DE LOS RESIDUOS.**

#### **RÉGIMEN JURÍDICO NACIONAL DE LOS RESIDUOS.**

Para empezar, cabe recordar que en el marco del esquema federal de la Nación existe un complejo sistema de distribución de competencias. Nuestra república tiene, en materia ambiental un doble nivel normativo<sup>118</sup>. Desde la reforma constitucional de 1994 se modificó el esquema de criterios de preservación, las cuales anteriormente resultaban potestad de las provincias, a pesar de la existencia de normas nacionales a las cuales las provincias podían adherir. La constitución de 1994 estableció que *“corresponde a la Nación dictar normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales”* conforme su Art. 41. Mediante esa reforma existe una regulación mínima exclusivamente sobre el ambiente emitida por el gobierno nacional. Con esa base, cada provincia dicta su régimen propio, pudiendo establecer niveles superiores de protección ambiental.

En ese contexto se dictó la ley 25.916 de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios sancionada en agosto de 2004 y que ya hemos visto en el Capítulo 8. Se reglamenta por el decreto 1158/2004. Este cuerpo legal establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos de origen urbano con la salvedad de aquellos que se encuentren regulados por otras normas específicas.

---

<sup>118</sup> Pinto, Mauricio y Liber, Martín: "El régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos en Argentina". Compilado por Montes Cortés, Carolina en "Régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos". Universidad Externado de Colombia. junio 2009. Bogotá, Colombia.  
[https://www.researchgate.net/publication/291352558\\_El\\_regimen\\_juridico\\_y\\_ambiental\\_de\\_los\\_residuos\\_solidos\\_en\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/291352558_El_regimen_juridico_y_ambiental_de_los_residuos_solidos_en_Argentina)



En su artículo 2, la ley indica define: “*Denomínese residuo domiciliario a aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados.*”

Bajo ese concepto de denominación de residuos domiciliarios, en el cuerpo legal del nuevo Código Civil y Comercial de la nación, se encuentra el artículo 1.947 “*Apropiación. El dominio de las cosas muebles no registrables sin dueño, se adquiere por apropiación.*

*a) Son susceptibles de apropiación:*

*1) Las cosas abandonadas;...*”

Es por ello que conforme la legislación nacional, la propiedad de los residuos domiciliarios desechados o abandonados pasa a quien se la apropie.

Volviendo a la ley 25.916 la gestión integral de residuos domiciliarios comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final. Asimismo, la ley define valorización como todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, mediante el reciclaje en sus formas física, química, mecánica o biológica, y la reutilización. Es objetivo de la ley promover la valorización de los residuos domiciliarios, a través de la implementación de métodos y procesos adecuados (entre otros). También la ley impone el deber de fomentar la revalorización de residuos e integrar los circuitos informales de recolección.

En sus artículos 13 y 14 indica que las autoridades competentes deberán garantizar que los residuos domiciliarios sean recolectados y transportados a los sitios habilitados mediante métodos que prevengan y minimicen los impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población. Asimismo determina que el transporte deberá efectuarse en vehículos habilitados, y debidamente acondicionados de manera de garantizar una adecuada contención de los residuos y evitar su dispersión en el ambiente.



Otras leyes nacionales son: Ley 25.612 de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial, ley 24.051 del régimen legal de los Residuos Peligrosos, Ley 25.670 de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de PCBs -policlorobifenilos (Bifenilos Policlorados) y otros compuestos-, Ley 25.018 de régimen de gestión de residuos radioactivos.

Este cuerpo normativo indica en su capítulo 23 que aquellos responsables del transporte de residuos peligrosos deberán estar acreditados e inscriptos en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos. A su vez por el artículo 30 tendrán diversos controles en vías fluviales o marítimas.

Se debe tener presente que la ley 24.051 de residuos peligrosos es del año 1991, es decir previa a la reforma constitucional de 1994. Ello así, es una ley de adhesión. Asimismo, la ley 24.051 basaba su regulación en la peligrosidad.

En materia de residuos industriales y residuos peligrosos, se establece que el generador es el propietario de los desechos que produce. Por otro lado, los transportistas, los titulares de plantas de tratamiento y de disposición final solo son guardianes de los mismos. Por ese motivo, los generadores son responsables por los daños que los residuos causen. Tan fuerte es la carga que le impone la ley, que no pueden liberarse de ésta transmitiendo el dominio de los residuos a un tercero o abandonándolos. Estos actos extinguen la propiedad, pero no la responsabilidad del generador. Aún dispuesto en el centro de disposición final, los residuos peligrosos y/o industriales siguen siendo propiedad del generador (Arts. 22 y 44 Ley 24.051 y Arts. 16 y 37 ley 25.612).<sup>119</sup>

El artículo 25 de la ley 25.612 indica que la autoridad de aplicación nacional determinará las obligaciones a las que deberán ajustarse los transportistas de residuos industriales y de actividades de servicio. En el

---

<sup>119</sup> Raúl N. Álvarez. "La cuestión de la propiedad de la basura. Una interpretación desde la Teoría Crítica." X Congreso Nacional de Sociología Jurídica. Córdoba, 12 al 14 de noviembre de 2009. [http://poderyderecho.blogspot.com.ar/2009/11/la-cuestion-de-la-propiedad-de-la.html#\\_edn3](http://poderyderecho.blogspot.com.ar/2009/11/la-cuestion-de-la-propiedad-de-la.html#_edn3)



artículo 26 determina que cuando el transporte de los residuos tenga que realizarse fuera de los límites provinciales o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, deberá existir convenio previo entre las jurisdicciones intervinientes, y por el cual, se establezcan las condiciones y características del mismo, conforme lo prevean las normas de las partes intervinientes.

Asimismo indica que las autoridades ambientales provinciales podrán determinar excepciones cuando el nivel de riesgo de los residuos sea bajo o nulo y sólo sean utilizados como insumo de otro proceso productivo.

Se contempla el supuesto en el cual el generador de un residuo industrial extingue su propiedad en el artículo 43 inciso b) de la ley 25.612. Ello sucede cuando dicho residuo es usado como insumo de otro proceso productivo, previa certificación de la autoridad competente. Siempre y cuando no se halle comprendido por la ley de residuos peligrosos, en cuyo caso, pervive la responsabilidad del generador en los términos de los artículos 22 y 48 de la ley 24.051.

Este último mismo cuerpo legal en su Art. 60 Inc. a) fija a la autoridad de aplicación, la potestad de privilegiar formas de tratamiento que impliquen el reciclado y reutilización de los residuos, y la incorporación de tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental.

Entonces surge la cuestión de si es posible que la autoridad determine si un residuo de origen industrial o peligroso es apto para valorización sin el consentimiento de su generador. ¿Existe una facultad del Estado de extinguir los derechos de propiedad del generador, disponiendo el destino de recuperación de los mismos?

Al respecto, la Ley 25.675 General del Ambiente sanciona un conjunto de principios entre los que destacan: sustentabilidad, equidad intergeneracional, congruencia y responsabilidad. Se deberá meritarse si estos principios de política ambiental habilitan al Estado a determinar la importancia de la valorización por sobre la propiedad de los residuos industriales y peligrosos.



Además, si bien es cierto que el órgano estatal debe tener facultades suficientes para promocionar los procesos de valorización legislados (Art. 43 Ley 25.612), función vinculada directamente a la afectación del medio ambiente, existe un derecho de propiedad del generador, que en determinados casos puede ser considerado como una carga. Existen casos en los cuales los generadores industriales descartan lotes enteros de producción por pequeñas fallas, que les generan más costos a recuperar que ingresos. Por ello, si esos bienes son recuperados y puestos en el mercado existe un riesgo de competencia desleal con sus propios productos.

Por otro lado y en referencia a la responsabilidad, una empresa necesita asegurarse de la disposición final de sus residuos para cubrir toda responsabilidad. En este caso existe una excepción prevista en el inciso b) del artículo 43 de la ley 25.612: *“La responsabilidad del generador por los daños ocasionados por los residuos, no desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, o evolución o tratamiento de estos, a excepción de: ... b) Cuando el residuo sea utilizado como insumo de otro proceso productivo, conforme lo determine la reglamentación.”* Es decir, existe una extinción de la responsabilidad civil del generador.

Finalmente, para que la recuperación de residuos pueda ser llevada a cabo legalmente deben cumplirse varios requisitos. 1) Debe tratarse de residuos industriales o de actividades de servicios que no sean peligrosos. Si lo fueren rige el artículo 22 de la ley 24.051 sosteniéndose la propiedad del generador. 2) En su defecto, solo podrían recuperarse residuos peligrosos, si la transformación que opera este proceso termina con la peligrosidad del material, en conjunción con 3) La autoridad de aplicación debe certificar la actividad de recuperación.

Por otro lado, la valorización de residuos industriales a utilizarse como insumo, contienen un acto de transformación legislado en el nuevo Código Civil y Comercial de la Nación en el Art. 1957 *“Transformación. Hay adquisición del dominio por transformación si alguien de buena fe con una cosa ajena, mediante su sola actividad o la incorporación de otra cosa, hace una nueva con intención de adquirirla, sin que sea posible volverla al estado anterior. En tal*



*caso, sólo debe el valor de la primera.”* Solo restaría determinar el valor de la primera, que era un desecho y cuyo valor residual pueda ser nulo o incluso negativo por la responsabilidad apareada. Asimismo, debería existir una disposición de la autoridad estatal para sopesar la conformidad del generador.

Otra legislación nacional vinculada a la temática en cuestión es la ley 25.626 de prohibición de Importaciones que incluye a los neumáticos usados. Siendo este cuerpo legal contrario a la obtención de un recurso importante por el poder calorífico de los neumáticos y su posible utilización como combustible de hornos cementeros y plantas de incineración para producir energía eléctrica. Luego la Ley 26.329 modifica la anterior y admite la importación de neumáticos “remoldeados” o “reconstruidos”, aunque no amplía a neumáticos usados para ser utilizados en otros fines.

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en el año 2013, mediante la Resolución 523/2013 resolvió que dentro del Manejo Sustentable de Neumáticos se incluye la recuperación energética, dentro de una jerarquía: Art. 6° — *“Se establece la siguiente jerarquía como orden de prioridad en materia de manejo de neumáticos en su ciclo de vida en particular para los neumáticos de desecho:*

- a. Prevención y minimización*
- b. Reutilización*
- c. Reciclado*
- d. Recuperación Energética*
- e. Disposición Final*

Asimismo, en su Art. 7 indicó que se consideran actividades de manejo ambientalmente racionales de los neumáticos de desecho a las acciones de: Aprovechamiento como fuente de energía (mediante adecuado tratamiento de efluentes gaseosos):

- Como combustible alternativo en hornos de cemento.
- Como combustible alternativo en plantas de generación eléctrica.
- Como combustible alternativo en procesos industriales.



Otra normativa nacional – Ley 26.011. Hacia mayo del año 2001 la Argentina firmó junto con otros 90 países el Convenio de Estocolmo<sup>120</sup>. El mismo es un Acuerdo Internacional para promover la eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes. Este acuerdo indica valores de factor tóxico equivalente coherentes con las normas internacionales aceptadas en el año 2001. Considera los valores del factor de equivalentes tóxicos para mamíferos de la Organización Mundial de la Salud 1998 con respecto a las dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados y bifenilos policlorados coplanares.

Al respecto de este trabajo, el Acuerdo indica en su artículo 5 que se deben llevar adelante medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción no intencional.

*Afirma que “cada parte adoptará como mínimo las siguientes medidas para reducir las liberaciones totales derivadas de fuentes antropógenas de cada uno de los productos químicos incluidos en el anexo C, con la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y, en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente”*

Para ello propone la elaboración de un plan de acción destinado a identificar, caracterizar y combatir las liberaciones de los productos químicos incluidos en el anexo C.

El Anexo C refiere a la Producción no Intencional. Se aplica a los contaminantes orgánicos persistentes, cuando se forman y se liberan de forma no intencional a partir de fuentes antropógenas.

Productos químicos: Dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF), Hexaclorobenceno (HCB) (No. CAS: 118-74-1), Bifenilos policlorados (PCB).

*Determina que “los dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados, el hexaclorobenceno, y los bifenilos policlorados se forman y se liberan de forma no intencionada a partir de procesos térmicos, que comprenden materia*

---

<sup>120</sup> En: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/102996/norma.htm>



orgánica y cloro, como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas. Las siguientes categorías de fuentes industriales tienen un potencial de formación y liberación relativamente elevadas de estos productos químicos al medio ambiente:

**a) Incineradoras de desechos, incluidas las co-incineradoras de desechos municipales peligrosos o médicos o de fango cloacal;**

**b) Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento;**

c) Producción de pasta de papel utilizando cloro elemental o productos químicos que producen cloro elemental para el blanqueo;

d) Los siguientes procesos térmicos de la industria metalúrgica:

i) Producción secundaria de cobre;

ii) Plantas de sinterización en la industria del hierro e industria siderúrgica;

iii) Producción secundaria de aluminio;

iv) Producción secundaria de zinc.”

Luego, en ese mismo anexo C refiere una guía con orientaciones generales sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. Al respecto aduce medidas generales de prevención relativas a las mejores técnicas disponibles y a las mejores prácticas ambientales.

Entre ellas:

**a) Utilización de una tecnología que genere pocos desechos;**

**b) Utilización de sustancias menos peligrosas;**

**c) Fomento de la regeneración y el reciclado de los desechos y las sustancias generadas y utilizadas en los procesos;**

**d) Sustitución de materias primas que sean contaminantes orgánicos persistentes o en el caso de que exista un vínculo directo entre los materiales y las liberaciones de contaminantes orgánicos persistentes de la fuente;**

**e) Programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo;**

**f) Mejoramiento de la gestión de desechos con miras a poner fin a la incineración de desechos a cielo abierto y otras formas incontroladas de**



***incineración, incluida la incineración de vertederos. Al examinar las propuestas para construir nuevas instalaciones de eliminación de desechos, deben considerarse alternativas como, por ejemplo, las actividades para reducir al mínimo la generación de desechos municipales y médicos, incluidos la regeneración de recursos, la reutilización, el reciclado, la separación de desechos y la promoción de productos que generan menos desechos. Dentro de este criterio deben considerarse cuidadosamente los problemas de salud pública;***

*g) Reducción al mínimo de esos productos químicos como contaminantes en otros productos;*

*h) Minimización o reemplazo del cloro elemental o productos químicos que generan cloro elemental para blanqueo.”*

También destaca la posibilidad de avances tecnológicos y cambio de los conocimientos y la comprensión en el ámbito científico. De esa manera no restringe la utilización de procesos de producción de energía o cemento a partir de la utilización de RSU.

Para el caso que se analiza en el presente trabajo, es de interés considerar que siendo que el principal precursor para la formación de COP's, es el cloro elemental, en el caso de los hornos cementeros existe una restricción operativa muy rigurosa en cuanto al contenido de cloro admisible en el sistema. Esto no sólo se debe a cuestiones ambientales y de emisiones, sino por una limitación operativa del proceso conocida como “ciclo de álcalis”. Este es un ciclo que se produce en el horno, en el cual el cloro se volatiliza con relativa facilidad a las temperaturas de trabajo (1.800 °C) y al encontrar zonas más “frías” (800 – 900 °C) de la instalación y en presencia de Sodio y/o Potasio, forma sales que se pegan en los conductos y obstruyen la alimentación de los hornos. Es por este motivo que el control de las concentraciones de cloro en los combustibles y las materias primas en los hornos de cemento son críticas, lo que los transforma en un operador altamente comprometido con reducir los niveles de cloro en sus procesos.



## **ENUMERACIÓN DE TRATADOS INTERNACIONALES VINCULADOS.**

Ley 23.922. Convenio de Basilea sobre Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos peligrosos y su Eliminación.

Ley 25.278. Convenio de Rotterdam sobre Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.

Ley 25.279. Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión de Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, adoptada en Viena.

Ley 26.011. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Ley 25.626. de prohibición de importaciones de las mercaderías individualizadas y clasificadas en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías, elaborado bajo los auspicios del Consenso de Cooperación Aduanero firmado en Bruselas.

## **NORMATIVA LEGAL DE OTRA JURISDICCIÓN VINCULADA. LEY N° 1.854/05 DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES.**

En noviembre del año 2005, la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sancionó la ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Esta ley, en su artículo 7 indica que: "*Quedan prohibidos, desde la publicación de la presente, la combustión, en cualquiera de sus formas, de residuos sólidos urbanos con o sin recuperación de energía, en consonancia con lo establecido en el artículo 54 de la presente ley. [...] Asimismo queda prohibida la contratación de servicios de tratamiento de residuos sólidos urbanos de esta ciudad, que tengan por objeto la combustión, en otras jurisdicciones.*"

Al respecto, en su Art. 54 destaca: "*Para el supuesto de alcanzarse la meta del 75% citada en el artículo 6° de la presente, se evaluará incorporar*



*como métodos de disposición final, otras tecnologías, incluida la combustión, siempre y cuando se garantice la protección de la salud de las personas y el ambiente."*

Ese porcentual del Art. 6 se refiere a las siguientes metas: *"Estas metas a cumplir serán de un 30% para el 2010, de un 50% para el 2012 y un 75% para el 2017, tomando como base los niveles enviados al CEAMSE durante el año 2004. Se prohíbe para el año 2020 la disposición final de materiales tanto reciclables como aprovechables."*

A simple vista, este cuerpo legal prohíbe la incineración de residuos sólidos urbanos de la ciudad dentro de su jurisdicción o fuera de ella.

Las cuestiones entonces son: ¿se alcanzaron las metas establecidas y sería factible la incorporación de nuevas tecnologías aludidas en el Art. 54?

De acuerdo a lo indicado en "INFOBAE - Buenos Aires, ¿ciudad verde?"<sup>121</sup> en una nota escrita por Federico Saravia, presidente del Consejo Económico y Social de la Ciudad de Buenos Aires (CESBA), las metas no se habían cumplido hacia junio de 2017.

Sin embargo, y a pesar de esa nota de opinión subjetiva analicemos los números fríos. El decreto N° 639/GCABA/07<sup>122</sup> reglamentario de la Ley 1.854 indica:

*"Art. 6°.- Establécese como línea de base para la determinación del cronograma de reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos urbanos recolectados por el Servicio Público de Higiene Urbana en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la cantidad de UN MILLÓN CUATROCIENTAS NOVENTA Y SIETE MIL SEISCIENTAS CINCUENTA Y SEIS (1.497.656) toneladas. La cantidad de toneladas máximas a ser dispuestas en rellenos sanitarios, son las detalladas a continuación:*

---

<sup>121</sup> En <https://www.infobae.com/opinion/2017/06/01/buenos-aires-ciudad-verde-2/>

<sup>122</sup> En [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg\\_tecnica/sin/normapop09.php?id=98735&qu=c&ft=0&cp=&rl=1&rf=&im=&ui=0&printi=1&pelikan=1&ssezion=1094565&primera=0&mot\\_toda=&mot\\_frase=&mot\\_al\\_guna=](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/sin/normapop09.php?id=98735&qu=c&ft=0&cp=&rl=1&rf=&im=&ui=0&printi=1&pelikan=1&ssezion=1094565&primera=0&mot_toda=&mot_frase=&mot_al_guna=)



*Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2010*  
1.048.359

*Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2012*  
748.828

*Toneladas máximas a ser dispuestas en relleno sanitario Año 2017*  
374.414

*A fin de cumplir con la meta fijada para el año 2020, la Autoridad de Aplicación deberá fijar durante el mes de octubre del año 2017 los niveles máximos de residuos sólidos urbanos a ser enterrados en relleno sanitario, de conformidad con las técnicas disponibles, el avance de los diversos programas implementados y el desarrollo y la evolución de los mercados existentes.[...]"*

De acuerdo a lo visto en el Capítulo 8 (tablas oficiales de recepción de residuos de CEAMSE), CABA envió a los rellenos sanitarios de la CEAMSE en el año 2015: 1.153.380,50 TN de residuos, en el año 2016: 1.094.708,70 TN de residuos y en el año 2017: 1.101.202,17 TN de residuos. Efectivamente pareciese que las metas no se han alcanzado ni por asomo. Hasta se podría decir que no se ha intentado bajar del millón de toneladas al año.

Sin embargo, existe una Planta de Tratamiento<sup>123</sup> en funcionamiento ubicada en el Complejo Ambiental Norte III que emplea una tecnología que combina la clasificación y el proceso mecánico con tratamiento biológico y que procesa hasta 1.100 toneladas de residuos por día, todos provenientes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Se exterioriza que recupera residuos secos como el papel, el plástico y el vidrio, para su posterior enfardado y comercialización. Luego se retiran los metales. Se indica que de ese modo se reduce considerablemente la cantidad de residuos que se disponen en el relleno sanitario. La etapa biológica del tratamiento utiliza los residuos húmedos, que al ser tratados por un proceso de biosecado durante 21 días permiten lograr una bioestabilización del material, que es utilizado como cobertura diaria de los residuos del relleno sanitario. No

---

<sup>123</sup> En <http://www.ceamse.gov.ar/plantas-de-tmb/>



se expresa qué cantidad de las 1.100 tn de residuos recibidas son enviados finalmente al relleno sanitario, pero se estima en el orden del 50%

Continuando, y al respecto del artículo 7, hay dos acepciones: que la prohibición se refiere solo a que suceda en CABA, siendo libre el tratamiento y la incineración en otra jurisdicción de los residuos generados en esa ciudad; o que se extienda la prohibición sobre el residuo, sin importar que la incineración se realice en otra jurisdicción (como afirma Greenpeace, entre otros)<sup>124</sup>.

Por lo cual, en el segundo caso, ¿es imponible a la Provincia de Buenos Aires la legislación de la Ciudad de Buenos Aires, toda vez que los residuos producidos en esta ciudad son enviados para tratamiento y disposición final en un predio de la provincia, y la propiedad de los mismos ha dejado de ser de ciudadanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires?

Al respecto de esta última pregunta, si bien se trata de una cuestión aún en discusión en el ámbito político y legal, mi postura es que la legislación de CABA no es imponible a la Pcia. de Bs As. Un cuerpo legislativo ajeno a la jurisdicción no puede imponer condiciones por carecer de competencias para hacerlo. Por más que disguste a los ambientalistas, los residuos depositados en la Provincia de Buenos Aires se deben someter a la legislación y normativa local. Incluso y por más que la CEAMSE sea un ente tripartito, los Centros de Disposición Final están en Provincia de Buenos Aires y a su legislación se deberán someter.

## **RÉGIMEN JURÍDICO DE LOS RESIDUOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.**

En relación a la competencia provincial, el Art. 28 de la Constitución Provincial indica: "*Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras.*"

---

<sup>124</sup> Destaca Greenpeace en: <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/Incineracion-y-rellenos-sanitarios/>



*La Provincia ejerce el dominio eminente sobre el ambiente y los recursos naturales de su territorio incluyendo el subsuelo y el espacio aéreo correspondiente, el mar territorial y su lecho, la plataforma continental y los recursos naturales de la zona económica exclusiva, con el fin de asegurar una gestión ambientalmente adecuada.*

*En materia ecológica deberá preservar, recuperar y conservar los recursos naturales, renovables y no renovables del territorio de la Provincia; planificar el aprovechamiento racional de los mismos; controlar el impacto ambiental de todas las actividades que perjudiquen al ecosistema; promover acciones que eviten la contaminación del aire, agua y suelo; prohibir el ingreso en el territorio de residuos tóxicos o radiactivos; y garantizar el derecho a solicitar y recibir la adecuada información y a participar en la defensa del ambiente, de los recursos naturales y culturales.*

*Asimismo, asegurará políticas de conservación y recuperación de la calidad del agua, aire y suelo compatible con la exigencia de mantener su integridad física y su capacidad productiva, y el resguardo de áreas de importancia ecológica, de la flora y la fauna.*

*Toda persona física o jurídica cuya acción u omisión pueda degradar el ambiente está obligada a tomar todas las precauciones para evitarlo.<sup>125</sup>*

Estos son los principios rectores de la legislación provincial en materia ambiental, y de ellos se desprende la legislación sobre el tratamiento de residuos.

La provincia de Buenos Aires cuenta con la Ley N° 13.592 de los residuos sólidos urbanos y su Decreto Reglamentario N° 1215/10.

Como hemos visto en el Capítulo 8, en el artículo 2 de la Ley 13.592 de la Provincia de Buenos Aires se consideran Residuos Sólidos Urbanos a aquellos elementos, objetos o sustancias generados y desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales, comprendiendo

---

<sup>125</sup> En: [http://www.infoleg.gob.ar/?page\\_id=173](http://www.infoleg.gob.ar/?page_id=173)



aquellos cuyo origen sea doméstico, comercial, institucional, asistencial e industrial no especial asimilable a los residuos domiciliarios.

El concepto de desechados sería asimilable a abandonados para el análisis de la propiedad de los residuos y su apropiación.

Posteriormente, en su artículo 3 determina los principios de la política de la gestión integral de residuos sólidos urbanos provincial. Entre ellos, destacan a los fines de este capítulo:

*“3) La consideración de los residuos como un recurso.*

*4) La incorporación del principio “de Responsabilidad del Causante”, por el cual toda persona física o jurídica que produce, detenta o gestiona un residuo, está obligada a asegurar o hacer asegurar su eliminación conforme a las disposiciones vigentes.*

*5) La minimización de la generación, así como la reducción del volumen y la cantidad total y por habitante de los residuos que se producen o disponen, estableciendo metas progresivas, a las que deberán ajustarse los sujetos obligados.*

*6) La valorización de los residuos sólidos urbanos, entendiéndose por “valorización” a los métodos y procesos de reutilización y reciclaje en sus formas químicas, física, biológica, mecánica y energética.*

*8) La promoción del desarrollo sustentable mediante la protección del ambiente, la preservación de los recursos naturales provinciales de los impactos negativos de las actividades antrópicas y el ahorro y conservación de la energía, debiendo considerarse los aspectos físicos, ecológicos, biológicos, legales, institucionales, sociales, culturales y económicos que modifican el ambiente.*

*10) El aprovechamiento económico de los residuos, tendiendo a la generación de empleo en condiciones óptimas de salubridad como objetivo relevante, atendiendo especialmente la situación de los trabajadores informales de la basura.*

*11) La participación social en todas las formas posibles y en todas las fases de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.”*



Más específicamente podemos resaltar:

- La concepción provincial de los residuos y su gestión comienza por considerar al mismo un recurso. Ese principio contrasta no solo la doctrina nacional (solo acepta la existencia de “*recursos contenidos en residuos*” cuando existe valorización – Art.3 Inc. f ley 25.916, pero como vimos en su Art. 2, un residuo no es un recurso por definición) y la de CABA, sino también la internacional emanada del Acuerdo de Estocolmo. Dejan de ser un factor negativo para ser considerados un "bien" plausible de generar ganancias futuras.
- Asimismo, la responsabilidad es del Causante, tanto del generador, del que lo transporta como del que lo transforma.
- Fomenta la reducción del volumen.
- Aplica el principio amplio de valorización como un fin de la gestión integral. Es por ello que lo considera un recurso.
- Persigue la promoción del ahorro energético en la gestión de recursos y la preservación de los recursos naturales provinciales.
- Finalmente y por sobre todo, tiene como objetivo el aprovechamiento económico de los residuos, tendiendo a la generación de empleo y la participación social.

Asimismo, la Ley N° 13.757 crea el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) estableciéndolo como Autoridad Ambiental en la Provincia de Buenos Aires.

Luego, y conforme el artículo 15 de la Ley N° 13.592 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos se crea el Registro de Tecnologías cuya finalidad es registrar los proyectos aplicables al tratamiento o la disposición final de residuos sólidos urbanos.

*“ARTICULO 15.- Créase el Registro de Tecnologías encargado de inscribir los proyectos presentados por las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, aplicables al tratamiento o la disposición final de residuos sólidos urbanos que no comprometan la salud de la población, los trabajadores y el ambiente.”*



Su decreto reglamentario N° 1.215/10 establece las pautas para su funcionamiento. Posteriormente y por Resolución N° 367/10 del OPDS se implementó el Registro de Tecnologías.

Es por ello que, y como hemos visto en el capítulo 6, existe un registro en el cual se inscriben todas aquellas personas físicas y jurídicas interesadas en producir combustibles alternativos a partir de residuos o producir energía eléctrica por incineración (u otros medios) dentro del territorio provincial. Deben identificar siempre la tecnología que utilizarán<sup>126</sup>.

Por otro lado la ley Provincial N° 11.720<sup>127</sup> de Residuos Especiales regula la generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos. Se consideran residuos especiales una gran cantidad de elementos identificados en el Anexo I de la ley como el arsénico, berilio, desechos clínicos, farmacéuticos, entre otros.

La norma admite el desarrollo de *"operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos"* como la *"incineración en la Tierra"* y también la realización de *"operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos"* como su *"utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía"*.

Asimismo, la Provincia de Buenos Aires cuenta con la Ley N° 11.723<sup>128</sup>. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Este texto normativo tiene su sostén en el artículo 28° de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires. Su fin es la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito provincial, con el fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

---

<sup>126</sup> Se aprecian en la tabla <http://sistemas.opds.gba.gov.ar/intra/Operadores/ConsultaWebNE.php>

<sup>127</sup> En <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf>

<sup>128</sup> En <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf>



En su artículo 5º destaca que *“el Poder Ejecutivo Provincial y los municipios garantizarán, entre otras cosas que todo emprendimiento que implique acciones u obras que sean susceptibles de producir efectos negativos sobre el ambiente y/o sus elementos debe contar con una evaluación de impacto ambiental previa. Y luego, en su artículo 10 indica que al respecto deberán obtener una DECLARACION DE IMPACTO AMBIENTAL expedida por la autoridad ambiental provincial o municipal según las categorías que establezca la reglamentación”*.

Finalmente, se aprecia la Ley Provincial N° 5.965. Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera del año 1958. Según esta ley, se prohíbe a las reparticiones del Estado, entidades públicas y privadas y a los particulares, el envío de efluentes residuales sólidos, líquidos o gaseosos, de cualquier origen, a la atmósfera, ríos y a toda otra fuente, cursos o cuerpo receptor de agua, superficial o subterráneo, que signifique una degradación o desmedro del aire o de las aguas de la provincia, sin previo tratamiento de depuración o neutralización que los convierta en inocuos e inofensivos para la salud de la población o que impida su efecto pernicioso en la atmósfera y la contaminación, perjuicios y obstrucciones en las fuentes, cursos o cuerpos de agua.

Del mismo modo establece que ningún establecimiento industrial podrá ser habilitado o iniciar sus actividades, ni aún en forma provisoria, sin la previa obtención de la habilitación correspondiente y la aprobación de las instalaciones de provisión de agua y de los efluentes residuales industriales respectivos.

Asimismo, conforme su Decreto Reglamentario 3.395/96, todo generador de emisiones gaseosas que vierta las mismas a la atmósfera, y se encuentre ubicado en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, deberá solicitar ante la Autoridad de Aplicación un Permiso de Descarga de efluentes gaseosos a la atmósfera (se excluyen las fuentes móviles; entendiéndose por tales los vehículos rodados y naves de aeronavegación que generen efluentes gaseosos y los viertan a la atmósfera)



Se indica que los generadores están obligados a respetar los valores incluidos en las tablas previstas en sus Anexos y Apéndice.

Además, los establecimientos industriales que realicen emisiones de riesgo a la atmósfera deben implementar programas de monitoreo y llevar un libro especial de registro de los mismos, donde se asentarán las condiciones y características de emisión declarada a la Autoridad de Aplicación según las propuestas realizadas por los interesados. Los parámetros a determinar deberán tener relación con los procesos productivos que producen los efluentes y las materias primas empleadas.

Este registro de emisiones deberá ser complementado con mediciones de calidad de aire atmosférico.

En el Anexo III de este decreto se especifican las normas de calidad del aire ambiente y los máximos permitidos de contaminantes

Estos valores también son actualizados por Resolución N° 242/97 del entonces Secretario de Política Ambiental de la Provincia (hoy el organismo es el OPDS) complementario del decreto 3.395/96.

## **CONCEPTO DEL CDR**

Otra cuestión a definir es si el Combustible Derivado de Residuos (CDR) debe ser considerado un residuo o un combustible.

Desde un punto de vista fáctico ha dejado de ser un residuo toda vez que, a partir de procesos de transformación, ha adquirido valor susceptible de ser contabilizado como un activo por parte de la empresa o cooperativa que lo genera. Los insumos con los cuales lo producen son residuos, mano de obra y gastos empresariales, pero el producto es un combustible con valor de mercado como la gasolina o incluso el gas.

Ello así, su naturaleza ha mutado (la del insumo RSU) y ha dejado de ser un desecho sometido al abandono, para ser un bien con rentabilidad y



mercado. Y más evidente es, porque sobre su transferencia a título oneroso se deben pagar impuestos como el Impuesto al Valor Agregado y el Impuesto sobre los Ingresos Brutos y, sobre la rentabilidad anual de las empresas que lo generan, el Impuesto a las Ganancias, entre otros gravámenes.

El mismo razonamiento es aceptable para los residuos utilizables en la mezcla de clínker, dado que se convierten también en insumos del cemento (y que las empresas cementeras incluirán en sus declaraciones de IVA Compras y Ventas, según el caso).

Cuerpos legales como las leyes nacionales 24.051, 25.612, 25.916, 26.011 y la ley N° 1.854/05 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires siguen insistiendo en que no existen combustibles producidos de residuos (hablan de residuos revalorizados o insumos en el mejor de los casos), y que meramente se incineran residuos en ambientes controlados.

Por el contrario, la Resolución 523/2013 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación considera como combustible alternativo aquel producido con neumáticos fuera de uso.

Finalmente, y por sobre todo, para la Provincia de Buenos Aires, como hemos visto, el residuo no constituye en sí un aspecto negativo, sino que es un recurso valorizable. Es por ello que su transformación en Combustible cambia su naturaleza pero solo a los fines de hacer posible su contabilización como activo, y no su concepción como un bien.

### **OTRA LEGISLACIÓN VINCULADA CON EL PROCESO**

Finalmente, es importante resaltar la normativa vinculada. El Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica que emana de la ley 26.190<sup>129</sup> y su modificatoria 27.191

Esta legislación declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la

---

<sup>129</sup> De <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/texact.htm>



prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.

Por la misma se promueve y premia con incentivos promocionales la realización de nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables de energía, pero define como “Fuentes Renovables de Energía” a las fuentes renovables de energía no fósiles idóneas para ser aprovechadas de forma sustentable en el corto, mediano y largo plazo: energía eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, de las corrientes marinas, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración, biogás y biocombustibles.

Este cuerpo legal deja afuera de las energías renovables a los combustibles generados de residuos.

La problemática en cuestión es que en su artículo 2 de indica: “Alcance - Se establece como objetivo del presente régimen lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017.”

Es decir, dificulta que las industrias incluyan como fuente de consumo de energía renovable aquella producida a partir de residuos, por lo cual, la energía eléctrica generada en plantas de WtE no será considerada, por el momento, como renovable. Con ese marco, la capacidad de negociación de la industria de energía eléctrica proveniente de esta fuente se ve muy disminuida porque los industriales que necesariamente deban contribuir con su consumo al 8% de energías renovables estipulado, no podrán incluir en dicho porcentual la compra o producción de energía eléctrica con residuos.

Es decir, los industriales están obligados a comprar un porcentual de su energía eléctrica de fuente renovable; CAMMESA fija el precio de esa energía y su reparto, y los generadores de otras fuentes de energía renovable verán premiada su inversión y generación por la obligación de las industrias de comprar un porcentual de su consumo de fuente renovable.



En este aspecto es importante destacar que como vimos en el Capítulo 5, los EE. UU. consideran al WtE como una fuente de energía renovable. Del mismo modo hemos visto que China cuenta a su energía producida de plantas de WtE como renovable. Asimismo, la Unión Europea indica que los residuos son una fuente de energía renovable<sup>130</sup>.

En caso de no prosperar nuestra legislación en ese mismo camino, las inversiones que consideren generación eléctrica de esta fuente de energía verán menguadas sus utilidades.

## **FACTIBILIDAD LEGAL**

Entonces, la pregunta es: ¿es factible legalmente producir clínker y/o energía eléctrica con residuos sólidos urbanos?

Desde un punto de vista inductivo, hemos visto en el Capítulo 6 que ya se está realizando en nuestro país, por lo cual es factible legalmente dado que se efectúa contando con todas las habilitaciones y permisos para realizarlo desde hace más de 20 años. Según esta línea de pensamiento debería solo enfocarme en saber cómo se consiguió y bajo qué condiciones (aspectos que fueron explicados en los casos de ARX Arcillex S.A. y Recycomb S.A. vistos en el Capítulo 6).

Ahora bien, considero mejor avanzar en un análisis deductivo.

Por lo cual deben seguir las siguientes preguntas previamente ya vistas en este capítulo:

- ¿Qué es un residuo?
- ¿Qué tipos de residuos existen según las leyes?
- ¿De quién es la propiedad de los residuos?
- ¿Es legal su transporte?
- ¿Existen organismos que certifiquen la actividad?

---

<sup>130</sup> En: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics/es](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics/es)



- ¿Es legal su transformación en combustible?
- ¿Existen otras alternativas preferidas por las leyes?
- ¿Es legal su utilización como insumo del cemento?
- ¿Es legal su incineración?

Entonces, sintetizando las respuestas que ya hemos visto en el desarrollo de este capítulo:

¿Qué es un residuo? Dependiendo de la jurisdicción es un mal o un recurso. Para nuestro análisis, tratamiento y desarrollo de CDR es un recurso en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires.

¿Qué tipos de residuos existen según las leyes? Existen residuos sólidos urbanos, industriales, peligrosos, especiales, barros, entre otros.

¿De quién es la propiedad de los residuos? Dependiendo el tipo, su propiedad es de quien se la apropia, del generador, o dependiendo de la interpretación, del transformador.

¿Es legal su transporte? Es legal, siempre que cumpla distintos requisitos, tanto nacionales como provinciales y dependiendo del tipo.

¿Existen organismos que certifiquen la actividad? Si, tanto provinciales como nacionales, estatales y privados, de toda la actividad, solo del transporte, del control de emisiones, entre otros.

¿Es legal su transformación en combustible? En Provincia de Buenos Aires sí. En Ciudad autónoma de Buenos Aires no si su destino es incineración.

¿Existen otras alternativas preferidas por las leyes? No específicamente aunque se mencionan priorizaciones, en algunas normas como la Resolución 523/2013 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación respecto a Manejo Sustentable de Neumáticos.

¿Es legal su utilización como insumo del cemento? En provincia de Buenos Aires sí. Si se considera que es un componente del clínker y no mera incineración, y en mi opinión CABA no podría incluir objeciones.



¿Es legal su incineración? En condiciones controladas en Provincia de Buenos Aires sí (nunca a cielo abierto, quitando determinados componentes como el cloro, entre otros aspectos). En CABA no.

Finalmente, **¿es factible legalmente producir clínker y/o energía eléctrica por incineración con residuos sólidos urbanos?**

**Sí, ambos caminos son factibles legalmente dentro del territorio de la Provincia de Buenos Aires.**



## XII. BENEFICIOS EN AHORRO ENERGÉTICO. CÁLCULO DEL POSIBLE AHORRO ENERGÉTICO.

En este capítulo veremos la potencialidad energética real de utilización de CDR como fuente de energía calórica en hornos cementeros.

En el Capítulo 4 hemos visto el siguiente cuadro con información de los requerimientos de las industrias nacionales que pueden utilizar CDR.

APLICACIÓN	GENERACIÓN DE ENERGÍA	INYECCIÓN EN PRECALCINADOR HORNO CEMENTERO	INYECCIÓN EN QUEMADOR PRINCIPAL HORNO CEMENTERO	INDUSTRIA SIDERÚRGICA
Requerimiento energético promedio global del proceso	430.000 Kcal/MWh	760.000 Kcal/Tn de clínker	760.000 Kcal/Tn de clínker	5.700 Mcal/Tn de acero
Kcal/Kg de CDR	> 2.500	> 3.000	> 3.000	> 4.000
Tamaño de partículas en mm	< 150	< 80	Escamas < 30 Pellets < 15	< 150

Volviendo a lo expresado en el Capítulo 4, y en relación a la potencialidad del CDR, con tres kilos de CDR con Poder Calorífico Inferior (PCI) del orden de las 2.700 Kcal/kg se puede alcanzar el poder calórico equivalente a un metro cúbico de gas de aproximadamente 8.300 Kcal/m<sup>3</sup>.

Entonces, apreciamos en la tabla que con un CDR superior a 2.500 kcal/kg, es decir de poder calorífico medio, se podría destinar a la generación de energía eléctrica por medio de una instalación Waste to Energy. Con un CDR cercano a 3.000 kcal/kg ya se puede pensar en suplantar combustibles en el precalcinador o el quemador principal de un horno cementero (dependiendo de su granulometría). Es de destacar que las limitaciones indicadas, son cualitativas y con una visión de eficiencia de conversión, dado que también es posible usar en una cementera un CDR de menos de 3.000 kcal/kg sin problemas, siempre que se den las condiciones termoquímicas adecuadas. En

definitiva, se tratará siempre de un análisis caso a caso. No obstante la tabla sirve como una guía de valores mínimos deseados para una mejor performance de las instalaciones.

Asimismo hemos visto en ese Capítulo 4 y también en el Capítulo 7 que:

Teniendo presente la capacidad actual de suplantación de los combustibles convencionales (Gas Natural y PetCoke) por CDR, sólo el horno de la planta en Olavarría de L'Amalí de Loma Negra y los 2 hornos de San Jacinto de Cementos Avellaneda pueden utilizarlo, sin modificaciones de las instalaciones actuales de los mismos.

Cada uno de estos hornos necesita:

- L'Amalí: 4.560.000.000 Kcal/día,
- San Jacinto 1: unos 2.640.000.000 Kcal/día,
- San Jacinto 2: unos 1.920.000.000 Kcal/día.

El Ministerio de Energía y Minería de la Nación publica los valores que se muestran a continuación<sup>131</sup>:

FUENTE	DENSIDAD	PODER CALORIFICO INFERIOR		PODER CALORIFICO SUPERIOR		FACTOR DE CONVERSION A kep (sobre PCI)		
		Kg/lt	kcal/lt	kcal/kg	kcal/lt	kcal/kg	lt a kep	kg a kep
Carbón Mineral (nacional) (*)	-	-	5.900	-	6.200	-	0,59	
Carbón Mineral (importado)	-	-	7.200	-	7.500	-	0,72	
Coque	-	-	6.800	-	7.500	-	0,68	
Petróleo Crudo	0,885	8.850	10.000	9.293	10.500	-	1	
Aeronaftas	0,709	7.374	10.400	8.012	11.300	0,7374	1,04	
Naftas	0,735	7.607	10.350	8.232	11.200	0,7607	1,035	
Kerosene y Comb. Jets	0,808	8.322	10.300	8.945	11.070	0,8322	1,03	
Gas Oil	0,845	8.619	10.200	9.211	10.900	0,8619	1,02	
Diesel Oil	0,88	8.800	10.000	9.416	10.700	0,88	1	
Fuel Oil	0,945	9.261	9.800	9.923	10.500	0,9261	0,98	
Mezcla 70-30	0,91	8.995	9.885	9.638	10.591	0,8995	0,988	
Carbón Residual	1	-	7.600	-	7.900	-	0,76	
Coque de Carbón Residual	-	-	7.200	-	7.800	-	0,72	
Gas Residual de Petróleo	-	8.500/m3	-	9.000/m3	-	0,8500 de m3		
Gas Natural	-	8.300/m3	-	9.300/m3	-	0,8300 de m3		
Propano	0,508	5.588	11.000	6.102	12.013	-	1,1	
Butano	0,567	6.180	10.900	6.735	11.878	-	1,09	

<sup>131</sup> En: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>



Gas Licuado	0,537	-	10.950	6.418	11.951	-	1,095	
Leña Blanda	-	-	1.840	-	2.940	-	0,184	
Leña Dura	-	-	2.300	-	3.500	-	0,23	
Carbón de Leña	-	-	6.500	-	7.500	-	0,65	
Marlo de Maíz	-	-	2.300	-	3.000	-	0,23	
Cáscara de Arroz	-	-	2.300	-	3.000	-	0,23	
Bagazo	-	-	1.500	-	2.000	-	0,15	
Aserrín	-	-	1.800	-	1.995	-	0,18	
Otros Residuos Vegetales	-	-	1.760	-	2.310	-	0,176	
Papeles	-	-	1.620	-	1.796	-	0,162	
Alcohol de Quemar	0,789	6.080	-	6.400	-	0,608		
Gas de Alto Horno de C. de Leña	-	950/m3	-	1.055/m3	-	0,095 de m3		
Gas de Alto Horno de C. de Coque	-	800/m3	-	905/m3	-	0,080 de m3		
Etano	1,27	14.413/m3	11.350	15.746	12.399	1,4413	1,135	
Metanol	0,8	3.818	4.773	4.345	5.431	0,3818	0,477	
Etanol	0,794	5.082	6.400	5.633	7.092	0,5082	0,64	
Electricidad	-	-	860 kcal/kWh	-	-	-	-	0,086
Licor Negro	-	-	3.600	-	-	-	0,36	
Corteza/chips de leña	-	-	4.600	-	-	-	0,46	
(*) Sobre base húmeda								
1 kep = kilo equivalente de petróleo = 10.000 kcal								

De allí, dado que el m<sup>3</sup> de gas puede generar de Poder Calórico Inferior (PCi) cerca de 8.300 Kcal, estaríamos hablando de una necesidad diaria de:

- 549.398 m<sup>3</sup> de gas para L´Amalí,
- 318.072 m<sup>3</sup> de gas para San Jacinto 1
- 231.325 m<sup>3</sup> de gas para San Jacinto 2.

El horno de la Planta L´Amalí tiene una capacidad de suplantación (actual y sin inversiones) del 12% de Combustibles Alternativos. Eso equivale a un 12% de 4.560.000.000 Kcal/día. Es decir 547.200.000 Kcal/día de CDR.

El horno de San Jacinto 1 tiene un consumo diario de 2.640.000.000 Kcal/día. Es capaz de realizar una sustitución térmica sin realizar inversiones por hasta el 15%. Es decir 396.000.000 Kcal/día.

El horno San Jacinto 2 se encuentra consumiendo aproximadamente 1.920.000.000. También es capaz de realizar una sustitución térmica, sin realizar nuevas inversiones, de hasta el 15%, resultando en 288.000.000Kcal/día.



Por lo tanto, resumiendo:

	<b>Producción</b>	<b>Consumo</b>
	<b>t/d</b>	<b>Kcal/Kg</b>
<b>L´Amalí</b>	6.000	760
<b>San Jacinto 1</b>	3.300	800
<b>San Jacinto 2</b>	2.400	800
<b>TOTALES</b>	11.700	

De allí, los consumos totales resultan en una cantidad diaria total de sustitución térmica de 1.231.200.000 Kcal/día.

	<b>Kcal/día</b>	<b>Sustitución Térmica</b>	
		<b>%</b>	<b>Kcal/d</b>
<b>L´Amalí</b>	4.560.000.00 0	12%	547.200.000
<b>San Jacinto 1</b>	2.640.000.00 0	15%	396.000.000
<b>San Jacinto 2</b>	1.920.000.00 0	15%	288.000.000
<b>TOTALES</b>	9.120.000.00 0		1.231.200.000

Produciéndose un CDR con un poder calórico de 3.000 Kcal/kg, se requerirían:

- L'Amalí 182.400 Kg diarios de CDR.
- San Jacinto 1 132.000 Kg diarios de CDR.
- San Jacinto 2 92.000 Kg diarios de CDR.

En definitiva, sin realizarse inversiones, los hornos cementeros de la provincia a la fecha demandarían 410.400 Kg/día de CDR de un poder calórico de 3.000 Kcal/kg.

Si en cambio el CDR tuviese un poder calórico de 3.830 Kcal/kg, se requerirían:

- L'Amalí 142.872 Kg diarios de CDR.



- San Jacinto 1                    103.394 Kg diarios de CDR.
- San Jacinto 2                    75.196 Kg diarios de CDR.

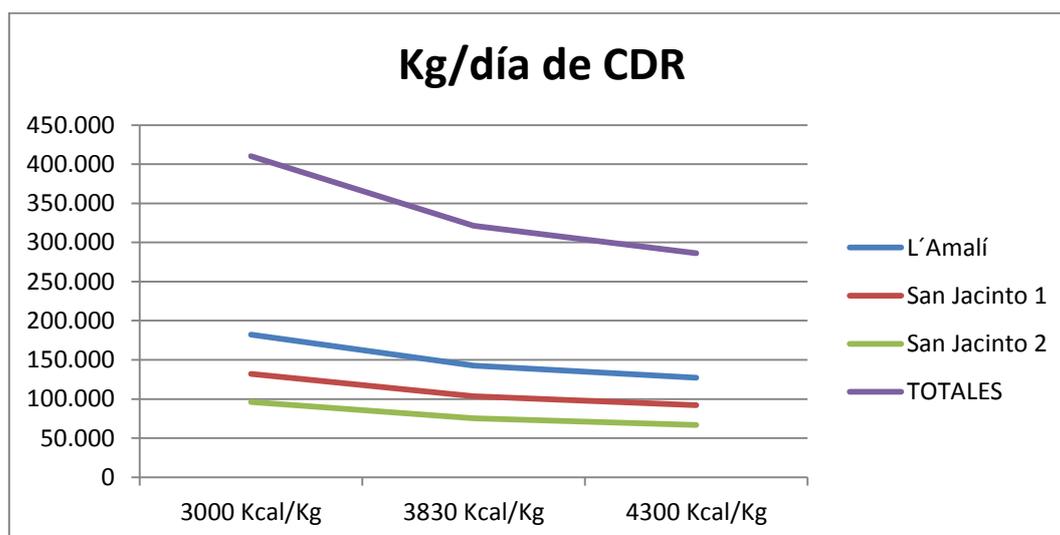
En este caso se demandarían 321.462 Kg/día de CDR.

Si en cambio el CDR tuviese un poder calórico de 4.300 Kcal/kg, se requerirían:

- L'Amalí                            127.256 Kg diarios de CDR.
- San Jacinto 1                    92.093 kg diarios de CDR.
- San Jacinto 2                    66.977 Kg diarios de CDR.

Para este poder calórico del CDR se demandarían 286.326 Kg/día de CDR como máximo.

	Kg/d de CDR		
	3000 Kcal/Kg	3830 Kcal/Kg	4300 Kcal/Kg
L' Amalí	182.400	142.872	127.256
San Jacinto 1	132.000	103.394	92.093
San Jacinto 2	96.000	75.196	66.977
<b>TOTALES</b>	<b>410.400</b>	<b>321.462</b>	<b>286.326</b>





En todo caso, y teniendo en consideración un PCi del metro cúbico de gas de cerca de  $8.300 \text{ Kcal/m}^3$ , la demanda de CDR máxima posible con la tecnología actual equivaldría a un ahorro de  $148.337\text{m}^3$  de gas por día.

Siendo que el precio estimado promedio que pagan las cementeras a la fecha (marzo 2018) es del orden de US\$ 20 por Gigacaloría (Gcal) térmica utilizada, en términos reales de los tres hornos capaces de realizar sustitución térmica por CDR sin inversiones, se puede realizar un ahorro de gas de L´Amalí 547,2 Gcal/día, San Jacinto 1 de 396 Gcal/día y San Jacinto 2 de 288 Gcal/día.

En términos monetarios, ese gas equivale a:

- L´Amalí de US\$ 10.944 diarios.
- San Jacinto 1 US\$ 7.920 diarios.
- San Jacinto 2 US\$ 5.760 diarios.

Y el valor de mercado del CDR calóricamente equivalente en boca de horno sería de aproximadamente (como se ha visto en el capítulo 4, para que el CDR pueda ser utilizado por las cementeras, se requiere también un precio en boca de horno menor o igual al precio de gas suplantado menos las pérdidas de eficiencia por el cambio de combustible, los costos de la mano de obra necesaria para manejar el nuevo combustible y el costo de transporte interno y preparación de la planta; se afirma que se finaliza en un valor aproximado al 30% del precio del gas suplantado, considerando siempre que ese precio es en boca de horno):

- L´Amalí de US\$ 3.283,2 diarios.
- San Jacinto 1 US\$ 2.376 diarios.
- San Jacinto 2 US\$ 1.728 diarios.

Resumiendo entonces, éstas son las cantidades de la demanda actual y precios de compra del CDR sin que se realicen nuevas inversiones en las plantas.



		Sustitución Térmica Gcal/d	US\$/d	US\$ anual
L´Amalí	12%	547,2	10.944	3.611.520
San Jacinto 1	15%	396	7.920	2.613.600
San Jacinto 2	15%	288	5.760	1.900.800

	US\$/d de CDR	US\$ de CDR anual
L´Amalí	3.283,20	1.083.456
San Jacinto 1	2.376,00	784.080
San Jacinto 2	1.728,00	570.240

Ahora bien, teniendo presente que el nuevo horno en construcción en la Planta L´Amalí (cómo se vio en el Capítulo 7) tendrá por diseño una capacidadde sustitución térmica del orden del 40%, se pueden estimar entonces sus consumos y la demanda posible futura de CDR que representará esta nueva instalación.

Es un horno de 6.000 Tn/día con una eficiencia de 730 Kcal/Kg de clínker. Este horno incrementaría el consumo en 4.380.000.000 Kcal/día. De ellos, 1.752.000.000 Kcal/día podrían ser producidos con CDR, lo que representa un total de 527.711 m<sup>3</sup>/día de gas, de los cuales 211.084 m<sup>3</sup>/día podrían ser suplantados por CDR.

	Producción	Consumo
	t/d	Kcal/Kg
L´Amalí 2	6.000	730

En el siguiente cuadro se destacan los kg de CDR que demandaría la planta en función del poder calórico del mismo.

	CDR		
<b>Kcal/kg</b>	3.000	3.830	4.300
<b>Kg CDR</b>	584.000	457.441	407.442

Es decir, este horno más que duplicará la demanda actual del combustible.

La demanda máxima total de CDR provincial una vez finalizado el horno será, según el PCi de los mismos, el que se muestra a continuación:



	Kg/d de CDR		
	3000 Kcal/Kg	3830 Kcal/Kg	4300 Kcal/Kg
L´ Amalí	182.400	142.872	127.256
L´ Amalí 2	584.000	457.441	407.442
San Jacinto 1	132.000	103.394	92.093
San Jacinto 2	96.000	75.196	66.977
<b>TOTALES</b>	<b>994.400</b>	<b>778.903</b>	<b>693.768</b>

El nuevo horno consumirá entonces 4.380 Gcal/día, que representaría un valor aproximado de 87.600 US\$/día de gas o Pet Coke. Tendrá una potencialidad de utilizar 1.752 Gcal/día de CDR con un valor en boca de horno de 10.512 US\$/día y sustituyendo a otra fuente como el gas por 35.040 US\$/día.

	Sustitución Térmica Gcal/d		US\$/d	US\$ anual	US\$/d de CDR	US\$ de CDR anual
	%	Gcal/d				
L´ Amalí	12%	547,2	10.944	3.611.520	3.283,20	1.083.456
L´ Amalí 2	40%	1.752,0	35.040	11.563.200	10.512,00	3.468.960
San Jacinto 1	15%	396,0	7.920	2.613.600	2.376,00	784.080
San Jacinto 2	15%	288,0	5.760	1.900.800	1.728,00	570.240

### POTENCIALES RESULTADOS DE NUEVAS INVERSIONES DESTINADAS A INCREMENTAR EL PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN TÉRMICA.

En el caso de que se decida invertir en ampliar el porcentaje de sustitución térmica e incluir CDR en esa posibilidad, los hornos en funcionamiento en la Provincia podrían incrementar enormemente el volumen de CDR demandado.

Actualmente la producción estimada y consumos energéticos de los hornos en funcionamiento y construcción son:

	Producción	Consumo	Kcal/d	m <sup>3</sup> gas equivalentes
	t/d	Kcal/Kg		
<b>Olavarría</b>	3.000	850	2.550.000.000	307.229



<b>Barker</b>	1.000	1.300	1.300.000.000	156.627
<b>L´Amalí</b>	6.000	760	4.560.000.000	549.398
<b>L´Amalí 2</b>	6.000	730	4.380.000.000	527.711
<b>San Jacinto 1</b>	3.300	800	2.640.000.000	318.072
<b>San Jacinto 2</b>	2.400	800	1.920.000.000	231.325

Si incrementamos a cada uno la sustitución térmica que se muestra en el cuadro siguiente, los consumos posibles serían los siguientes:

	Sustitución Térmica Kcal/d		m <sup>3</sup> gas equivalentes
	%		
<b>Olavarría</b>	20%	510.000.000	61.446
<b>Barker</b>	20%	260.000.000	31.325
<b>L´Amalí</b>	22%	1.003.200.000	120.867
<b>L´Amalí 2</b>	40%	1.752.000.000	211.084
<b>San Jacinto 1</b>	25%	660.000.000	79.518
<b>San Jacinto 2</b>	25%	480.000.000	57.831

El consumo en Kg de CDR sería el siguiente:

	Kg/d de CDR		
	3000 Kcal/Kg	3830 Kcal/Kg	4300 Kcal/Kg
<b>Olavarría</b>	170.000	133.159	118.604
<b>Barker</b>	86.666	67.885	60.465
<b>L´Amalí</b>	334.400	261.932	233.302
<b>L´Amalí 2</b>	584.000	457.441	407.442
<b>San Jacinto 1</b>	220.000	172.324	153.488
<b>San Jacinto 2</b>	160.000	125.326	111.628

Los costos actuales de la energía térmica consumida son:

	US\$/d	US\$ anual
<b>Olavarría</b>	51.000	16.830.000
<b>Barker</b>	26.000	8.580.000
<b>L´Amalí</b>	91.200	30.096.000
<b>L´Amalí 2</b>	87.600	28.908.000
<b>San Jacinto 1</b>	52.800	17.424.000



<b>San Jacinto 2</b>	38.400	12.672.000
----------------------	--------	------------

Los posibles valores en US\$ de sustitución de combustibles son:

	<b>Sustitución Térmica</b>			
	<b>US\$/d gas</b>	<b>US\$ anual gas</b>	<b>US\$/d de CDR</b>	<b>US\$ de CDR anual</b>
<b>Olavarría</b>	10.200	3.366.000	3.060	1.009.800
<b>Barker</b>	5.200	1.716.000	1.560	514.800
<b>L´Amalí</b>	20.064	6.621.120	6.019	1.986.336
<b>L´Amalí 2</b>	35.040	11.563.200	10.512	3.468.960
<b>San Jacinto 1</b>	13.200	4.356.000	3.960	1.306.800
<b>San Jacinto 2</b>	9.600	3.168.000	2.880	950.400

#### CONSUMO DE ENERGÍA DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CDR:

La siguiente tabla ejemplifica cuales son las máquinas necesarias en un proceso de producción de CDR y sus consumos promedio:

<b>Maquinaria</b>	<b>Unidades</b>	<b>Kw</b>	<b>Kw * Unidades</b>
Pre trituradora	2,00	75,00	150,00
Separador Magnético	1,00	5,00	5,00
Cintas	7,00	10,00	70,00
Separador de aire	1,00	20,00	20,00
Granulador	2,00	45,00	90,00
Equipos Auxiliares	1,00	20,00	20,00
Iluminación	10,00	0,12	1,20
<b>Total</b>			<b>356,20</b>

Además, suponemos un 30% más de consumo por otros equipos para determinar la potencia instalada.

<b>Potencia instalada</b>	<b>Kw</b>
Total x 1,3	463,06

Y 12 hs al día de trabajo.

Equivalencia: 1 Gcal = 1.162,22 kwh



En Gcal sería:

$$(463,06 \text{ Kw} \times 12 \text{ h/día}) / 1.162,22 \text{ Gcal/Kwh} = 4,78 \text{ Gcal/día}$$

$$4,78 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ t CDR/día} = \mathbf{0,032 \text{ Gcal/t CDR}}$$

Finalmente, tenemos que considerar un autoelevador y una pala cargadora frontal:

Maquinarias	Gas Oil L/Hs	Hs/d	Pci Gas Oil Gcal/t	Densidad Gas Oil t/m <sup>3</sup>	Gcal/día
Autoelevador	5	12	11	0,8	0,5280
Pala Cargadora Frontal	8	12	11	0,8	0,8448

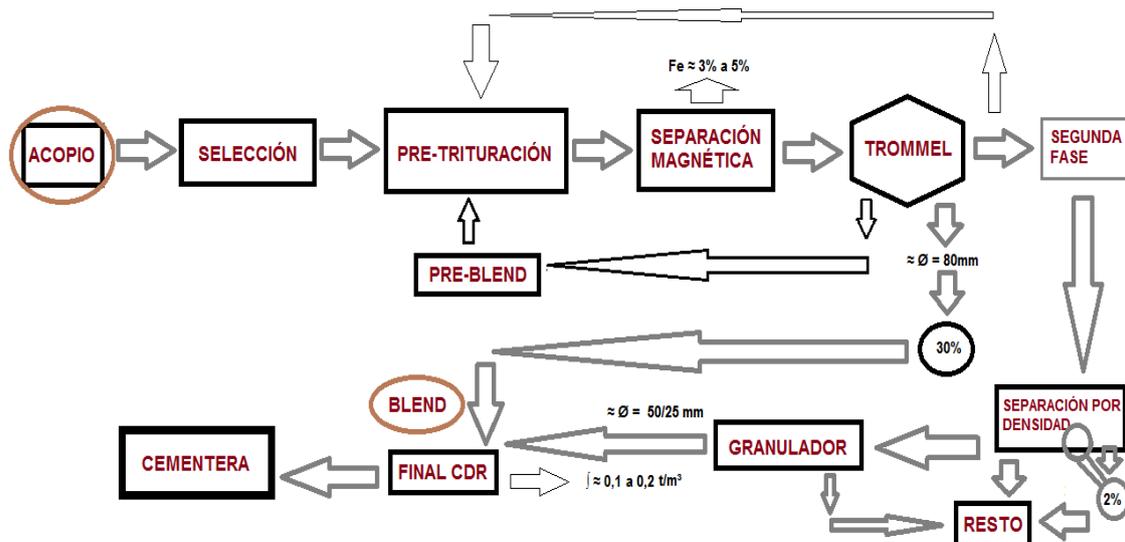
Considerando una producción de 150 t/día, tenemos:

Maquinarias	Gcal/día	t CDR/día	Gcal/t CDR
Autoelevador	0,5280	150	0,00352
Pala Cargadora Frontal	0,8448	150	0,005632

Por lo tanto, Energía Consumida por la Planta de Preparación de CDR por Unidad de Producto (EPU):

$$\mathbf{EPU = 0,032 + 0,0035 + 0,0056 = 0,0411 \text{ Gcal/t CDR}}$$

El siguiente cuadro muestra una secuencia del proceso de producción de CDR:



En la secuencia se aprecia el proceso de la producción del CDR. Desde el acopio, la selección de los residuos y la pre-trituración ). Luego se realiza la separación magnética, de la cual se obtienen metales ferrosos que componen entre el 3% y el 5% en peso de los residuos que se alimentan al sistema.

Se continúa luego con un trommel que separa los residuos por granulometría, extrayendo del sistema los de menos de 80mm de diámetro y rechazando el resto para ser direccionados a cuatro posibles destinos:

- De regreso a Pre-Trituración (Funcionamiento en ciclo cerrado)
- A Playa de recepción para ser utilizados en una pre-mezcla o pre-blending para mejorar la performance del pre-triturador y el trommel
- Como producto terminado al área de blending final (Aprox. El 30% que ya tiene menos de 80mm).
- A la segunda fase del proceso de separación por densidad y granulación.

En el caso de la última opción, que corresponde a la operación en régimen de la instalación, el remanente entonces es enviado hacia una separación por densidad (en una sistema de insuflado de aire a presión que permite que los elementos más livianos se separen de los más pesados). De este modo los residuos densos que a pesar de que podrían tener buen PCi (trozos de caucho, tacos de madera de pallets, etc.), podrían dañar al equipo



de granulaci3n, son extraídos del sistema (Normalmente representan un 2% aproximadamente del volumen de ingreso al sistema). Finalmente los materiales más livianos y normalmente de mejor PCi, son descargados en la boca de carga de un equipo Granulador, que los termina de triturar a la dimensi3n que se desee. Normalmente a 50mm para destinar a precalcini3n y 25mm para el quemador principal.

El CDR descargado a la salida del granulador, se mezcla con los elementos separados en la etapa del trommel y se formula el CDR final. El circuito se perfecciona con el control de laboratorio que determine las características de la mezcla. Dicha determinaci3n es uno de los principales y más importantes desafíos de estas tecnologías, toda vez que una montañ de producto triturado y heterogéneo debe ser caracterizado de manera representativa por medio de una muestra que no puede exceder 1 mg, que es lo posible de introducir en un calorímetro. Por esta raz3n, se requiere de un rigurosísimo procedimiento de muestreo, cuarte de muestras, molienda, homogenizaci3n y micronizaci3n, que permita lograr una representatividad razonable para la determinaci3n.

Para asegurar un producto final con un PCi del orden de las 3.000 / 4.000 kcal/kg, es de esperar que su densidad promedio sea de entre 0,1 y 0,2 t/m<sup>3</sup> como se mencionará en el Capítulo 9, debido a su implicancia en la logística de transporte hasta la cementera.

## BALANCE ENERGÉTICO SIMPLIFICADO DE UNA PRODUCCI3N DE CDR

Como vimos en el acápite anterior, una planta de la magnitud del ejemplo puede producir aproximadamente unas 150 t/d de CDR. Suponiendo que por los residuos disponibles fuera posible lograr un PCi de 3.000 kcal/kg de CDR, estaríamos entonces contando con unas 450.000.000 kcal/día.

Balance Energético: El mismo consiste en calcular el ratio:  $BEU = EAU / ECU$

D3nde:



BEU: Balance Energético por Unidad de Producto (Adimensional)

EAU: Energía Aportada por Unidad de Producto (Gcal/tn de CDR)

ECU: Energía Consumida por Unidad de Producto (Gcal/tn de CDR)

A su vez la ECU es la sumatoria de la energía consumida y se expresa como:

$$ECU = ETUI + EPU + ETUS + ECP$$

Dónde:

ETUI: Energía Consumida por el Transporte de Ingreso de Residuos (libres de Orgánicos) por Unidad de Producto

Maquinarias	Gas Oil L/Hs	Hs/viaje	PCi Gas Oil Gcal/t	Densidad Gas Oil t/l	Gcal/viaje
Camión	15	1,5	11	0,0008	0,198

$$15 \text{ l/h} \times 1,5 \text{ h/viaje} \times 0,0008 \text{ t/l} \times 11 \text{ Gcal/t} = 0,198 \text{ Gcal/Viaje}$$

Volumen de Residuos m <sup>3</sup> /viaje	Densidad Residuos tRSU/m <sup>3</sup>	Ratio tCDR/tRSU	tCDR/viaje
30	0,4	0,85	10,2

$$30 \text{ m}^3/\text{viaje} \times 0,4 \text{ tRSUS/m}^3 \times 0,85 \text{ tCDR/tRSUS} = 10,2 \text{ tCDR/viaje}$$

Gcal/viaje	tCDR/viaje	Gcal/tCDR
0,198	10,2	0,019411765

$$0,198 \text{ Gcal/viaje} / 10,2 \text{ tCDR/viaje} = 0,0194117 \text{ Gcal/tCDR}$$

**ETUI = 0,0194117 Gcal/t**

EPU: Energía Consumida por la Planta de Preparación de CDR por Unidad de Producto, ya analizada anteriormente en este capítulo.



**EPU = 0,0411 Gcal/t CDR**

ETUS: Energía Consumida por el Transporte de Salida de CDR por Unidad de Producto.

Para este consumo se asume:

Maquinarias	Gas Oil L/Hs	Hs/viaje	PCi Gas Oil Gcal/t	Densidad Gas Oil t/l	Gcal/viaje
Camión	15	6	11	0,0008	0,792

$15 \text{ l/h} \times 6 \text{ h/viaje} \times 0,0008 \text{ t/l} \times 11 \text{ Gcal/t} = 0,792 \text{ Gcal/Viaje}$

Volumen de Residuos $\text{m}^3/\text{viaje}$	Densidad Residuos $\text{tRSU}/\text{m}^3$	tCDR/viaje
40	0,4	16

$40 \text{ m}^3/\text{viaje} \times 0,4 \text{ tRSUS}/\text{m}^3 = 16 \text{ tCDR}/\text{viaje}$

Gcal/viaje	tCDR/viaje	Gcal/tCDR
0,792	16	0,0495

$0,792 \text{ Gcal}/\text{viaje} / 16 \text{ tCDR}/\text{viaje} = 0,0495 \text{ Gcal}/\text{tCDR}$

**ETUS = 0,0495 Gcal/tCDR**

ECP: Energía Consumida por el Sistema de Alimentación al Horno por Unidad de Producto.

Para este consumo se asume en el Precalcinador:

Autoelevador y Pala Cargadora Frontal:

Maquinarias	Gas Oil L/Hs	Hs/d	Pci Gas Oil Gcal/t	Densidad Gas Oil t/l	Gcal/día
Autoelevador	5	8	11	0,0008	0,352
Pala Cargadora Frontal	8	18	11	0,0008	1,2672



Autoelevador:  $5 \text{ l/h} \times 8 \text{ h/día} \times 0,0008 \text{ t/l} \times 11 \text{ Gcal/t} = 0,352 \text{ Gcal/día}$

Pala Cargadora Frontal:  $8 \text{ l/h} \times 18 \text{ h/día} \times 0,0008 \text{ t/l} \times 11 \text{ Gcal/t} = 1,26 \text{ Gcal/día}$

Maquinarias	Gcal/día	t CDR/día	Gcal/t CDR
Autoelevador	0,352	150	0,0023467
Pala Cargadora Frontal	1,2672	150	0,008448

**Autoelevador:  $0,352 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ tCDR/día} = 0,0023 \text{ Gcal/tCDR}$**

**Pala Cargadora Frontal:  $1,26 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ tCDR/día} = 0,0084 \text{ Gcal/tCDR}$**

**Otras maquinarias:**

Maquinaria	Unidades	Kw	Kw * Unidades
Abridor de Fardos	1	75	75
Balanzas dosificadoras	3	5	15
Cinta de alimentación	1	25	25
Válvula triple Pendular	1	10	10
Sistemas Auxiliares	1	10	10
Iluminación	20	0,12	2,4
<b>Total</b>			<b>137,4</b>

Además, suponemos un 30% más de consumo por otros equipos para determinar la potencia instalada.

Potencia instalada	Kw
Total x 1,3	178,62

24 hs al día de trabajo y una producción de 150t/día.

Equivalencia:  $1 \text{ Gcal} = 1.162,22 \text{ kwh}$

En Gcal sería:

$(178,62 \text{ Kw} \times 24 \text{ h/día}) / 1.162,22 \text{ Gcal/kwh} = 3,69 \text{ Gcal/día}$

**$3,69 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ tCDR/día} = 0,0246 \text{ Gcal/tCDR}$**



### En el Quemador Principal:

#### **Pala Cargadora Frontal:**

Maquinarias	Gas Oil L/Hs	Hs/d	Pci Gas Oil Gcal/t	Densidad Gas Oil t/l	Gcal/día
Pala Cargadora Frontal	8	9	11	0,0008	0,6336

$$8 \text{ l/h} \times 9 \text{ h/día} \times 0.0008 \text{ t/l} \times 11 \text{ Gcal/t} = 0,633 \text{ Gcal/día}$$

Maquinarias	Gcal/día	t CDR/día	Gcal/t CDR
Pala Cargadora Frontal	0,6336	150	0,004224

$$0,633 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ tCDR/día} = 0,0042 \text{ Gcal/tCDR}$$

#### **Otras maquinarias:**

Maquinaria	Unidades	Kw	Kw * Unidades
Cinta de transporte a silo	1	10	10
Sistema de barrido fondo silo	1	25	25
Dosificador giratorio	1	5	5
Soplante	1	20	20
Sistemas Auxiliares	1	20	20
<b>Total</b>			<b>80</b>

Suponemos un 30% más de consumo por otros equipos para determinar la potencia instalada

Potencia instalada	Kw
Total x 1,3	104

12 hs al día de trabajo y una producción de 150t/día.

Equivalencia: 1 Gcal = 1.162,22 kwh

En Gcal sería:

$$(104 \text{ Kw} \times 12 \text{ h/día}) / 1.162,22 \text{ Gcal/kwh} = 1,073 \text{ Gcal/día}$$



$$1,073 \text{ Gcal/día} / 150 \text{ tCDR/día} = 0,0072 \text{ Gcal/tCDR}$$

Por lo tanto:

$$\text{ECP} = 0,0023 + 0,0084 + 0,0246 + 0,0042 + 0,0072 = 0,0467 \text{ Gcal/tCDR}$$

Entonces la suma de todas ellas resulta:

$$\text{ECU} = 0,019 + 0,0411 + 0,0495 + 0,0467 = 0,1563 \text{ Gcal/tCDR}$$

Por su parte la EAU, es el producto de la combustión de una tonelada de CDR en función de su PCi:

$$\text{EAU} = \text{PCi}$$

Dónde:

PCi: Poder Calorífico Inferior (Gcal/tn)

Por lo tanto, un CDR de 3.000 Kcal/Kg:

$$\text{EAU} = 3 \text{ Gcal/tCDR}$$

Entonces:

$$\text{BEU} = 3/0,1563 = 19,19$$

## CONCLUSIÓN

Una tonelada de CDR aporta casi 20 veces la energía que la que se consume para prepararla, transportarla y alimentarla.

## POSIBILIDADES DE WASTE TO ENERGY

Recordando que la planta de Shenzhen en China vista en el capítulo 4 será alimentada con hasta 5.600 toneladas de desechos municipales por día y generará 168 Mw de energía, podemos anticipar que la utilización de esta tecnología en el país podría incrementar la producción de energía.



Las plantas de WtE están adaptadas para quemar cualquier tipo de residuo con un poder calórico mínimo, siempre considerando que dada la diversidad de contenido de los mismos, las emisiones son heterogéneas, y el poder contaminante es elevado. La principal temática de estas plantas es el control de emisiones y la posibilidad de reducir al máximo los contaminantes que se generan.

La construcción de este tipo de plantas en nuestro país es un suceso posible en el mediano plazo.

### **COMBUSTIBLE DERIVADO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU) O TYRE DERIVATED FUEL (TDF) EN INGLÉS)**

Repitiendo lo estudiado en el Capítulo 4, este tipo de combustible se compone de neumáticos desechados que han sido fragmentados, normalmente entre una y dos pulgadas (de 2,54cm a 5,08cm), aunque también los hornos cementeros tienen la posibilidad de consumirlos enteros, con modificaciones bastante menores en los hornos.

Poseen un alto valor calorífico, lo cual permite que sean un buen combustible alternativo para las industrias con procesos de energía intensiva; por ejemplo, industrias de cemento, instalaciones generadoras de electricidad y fábricas de celulosa y papel, entre otras.

A la fecha existe una planta de granulación de NFU en el país. La misma está vinculada a la integración vertical de un fabricante de alfombras de caucho. Se trata de la planta REGOMAX propiedad de la empresa FORBEX. Se encuentra dentro de un predio perteneciente a la CEAMSE y a la cual se le entregan sin cargo NFU's provenientes de todos los Complejos Ambientales de CEAMSE y el scrap de producción de los fabricantes de neumáticos. Esta planta tiene una capacidad limitada, por lo que los acopios y stocks suelen ser motivo de incendios reiterados en el área.

En relación a la producción y consumo aparente existen estimaciones de la Cámara de la Industria del Neumático de la Argentina (CIN), que indican que la generación anual de NFU es de alrededor de las 120.000 t/año. Este valor



surge de extrapolar volúmenes y peso de neumáticos nuevos y afectarlos por un desgaste del orden del 30% en peso.

El volumen factible de ser captado como para direccionarlo a la valorización térmica en hornos de Clinker podría llegar al orden del 60%. Esto resultaría en un volumen valorizable de 72.000 t/año.

Asumiendo un PCI conservador del orden de las 6.500 kcal/kg, podrían obtenerse unas 468.000 Gcal/año, lo que equivaldría a reemplazar aproximadamente 70.000 t de PetCoke importado por año.

En este momento el Ministerio de Ambiente de la Nación está trabajando en conjunto con las partes interesadas, en la confección de una normativa que exigirá a los fabricantes nacionales de neumáticos, importadores, fabricantes de automóviles y otros, a implementar programas de recolección, recepción, y destino final de NFU, para lo cual cobrarían un diferencial sobre el precio de venta de los neumáticos nuevos.

## **LODOS DE DEPURADORA**

Finalmente queda ver la energía que se puede obtener de la incineración de los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, también analizado en el Capítulo 4.

Por lo general, son aplicados en conjunto con otros combustibles como carbón, desechos sólidos municipales, desechos de madera y desechos agrícolas. Sin embargo, no todos los lodos cloacales se pueden incinerar para producir energía<sup>132</sup>. El contenido de agua y los altos niveles de materiales inertes en los mismos hacen que su valor neto como combustible alternativo sea relativamente bajo, transformándose más en una alternativa “barata” de disposición final que en un aprovechamiento energético genuino. No obstante lo dicho, con adecuados pre-tratamientos de secado y separación, es posible

---

<sup>132</sup> W Giger, PH Brunner y C Schaffner, 4-nonilfenol en el lodo de aguas residuales: acumulación de metabolitos tóxicos a partir de tensioactivos no iónicos, Science 10 de agosto de 1984, vol. 225. no. 4662, pp. 623 – 625



conseguir algún reemplazo térmico que puede sumar a los de otras corrientes de residuos de mayor aporte térmico.

Ejemplos de esta tecnología se aprecian en los Países Bajos, N.V. Slibverwerking Noord-Brabant (SNB). Esta planta procesa aproximadamente 450.000 toneladas de lodo de aguas residuales deshidratadas cada año. El lodo seco se incinera a una temperatura de aproximadamente 900 °C.

Es importante resaltar que estas aguas pueden, a través de diversos procesos, generar metano para la generación de energía eléctrica. No suele ser la mejor opción la incineración directa de los lodos depurados de las aguas cloacales.

Según la composición del residuo y las características individuales de la planta incineradora, junto con la disponibilidad de otros medios de tratamiento para los residuos producidos, pueden también realizarse otros pretratamientos. Por ejemplo:

- neutralización (para aceptación de residuos, son normales valores de pH de 4-12);
- deshidratación de lodos;
- solidificación de lodos con agentes aglomerantes.

Las plantas que reciben lodo parcialmente seco requieren menos combustibles adicionales que los lodos crudos. Los valores calóricos<sup>133</sup> del lodo para incineración autotérmica (el balance térmico de energía aportada vs consumida es mayor o igual a cero), se sitúan entre 1.100 Kcal/kg y 1.500 Kcal/kg. Se registran valores entre 520 Kcal/kg y 1.150 Kcal/kg de lodo, cuando se trata lodo de depuradora crudo. El límite para incineración autotérmica se considera que es aproximadamente 836 Kcal/kg de lodo, aunque existen ensayos y determinaciones que lo colocan más cercano a las 1.100 kcal/kg, lo que se encuentra muy cerca de los valores típicos de estos lodos. La necesidad de combustible adicional para compensar los casos de desbalance

---

<sup>133</sup> Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Documento BREF, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Madrid 2011. De [http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD\\_Incineracion\\_residuos\\_ES.pdf](http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf)



térmico, puede reducirse mediante el uso de sistemas eficientes de recuperación de energía interna, como por ejemplo recuperación de calor de los gases de combustión para calentar el aire de incineración y/o uso de calor para el secado previo del lodo.

A los efectos del presente trabajo, es importante conocer la cantidad de plantas depuradoras activas en la provincia. Al respecto se publica que AySA cuenta con 19 plantas depuradoras y ABSA con 72. Entre ambas atienden a 10.000.000 millones de beneficiarios. No se publican la cantidad de kgs o lts de lodos depurados, pero asumiendo que una media razonable se encuentra en el orden de las 0,09 t/habitante/año, resulta en un volumen de Lodos crudos de 900.000 t/año, con un 70% de humedad. Por lo que en caso de un secado hasta 15% de humedad, dicho volumen se reduciría a aproximadamente 317.650 t/año de lodos deshidratados.

Considerando entonces un PCi medio del orden de las 1.200 kcal/kg, el mencionado volumen equivaldría a un aporte energético de 381.180 Gcal/año, que a su vez equivaldría a casi 57.000 t de PetCoke por año.

Por lo descripto, ésta es otra alternativa tecnología analizar para ser adaptada de modo de poder aplicarse en el país en el mediano plazo.



### XIII. EMISIONES. POSICIONES ANTAGÓNICAS

En este capítulo veremos el impacto ambiental de la producción de cemento. Posteriormente el correspondiente a la utilización de CDR en sus hornos y en la producción del clínker. También distinguiremos aspectos de las tecnologías actuales para disminuir emisiones, y de las posiciones contrarias a la incineración. Luego realizaré una comparación con otros combustibles utilizados como fuentes de energía.

Como hemos detallado en el Capítulo 5, el cemento es un componente básico en las economías emergentes; el 80% del cemento que se produce es utilizado en los países en desarrollo. China emplea el 45% de la producción mundial<sup>134</sup>.

El principal efecto polucionante de la industria cementera son sin dudas sus emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Sólo la industria del cemento es responsable por la producción de aproximadamente el 5% de las emisiones globales de dióxido de carbono. Cada tonelada de cemento producido libera casi 1 tonelada de CO<sub>2</sub>.

La industria cementera está en medio del debate sobre el calentamiento global. Tanto es así que se han invertido millones de dólares en programas e iniciativas, como la Cement Sustainable Initiative (CSI) (visto en el Capítulo 5) que se creó para colaborar con la industria cementera en vistas a los retos del desarrollo sostenible.

De este modo, y con la mejora tecnológica de la industria, el uso de adiciones y la sustitución de combustibles, se aduce que se ha reducido un 16,5% el contenido de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento, propone llegar a 50% en 2050.

El cemento tiene un problema intrínseco de emisiones de CO<sub>2</sub>: la primera reacción química que lo produce libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. El 60% de

---

<sup>134</sup> Datos obtenidos de una nota acerca del "La industria cementera y el cambio climático" de Tercera Cultura, una plataforma cultural dirigida por Teresa Giménez Barbat <http://www.terceracultura.net/tc/?p=122>



las emisiones causadas por la producción de cemento son debidas únicamente a esta reacción química que consiste en la descarbonatación del Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), produciendo de esta forma Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) y  $\text{CO}_2$ .

El resto de las emisiones vienen del proceso de combustión para la producción del Clinker.

Comparativamente se indica que cualquier volcán dormido, arroja a la atmósfera más  $\text{CO}_2$  de lo que el hombre produce. Y si un volcán entrase en erupción, sus emisiones serían muy superiores a lo que el hombre pudiese emitir en un siglo.

Ello así, y si bien como venimos analizando las plantas de cemento pueden tener algún impacto ambiental positivo en lo relacionado con el manejo de los desechos y algunos desperdicios peligrosos, y que el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto, el impacto ambiental de contaminación de la industria es muy importante.

Durante los distintos procesos industriales de la fabricación del cemento se generan partículas con diferentes concentraciones de elementos químicos que si bien estaban presentes en la naturaleza, los mismos son liberados a la atmósfera luego de millones de años de confinamiento y compactación. Por ejemplo, durante el almacenamiento de los materiales, molienda, enfriamiento del horno y producción de escoria se generan partículas o "polvo del horno" (que suelen contener altos niveles de sílice libre), gases de combustión incompleta como monóxido ( $\text{CO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de azufre y nitrógeno.

Asimismo existen contaminantes hídricos que se encuentran en los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), y en el agua de enfriamiento del proceso (calor residual)<sup>135</sup>, además de potenciales derrames o accidentes

---

<sup>135</sup> En [https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_de\\_la\\_industria\\_del\\_cemento](https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_de_la_industria_del_cemento)



ambientales con los combustibles convencionales y productos químicos como aditivos de molienda, aceites minerales de lubricación, entre otros..

También el escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y napas freáticas.

La gran mayoría de estos impactos son evitados completamente o atenuados por medios físicos, mecánicos y químicos.

En relación a las partículas, la fabricación de cemento contiene entre sus etapas el transporte de materiales pulverizados desde la cantera de piedra caliza, el proceso y finalmente el embarque del producto terminado para envío.

Por este tema, los precipitadores electrostáticos históricamente y los filtros de mangas más modernamente, constituyen un requerimiento inevitable para controlar las emisiones de material particulado de los hornos, los transportes y acopios de materiales. El control del polvo que resulta del transporte de los materiales sea por las bandas transportadoras, pilas de acopio, y caminos de la planta, pueden ser causas más importantes de degradación de la calidad del aire, que las emisiones del molino y el horno.

Se deben emplear recolectores mecánicos de polvo donde sea práctico, por ejemplo, en los trituradores, transportadores y el sistema de carga. En la mayoría de los casos, el polvo recolectado puede ser reciclado, reduciendo el costo y disminuyendo la producción de desechos sólidos.

Se puede mantener limpios los caminos de la planta con aspiradoras y/o rociadores, a fin de eliminar el polvo atmosférico causado por el tráfico y el viento. Deben ser cubiertas las pilas de acopio tanto como sea posible. Los camiones que transportan materiales a la planta y fuera de ésta deben tener lonas cobertoras y cumplir estrictamente los límites de velocidad.

En relación a la medición de partículas de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partículas de silicio, hidrocarburos y emisiones de gases de efecto invernadero, se requiere una selección especial de los instrumentos.



Así también como en cuestiones de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores y la población al polvo que generan (silicosis).

Se suelen utilizar: Analizadores de Calidad de Aire Ambiental, Sistemas de monitoreo de emisiones continuas, Muestreadores de partículas (Monitoreo de PM10, PM2.5, plomo y otros metales pesados en el aire ambiente), Monitores de partículas y finalmente Sistemas Meteorológicos (apropiados para el seguimiento de las condiciones meteorológicas a fin de determinar la dirección de las emisiones atmosféricas).

Vinculado a los líquidos, en las plantas del proceso "seco", se alimentan los hornos con materias primas secas. El único efluente es el agua de enfriamiento, y ésta puede ser recuperada y/o eliminada con torres de enfriamiento y piletas de tratamiento. En el proceso "Húmedo", se alimentan los hornos en forma de una lechada. En algunos casos, las plantas pueden lixiviar el polvo del horno que se ha recolectado a fin de eliminar el álcali soluble antes de volver a alimentarlo al horno. En estas plantas, el rebosamiento del clarificador del proceso de lixiviación constituye la fuente más severa de contaminación hídrica; requiere neutralización (posiblemente mediante carbono) antes de descargarlo. En la actualidad no existen hornos de vía húmeda operativos en la República Argentina.

Otra contaminación de enorme porte a considerar en la industria, está vinculada al cierre de canteras y el impacto generado tanto en el paisaje como en los ecosistemas circundantes a las minas, una vez que se vuelven no operativas. Si bien existen normas de remediación de canteras que pretenden que las mismas sean restituidas a su condición original, es bien sabido en el mundo entero la severa dificultad de lograrlo, por lo que en muchos países se ha optado por el uso alternativo de las mismas o la declaración de áreas protegidas para la generación de un nuevo ecosistema normalmente acuático.

Ejemplo práctico:

El siguiente es un ejemplo práctico del cálculo de emisiones. Es tomado de La Guía para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire.

Cuaderno 4. Sector Cemento. Realizado por Fundación Labein para IHOBE, S.A. Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco en junio de 2005<sup>136</sup>. El ejemplo se encuentra en la página 25 y es muy práctico para hacerse una idea de la contaminación por emisiones de la industria del cemento.

Instalación de producción de 100.000 Tm de clinker anuales.  
 350 días de funcionamiento, 24 horas al día.  
 Combustible coke de petróleo.  $3,35 \cdot 10^5$  GJ anuales (PCI)



El porcentaje de CaCO en el clinker es del 65% y el % de MgO es del 0,03% y son en su totalidad, producto de la descarbonatación del carbonato cálcico y de la cal dolomítica respectivamente.

Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la descarbonatación:

$$E_{\text{CO}_2 \text{ descarbonatación}} = 100.000 \quad (0,65 \times 785 + 0,0003 \times 1092) = 51.100.000 \quad \text{Kg} \quad \text{CO}_2$$

descarbonatación/año

Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustible.

$$E_{\text{combustión}} = 3,35 \cdot 10^5 \text{ GJ} \times 100 \text{ Kg CO}_2/\text{GJ} = 33.500.000 \text{ kg CO}_2 \text{ _combustibles.}$$

Emisiones de CO<sub>2</sub>.

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{CO}_2 \text{ descarbonatación}} + E_{\text{combustión}} = 84.600.000 \text{ kg/CO}_2.$$

La instalación mide además con una OCA una serie de contaminantes entre ellos el NO<sub>x</sub> a la salida del horno de calcinación.

muestra	Caudal Nm <sup>3</sup> /h	Concentración (ppm)	Concentración mg/Nm <sup>3</sup>	caudal másico Kg/h
1	25.138	370	760	19,10
2	26.152	341	701	18,3
3	24.487	386	794	19,44

$$\text{Caudal másico promedio} = (19,1 + 18,3 + 19,44) / 3 = 18,96 \text{ kg NO}_x/\text{h.}$$

$$\text{Emisiones de NO}_x = 18,96 \text{ Kg NO}_x/\text{h} \times 350 \times 24 = 159.264 \text{ Kg NO}_x/\text{año.}$$

<sup>136</sup> Disponible en:

[http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eptr/es\\_guia/adjuntos/cemento.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eptr/es_guia/adjuntos/cemento.pdf)



Este ejemplo nos brinda una idea de la contaminación en CO<sub>2</sub> y en NO<sub>x</sub> de la industria cementera.

## **MEJORES TECNOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO**

En relación a las mejores tecnologías medioambientales para los procesos de producción de cemento<sup>137</sup>, se destaca el análisis del Programa Medioambiental de Naciones Unidas desarrollado en el documento "Draft Guidelines on BAT and BEP for cement kilns firing hazardous wastes" (UNEP, 2004).

En este informe se considera que la mejor tecnología disponible en el proceso de producción de cemento, es el proceso seco con horno multietapas y precalcinador, siendo recomendado para las nuevas plantas un precalentador multiciclónico de 5 etapas.

Un factor importante a tener en cuenta en el caso de alimentación de residuos peligrosos en hornos de clínker y que puede influir en la generación de PCDD/Fs (dioxinas y furanos) en los sistemas de hornos de clínker, es el punto de alimentación de los dichos residuos.

En los hornos que alimentan residuos peligrosos como combustibles de sustitución, los residuos líquidos son normalmente inyectados en el extremo más caliente del horno, los residuos sólidos en la zona de calcinación, y en hornos largos estos residuos pueden alimentarse en la mitad del horno.

En el caso de alimentación de residuos sólidos en el precalcinador se alimentan en la zona donde se presentan las mayores temperaturas, usualmente apenas por encima de los quemadores de la precalcinación.

En la alimentación de los residuos peligrosos, es importante que se alcancen temperaturas tales, que se produzca la descomposición total de los compuestos orgánicos presentes en el residuo y se eviten volatilizaciones de

---

<sup>137</sup> Ruiz, M. Luisa: "Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)" EDITORIAL CIEMAT. 2005



compuestos que pueden ser un factor determinante de la posterior formación de dioxinas y furanos. En el caso de uso de residuos que contengan compuestos orgánicos precursores de PCDD/Fs (Bencenos, compuestos fenólicos), éstos pueden influir en la formación de dichos contaminantes en el circuito que describen los gases hasta su salida por chimenea, por lo que deberían alimentarse en el quemador principal.

## I. Medidas Primarias y procesos de Optimización para reducir PCDD/PCDF

A) Gestión de los procesos del horno con el objetivo de alcanzar unas condiciones estables de funcionamiento mediante:

### 1. Optimización del proceso

- Enfriamiento rápido de los gases de escape del horno por debajo de 200 °C. La ventana de temperaturas entre 500 y 200 °C debe ser atravesada a una velocidad que sea la mayor posible (Del orden de los 1.000 °C/s), para no dar tiempo necesario para la formación de Dioxinas y Furanos.
- Establecer datos de referencia añadiendo dosis controladas de residuos, observando los cambios, así como los controles y prácticas requeridas para controlar las emisiones.
- Manejo del proceso del horno a fin de lograr condiciones operativas estables.

2. Utilización de sistemas modernos para la alimentación del combustible, de modo de asegurar el control de la dosificación y la continuidad de la alimentación, sin atoraduras, golpes de material o variaciones importantes de los caudales de alimentación.

B) Disminución de la utilización de combustible:

1. Uso de precalentadores y precalcinadores.
2. Utilización de enfriadores modernos de clínker que permitan recuperar al máximo la energía calorífica.



3. Reutilización de la energía calorífica procedente del gas residual (Aire Terciario).

4. Una adecuada operación del horno y la ausencia de ingresos de aire frío al sistema.

C) Disminución del consumo de energía eléctrica por medio de sistemas de gestión de energía.

1. Utilización de equipos eléctricos con alta eficiencia energética.

2. Cogeneración de energía eléctrica con los gases calientes de salida del horno y del enfriador de Clinker.

D) Preparación del material de alimentación.

1. Pretratamiento de los residuos a fin de proveer una alimentación más homogénea y condiciones de combustión más estables. Puede incluir secado, fragmentación, mezcla o molienda.

2. Almacenamiento de combustibles apropiado y bien mantenido.

3. Almacenamiento y manipulación de los residuos de modo apropiado y con mantenimiento adecuado.

E) Controles de entrada.

1. Se requiere una previsión consistente, a largo plazo (un mes o más), de alimentación de residuos para mantener condiciones estables durante la operación.

2. Cuidadosa selección y control de las sustancias que entran al horno para minimizar la introducción de azufre, nitrógeno, cloro, metales y compuestos orgánicos volátiles.

3. Provisión continua de combustible y residuos con especificación de metales pesados, cloro (limitación, dependiente de producto/proceso), azufre, PCi y humedad adecuados.

4. Alimentación de residuos a través del quemador principal o en quemadores de precalcinador (asegurar la inyección en puntos en los cuales la temperatura sea  $> 900^{\circ}\text{C}$ ).



5. Evitar la alimentación de combustibles derivados de residuos durante arranque y parada del horno.

#### F) Estabilización de parámetros del proceso

1. Regularidad en las características del combustible (tanto alternativos como fósiles).
2. Dosificación regular.
3. Exceso de oxígeno.
4. Control de CO.
  
5. Control y seguimiento de la concentración de Cloro en la harina caliente a la entrada al horno.

#### G) Modificación del proceso

Debería retroalimentarse al horno el polvo del gas de salida, en la máxima medida que resulte practicable, a fin de reducir los aspectos relacionados con la eliminación final y las posibles emisiones relacionadas. El polvo que no pueda ser recirculado debería gestionarse adecuadamente como residuo o incorporarlo como carga o “filler calcáreo” a la molienda de cemento.

En caso de disponer de las instalaciones de By-Pass, se puede generar una extracción de harina enriquecida en Cloro, para bajar la concentración media del sistema, destinando dicha harina a la molienda de cemento.

Básicamente, las medidas que pueden reducir las emisiones del PCDDs/PCDFS son:

- Realizar una cuidadosa selección y control de las sustancias que entran al horno minimizando la entrada de azufre, cloro, metales y compuestos orgánicos volátiles.



- Alimentar los combustibles derivados de residuos por el quemador principal o los quemadores del precalcinador asegurando una  $T > 900$  °C.
- No alimentar residuos como parte del crudo si contiene altas concentraciones de orgánicos.
- No alimentar residuos durante arranques y paradas de hornos.
- Realizar controles de proceso que permitan tomar acciones preventivas y garanticen niveles de concentraciones por debajo de los necesarios para la formación de PCDDs/PCDFs

Estas medidas primarias se han mostrado suficientes para cumplir con el límite de  $0,1 \text{ ng/Nm}^3$  tanto en las instalaciones existentes como en las nuevas.

En el caso de que las medidas primarias no alcancen resultados inferiores a  $0,1 \text{ ng/Nm}^3$  deben considerarse una serie de medidas secundarias.

## II. Medidas Secundarias

Las medidas secundarias que se pueden introducir para la minimización aún mayor de las emisiones de PCDDs/PCDFs están relacionadas con la incorporación de sistemas de control de la contaminación que reducen la posterior emisión de contaminantes a la atmósfera. Entre ellas, se encuentran:

### A) Filtros de carbón activado

Pueden retenerse de los gases de escape contaminantes como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), compuestos orgánicos, metales, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), compuestos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ), fluoruro de hidrógeno ( $\text{HF}$ ) y polvo residual (después de un precipitador electrostático o filtro de mangas) mediante adsorción sobre carbón activado.

### B) Reducción catalítica selectiva (RCS)

En general, las instalaciones de reducción catalítica selectiva se aplican para el control de  $\text{NO}_x$  en instalaciones de combustión distintas de hornos de



cemento. El proceso reduce el NO y el NO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> con la ayuda de NH<sub>3</sub> y un catalizador dentro de un rango de temperaturas de alrededor de 300°- 400 °C.

## UTILIZACIÓN DEL CDR EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Con el fin de conocer las características de los CDR, las plantas cementeras deberían realizar análisis periódicos de los mismos. Dichos análisis están previstos en los acuerdos que establecen las cementeras con los suministradores de CDR.

Para los consumidores de CDR, los elementos más críticos son:

- El poder calorífico.
- El contenido de cloro determinante en la formación de dioxinas, causante de problemas de corrosión y responsable por las “pegaduras” que bloquean los ciclones de precalentamiento y cortan la alimentación al horno.
- El contenido de azufre, causante de emisiones de SO<sub>x</sub> y también de problemas de corrosión.
- El contenido de metales pesados, especialmente de mercurio, que determina las emisiones de dichos metales.
- El contenido de humedad total, que influye en el poder calorífico inferior.
- El contenido de biomasa, que permiten considerar sus emisiones como del tipo “Carbono – Neutras”
- El contenido de cenizas, que reduce el poder calorífico del producto y requiere de tratamiento posterior (vertido), excepto para las industrias cementeras (que las incorporan al clínker). En este último caso, es fundamental conocer su composición, para poder controlar y determinar el efecto “aleante” de sus elementos en la calidad del Clinker.

## ESTANDARIZACIÓN DEL CDR

Uno de los principales desafíos, a la hora de hablar de emisiones, es la problemática derivada de la diversidad de residuos que componen el CDR. Al



no existir una normalización generalizada de su constitución, es muy difícil lograr una representatividad en las determinaciones realizadas en un calorímetro o en un espectrofotómetro de plasma inducido (ICP). La variación de composición y tamaño de los residuos que forman el CDR determina que las emisiones surgidas de su combustión sean muy dispares.

Como dijimos, son las cementeras las que con el fin de conocer las características de los CDR, realizan análisis periódicos de los mismos y deben realizar acuerdos de calidad y características con los suministradores de CDR.

En la Unión Europea, se desarrollaron estándares de CDR válidos para toda la comunidad, que permiten certificar las características del producto. En este caso el producto se denomina combustible sólido recuperado (CSR). El CSR es, pues, un CDR estandarizado de acuerdo con unas normas específicas y puede tener diferentes Grados o Características.

Éste es un aspecto importante para la evolución futura del mercado de CDR, puesto que la estandarización lo transforma en un commodity y puede impulsar su consumo, al proporcionar más seguridad a los consumidores sobre las características del producto y las emisiones derivadas, y al facilitar la compra-venta de mismo.

Para el caso europeo, las distintas normas relativas a los CSR son desarrolladas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) a instancias de la Comisión Europea (Mandato M/325 to CEN on Solid Recovered Fuels –SRF-, Directiva 2001/77/CE y Directiva 2009/28/CE). Dicho mandato instaba al CEN a desarrollar una serie de estándares en relación a los CSR, entre ellos un estándar para la determinación de la fracción biodegradable y biogénica de los CSR.

Al respecto se publicaron los siguientes estándares:

Código	Título
EN 15357	Terminología, definiciones y descripciones
EN 15358	Sistemas de gestión ambiental
EN 15359	Especificaciones y clases
EN 15400	Método para la determinación del poder calorífico
EN 15402	Determinación del contenido de materia volátil
EN 15403	Determinación del contenido de cenizas
EN 15407	Métodos para la determinación del contenido de C, H y N
EN 15408	Métodos para la determinación del contenido de S, Cl, F y Br
EN 15410	Métodos para la determinación de elementos mayores
EN 15411	Métodos para la determinación de elementos traza
EN 15414-3	Determinación del contenido de humedad utilizando el método de secado en horno
EN 15415-1	Determinación de la distribución del tamaño de las partículas
EN 15440	Métodos para la determinación del contenido de biomasa
EN 15442	Métodos de muestreo
EN 15443	Métodos para la preparación de la muestra de laboratorio
EN 15413	Métodos para la preparación de la muestra a testear a partir de la muestra de laboratorio
EN 15590	Determinación del ratio potencial de auto-calentamiento microbial utilizando el índice de respiración dinámico

Fuente: Frankenhauser (2011).

Las normas sobre CSR incluyen criterios de aceptación de residuos en el punto de recepción, es decir, criterios para determinar qué tipos de residuos son aptos para la producción de CSR y cuáles no.

La norma EN 15359 es una de las más relevantes, pues distingue 5 clases de CSR en función de sus características principales

Propiedad	Criterio estadístico aplicado	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Poder calorífico neto (PCN)	Promedio	MJ/kg ar	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Contenido de cloro	Promedio	% w/w d	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3
Contenido de mercurio	Promedio	mg/MJ ar	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50
	80avo percentil	mg/MJ ar	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

Nota: ar: as received (tal y como es recibido el material); w/w: porcentaje en peso; d: dry (en seco).

80avo percentil: El 80avo percentil es el valor que deja por debajo el 80% de las mediciones. En este caso, en un CDR de clase 1, por ejemplo, el 80% de las emisiones estarían por debajo de 0,04 mg/MJ de mercurio.

Fuente: Frankenhauser (2011).

La norma EN 15440, referente a la determinación del contenido de biomasa de los CDR, sirve para determinar qué emisiones se pueden computar como cero en el sistema de comercio de emisiones. Además, incluye definiciones aplicables a la caracterización de los CSR:

- biodegradable: material capaz de descomponerse aeróbica o anaeróbicamente en condiciones naturales ocurridas en la biosfera.
- biogénico: producido en procesos naturales por organismos vivos pero no fosilizados o derivados de recursos fósiles.
- Para la definición de biomasa la norma remite a la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril, de Energías Renovables y a la Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004 sobre la monitorización de emisiones de efecto invernadero.

Para la determinación del contenido de biomasa del CSR, la norma EN15440 especifica tres métodos distintos de análisis, y concreta que el resultado se deberá expresar en relación a la masa, al contenido energético o al contenido de carbono del CSR. La norma también incluye una relación de materiales considerados neutros en emisiones de CO<sub>2</sub>.



Algunos países europeos han aprobado sus propios estándares para CDR, entre los cuales se encuentran España, Italia, Finlandia y Alemania.

Por otro lado, algunos fabricantes de CDR también han patentado marcas propias de CSR, como Enerfuel®. Según Cemex (2010), las características de este producto son las siguientes:

- humedad inferior al 20 %
- tamaño de hasta 4 cm
- composición: 35 % plásticos, 30 % papel y cartón, 20 % madera, 15 % textil

En el Reino Unido, Cemex ha desarrollado una marca comercial propia de CDR (Climafuel) para CSR de 4.063 a 5.258 Kcal/kg, contenido en humedad inferior al 15 % y contenido de cloro inferior al 1 %.

En relación a las emisiones, han determinado valores límite de emisión de aire<sup>138</sup>: por esta norma se fija un límite para las instalaciones de incineración y coincineración en cuanto diseño, equipo, construcción y operación. Se incita a realizar mediciones para verificar el cumplimiento. Se indica que los Estados miembros podrán establecer valores límite de emisión para policíclicos hidrocarburos aromáticos u otros contaminantes.

En relación a los residuos, se contempla reducir al mínimo su cantidad y nocividad. El transporte y almacenamiento intermedio de residuos secos en la forma de polvo, como polvo de caldera y residuos secos del tratamiento gases de combustión, se efectúa de forma tal que prevenir la dispersión en el medio ambiente, en contenedores cerrados.

### **ALGUNAS PRUEBAS:**

Las pruebas realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. y otros, han demostrado que la destrucción de los compuestos orgánicos, incluyendo PCB y los pesticidas órgano clorados y órgano

---

<sup>138</sup> Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 332/91. DIRECTIVA 2000/76 / CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de diciembre de 2000 en la incineración de residuos.



fosforados, iguala o supera los resultados logrados por los incineradores de desperdicios peligrosos que operan a temperaturas más bajas. Muchos compuestos metálicos tóxicos pueden ser quemados en los hornos de cemento en cantidades que sean suficientemente pequeñas, y que no afecten negativamente la calidad del producto, ni la seguridad, porque se vinculan a la escoria y llegan a formar parte del producto. El plomo, sin embargo, requiere atención especial; hasta la mitad de la cantidad introducida sale del horno y se precipita con el polvo del horno. El reciclaje del polvo aumenta la concentración del plomo hasta el punto en que éste, también, se vincula a la escoria, pero una cantidad pequeña (0,2 a 1,0 por ciento) se escapa con los gases de la chimenea. En el caso del Talio, éste se emite junto con los gases de salida del horno, es decir, no se liga a los sólidos que se recuperan, y por este motivo su nivel de concentración tolerable es extremadamente bajo para estos componentes.

Agencia de Medio Ambiente. Alemania: “los datos de emisión de elementos traza de la industria cementera alemana publicados anualmente muestran en general emisiones bajas y no dependientes de la coincineración de residuos”. 2005

### **LIMITES DE EMISIONES CONFORME REGLAMENTACIÓN PROVINCIAL**

Según Ley Provincial N° 5965, Decreto Reglamentario N° 3395/1996 y Resolución N° 242/1997 OPDS, los siguientes son los límites máximos admitidos para los parámetros antes mencionados (Independientemente del uso de CDR):

- El PM Total no debe superar  $250 \text{ mg/Nm}^3$  de aire expulsado por la chimenea del horno de clínker.
- El Monóxido de Carbono (CO) no debe ser mayor a  $250 \text{ mg/Nm}^3$  para el caso del uso de Combustibles Sólidos,  $175 \text{ mg/Nm}^3$  para el caso de Combustibles Líquidos y  $100 \text{ mg/Nm}^3$  de aire expulsado por la chimenea del horno de clínker.
- Los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) no deben superar  $450 \text{ mg/Nm}^3$  de aire expulsado por la chimenea del horno de clínker.

- El Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) no debe ser mayor a 500 mg/Nm<sup>3</sup> de aire expulsado por la chimenea del horno de clínker.

## CONTAMINACIÓN POR EMISIONES DE INCINERACIÓN DE CDR

La principal problemática de la determinación de emisiones por utilización del CDR se da por la variabilidad en la composición del combustible. Dada la variedad de residuos, no es posible hacer una generalización de la composición química de las cenizas o de las emisiones atmosféricas posibles. Es por este motivo que en el caso de pretender utilizar CDR en una instalación de producción de cemento, la misma deberá realizar un ensayo de quema, conocido en la industria como “Trial Burn” bajo condiciones controladas que permitan demostrar que las emisiones propias del horno sin el uso de CDR no se ven alteradas por la incorporación de los mismos, o en caso de alterarse no exceden las permitidas por la norma. Se han detectado casos muy conocidos en la industria, de mejoras en las emisiones, por el comportamiento de algunos componentes que reducen concentraciones de NO<sub>x</sub> o de SO<sub>x</sub>, por ejemplo.

Existen distintos estudios que realizan análisis de composición de las emisiones de utilización del CDR (además del ya visto de la CE sobre CSR).

**Características del CDR producido para hornos de cemento**

	Unidad	Rango medio
<b>Energía</b>	Kcal/Kg	765 - 6.095
<b>Cl</b>	%	0,07 - 1,7
<b>Hg</b>	mg/Mcal	<0,08368 - 1,6987
<b>Cd + Tl</b>	mg/Mcal	<0,502 - <3,891

**Máxima concentración admisible de metales pesados en el CDR para los hornos de cemento.**

	Factor de transferencia	Ce mg/m <sup>3</sup>	
<b>Hg</b>	0,2	0,05	Proceso húmedo
<b>Hg</b>	0,1 - 0,4	0,05	Proceso seco
<b>Cd + Tl</b>	0,0048	0,05	
<b>Otros metales pesados</b>	0,0002	0,5	

Factor de transferencia: de 0 a 100, siendo 100 que la totalidad se convierte en emisión acumulada.

Ce: Concentración de emisión en 10% O<sub>2</sub>

Asimismo, existe un análisis de emisiones publicado por Greenpeace<sup>139</sup> en el cual se intenta determinar el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes a partir del uso de CDR.

Se determina que en este sentido, la incineración de CDR en comparación con el coque de petróleo arroja una cantidad inferior de gases de efecto invernadero (GEI):

	Coque	CDR
<b>Emisiones por unidad de energía (kg CO<sub>2</sub>/Mcal)</b>	0,4100	0,21756776
<b>Emisiones por tonelada (kgCO<sub>2</sub>/t)</b>	3.185	884

Nota: Debido al menor poder calorífico de los CDR respecto al coque, para sustituirlo son necesarias más toneladas de CDR que de coque.

Al respecto indican que lo más eficiente no es la valorización energética de los residuos, sino una eficiente separación de las fracciones biodegradables en origen, su reciclaje y un tratamiento de la fracción resto que permita estabilizar la fracción orgánica remanente.

En relación a otras emisiones detallan el rango típico de emisiones de los hornos de cemento europeos:

Contaminante	Emisiones	
	mg/Nm <sup>3</sup>	Por t de Clinker
NOx	145-2.040	0,33-4,67 Kg/t
SO <sub>2</sub>	< 4.837	<11,12 Kg/t
Partículas	0,27-227	0,00062-0,5221 Kg/t
CO	200-2.000	0,46-4,6 Kg/t
CO <sub>2</sub> *	Según capacidad horno	672 g/kg cemento
COP	1-60	0,0023-0,138 Kg/t
HF	0,009-1,0	0,0021-2,3 g/t
HCL	0,02-20,0	0,046-46 g/t

<sup>139</sup> Dr. Ignasi Puig Ventosa, Jofra Sora, Calaf Forn: “La puerta de atrás de la incineración de residuos - Análisis económico-ambiental de la utilización de combustibles derivados de los residuos (CDR) en España”. Greenpeace. Mayo de 2012



Dioxinas	0,000012-0,27 ng ITEQ/Nm <sup>3</sup>	0,0276-627 ng/t
<b>Metales</b>		
Hg	0-0,03	0-69 mg/t
Σ (Cd, Tl)	0-0,68	0-1.564 mg/t
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0-4,0	0-9.200 mg/t

Nota: Nm<sup>3</sup>: m<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura.

\*En el caso del CO<sub>2</sub> es por Kg de cemento

Fuente: European Commission (2010).

Argumentan que los límites de emisiones establecidos por la Comunidad Europea se basan en las mejores técnicas disponibles, y no guardan relación con los efectos que dichas emisiones pueden tener sobre el medio ambiente o sobre la salud de las personas.

Por otro lado, en un estudio<sup>140</sup> se destaca la generación de gases de efecto invernadero (GEI) de la producción de combustible derivado de desperdicios-5 (CDR-5) de desechos municipales y granos de palma. Se realizaron dos pruebas, N° I en mezcla de esos productos y N° II únicamente con CDR-5 a partir de residuos municipales solo sin mezclar con granos de palma.

Los resultados mostraron que la producción de 1 kg de RDF-5 contribuyó la emisión de GEI para el caso N° I de 1.696 kg CO<sub>2</sub>-eq, y para el caso N° II de 1.423 kg CO<sub>2</sub>-eq. Para ambos casos, la mayor emisión de GEI derivaba del plástico, que fue uno de los principales componentes materiales.

En este estudio es superior la generación de CO<sub>2</sub> equivalente si se incinera una mezcla con granos de palma.

## POSICIONES ANTAGÓNICAS. ACTIVISTAS

<sup>140</sup> Presentado en "2013 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies" Greenhouse gases emission of refuse derived fuel-5 production from municipal waste and palm kernel. De Pranee Nutongkaewa, Jompob Waewsaka,b, Tanate Chaichanaa,b, Yves Gagnonc. En: [https://ac.els-cdn.com/S1876610214009497/1-s2.0-S1876610214009497-main.pdf?\\_tid=b2a2d4e0-18d4-11e8-ba0d-00000aab0f02&acdnat=1519416424\\_828606f6886190fcf98c6949e3b12315](https://ac.els-cdn.com/S1876610214009497/1-s2.0-S1876610214009497-main.pdf?_tid=b2a2d4e0-18d4-11e8-ba0d-00000aab0f02&acdnat=1519416424_828606f6886190fcf98c6949e3b12315)

GAIA afirma que quemar desperdicios en hornos de cemento es otra forma de incineración, y también desaprovecha recursos y da como resultado emisiones que son dañinas para la salud de las personas y el medio ambiente.



Protesta por la contaminación de hornos de cemento en México.

Greenpeace indica que la utilización de CDR<sup>141</sup> conlleva una serie de costes económicos y medioambientales negativos para el conjunto de la sociedad, y solo representa beneficios económicos para las instalaciones industriales que los consumen y para las administraciones gestoras de residuos.

Sostienen que el aumento del precio de los combustibles fósiles y las políticas europeas de fomento de las energías renovables y de reducción de las emisiones de gases invernadero –que consideran como renovable la parte biogénica de un combustible– ha sido aprovechado interesadamente por los sectores involucrados en el uso de CDR, a pesar de sus impactos medioambientales y económicos.

Su mayor argumento consiste en indicar que los CDR contienen un elevado porcentaje de residuos potencialmente reciclables, que deberían ser reutilizados.

Además afirman que la producción de CDR, en las condiciones necesarias para ser aceptados por las instalaciones industriales es altamente

---

<sup>141</sup> Dr. Ignasi Puig Ventosa, Jofra Sora, Calaf Forn. Op. Cit.



demandante de energía (principalmente a las restricciones en el contenido de humedad del CDR).

Aseveran que el consumo de CDR en cementeras genera una dispersión de productos tóxicos incontrolable y de consecuencias desconocidas actualmente, al incorporar las cenizas de la combustión al cemento.

Manifiestan que el consumo de CDR en sustitución del coque de petróleo no contribuye a reducir la extracción de petróleo, dado que el coque se obtiene como producto secundario en el refinamiento del mismo.

También destacan que los límites de emisiones aplicables a la combustión de CDR son menos estrictos que los aplicables a la incineración de residuos, y no guardan relación con los efectos que las emisiones puedan tener sobre el medio ambiente o sobre la salud de las personas.

Por ello demandan:

1. Promover las políticas que tienden al “Residuo Cero”<sup>142</sup>: con el fin de que las políticas de residuos sean compatibles con la lucha contra el cambio climático. Para ello promueven activamente apoyar todas las técnicas de gestión que supongan la disminución de emisiones (reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento energético de la materia orgánica separada en origen) y desechando definitivamente las que contribuyan de forma neta al cambio climático (incineración y vertederos).
2. Generar alternativas a la incineración: Instaurar el sistema de recogida selectiva “puerta a puerta” y el “pago por generación” de forma obligatoria en todos los municipios.
3. Integrar la política de residuos en el conjunto de medidas para reactivar la economía y promover el empleo. Afirman que apostar por un tratamiento de los residuos sólidos urbanos que excluya su incineración genera más empleos.

---

<sup>142</sup> Fueron los promotores de la llamada “Ley de Basura Cero” de ciudad de Buenos Aires.

4. Incluir la variable climática de forma transversal en las políticas de gestión de residuos.
5. Dejar de considerar los CDR como biomasa: Por ello, indican que debe prohibirse su uso en plantas destinadas al aprovechamiento de la biomasa de origen forestal y/o agrícola.
6. Retirar el concepto de esta fuente de generación de energía como una fuente renovable de energía.
7. Promover sistemas necesarios para alcanzar emisiones cero en 2050 como el modelo Energía 3.0 de Greenpeace.
8. Quemar residuos debe quedar excluido del sistema de comercio de emisiones de CO<sub>2</sub>.
9. Facilitar el acceso a la información y transparencia.

## FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>

Tablas de cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub>, de la Red Argentina de Energía Eléctrica<sup>143</sup> hasta el año 2015 inclusive.

### Factor de emisión por combustible

Combustible	Factores de Emisión			
Gas Natural (NG)	1,936	tCO <sub>2</sub> /dam <sup>3</sup>		
Fuel Oil (FO)	3,127	tCO <sub>2</sub> /t		
Gas Oil (GO)	3,771	tCO <sub>2</sub> /t	3,111075	tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
CMi (Carbón Mineral) Nacional	2,441	tCO <sub>2</sub> /t		
CMi (Carbón Mineral) Importado	2,441	tCO <sub>2</sub> /t		
(Fuente : Tercera Comunicación Nacional Argentina)				
Densidad del Gasoil	0,825	t/m <sup>3</sup>		

GENERACION DE ENERGIA (MWh)						
AÑOS	TERMICA	BAJO COSTO			TOTAL	GENERACION
		HIDRO	Eólica y Solar	NUCLEAR	BAJO COSTO	TOTAL

<sup>143</sup> La Secretaría de Energía y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, han realizado los cálculos correspondientes a la red argentina. Ver <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>



2015	85.929.716	41.463.720	607.621	6.518.524	48.589.865	134.519.581
2014	82.605.842	40.662.363	629.030	5.257.727	46.549.120	129.154.962
2013	82.327.344	40.329.312	462.006	5.732.461	46.523.779	128.851.123
2012	82.278.402	36.625.903	357.019	5.904.083	42.887.005	125.165.407
2011	73.439.392	39.251.194	13.280	5.892.364	45.156.838	118.596.230
2010	66.231.292	40.226.935		6.691.638	46.918.573	113.149.866
2009	61.339.111	40.318.306		7.588.703	47.907.009	109.246.120
2008	66.839.984	36.863.486		6.835.072	43.698.558	110.538.542
PROMEDIO	81.316.139,20				45.941.321,42	127.257.460,62
	porcentaje de generación térmica				<b>63,90%</b>	
	porcentaje de generación de bajo costo				<b>36,10%</b>	

	COMBUSTIBLES				EMISIONES (tCO <sub>2</sub> )				TOTAL (ton CO <sub>2</sub> )
	Carbón (ton)	Gasoil (ton)	Fuel oil (ton)	Gas (dam <sup>3</sup> )	Carbón	Gasoil	Fuel oil	Gas	
2015	949.101	1.847.622	3.088.228	14.400.187	2.316.755	6.967.381	9.656.889	27.878.761	46.819.787
2014	1.004.377	1.484.395	2.717.285	14.355.409	2.451.683	5.597.654	8.496.950	27.792.072	44.338.360
2013	851.278	2.139.387	2.232.845	13.949.077	2.077.970	8.067.627	6.982.106	27.005.413	44.133.116
2012	966.575	1.509.889	2.851.162	14.035.287	2.359.410	5.693.791	8.915.582	27.172.315	44.141.099
2011	999.005	1.660.765	2.543.904	12.684.027	2.438.572	6.262.745	7.954.789	24.556.276	41.212.381

En estas tablas se aprecia el detalle de las emisiones de GEI generados por otros combustibles.

Si comparamos con el detalle de emisiones visto en este capítulo, vemos que por cada t de CDR se generan 0,884 t de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo la comparación debería ser por Mcal producida, en vistas del bajo poder calórico del CDR en relación a su peso.

Por cada Mcal generada de CDR se emite 0,2175 Kg de CO<sub>2</sub>.

Como se aprecia en la tabla<sup>144</sup> publicada por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación, del Fuel Oil, vemos un PCI de 9.800 Mcal/t. Por cada Mcal se emiten 0,319 Kg de CO<sub>2</sub>.

Para el caso del gas, se generan 8.300 Mcal/dam<sup>3</sup>. Por cada Mcal se emiten 0,233 Kg de CO<sub>2</sub>.

El gas Oil, por cada Mcal se emiten 0,369 Kg de CO<sub>2</sub>.

<sup>144</sup> Fuente: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>



Carbón nacional: 0,4137 Kg CO<sub>2</sub>/Mcal.

Carbón importado 0,339 Kg CO<sub>2</sub>/Mcal.

En definitiva, se aprecia que las emisiones de GEI son inferiores para un CDR promedio.



## **XIV. BENEFICIOS EN REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS. CÁLCULO DE LA POSIBLE REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS.**

### **BENEFICIOS EN REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS.**

Como se ha visto en el Capítulo 4, entre la producción de CDR, la valorización de NFU y de lodos residuales, se podría reducir de manera significativa el volumen de residuos enviados a centros de disposición final e incluso los líquidos.

Generalmente se estima que la cantidad de CDR obtenible a partir de RSU es del orden del 15% en peso de la cantidad de residuos urbanos considerados, aunque puede variar ligeramente en función de la composición de los mismos y las modalidades de gestión de los RSU. Asimismo, con actividades de secado más eficientes y de bajo costo, se puede llegar, en el mejor de los casos, al orden del 30% en peso de los residuos crudos.

Como indicamos en el Capítulo 12, hoy en CEAMSE<sup>145</sup> se encuentra funcionando una Planta de Tratamiento ubicada en el Complejo Ambiental Norte III. Procesa hasta 1.100 toneladas de RSU por día. Sin embargo no se indica que cantidad de esos residuos son finalmente enviados al relleno sanitario.

Siendo que los residuos diarios enviados a CEAMSE son del orden de 17.400 toneladas diarias, si se pudiese procesar como CDR un 15%, equivaldría a 2.610 toneladas diarias. Si, en su defecto se pudiese llegar a un 30% se producirían 5.220 toneladas diarias de CDR.

En ese aspecto, quedaría un remanente de residuos de 14.790 o 12.180 toneladas diarias que, conjuntamente con otros procesos de reciclado y recuperación se podrían reducir, siempre partiendo de la base de que se consigan transformar en CDR al menos 2.610 Tn diarias y que existan industrias capaces de utilizar ese tipo y cantidad de combustible.

---

<sup>145</sup> En <http://www.ceamse.gov.ar/plantas-de-tmb/>



Asimismo, se debe contemplar la posibilidad de producir combustible de bajo poder calórico para otros usos, dados la composición heterogénea, el alto contenido de humedad y la gran cantidad de materiales no aptos para la valorización térmica eficiente y segura.

Finalmente, se puede considerar que gran parte del remanente se puede utilizar para producir energía en una planta de Waste to Energy.

Además, cómo se vio en el Capítulo 4, en las plantas de tratamiento mecánico/físico, a través del bio-secado se puede reducir el peso y volumen de los residuos evaporando un gran porcentaje de su humedad y se estabilizando la materia orgánica.

Las limitaciones más importantes estarán referidas siempre al contenido de cloro, por razones de funcionamiento estable y conservación de las instalaciones, y de mercurio y metales pesados por razones ambientales.

Para el caso de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales y lixiviados. Existen distintas opciones de valorización energética de los mismos, como la producción de biogás entre otras, pero en este trabajo analizamos la posibilidad de incineración de los lodos secos. También es posible la obtención de compost a partir de los mismos. Es decir, tanto los líquidos residuales de saneamiento como los líquidos provenientes de los RSU pueden ser utilizados y depurados en casi su totalidad.

Finalmente, existe la posibilidad de valorización térmica para NFU desechados. Cómo se vio en el Capítulo 4, dependiendo de su tamaño los NFU de vehículos familiares y utilitarios contienen fracciones de biomasa de 17% a 20%, mientras los NFU de camiones contienen fracciones de biomasa de 28% a 30%. Los componentes de biomasa de los neumáticos incluyen caucho natural, rayón y ácido esteárico.

Dada su composición estos materiales son de un poder calorífico inferior muy importante para lo que es el universo de residuos (Del orden de las 7.000 kcal/kg), por lo que la totalidad de los NFU desechados podrían ser utilizados



como combustible en diversas industrias, con una alta eficiencia de conversión y simplicidad operativa.

## CÁLCULO DE LA POSIBLE REDUCCIÓN DE VERTIDO DE RESIDUOS

El siguiente es un detalle de la composición porcentual de los residuos enviados a la CEAMSE desde CABA en el año 2015 y surge de una investigación llevada adelante entre la CEAMSE, GCBA y la Facultad de Ingeniería de la UBA<sup>146</sup>.

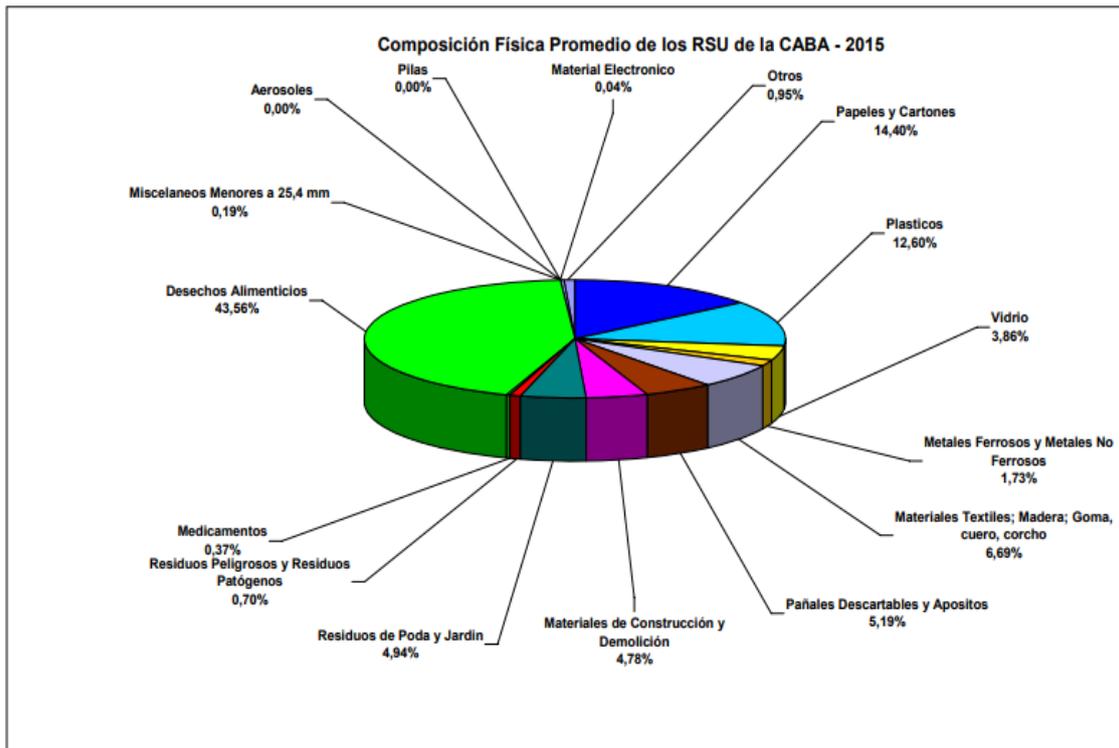
Cabe destacar que en todo el análisis que se detalla a continuación, los porcentajes mostrados corresponden a “porcentajes en peso”. Teniendo en cuenta lo dicho, es muy importante considerar que las enormes diferencias de densidad hacen que hablar de la participación porcentual en peso de un producto de 1 t/m<sup>3</sup> (escombros de obras civiles) de densidad se trate de un volumen de residuos del orden de 10 veces que la misma participación de un residuo de 0,1 t/m<sup>3</sup> de densidad (Bolsas plásticas).

A continuación se muestran los datos del trabajo:

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Papeles y Cartones	14,40
Plástico	12,60
Vidrio	3,86
Metales ferrosos	1,29
Metales no ferrosos	0,44
Materiales textiles	4,65
Madera	1,05
Goma, cuero, corcho	1,00
Pañales descartables y apósitos	5,19
Materiales de Construcción y Demolición	4,78
Residuos de Poda y Jardín	4,94
Residuos Peligrosos	0,28
Residuos Patógenos	0,41
Medicamentos	0,37
Desechos alimenticios	43,56

<sup>146</sup> Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - 2015 - Informe Final - Facultad de Ingeniería de UBA. DIRECTORES DEL ESTUDIO: Mg. Ing. Néstor Fernando GIORGI; Ing. Marcelo ROSSO. En <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/I.Final-ECRSU-CABA-FIUBA-2015-NOV-16.pdf>

Misceláneos Menores a 25,4 mm	0,19
Aerosoles	0,00
Pilas	0,00
Material Electrónico	0,04
Otros	0,95
<b>TOTALES</b>	<b>100,00</b>
<b>Peso Volumétrico (tn/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,36</b>



El estudio avanza en la determinación del porcentual de residuos potencialmente reciclables, y lo establece en el 11,46 %.

Asume que los materiales a considerar para este cálculo son esencialmente los siguientes: PAPELES Y CARTONES (entre ellos: diarios y revistas, papel de oficina, papel mezclado y cartones), PLÁSTICOS (PET, PEAD y PEBD), VIDRIOS (blanco, ámbar y verde de envases y botellas), METALES FERROSOS y METALES NO FERROSOS.

Luego, lleva a cabo una estimación de los residuos que son potencialmente compostables e indica que se llegaría hasta el 42%.

Lo determina con materiales provenientes de: DESECHOS ALIMENTICIOS, RESIDUOS DE JARDIN Y PODA, MADERA, MATERIAL DE



TAMAÑO MENOR A 63,5 mm (materiales retenidos con zarandas de los siguientes pasos menor a 25,4 mm, entre 25,4mm y 63,5 mm, y menor a 63,5 mm).

Finalmente avanza en una estimación de los materiales potencialmente valorizables energéticamente tomando en cuenta su poder calorífico y contenido de humedad. Los componentes analizados fueron los siguientes:

- PAPELES Y CARTONES
- PLASTICOS
- MATERIALES TEXTILES
- MADERA
- PAÑALES Y APOSITOS DESCARTABLES
- DESECHOS ALIMENTICIOS
- RESIDUOS DE JARDIN Y PODA

Indica que se tomaron en cuenta tanto presencia porcentual de estos componentes como la presencia de contaminantes presentes en el flujo de los residuos. Es así que del total de residuos generados y recolectados llega a la conclusión que el 69 % sería material potencialmente valorizable térmicamente.

Si volvemos a la tabla original del estudio de porcentual de composición de los residuos provenientes de CABA, esos componentes llegan al 86,39% del total de los residuos en el año 2015, y un 69% del total de residuos son potencialmente valorizables energéticamente según el estudio.

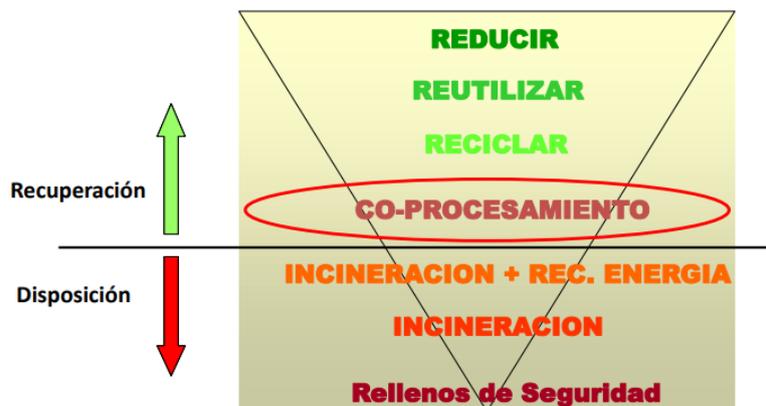
Si bien es cierto que no sería correcto extrapolar los porcentuales de composición de residuos de CABA al resto del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) que envía sus residuos a CEAMSE, sí se puede avanzar en una estimación con el supuesto de similitud de composición de los residuos con un margen de error pequeño.

Con ese fuerte supuesto y aceptando el margen de error, se podría decir que si del total de 17.400 tn diarias enviadas a CEAMSE se llegase a generar CDR (como generalización) por 2.610 tn diarias (15%), y se valorizan energéticamente por otros medios (sea incineración directa, CSR de bajo poder

calórico, u otros) un 54% equivalente a 9.396 tn diarias (69%-15%), **se podría avanzar en una reducción diaria de 12.006 tn diarias solo por valorización energética (69%).**

Se debe aclarar que la valorización energética compite en cierta medida con el reciclado y la reutilización de gran cantidad de componentes, por ello no se debería considerar como primera opción la incineración de todos los recursos cuyo valor de mercado pueda ser superior siendo reciclados o reutilizados. Es por esto que en la priorización y jerarquización de alternativas para la adecuada y sostenible gestión de los residuos, el uso en hornos de cemento (Coprocesamiento) es la última de las opciones de Recuperación, pero priorizable antes de cualquiera de las de Disposición, como se muestra en el siguiente esquema conocido como la “Pirámide Invertida”.

#### El co-procesamiento en la jerarquía de gestión de residuos



13

Según el estudio analizado, el 1,73% de los residuos totales provienen de metales y un 3,86% de vidrio (elementos que se indican como no valorizables energéticamente). Partiendo de una suposición de mínima de que un 50% de esos componentes fuera reciclable (en el estudio se indica que el porcentual de reciclado varía del 50% al 90% dependiendo del tipo de material), es decir un 2,795%, habría 486,33 tn diarias recicladas menos para enterrar.



Adicionalmente, considerando que todos los residuos pasibles de algún tipo de valorización térmica resultan en un 86.39% (15.382 t/d) según la suma de sus participaciones porcentuales sobre el total, y que los efectivamente considerados por sus mejores condiciones para tal fin representan el 69% (12.006 t/d), se asume:

- La diferencia entre ambos valores (3.376 t/d) podría estar compuesta de materiales con un Poder Calorífico muy bajo que haga dificultosa su valorización, pero con un componente orgánico que permita considerarlos como potencialmente compostables.
- Que de la diferencia mencionada, un 50% de los mismos (1.688 t/d) responda a las características necesarias para ser potencialmente compostables.

Considerando las hipótesis mencionadas, podría considerarse que habría unas 1.688 t/d que se destinarían a compostaje.

Finalmente, los Materiales de Construcción y Demolición se pueden triturar y transformar en áridos para la formulación de hormigón pobre (menor a H21), utilizable como contrapiso u otros usos no estructurales. Este volumen podría representar un 4,78%, equivalente a 831,72 t/d.

**En definitiva, en teoría se podrían reutilizar 12.006 t/d destinadas a Valorización Térmica + 486,33 t/d destinadas a Reciclado + 1.688 t/d destinadas a Compostaje + 831,72 t/d destinadas a Áridos de Hormigón= 15.012,05 t/d de RSU (un 86,28 % del total). Este ejercicio teórico y cualitativo, permitiría concluir que es posible reducir el volumen enterrado de 17.400 t/d a tan solo 2.387,95 t/d.**

El desarrollo anterior es una estimación con varios supuestos que en la actualidad resultan irreales, como el porcentual de compost, el de materiales reciclables de hierro y vidrio, y que la totalidad de los residuos provenientes de la construcción y demolición son reutilizables, pero sirve como idea del potencial de recursos existentes en los residuos, que a la fecha no son aprovechados y que tarde o temprano podrían ser valorizados bajo las



oportunidades propuestas por los desarrollos de Landfill Mining descritos en el Capítulo 8.



## **XV. FACTIBILIDAD ECONÓMICO-FINANCIERA.**

En este momento se propone hacer una aproximación a la posibilidad real de efectuar un proyecto de producción de CDR con los RSU de la CEAMSE y envío a los hornos cementeros de la provincia.

Como hemos visto, el precio que se paga por la energía en la industria del cemento, puede estimarse en el orden de los US\$ 20 por Gcal. Asimismo, hemos visto en el Capítulo 13 que el precio del CDR puesto en la cementera no debería superar el 30% del precio del combustible actualmente utilizado (US\$ 6/Gcal), en vista de las pérdidas de eficiencia por el cambio de combustible, las instalaciones de alimentación y dosificación de estos combustibles, los costos de la mano de obra necesaria para manejar el nuevo combustible y el costo de transporte interno y preparación de la planta.

Para llevar adelante este tipo de sustitución energética, las cementeras deberán invertir en modificar las instalaciones de acopio e inyección de combustibles alternativos sólidos.

Si bien existen infinidad de soluciones, sólo a modo de ejemplo, se requerirían las siguientes maquinarias<sup>147</sup>:

Precalcinador:

- Autoelevador:
- Pala Cargadora Frontal:
- Abridor de Fardos
- Balanzas dosificadoras
- Cinta de alimentación
- Válvula triple Pendular
- Iluminación
- Sistemas Auxiliares

Quemador Principal:

---

<sup>147</sup> J. Marcelo Santangelo / Ricardo E. Girolami: "Manejo y acondicionamiento de pasta residual de celulosa - Sustitución térmica en horno de cemento - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - INFORME DEFINITIVO" Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica y Naval. Trabajo Profesional (67.98)



- Sistema de descarga autónoma de camiones (Descargador hidráulico tipo cerealeras, equipos walking Floor, Celdas con reclaimers automáticos, celdas con sistema de extracción por pulpo manual o robótico, etc.).
- Silos o celdas de acopio de 2.000 m<sup>3</sup> de capacidad como mínimo.
- Dosificador giratorio
- Válvula rotativa
- Soplante
- Línea de transporte neumático hasta canalizaciones del Quemador Principal
- Sistemas Auxiliares

También, como hemos visto en el Capítulo 13, la inversión mínima necesaria para poner en funcionamiento una planta de CDR se compone de las siguientes maquinarias:

- Playa de recepción y acopio de materiales a procesar
- Pre-Triturador con capacidad mínima de 20 t/h
- Separador Magnético
- Cintas transportadoras de ancho y diseño adecuado para materiales de baja densidad
- Trommel o separador rotativo por granulometría
- Separador de Aire o separador por densidad con filtro y recirculación de aire
- Granulador de grilla variable (Desde 20mm hasta 80mm)
- Compactador o enfardador/embalador
- Equipos Auxiliares
- Iluminación
- Autoelevador
- Pala Cargadora frontal o pulpo
- Sistema de control operacional de planta
- Laboratorio de control de ingresos y de control de calidad de producto final (Equipamiento mínimo: Calorímetro, Detector de agua, Clorurímetro, Molino micronizador, Triturador de laboratorio, Espectrofotómetro de Plasma, balanzas de precisión, otros equipos menores)

En definitiva, si bien una simulación de análisis financiero simplificado de una empresa de producción de CDR se podría aproximar tomando como



ejemplo la inversión anunciada por ARX Arcillex S.A. de \$ 50.000.000 en abril del 2015, que al tipo de cambio de 8,87 \$/US\$ era cercana a US\$ 5.700.000, actualmente, es más realista suponer una inversión de orden de los US\$ 4.100.000 (AR\$ 82.000.000) para ese mismo modelo de planta. Recordamos los siguientes supuestos vistos en el Capítulo 6:

Las especificidades de la planta son:

- Capacidad de operación normal: 15 t/h
- Procesamiento previsto= 150 t/d de CDR
- Empleados: 15, en forma directa.

Rango de poder calorífico del CDR formulado.

- El PCI varía entre 4.000 a 5.000 Kcal/kg. Suponemos un PCI promedio de 4.300 Kcal/kg en el ejemplo.
- Es una producción diaria de 645.000.000 Kcal

Asimismo, como hemos visto en el Capítulo 13, la cantidad máxima demanda de CDR de 4.300 kcal/kg a la fecha es 290.626 Kg/d y será de 703.709 Kg/d al finalizarse el segundo horno de L'Amalí, demostrando que existe una oferta creciente, por lo cual es inminente la creación de nuevos mercados que incrementen la demanda del CDR.

Consideramos también otros ingresos vinculados con el cobro que se realiza a los municipios, generadores privados y depositarios de NFUs por el tratamiento de los residuos. Estos municipios, generadores y acopiadores de NFU corren con el costo de recogida y fletes hasta el playón de acopio.

Entonces, se considera que se obtendrían ingresos por el tratamiento y destrucción de RSU. En ese marco se sabe que el Municipio de La Plata pagó en el año 2017 un aproximado de \$/ton 325; y suponiendo un cobro del 90% de ese monto a los municipios que a la vez son exentos del IVA para ser competitivos, se asume que se recaudaría de esa fuente \$/ton 292,5. Por otro lado, los generadores privados y residuos del tipo de NFU pagaron en 2017



una tarifa de \$/ton 987,54 + IVA<sup>148</sup> a la CEAMSE. Nuevamente, se asume que para ser competitivos, se les cobraría una tarifa del 90% a los generadores privados y del 80% por los NFU (dado su poder calórico), es decir \$/ton 888,79 + IVA y \$/ton 790.03 + IVA respectivamente.

Suponemos que un 40% del CDR producido proviene de los residuos tratados originados por los municipios y son RSU, mientras que un 30% son provenientes de Generadores Privados y el otro 30% son NFUs.

Asimismo, trabajamos con el supuesto de que el 30% de los RSU municipales tratados son convertidos en CDR, el 90% de los residuos provenientes de Generadores Privados y el 100% de los NFU son capaces de ser transformados en CDR. Es decir, se reciben 200 t diarias de RSU municipales, 50 t diarias de residuos originados por generadores privados y 45 t diarias de NFU. Se supone además que la planta cuenta con un vertedero propio lindero, lo que le permite disponer los rechazos del proceso de preparación del CDR.

La fracción orgánica remanente y apta, es convertida en compost, se recicla o tiene otros usos. La porción más pesada se compone de áridos de construcción que son triturados y separados del hierro para ser utilizados como base de hormigón pobre (<H21). El sobrante se envía al vertedero. No se obtienen ingresos netos del compost y de reciclaje (los ingresos equiparan a los costos adicionales).

- En el ejemplo suponemos que todo el CDR que se produce se vende a un precio equivalente al 30% del gas o Pet Coke suplantado. Es decir, equivalen a US\$3.870 por día. Se supone un mes de 30 días (se trabajan 26 días) y un tipo de cambio del US\$ 1 = AR\$ 20.
- El costo del CDR se compone de la energía consumida que hemos visto en el Capítulo 13 una cantidad de 4,78 Gcal/d son 119,5 Gcal/mes. La Gcal se paga US\$ 20,675<sup>149</sup>.

---

<sup>148</sup> Fuente: <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/08/Microsoft-Word-Centros-Serv.-Horarios-y-Tarifas-IGOGP-03-AGO-17.pdf>

<sup>149</sup> Precio estimado de US\$ 5,21 / MMBTU para 2018 publicado por el Ministerio de Energía y Minería y visto en el Capítulo 4. Siendo que 1Gcal = 3,9683207 MMBTU, y tomando el precio estimado de US\$ 5,21 por MMBTU, sería de US\$ 20,675/Gcal.



- Los gastos operativos son los sueldos a los operarios de planta y gastos de mantenimiento y operación valuados en \$ 15.000 al mes.
- Amortización lineal en 10 años.
- Suponemos además una cantidad de empleados administrativos de 5.
- Se presume un sueldo promedio de \$35.000 por operario (operativo y administrativo).
- Otros gastos administrativos en \$15.000.
- En relación al transporte hasta el horno tenemos (en el caso de poder utilizar los transportes de las cementeras de regreso a los hornos este gasto se puede reducir o eliminar):
  - Volumen de residuos: 40 m<sup>3</sup>/viaje (40 fardos de 1m<sup>3</sup> cada uno)
  - Densidad CDR compactado: 0,4 t/m<sup>3</sup>
  - 16 t/viaje. Son aproximadamente 10 viajes/día.
  - Como vimos en el Capítulo 9, la distancia desde CEAMSE Norte III hasta Olavarría es de 389km (suponemos un trayecto similar). A modo de ejemplo del costo en \$ se conoce que la tarifa de referencia de la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas a febrero de 2018<sup>150</sup> por 389km y por tonelada es: \$/t 851,86. Dado que hablamos de 10 viajes diarios, 26 días al mes, estamos en cerca de 3.120 viajes al año. Suponemos una negociación del 75% de esa tarifa en el contrato de servicio de flete por aprovechamiento de viajes de retorno. Tarifa por 389km/t de \$/t 638,90, y tarifa diaria por 10 viajes: \$ 10.222,32
- Otros gastos comerciales en \$15.000.
- La empresa no es una sociedad incluida en el inciso “y)” del artículo 20 de la Ley del Impuesto a las Ganancias, por lo cual, si bien existe exención impositiva a la actividad, no se le aplica a la empresa. Tributa una tasa del 35%.

En ese marco, podemos analizar el siguiente detalle de Flujo de Fondos mensual en el cual se destaca, por sobre todo, que los gastos por “Fletes” dentro del rubro “Gastos de Comercialización”, vinculados exclusivamente al envío del CDR producido son superiores a los ingresos por la venta de ese CDR.

---

<sup>150</sup> Fuente: <http://www.catac.org.ar/pdf/Tarifa-Provincial-febrero2018.pdf>



<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	\$ 5.613.159,24
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 3.600.759,24
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 2.012.400,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	\$ -51.389,78
<b>.= Margen neto</b>	\$ 5.561.769,46
<b>.- Gastos operativos</b>	\$ -540.000,00
. – Sueldos	\$ -525.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -15.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -683.333,33
<b>.= Resultado bruto</b>	\$ 4.338.436,13
<b>.- Gastos administrativos</b>	\$ -190.000,00
. – Sueldos	\$ -175.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -15.000,00
<b>.- Gastos de comercialización</b>	\$ -2.672.803,20
. - Fletes	\$ -2.657.803,20
. - Otros gastos de comercialización	\$ -15.000,00
<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	\$ 1.475.632,93
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 683.333,33
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	\$ 2.158.966,26
.-Impuesto a las ganancias	\$ -516.471,52
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	\$ 1.642.494,74

Ese detalle no solo nos da una clara imagen de la importancia de la buena logística en este tipo de empresas, sino del aspecto primordial de la negociación con las empresas transportistas, del interés de promover el desarrollo de ferrocarriles de carga y de la necesidad absoluta de lograr un acuerdo con las empresas cementeras, por medio del cual, los fletes ociosos que regresan a sus hornos puedan llevar el CDR hasta los mismos.

Como nota especial, y corriendo una simulación sobre un análisis de sensibilidad vinculado a dicha variable, podemos ver que una empresa productora de CDR con estas características podría reducir el precio de venta del mismo incluso hasta a US\$ 1 por Gcal (o menos), si es que el costo del flete corriese por cuenta de la cementera. En otras palabras, se comprueba que los ingresos de la planta de preparación de CDR provienen de la venta por servicios de tratamiento y destrucción de RSU, dado que los ingresos por venta



del CDR son prácticamente equivalentes al costo de flete para entregarlos en la cementera.

<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	\$ 3.936.159,24
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 3.600.759,24
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 335.400,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	\$ -51.389,78
<b>.= Margen neto</b>	\$ 3.884.769,46
<b>.- Gastos operativos</b>	\$ -540.000,00
. - Sueldos	\$ -525.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -15.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -683.333,33
<b>.= Resultado bruto</b>	\$ 2.661.436,13
<b>.- Gastos administrativos</b>	\$ -190.000,00
. - Sueldos	\$ -175.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -15.000,00
<b>.- Gastos de comercialización</b>	\$ -15.000,00
. - Fletes	\$ -
. - Otros gastos de comercialización	\$ -15.000,00
<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	\$ 2.456.436,13
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 683.333,33
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	\$ 3.139.769,46
.-Impuesto a las ganancias	\$ -859.752,64
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	\$ 2.280.016,82

Es tan trascendente el costo del flete en esta industria, que el precio de venta del CDR debería ser de US\$14/Gcal para compensar ese costo y, de ese modo obtener un ingreso neto equivalente al ingreso que se alcanza con un CDR de US\$6/Gcal. Se puede apreciar en la siguiente tabla que con un ingreso mensual de \$4.695.600 por venta de CDR se compensarían los fletes de \$2.657.803 y se obtendría un ingreso neto de esa fuente de \$2.037.797, similar al ingreso obtenido por la venta de CDR a US\$6/Gcal. Es importante tener presente que el Flujo de Fondos final se ve impactado por un mayor impuesto a las ganancias, por lo cual la utilidad final no se incrementa en la misma proporción.

<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	\$ 8.296.359,24
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 3.600.759,24
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 4.695.600,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	\$ -51.389,78
<b>.= Margen neto</b>	\$ 8.244.969,46



.- Gastos operativos	\$ -540.000,00
. - Sueldos	\$ -525.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -15.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -683.333,33
<b>.= Resultado bruto</b>	<b>\$ 7.021.636,13</b>
.- Gastos administrativos	\$ -190.000,00
. - Sueldos	\$ -175.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -15.000,00
.- Gastos de comercialización	\$ -2.672.803,20
. - Fletes	\$ -2.657.803,20
. - Otros gastos de comercialización	\$ -15.000,00
<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	<b>\$ 4.158.832,93</b>
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 683.333,33
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	<b>\$ 4.842.166,26</b>
.-Impuesto a las ganancias	\$ -1.455.591,52
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	<b>\$ 3.386.574,74</b>

Haciendo otro análisis de sensibilidad, podemos ver que la evolución de las utilidades se ve también afectada por la calidad del CDR (nivel de calorías aportado) y por el precio que se puede cobrar por el servicio de tratamiento de residuos (en abril de 2018 CEAMSE publicó la nueva escala de tarifas<sup>151</sup>, siendo de \$/ton 1.076,42 +IVA a generadores privados).

Del mismo modo, influye en menor medida el tipo de cambio, el valor de los salarios, y posteriormente el costo de la energía en planta.

El siguiente sería un análisis del Flujo de Fondos mensual con un PCI de 3.000 Kcal/Kg de CDR, precio de venta del CDR de US\$ 2 por Gcal y fletes a cargo de la cementera, manteniendo sin variantes los otros aspectos de la empresa:

<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	<b>\$ 4.068.759,24</b>
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 3.600.759,24
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 468.000,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	<b>\$ -51.389,78</b>
<b>.= Margen neto</b>	<b>\$ 4.017.369,46</b>
.- Gastos operativos	\$ -540.000,00

<sup>151</sup> Fuente: <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2018/04/Centros-Serv.-Horarios-y-Tarifas-IGOGP-03-ABR-18.pdf>



. - Sueldos	\$ -525.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -15.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -683.333,33
<b>.= Resultado bruto</b>	<b>\$ 2.794.036,13</b>
. - Gastos administrativos	\$ -190.000,00
. - Sueldos	\$ -175.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -15.000,00
. - Gastos de comercialización	\$ -15.000,00
. - Fletes	\$ -
. - Otros gastos de comercialización	\$ -15.000,00
<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	<b>\$ 2.589.036,13</b>
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 683.333,33
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	<b>\$ 3.272.369,46</b>
.-Impuesto a las ganancias	\$ -906.162,64
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	<b>\$ 2.366.206,82</b>

Como se puede apreciar, la posibilidad de negociar los gastos de transporte admite que incluso con un CDR de bajo poder calórico y con un precio muy bajo por Gcal generada se obtengan beneficios, sobre todo por el origen de los mayores ingresos que provienen del tratamiento mismo de los residuos.

Para un modelo anual (con los valores del ejemplo original), vemos lo siguiente:

	Año 1
<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	<b>\$ 67.357.910,88</b>
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 43.209.110,88
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 24.148.800,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	<b>\$ -616.677,36</b>
<b>.= Margen neto</b>	<b>\$ 66.741.233,52</b>
. - Gastos operativos	\$ -6.480.000,00
. - Sueldos	\$ -6.300.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -180.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -8.200.000,00
<b>.= Resultado bruto</b>	<b>\$ 52.061.233,52</b>
. - Gastos administrativos	\$ -2.280.000,00
. - Sueldos	\$ -2.100.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -180.000,00
. - Gastos de comercialización	\$ -32.073.638,40
. - Fletes	\$ -31.893.638,40
. - Otros gastos de comercialización	\$ -180.000,00



<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	\$ 17.707.595,12
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 8.200.000,00
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	\$ 25.907.595,12
.-Impuesto a las ganancias	\$ -6.197.658,29
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	\$ 19.709.936,83

La suma pagada en fletes no justifica la venta de CDR a hornos cementeros.

En un supuesto de fletes a cargo de la cementera, PCi de 4.300 Kcal/Kg del CDR, y precio de venta acordado de US\$ 1 por Gcal se destaca el siguiente flujo:

	Año 1
<b>.+ Ventas/ingresos (facturación)</b>	\$ 47.233.910,88
. + Servicios de tratamiento y destrucción de RSU y demás	\$ 43.209.110,88
. + Ingresos por venta de CDR	\$ 4.024.800,00
<b>.- Costo de mercadería vendida</b>	\$ -616.677,36
<b>.= Margen neto</b>	\$ 46.617.233,52
.- Gastos operativos	\$ -6.480.000,00
. - Sueldos	\$ -6.300.000,00
. - Gastos de mantenimiento	\$ -180.000,00
. - Depreciaciones y amortizaciones	\$ -8.200.000,00
<b>.= Resultado bruto</b>	\$ 31.937.233,52
.- Gastos administrativos	\$ -2.280.000,00
. - Sueldos	\$ -2.100.000,00
. - Otros gastos administrativos	\$ -180.000,00
.- Gastos de comercialización	\$ -180.000,00
. - Fletes	\$ -
. - Otros gastos de comercialización	\$ -180.000,00
<b>.= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	\$ 29.477.233,52
.+ amortizaciones y Depreciaciones	\$ 8.200.000,00
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	\$ 37.677.233,52
.-Impuesto a las ganancias	\$ -10.317.031,73
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	\$ 27.360.201,79

Con esta última simulación se puede comenzar con la factibilidad económica del negocio y efectuar mayores análisis vinculados, aspectos que veremos más adelante.

## ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



Para el punto de equilibrio económico (PEe) hemos visto que existen dos tipos de ingreso distintos, los provenientes del tratamiento de los residuos y los originados en la venta del CDR.

Los ingresos de tratamiento de residuos por tonelada, prorrateados por los porcentajes de composición del total de residuos que se reciben y asignados a la producción de 150 t de CDR diarios son, \$/tCDR 296,26 por Residuos provenientes de Generadores Privados, \$/tCDR 237,01 de acopiadores de NFU y \$/tCDR 390 de los municipios. Un total de \$ 923,27 por t de CDR producida. La elevada contribución marginal de los residuos municipales se explica porque diariamente por cada 200 t de residuos municipales tratados se obtienen 60 t de CDR, no así con los NFU, que su proporción es 1 a 1.

Los ingresos de la venta de CDR, (en este ejemplo el CDR tiene 4,3 Gcal/t (a un precio de US\$ 6/Gcal). Son \$ 516 por t.

Entonces el PVu (prorrateando en la contribución marginal dadas las distintas fuentes de ingresos) es de \$ 1.439,27.

Al mes se producen 3.900t de CDR.

En este planteo, Los costos fijos (CF) son de \$ 1.428.333,33 provenientes de Gastos Operativos, Depreciaciones y amortizaciones, Gastos Administrativos y Otros Gastos de Comercialización.

Los Costos Variables se obtienen del Costo de Mercadería Vendida y de los Fletes, alcanzando una suma de 2.709.192,08. Con 3.900 t de CDR producido, El Costo Variable Unitario alcanza la suma de \$ 694,66 por t.

Entonces  $PEe = CF / (PVu - CVu) = \$ 1.428.333,33 / (\$1.439,27 - \$694,66) = 1.918,24$  t de CDR producido al mes.

El Punto de equilibrio financiero (PEf) =  $CF / 1 - (CVu/PVu)$  nos indica el monto de ingresos por ventas necesarios para mantener en equilibrio la operatoria.



$$PEf = \$ 1.428.333,33 / 1 - (\$694,66 / \$1.439,27) = \$ 2.760.866,25$$

Los ingresos por ventas mensuales estimados son de \$ 5.613.159,24.

Si obtuviésemos los PEe y PEf para la opción de precio de venta del CDR de 4.300 Kcal/kg a 1 US\$/Gcal y el flete a cargo de la cementera, los mismos serían:

$$PEe = CF / (PVu - CVu) = \$ 1.428.333,33 / (\$1.009,27 - \$13,18) = 1.433,93 \text{ t de CDR producido al mes.}$$

$$PEf = \$ 1.428.333,33 / 1 - (\$13,66 / \$1.009,27) = \$ 1.447.228,08$$

Como nota al margen y en relación a la obtención de fondos desde la Provincia o municipios por la gestión de residuos, existen planes de subsidios para empresas que realicen actividades tendientes a reducir el volumen de residuos.

### **CÁLCULOS FINANCIEROS SOBRE LA FACTIBILIDAD DE LA INVERSIÓN:**

El valor actual (VAN) es una técnica que nos indica el valor presente de los flujos de fondos esperados de una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) la sumatoria de los flujos de caja futuros esperados y enfrentarlos con la inversión inicial. Si es positivo, se estima que el proyecto puede ser aceptado. Se suele tomar una tasa de corte realista que ejemplifique a otra opción posible de la inversión a efectuar (o en su defecto una tasa de plazo fijo de un período similar).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

- $V_t$  son los flujos de fondos positivos desde el momento de finalización de la inversión inicial.
- $t$  es el período considerado. Se dice que la sumatoria del VAN abarca desde el período 1 hasta el período  $n$ , que representa el número de períodos considerados.



- $I_0$  es la inversión inicial, en el momento 0.
- $k$  es la tasa de corte considerada, es una tasa de interés apropiada.

Para calcular el VAN debemos partir de algunos supuestos.

- Los ingresos anuales son constantes.
- Las Kcal generadas por el CDR son constantes.
- Los precios de venta y compra no varían en el tiempo.
- La capacidad instalada no varía.
- La tasa de amortización no varía por desgastes distintos a los supuestos.
- La tasa de corte para actualizar el VAN no varía en el tiempo y es igual al 24%<sup>152</sup> que es la TNA Plazo Fijo Digital BIP desde \$ 1.000.000 y más del Banco de la Provincia de Buenos Aires para depósitos a 365 días y más.
- La inversión solo ocurre en el período 0, y posteriormente todos los ejercicios tienen saldo positivo e igual al período 1.
- El plazo de vida de la inversión es de 10 años (un Período de Recupero de la Inversión generalmente utilizado).
- La empresa no es una sociedad incluida en el inciso “y” del artículo 20 de la Ley del Impuesto a las Ganancias, por lo cual, si bien existe exención impositiva a la actividad, no se le aplica a la empresa. Tributa una tasa del 35%.

Entonces, para el ejemplo original, de un CDR de 4.300 Kcal/kg, Precio de venta de US\$/Gcal de 6 y fletes a cargo de la empresa con una tarifa pagada de \$638,9 por t, el VAN de una planta de estas características será:

$$\begin{aligned} \text{VAN} = & (19.709.936,83/(1,24)^1) + (19.709.936,83/(1,24)^2) + \\ & (19.709.936,83/(1,24)^3) + (19.709.936,83/(1,24)^4) + (19.709.936,83/(1,24)^5) \\ & (19.709.936,83/(1,24)^6) + (19.709.936,83/(1,24)^7) + (19.709.936,83/(1,24)^8) + \\ & (19.709.936,83/(1,24)^9) + (19.709.936,83/(1,24)^{10}) - 82.000.000 = \mathbf{-9.430.845,11} \end{aligned}$$

Es un VAN negativo, lo que quiere decir que con esta tasa de corte y con ese período de tiempo de recupero, la inversión no es rentable.

<sup>152</sup> Tomada de [https://www.bancoprovincia.com.ar/CDN/Get/plazo\\_fijo\\_tasas\\_vigentes](https://www.bancoprovincia.com.ar/CDN/Get/plazo_fijo_tasas_vigentes)



Entonces nos queda preguntarnos cuál sería la tasa de corte que haría rentable la inversión. Esa tasa se conoce como Tasa Interna de Retorno (TIR) y es la tasa de corte que iguala el VAN a 0.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Pero obtener la TIR no es algo simple. Existen diversas maneras de lograr una aproximación a la tasa. Generalmente se realizan aproximaciones por tanteo. En este caso la TIR sería del 20,227%. Es una buena tasa para una inversión de esa magnitud y es mucho más cercana a una tasa de corte realista de inversiones similares.

Ello es así, porque la tasa del 24% tomada en el ejemplo, si bien es real, está subsidiada por características del cliente.

La tasa aplicada para no clientes es del orden del 13,50% por el mismo banco y publicada en las mismas condiciones (TNA). En este caso, si la inversión tiene un plazo a 10 años el VAN sería positivo y de \$22.847.351,87.

Finalmente, el Período de Recupero de la Inversión Descontado (PRID) es un método de evaluación de inversiones más dinámico y determina el momento de recuperación de los fondos invertidos, tomando en consideración los efectos del paso del tiempo sobre el dinero. Es un criterio de liquidez.

Su cálculo consiste en restar de la inversión inicial los flujos de fondos descontados año a año hasta que la inversión es completamente recuperada.

En la siguiente tabla se aprecia que con una tasa del 13,5% anual y con los mismos supuestos, el PRID es en el séptimo año:

Año	Flujo de fondos	Tasa descontada	Flujo descontado	Sumatoria anual
Año 1	\$ 19.709.936,83	1,135	\$ 17.365.583,11	\$ 17.365.583,11
Año 2	\$ 19.709.936,83	1,288225	\$ 15.300.073,22	\$ 32.665.656,33
Año 3	\$ 19.709.936,83	1,46213538	\$ 13.480.240,68	\$ 46.145.897,01
Año 4	\$ 19.709.936,83	1,65952365	\$ 11.876.864,08	\$ 58.022.761,09
Año 5	\$ 19.709.936,83	1,88355934	\$ 10.464.197,44	\$ 68.486.958,53



Año 6	\$ 19.709.936,83	2,13783985	\$ 9.219.557,22	\$ 77.706.515,75
Año 7	\$ 19.709.936,83	2,42644824	\$ 8.122.957,87	\$ 85.829.473,62

Sin embargo, para una tasa del 20%, el PRID sería en 10 años.

Año	Flujo de fondos	Tasa descontada	Flujo descontado	Sumatoria anual
Año 1	\$ 19.709.936,83	1,2	\$ 16.424.947,36	\$ 16.424.947,36
Año 2	\$ 19.709.936,83	1,44	\$ 13.687.456,13	\$ 30.112.403,49
Año 3	\$ 19.709.936,83	1,728	\$ 11.406.213,44	\$ 41.518.616,93
Año 4	\$ 19.709.936,83	2,0736	\$ 9.505.177,87	\$ 51.023.794,80
Año 5	\$ 19.709.936,83	2,48832	\$ 7.920.981,56	\$ 58.944.776,35
Año 6	\$ 19.709.936,83	2,985984	\$ 6.600.817,96	\$ 65.545.594,32
Año 7	\$ 19.709.936,83	3,5831808	\$ 5.500.681,64	\$ 71.046.275,96
Año 8	\$ 19.709.936,83	4,29981696	\$ 4.583.901,36	\$ 75.630.177,32
Año 9	\$ 19.709.936,83	5,159780352	\$ 3.819.917,80	\$ 79.450.095,12
Año 10	\$ 19.709.936,83	6,191736422	\$ 3.183.264,84	\$ 82.633.359,96

En último lugar, si realizamos el mismo análisis con otra de las opciones que hemos estado trabajando, es decir, el CDR de 4.300 Kcal/kg, Precio de venta de US\$/Gcal de 1 y fletes a cargo de la cementera, el VAN de una planta de estas características será:

$$\begin{aligned} \text{VAN} = & (27.360.201,79/(1,24)^1) + (27.360.201,79/(1,24)^2) + \\ & (27.360.201,79/(1,24)^3) + (27.360.201,79/(1,24)^4) + (27.360.201,79/(1,24)^5) \\ & (27.360.201,79/(1,24)^6) + (27.360.201,79/(1,24)^7) + (27.360.201,79/(1,24)^8) + \\ & (27.360.201,79/(1,24)^9) + (27.360.201,79/(1,24)^{10}) - 82.000.000 = \\ & \mathbf{18.736.331.05} \end{aligned}$$

Es decir, es un valor positivo y su TIR del 31,149%. Incluso con ese precio tan bajo del CDR, si se logran reducir los costos de transporte, la inversión es muy rentable.

Con una tasa del 24% el PRID es en el sexto año.

Año	Flujo de fondos	Tasa descontada	Flujo descontado	Sumatoria anual
Año 1	\$ 27.360.201,79	1,24	\$ 22.064.678,86	\$ 22.064.678,86
Año 2	\$ 27.360.201,79	1,5376	\$ 17.794.095,86	\$ 39.858.774,72
Año 3	\$ 27.360.201,79	1,906624	\$ 14.350.077,30	\$ 54.208.852,02



Año 4	\$ 27.360.201,79	2,36421376	\$ 11.572.642,99	\$ 65.781.495,01
Año 5	\$ 27.360.201,79	2,931625062	\$ 9.332.776,60	\$ 75.114.271,61
Año 6	\$ 27.360.201,79	3,635215077	\$ 7.526.432,74	\$ 82.640.704,35

En las siguientes tablas podemos ver la progresión de los 10 años del cálculo original y del ejemplo con un CDR a 1 US\$/Gcal y fletes a cargo de la cementera.



PRODUCCION	t/año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión</b>	<b>KAR\$</b>	<b>- 82.000</b>										
Ingresos por Servicio (Munic.)	KAR\$	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252
Ingresos por Servicio (Privados)	KAR\$	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865
Ingresos por Servicio (Neumat)	KAR\$	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092
Ingresos por Producto (RSU)	KAR\$	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660	9.660
Ingresos por Producto (RINE's)	KAR\$	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245
Ingresos por Producto (TDF)	KAR\$	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245	7.245
Costos Filios	KAR\$	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940
Costos variables	KAR\$	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510	32.510
<b>Flujo de Fondos Bruto</b>	<b>KAR\$</b>	<b>-</b>	<b>25.908</b>									
Amortización	KAR\$	-	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200
Flujo de Fondos s/Amortización	KAR\$	- 82.000	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708	17.708
Impuesto a las Ganancias	KAR\$	-	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198	6.198
<b>Flujo de Fondos NETO</b>	<b>KAR\$</b>	<b>- 82.000</b>	<b>19.710</b>									
Acumulado	KAR\$	- 82.000	62.290	42.580	22.870	3.160	16.550	36.260	55.970	75.679	95.389	115.099

PRODUCCION	t/año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Inversión</b>	<b>KAR\$</b>	<b>- 82.000</b>										
Ingresos por Servicio (Munic.)	KAR\$	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252	18.252
Ingresos por Servicio (Privados)	KAR\$	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865	13.865
Ingresos por Servicio (Neumat)	KAR\$	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092	11.092
Ingresos por Producto (RSU)	KAR\$	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610	1.610
Ingresos por Producto (RINE's)	KAR\$	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207
Ingresos por Producto (TDF)	KAR\$	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207	1.207
Costos Filios	KAR\$	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940	8.940
Costos variables	KAR\$	617	617	617	617	617	617	617	617	617	617	617
<b>Flujo de Fondos Bruto</b>	<b>KAR\$</b>	<b>-</b>	<b>37.677</b>									
Amortización	KAR\$	-	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200
Flujo de Fondos s/Amortización	KAR\$	- 82.000	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477	29.477
Impuesto a las Ganancias	KAR\$	-	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317	10.317
<b>Flujo de Fondos NETO</b>	<b>KAR\$</b>	<b>- 82.000</b>	<b>27.360</b>									
Acumulado	KAR\$	- 82.000	54.640	27.280	81	27.441	54.801	82.161	109.521	136.882	164.242	191.602



## PLANTA DE WASTE TO ENERGY

Para finalizar, de manera complementaria al análisis desarrollado, se puede también hacer una estimación de la instalación de una planta de Waste to Energy. Para avanzar en este aspecto, se debe comenzar con tener una idea del costo de instalación de una planta. Al respecto existe una estimación realizada por María Elena Díaz Barriga Rodríguez para la ciudad de Montevideo<sup>153</sup> en su tesis “Análisis costo-beneficio de una planta de waste to energy para Montevideo; y waste to energy en pequeñas islas”.

Si bien en este trabajo se estimó en US\$ 420 millones el costo de capital de la inversión sobre la base de plantas de reciente construcción de capacidad similar (por los datos de la instalación es de 46,21MW), vemos que en publicaciones del 2016 del World Energy Council (WEC)<sup>154</sup>, el costo del capital de la inversión o capital expenditure en inglés (CAPEX) para plantas de incineración de RSU es de 2.000 a 2.300 US\$/Kw instalado. Sin embargo sería más acertado suponer un costo de 3.000 US\$/Kw dados los costos locales, lo cual nos llevaría a un costo de capital de inversión del orden de US\$ 138,62 millones; siempre suponiendo que la tecnología WtE tiene un diseño de alta calidad con horno de parrillas, pases verticales vacíos y una caldera vertical seguida de una limpieza semi-seca de los gases de combustión y una torre de 75m-80m.

Por otro lado esta evaluación supuso una plantilla de personal de 43 empleados (25 empleados operativos, 8 técnicos, 8 personal administrativo, 2 ejecutivos).

Tiene gastos de mantenimiento y operación de \$20.000 al mes y Gastos administrativos adicionales de \$20.000 al mes. Se consideran sueldos promedio de 35.000 al mes (incluidos los sueldos de los operarios del Landfill), gastos de comercialización de 15.000 al mes.

---

<sup>153</sup> María Elena Díaz Barriga Rodríguez: "COST-BENEFIT ANALYSIS OF A WASTE TO ENERGY PLANT FOR MONTEVIDEO; AND WASTE TO ENERGY IN SMALL ISLANDS". Columbia University. Department of Earth and Environmental Engineering. October 2011. [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Rodriguez\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Rodriguez_thesis.pdf)

<sup>154</sup> Fuente: <https://www.worldenergy.org/publications/2016/world-energy-resources-2016/>



En relación a la ceniza generada, se aprecia que una parte de ella es ceniza de fondo que en la UE se utiliza para la construcción de carreteras. Por otro lado, en los EE.UU., se usa como una cubierta en los vertederos, en lugar de suelo. En este caso se asume que la ceniza será utilizada como cobertura de vertedero y no generará ingresos. Destacan alrededor de 115.200 toneladas / año de cenizas (un 18% de las toneladas tratadas).

La capacidad de planta estimada considera una instalación de dos calderas (2 líneas) con la capacidad de tratar 40 t/h por línea, con 90% de disponibilidad (8.000 horas de operación por año), es decir, 640.000 t/año.

Asimismo se deberá construir un vertedero aledaño a la planta para disponer las cenizas generadas. El mismo tiene un costo de inversión de US\$ 5 millones (incluye la maquinaria vinculada) – AR\$100.000.000 –, tiene gastos mensuales de \$20.000 y requiere 6 operarios. No se reciben otros residuos en el vertedero más que la ceniza generada por la planta.

Los ingresos de planta son obtenidos por la venta de electricidad. Asimismo obtendría ingresos por el tratamiento y destrucción de RSU, los cuales pagan una tarifa de \$/ton 987,54 + IVA<sup>155</sup> para generadores privados en CEAMSE, les cobraría un 90% de ese valor, es decir \$/t 888,79. Por otro lado, el Municipio de La Plata pagó en el año 2017 un aproximado de \$/ton 325, y suponiendo un cobro del 90% de ese monto a los municipios que a la vez son exentos del IVA para ser competitivos, recaudaría \$/ton 292,5. Incinerando en una proporción de 70% RSU y 30% generadores privados, al año \$301.686.912.

Por su parte, por la disposición de las cenizas no se pagaría ni se cobraría más que el costo de mantenimiento y los sueldos asociados, se envían al vertedero propio.

## **GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD ESTIMADA**

---

<sup>155</sup> Fuente: <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/08/Microsoft-Word-Centros-Serv.-Horarios-y-Tarifas-IGOGP-03-AGO-17.pdf>



El poder calorífico de los RSU se estima en 2.455 Kcal/kg, es decir, 2,85 MWh/ton. Suponiendo que las pérdidas de calor en el horno, las cenizas y los gases de chimenea son del 15%, entonces el calor en vapor que ingresa a la turbina es equivalente a 2,4269 MWh por tonelada de desechos.

Suponiendo una temperatura de 400 °C y una presión de 40 bar para el vapor sobrecalentado, la eficiencia térmica de la turbina de vapor del sistema se estima en 28%. Por lo tanto, se generarían aproximadamente 0,67953 MWh de energía eléctrica por tonelada de desechos incinerados. Sin embargo, se estima que la planta consumiría el 15% de esta energía para uso propio, lo que implica que se enviarían 0,5776 MWh/ton a la red. Dado que se espera que la planta procese 640.000 t/año, la producción neta de electricidad anual de la planta propuesta es considerada en 369,66 GWh (de ahí que con 8.000 hs de operación al año tenga una potencia instalada de 46,21MW).

Como hemos visto en el Capítulo 12, al no estar este tipo de energía incluido en la Ley 26.190 y su modificatoria 27.191, su precio de mercado debería ser (en el mejor de los casos) similar al del producido por una planta de generación de electricidad por gas, aunque veremos que no es así.

El Precio de Mercado Definitivo determinado por CAMMESA<sup>156</sup> para el 26/03/2018 es de 240,00 \$/MWh. Pero la compra de energía de esta fuente no está tabulada. Por ello podría ser similar al precio pagado por generación de energía desde la biomasa estipulado en el Renovar 2 cercano a 145,00 \$/MWh (si bien solo una porción de los RSU son biomasa y otra proviene de residuos variados entre los que encontramos plásticos, gomas, entre otros). Es decir, a valores actuales serían \$53.601.268,68 al año.

Ingresos totales al año: \$301.686.912 + \$53.601.268,68 = \$355.288.180,68

Suponiendo una vida útil de planta y vertedero sin realizar inversiones de 25 años, pero una amortización lineal de 10 años (generalmente utilizada en este tipo de instalaciones para rendir el Impuesto a las Ganancias), tenemos en

---

<sup>156</sup> Fuente: <http://memnet2.cammesa.com/COSTPROV.NSF/MCOSTPROV?OpenFrameSet>



un detalle del Flujo de Fondos anual de los primeros 10 años y bajo el supuesto de no variación de ingresos, gastos y costos:

	AR\$
<b>Ventas/ingresos (facturación)</b>	355.288.180,68
- Costo de mercadería vendida	-
.- Gastos operativos Planta	- 10.740.000,00
. - Sueldos Planta	- 10.500.000,00
. - Gastos de mantenimiento Planta	- 240.000,00
.- Depreciaciones y amortizaciones Planta	- 277.247.941,47
.- Gastos operativos vertedero	- 2.760.000,00
. - Sueldos vertedero	- 2.520.000,00
. - Gastos de mantenimiento vertedero	- 240.000,00
.- Depreciaciones y amortizaciones vertedero	- 10.000.000,00
<b>.= Resultado bruto</b>	<b>54.540.239,21</b>
- Gastos administrativos	- 7.800.000,00
. - Sueldos	- 7.560.000,00
. - Otros gastos administrativos	- 240.000,00
- Gastos de comercialización	- 180.000,00
<b>= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	<b>46.560.239,21</b>
+ amortizaciones y Depreciaciones	287.247.941,47
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	<b>333.808.180,68</b>
.- Impuesto a las ganancias	- 16.296.083,73
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	<b>317.512.096,96</b>

Los siguientes años (últimos 15) tendrán el siguiente Flujo de Fondos Neto:

	AR\$
<b>Ventas/ingresos (facturación)</b>	355.288.180,68
- Costo de mercadería vendida	-
.- Gastos operativos Planta	- 10.740.000,00
. - Sueldos Planta	- 10.500.000,00
. - Gastos de mantenimiento Planta	- 240.000,00
.- Gastos operativos vertedero	- 2.760.000,00
. - Sueldos vertedero	- 2.520.000,00
. - Gastos de mantenimiento vertedero	- 240.000,00
<b>.= Resultado bruto</b>	<b>341.788.180,68</b>
- Gastos administrativos	- 7.800.000,00
. - Sueldos	- 7.560.000,00
. - Otros gastos administrativos	- 240.000,00
- Gastos de comercialización	- 180.000,00
<b>= Resultado operativo (o ganancias antes de intereses e impuestos, EBIT)</b>	<b>333.808.180,68</b>



+ amortizaciones y Depreciaciones	-
<b>= Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones (EBITDA)</b>	<b>333.808.180,68</b>
.-Impuesto a las ganancias	- 116.832.863,24
<b>.=Flujo de Fondos Neto</b>	<b>216.975.317,44</b>

La siguiente tabla nos muestra el VAN para 25 años con una tasa del 13,5%. Es un valor negativo que nos refleja la magnitud de la inversión (US\$ 138.623.970,73 + US\$ 5.000.000) \* AR\$/US\$ 20,00 = AR\$ 2.872.479.414,70 y de la baja tasa de recupero de la misma a pesar de los importantes ingresos anuales.

Año	Tasa de descuento	Tasa de descuento efectiva	Ingresos anuales en AR\$	Ingresos descontados en AR\$
0				\$ -2.872.479.414,70
1	1,135	1,135	317.512.096,96	\$ 279.746.340,93
2	1,135	1,288225	317.512.096,96	\$ 246.472.547,08
3	1,135	1,462135375	317.512.096,96	\$ 217.156.429,14
4	1,135	1,659523651	317.512.096,96	\$ 191.327.250,35
5	1,135	1,883559343	317.512.096,96	\$ 168.570.264,62
6	1,135	2,137839855	317.512.096,96	\$ 148.520.056,94
7	1,135	2,426448235	317.512.096,96	\$ 130.854.675,71
8	1,135	2,754018747	317.512.096,96	\$ 115.290.463,18
9	1,135	3,125811278	317.512.096,96	\$ 101.577.500,60
10	1,135	3,5477958	317.512.096,96	\$ 89.495.595,25
11	1,135	4,026748233	216.975.317,44	\$ 53.883.507,20
12	1,135	4,570359245	216.975.317,44	\$ 47.474.455,69
13	1,135	5,187357743	216.975.317,44	\$ 41.827.714,26
14	1,135	5,887651038	216.975.317,44	\$ 36.852.611,68
15	1,135	6,682483928	216.975.317,44	\$ 32.469.261,40
16	1,135	7,584619259	216.975.317,44	\$ 28.607.278,76
17	1,135	8,608542859	216.975.317,44	\$ 25.204.650,89
18	1,135	9,770696145	216.975.317,44	\$ 22.206.740,87
19	1,135	11,08974012	216.975.317,44	\$ 19.565.410,46
20	1,135	12,58685504	216.975.317,44	\$ 17.238.247,10
21	1,135	14,28608047	216.975.317,44	\$ 15.187.882,91
22	1,135	16,21470134	216.975.317,44	\$ 13.381.394,63
23	1,135	18,40368602	216.975.317,44	\$ 11.789.775,01
24	1,135	20,88818363	216.975.317,44	\$ 10.387.466,97
25	1,135	23,70808842	216.975.317,44	\$ 9.151.953,28
				\$ -798.239.939,77

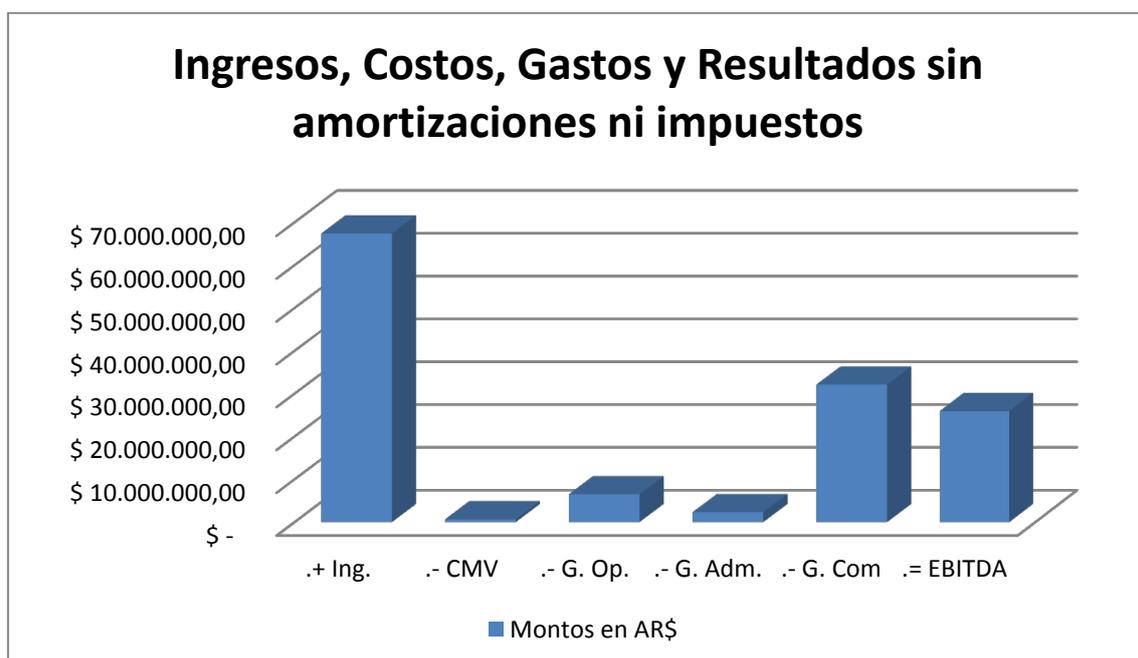
Al ser una inversión tan importante, para ser recuperada en 25 años la TIR debería ser del 8,5363% es decir, una tasa baja.

Si la actividad fuera exenta del impuesto a las ganancias (por ejemplo si la empresa estuviese dentro del Inc. “y”) del art. 20 de la Ley del Impuesto a las Ganancias), la TIR sería de 10,71%.

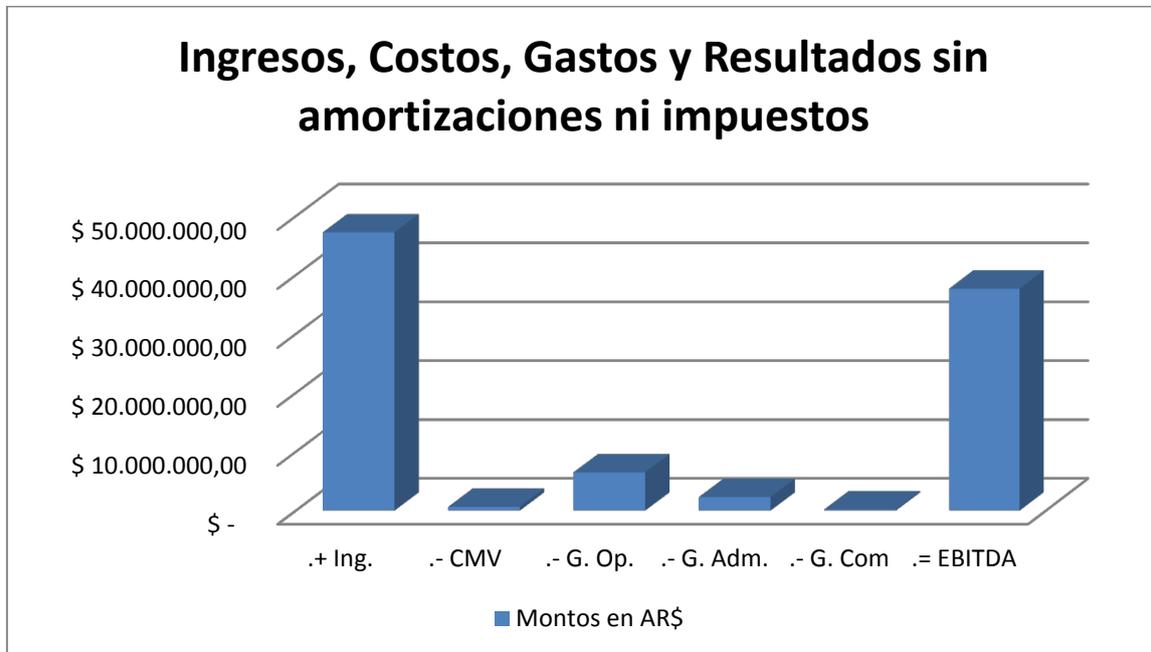
## FACTIBILIDAD ECONÓMICO-FINANCIERA

Este análisis nos ha dado una idea de las inversiones necesarias y de la rentabilidad de la industria en cuestión. Como se ha visto, dados los precios actuales del CDR por Kcal generada, las inversiones en este campo tienen un retorno competitivo en el mediano plazo.

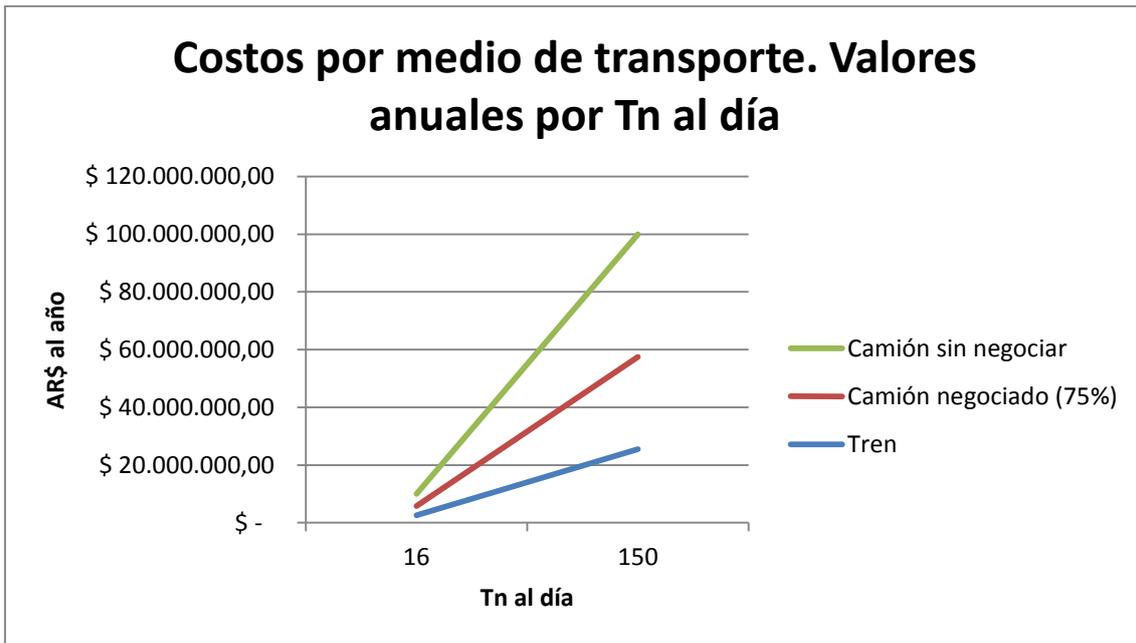
El principal desafío es el transporte del CDR hasta los hornos cementeros. De hecho, si el costo del flete es a cargo de la empresa productora, su precio supera el valor de venta a precios actuales (US\$6/Gcal), por lo cual es antieconómico efectuar tal flete. En el siguiente gráfico podemos ver un esquema comparativo de los ingresos, costos, gastos y resultados (sin incluir amortizaciones) del modelo original tratado en un esquema de producción de CDR.



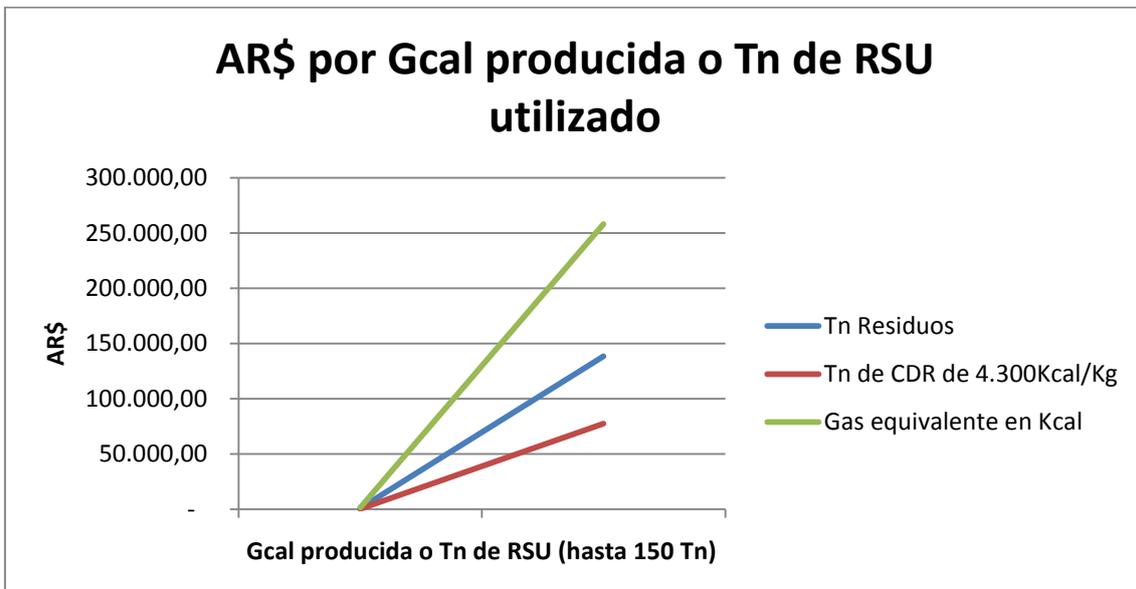
En el siguiente gráfico podemos ver la segunda opción trabajada, es decir gastos de flete a cargo de la cementera y precio de venta del CDR a US\$1/Gcal.



Del mismo modo, en el siguiente gráfico se aprecia el gasto anual en fletes, dependiendo de poder utilizar tren de cargas (60% del costo del camión, negociando el flete por camión en un 75% y sin negociar el mismo de acuerdo a los valores de CATAC). Es importante esta representación porque muestra cómo el precio del flete por fuente influye directamente en las posibilidades de llevar adelante un proyecto de estas características. Se distingue la evolución de llevar un camión al día de 16Tn hasta llegar a 16 camiones transportando toda la producción posible (150Tn) según el modelo desarrollado.



El siguiente gráfico nos da una imagen de los valores monetarios que representan, según el modelo analizado, las Tn de RSU y de otros residuos tratados para producir de 1 a 150 Tn de CDR, el valor que representa ese CDR a US\$6 por Gcal, y el valor equivalente de Gcal obtenidas de Gas a US\$20 la Gcal.

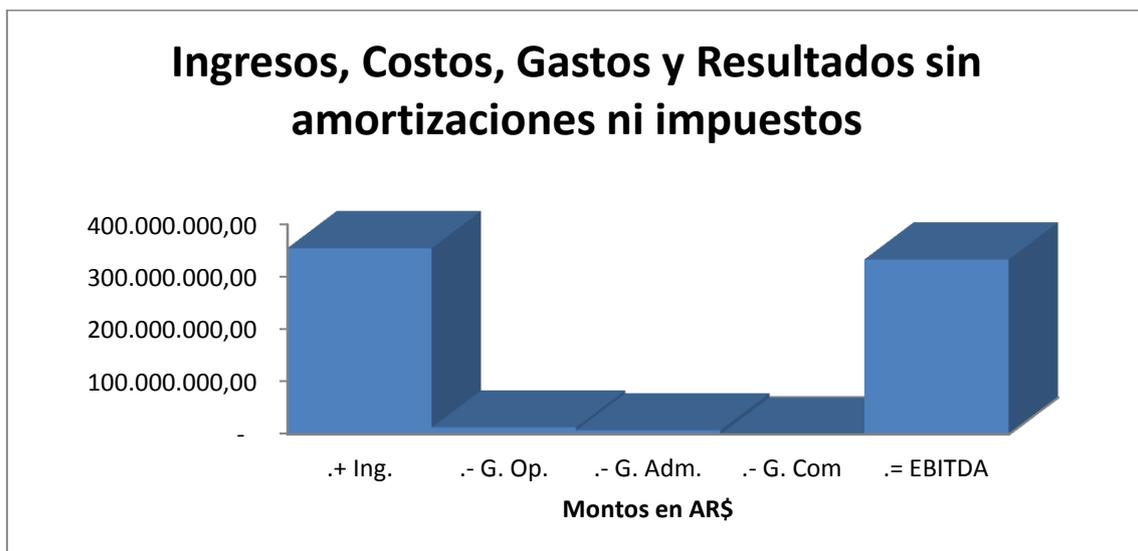


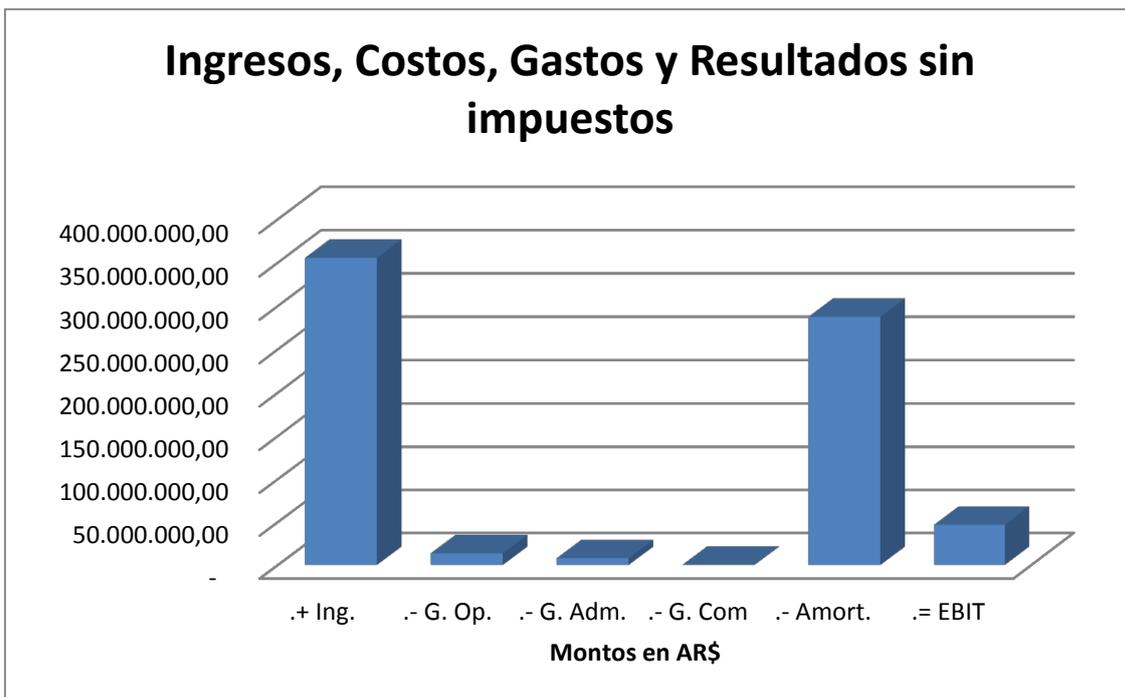
Finalmente, y para referirnos a la potencial utilización de CDR en el país, se verifica que es una fuente de energía en uso en el resto del mundo por la disponibilidad del recurso y por las posibilidades a mediano plazo de ayudar a

resolver otro problema como el de la reducción de los RSU enviados a disposición final.

Del mismo modo, las plantas de WtE, si bien son capaces de reducir considerablemente los residuos enviados a vertederos, tienen un muy elevado costo de instalación, un precio de venta de la energía producida bajo (posiblemente asimilable al de energía producida por biomasa) y tasas impositivas normales (a excepción de lograr de algún modo entrar en el inciso “y)” del artículo 20 de la Ley del Impuesto a las Ganancias), que dificultan su desarrollo por el sector privado, al menos con las mejores tecnologías analizadas. Tasas impositivas inferiores y mejores precios por tratamiento y destrucción de recursos, además de energía producida podrían incrementar el retorno de la inversión.

Podemos ver como se representan los Ingresos, gastos, costos y resultados en los siguientes gráficos. Se distingue que la inclusión de las amortizaciones modifica de modo sustancial el resultado, y son las mismas las cuales determinan la viabilidad del proyecto dado el abultado monto de la inversión original.





Finalmente, podemos decir que ambas, la producción de CDR como la instalación de plantas de WtE, son opciones en desarrollo que tendrán que considerarse aplicables en nuestro país en un futuro cercano.



## **XVI. CONCLUSIONES.**

Para finalizar este trabajo es importante hacer un repaso de las cuestiones que motivaron esta investigación.

En principio, la limitación del potencial energético ofrecido para la producción industrial y la actividad comercial determinan la necesidad de encontrar nuevas soluciones que sean posibles de ser llevadas adelante en el mediano plazo. Como asimismo la escasez en la oferta energética recurrente en los meses estivales e invernales de los últimos años que ocasiona paros en las industrias de gran demanda de energía.

También motivó este trabajo la reducida vida útil remanente de los centros de disposición final del AMBA.

En ese marco, y teniendo en consideración que existe una necesidad de generar mecanismos capaces de permitir adaptar la matriz energética a nuevas fuentes alternativas, y de ese modo se posibilite satisfacer una mayor demanda productiva con instrumentos que resulten económicamente sustentables se optó por investigar la producción del combustible denominado CDR destinado inicialmente a ser utilizado en la industria cementera, y asimismo se indagó sobre las tecnologías existentes tendientes a transformar RSU en energía térmica.

Bajo esa circunstancia se supuso que esa opción no solo sería viable, sino que podría incluso ser una solución para la otra temática presentada, referida a la escasa vida útil de los vertederos.

Es por ello que se plantearon una serie de objetivos al inicio de este trabajo:

### **SOBRE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS:**

#### **OBJETIVOS GENERALES:**

1. Conocer y proyectar la potencialidad de generación de energía térmica por medio de la denominada valorización energética de residuos sólidos urbanos en hornos cementeros.

En relación a este objetivo, y destacando la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía térmica, se verifica que la valorización energética de residuos puede acentuar la reducción del consumo e importación de gas natural y Coque de Petróleo, en virtud de ser éstos combustibles fósiles la principal fuente energética en hornos cementeros en la Argentina. Las siguientes tablas indican la potencialidad de reducción de consumo de combustibles fósiles (como m<sup>3</sup> de gas equivalentes) por sustitución térmica en los hornos ubicados en la Provincia de Buenos Aires. Visto en Capítulos 4, 7 y 13.

	Kcal/día	m <sup>3</sup> gas equivalentes
<b>Olavarría</b>	2.550.000.000	307.229
<b>Barker</b>	1.300.000.000	156.627
<b>L´ Amalí</b>	4.560.000.000	549.398
<b>L´ Amalí 2</b>	4.380.000.000	527.711
<b>San Jacinto 1</b>	2.640.000.000	318.072
<b>San Jacinto 2</b>	1.920.000.000	231.325

	Kcal/día	Sustitución Térmica en Kcal/d		m <sup>3</sup> gas equivalentes
		%		
<b>L´ Amalí</b>	4.560.000.000	12%	547.200.000	65.928
<b>San Jacinto 1</b>	2.640.000.000	15%	396.000.000	47.711
<b>San Jacinto 2</b>	1.920.000.000	15%	288.000.000	34.699
<b>TOTAL ACTUAL</b>	9.120.000.000		1.231.200.000	148.337
<b>L´ Amalí 2</b>	4.380.000.000	40%	1.752.000.000	211.084
<b>TOTAL FUTURO</b>	13.500.000.000		<b>2.983.200.000</b>	<b>359.422</b>

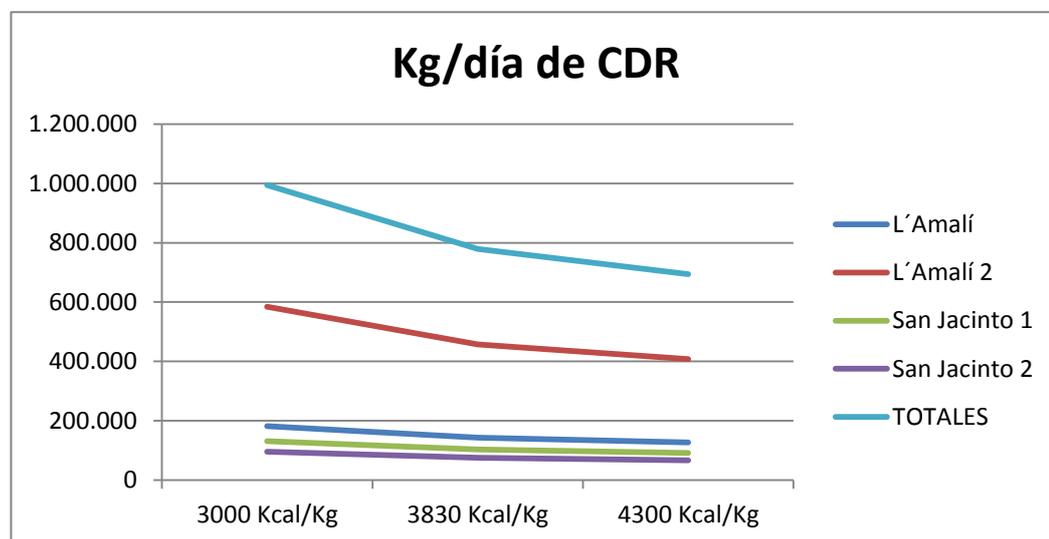
Y de realizarse más inversiones:

	Sustitución Térmica Kcal/d		m <sup>3</sup> gas equivalentes
	%		
<b>Olavarría</b>	20%	510.000.000	61.446
<b>Barker</b>	20%	260.000.000	31.325
<b>L´ Amalí</b>	22%	1.003.200.000	120.867
<b>L´ Amalí 2</b>	40%	1.752.000.000	211.084
<b>San Jacinto 1</b>	25%	660.000.000	79.518
<b>San Jacinto 2</b>	25%	480.000.000	57.831
<b>TOTAL POTENCIAL</b>			<b>562.071</b>

Se ha analizado la potencialidad de generación de energía térmica por medio del uso de CDR en hornos cementeros. Se conoce la capacidad actual y la potencialidad de generación de esta fuente de energía.

La siguiente tabla, y en el gráfico que continúa, nos indican la cantidad de Tn demandadas de CDR (dependiendo el nivel calórico del mismo) con los hornos actualmente en funcionamiento y con el segundo horno de L´Amalí que está actualmente en construcción.

	Kg/d de CDR		
	3000 Kcal/Kg	3830 Kcal/Kg	4300 Kcal/Kg
<b>L´Amalí</b>	182.400	142.872	127.256
<b>L´Amalí 2</b>	584.000	457.441	407.442
<b>San Jacinto 1</b>	132.000	103.394	92.093
<b>San Jacinto 2</b>	96.000	75.196	66.977
<b>TOTALES</b>	<b>994.400</b>	<b>778.903</b>	<b>693.768</b>



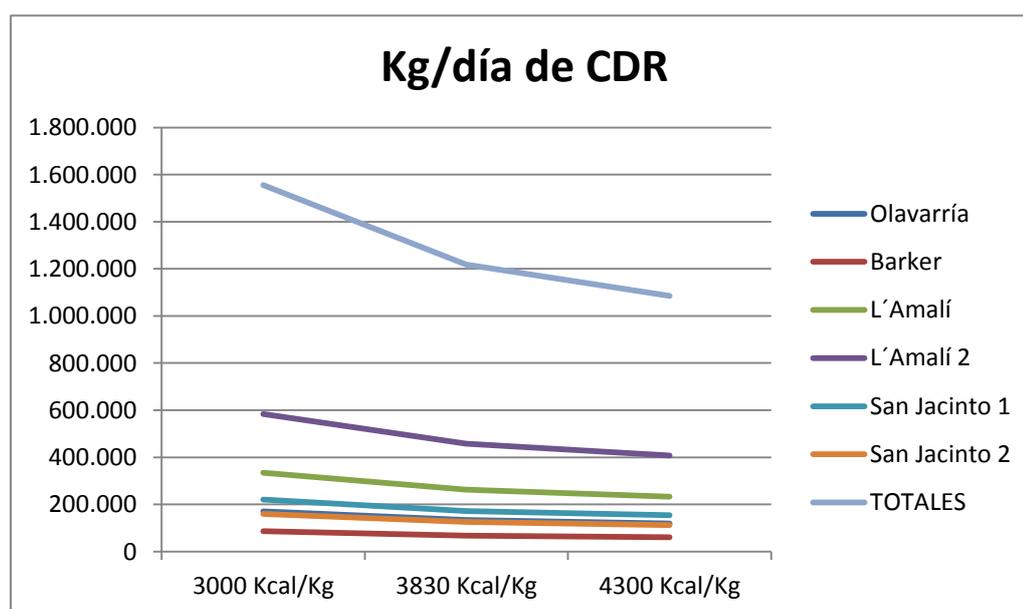
Finalmente, la tabla que continúa nos muestra el posible ahorro en dólares estadounidenses (diario y anual) dado un valor de compra del Petcoke de US\$20 por Gcal consumida, y asimismo, el posible precio pagado a un valor de US\$ 6 por Gcal consumida de CDR, evitándose de ese modo la importación del combustible.



	Sustitución Térmica Gcal/d		US\$/d	US\$ anual	US\$/d de CDR	US\$ de CDR anual
L´Amalí	12%	547,2	10.944	3.611.520	3.283,20	1.083.456
L´Amalí 2	40%	1.752,00	35.040	11.563.200	10.512,00	3.468.960
San Jacinto 1	15%	396	7.920	2.613.600	2.376,00	784.080
San Jacinto 2	15%	288	5.760	1.900.800	1.728,00	570.240
<b>TOTAL</b>				<b>19.689.120</b>		<b>5.906.736</b>

Por otro lado, de realizarse más inversiones, con los porcentajes anteriormente indicados para todos los hornos de la provincia, los consumos posibles de CDR dependiendo de las Kcal del mismo serían:

	Kg/d de CDR		
	3000 Kcal/Kg	3830 Kcal/Kg	4300 Kcal/Kg
<b>Olavarría</b>	170.000	133.159	118.604
<b>Barker</b>	86.666	67.885	60.465
<b>L´Amalí</b>	334.400	261.932	233.302
<b>L´Amalí 2</b>	584.000	457.441	407.442
<b>San Jacinto 1</b>	220.000	172.324	153.488
<b>San Jacinto 2</b>	160.000	125.326	111.628
<b>TOTALES</b>	<b>1.555.066</b>	<b>1.218.067</b>	<b>1.084.929</b>





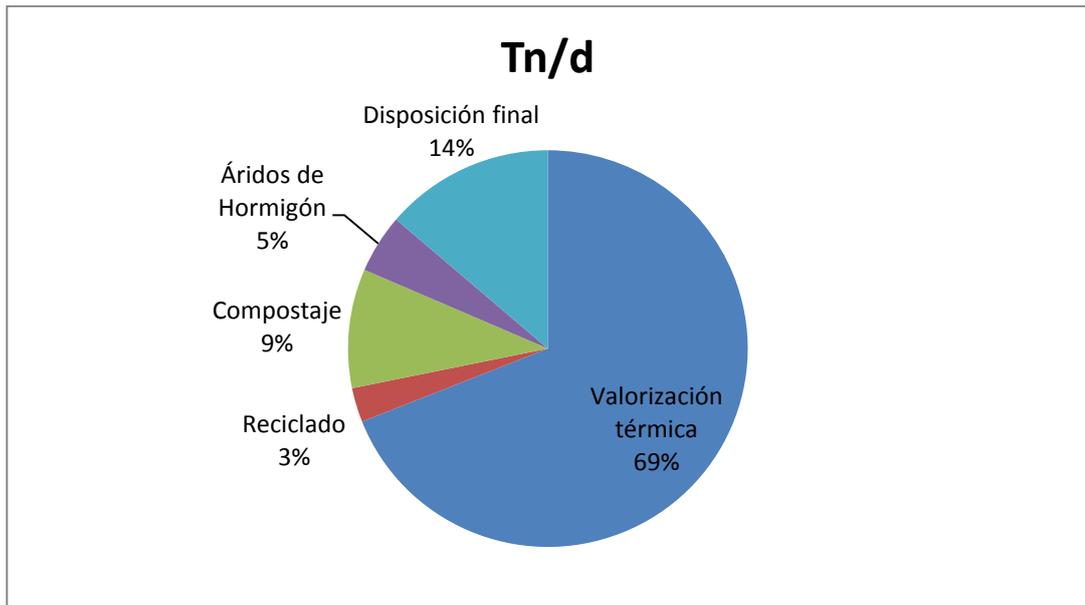
Como también la posibilidad de sustitución energética valuada en dólares:

	<b>Sustitución Térmica</b>			
	<b>US\$/d gas o Petcoke</b>	<b>US\$ anual gas o Petcoke</b>	<b>US\$/d de CDR</b>	<b>US\$ de CDR anual</b>
<b>Olavarría</b>	10.200	3.366.000	3.060	1.009.800
<b>Barker</b>	5.200	1.716.000	1.560	514.800
<b>L´Amalí</b>	20.064	6.621.120	6.019	1.986.336
<b>L´Amalí 2</b>	35.040	11.563.200	10.512	3.468.960
<b>San Jacinto 1</b>	13.200	4.356.000	3.960	1.306.800
<b>San Jacinto 2</b>	9.600	3.168.000	2.880	950.400
<b>TOTAL</b>		<b>30.790.320</b>		<b>9.237.096</b>

2. Estimar la posibilidad de reducción del volumen de residuos sólidos urbanos destinados a disposición final por ser derivados a valorización energética.

Se ha logrado estimar la posibilidad de reducción del volumen de residuos enviados a centros de disposición final de la CEAMSE tanto por la aplicación de valorización energética de RSU como de reciclaje y reutilización. Visto en Capítulo 15.

<b>DESTINO</b>	<b>Tn/d</b>
<b>Valorización térmica</b>	12.006,00
<b>Reciclado</b>	486,33
<b>Compostaje</b>	1.688,00
<b>Áridos de Hormigón</b>	831,72
<b>Disposición final</b>	2.387,95
<b>TOTAL</b>	<b>17.400,00</b>

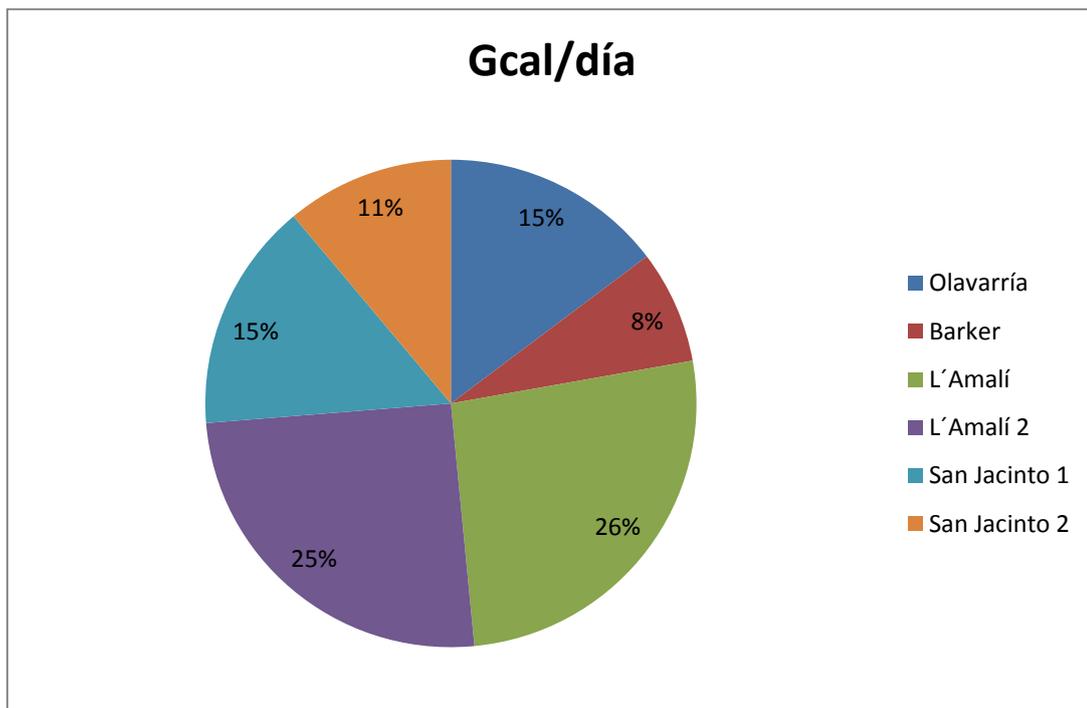


**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

6. Relevar y determinar la potencialidad de consumo térmico de los hornos cementeros instalados en la Provincia de Buenos Aires.

Se ha logrado determinar el consumo térmico de los hornos cementeros instalados en la Provincia de Buenos Aires. En la siguiente tabla se aprecia las cantidades consumidas por cada horno cementero, y en el gráfico que sigue el porcentual que cada horno insume sobre el total de consumo. Se puede precisar más al respecto en el Objetivo General N°1. Visto en Capítulos 4 y 7.

	<b>Gcal/día</b>
<b>Olavarría</b>	2.550
<b>Barker</b>	1.300
<b>L´Amalí</b>	4.560
<b>L´Amalí 2</b>	4.380
<b>San Jacinto 1</b>	2.640
<b>San Jacinto 2</b>	1.920
<b>TOTALES</b>	<b>17.350</b>



7. Incentivar el trabajo vinculado con la separación en origen de residuos sólidos urbanos.

Se ha visto en el desarrollo de la cadena de valor de la producción de CDR que existen muchas actividades que deben desarrollarse y que representan fuentes de trabajo, mayormente vinculados a tareas de separación, a fin de reducir el costo e incrementar la cantidad de CDR producido

La posibilidad de concebir a los RSU como recursos en lugar de desechos abre la puerta a nuevos mercados, más inversiones y usos alternativos de los mismos, en vistas de lo cual favorece el desarrollo de nuevas fuentes de trabajo con salarios superiores a los que actualmente se aprecian en la actividad. Visto en Capítulos 10 y 11.

8. Determinar las capacidades de logística vinculadas al transporte de residuos y de combustibles alternativos en la Provincia de Buenos Aires.



Se han logrado identificar los principales aspectos de la logística de CDR, entre los CDF y los hornos de cemento ubicados en la provincia. Del mismo modo se ha analizado la posibilidad de utilizar medios de transporte alternativos capaces de promover la exportación del CDR.

Sobre este punto hemos visto que, por un lado, dado el peso y la densidad del CDR los volúmenes a transportar son muy elevados en relación al poder calórico de los mismos. Por ello se requieren inversiones tendientes a incrementar su densidad como lo son la compactación, enfardado, pelletizado y briqueteado. Por otro lado, la necesidad de contar con medios de transporte que puedan trasladar la mayor cantidad de volumen posible también es un punto crítico (hemos visto los bitrenes, transportes con Walking-Floor, equipos Roll-Off y uso de trenes).

Como se ha comprobado en el Capítulo 16, los gastos más elevados para las empresas productoras de CDR provienen del flete hasta los hornos cementeros. La existencia de ferrocarriles de carga disponibles puede morigerar ese gasto haciendo posible el transporte hasta los hornos. El desarrollo de alianzas estratégicas con las cementeras a fin de utilizar sus fletes ociosos hasta los hornos también es una opción importante. En Capítulos 9 y 16.

9. Incrementar la vida útil de los centros de disposición final ubicados en la Provincia de Buenos Aires.

Se consideró inicialmente que por intermedio de la valorización energética de RSU se podría contribuir a la disminución de su envío a las celdas de disposición final.

Se logró comprobar que la valorización energética podría reducir los RSU enviados a disposición final de manera drástica, por lo cual, de ese modo es factible incrementar la vida útil remanente de los centros de disposición actualmente en uso.



De ser posible reducir en un 86,28% los residuos enviados a disposición final como se sostiene en el Capítulo 15, en ese mismo porcentaje se acrecentaría la vida útil.

10. Analizar y cuantificar la reducción de las necesidades de importación de Coque de Petróleo y/o Gas Natural para uso en cementeras, debido a la valorización de residuos sólidos urbanos.

Se realizó el cálculo de las Gcal consumidas diariamente por los hornos de cemento, y de los porcentajes de sustitución térmica posibles asociados, por lo cual se pudo determinar los m<sup>3</sup> de gas o Gcal producidas por Petcoke que podrían ser suplantados por las cementeras en sus hornos a fin de producir clínker, como así también el ahorro en términos monetarios (en US\$). Esto ha sido visto en el desarrollo del Objetivo General 1. En Capítulos 4, 7 y 13.

## SOBRE LA HIPÓTESIS PLANTEADA

En el Capítulo 2 se esbozó la siguiente hipótesis:

*Es posible lograr la valorización energética del 15% de los residuos sólidos urbanos del AMBA (Área Metropolitana del Buenos Aires) en hornos cementeros de la Provincia de Buenos Aires, contribuyendo a la reducción de la acumulación de residuos en el Conurbano Bonaerense y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, permitiendo asimismo la generación de trabajo en base a la denominada cadena de valor del Combustible Alternativo Derivado de Residuos Sólidos Urbanos.*

Al respecto, y para contrastar la hipótesis fundamental de este trabajo hemos visto:

- ❖ Qué es el cemento, cuál es su composición, y qué procesos y consumos energéticos son necesarios en su industria. Capítulo 2.



- ❖ Cuáles son los hornos actualmente disponibles en la Provincia de Buenos Aires, y qué características poseen. En qué porcentaje se puede realizar sustitución térmica de combustibles en esos hornos y cuál es la posibilidad de incrementar ese porcentual. Capítulos 7 y 13.
- ❖ Cuáles son los combustibles utilizados actualmente en su producción y cuál es la capacidad real de utilizar combustibles sucedáneos. Capítulos 4, 7 y 13.
- ❖ Qué son los RSU y qué legislaciones existen en el país para su tratamiento. Capítulos 8, 11 y 12.
- ❖ Cuáles son los combustibles provenientes de RSU. Capítulo 4.
- ❖ Qué es el Combustibles Derivados de Residuos (CDR) y cómo se fabrica. Capítulo 4.
- ❖Cuál es la potencialidad de generación de energía de los CDR y otros combustibles provenientes de RSU. Capítulos 4 y 13.
- ❖ Cuáles son los antecedentes de su aplicación en el resto del mundo y en el país. Qué empresas y bajo qué características ya lo desarrollan en el país. Capítulos 5 y 6.
- ❖ Cómo es el proceso y las características de utilización de combustibles derivados de residuos en la industria cementera, y en su defecto, en otras (como el Waste to Energy). Capítulos 4, 5, 10, 13.
- ❖Cuál es el valor de mercado del CDR y de los combustibles a suplantar. Capítulos 4 y 13.
- ❖ Detalle de los vertederos en la provincia y de la CEAMSE. Cantidades de residuos generados y enviados a disposición final. Tipos de plantas de tratamiento. Capítulo 8.
- ❖ Detalle de la logística actual de las empresas cementeras de la provincia. Detalle de las opciones posibles para transportar el CDR



producido cerca de los centros de disposición final hasta los hornos cementeros. Capacidades de transporte. Capítulo 9.

- ❖ Resumen de la cadena de valor de la producción de CDR. Identificación de los actores clave, de los valores agregados y de los factores críticos de éxito de la industria. Capítulo 10.
- ❖ Posibles implicancias sociales de la producción de combustibles desde RSU. Capítulo 11.
- ❖ Análisis de la factibilidad legal de producir combustibles desde RSU. Capítulo 12.
- ❖ Posible beneficio en ahorro energético dado el porcentual de generación y utilización de combustibles alternativos desde RSU, tanto en la industria del cemento como en otras. Capítulo 13.
- ❖ Detalle de las emisiones generadas por la industria del cemento y por la utilización de combustibles alternativos derivados de RSU. Capítulo 14.
- ❖ Descripción de las posiciones antagónicas a la industria de los CDR. Capítulos 5, 11 y 14.
- ❖ Posible beneficio en reducción de vertido de residuos por valorización energética de los mismos. Capítulo 15.
- ❖ Detalle de la factibilidad económico financiera de la industria de producción del CDR y de valorización energética de residuos por incineración. Capítulo 16.

Ello así, y luego de la investigación realizada, me permito afirmar que sería teóricamente posible lograr el porcentual del 15% indicado en la hipótesis de valorización energética de los RSU generados en el AMBA, es decir 2.610 t/d de RSU.

Sin embargo **no es posible realizar dicha valorización energética en los hornos cementeros de la Provincia de Buenos Aires, en vistas de que los porcentuales actuales de sustitución térmica llegan al orden de 1.231,2**

**Gcal/día lo cual equivale a 410,4 t/d de CDR de 3.000 Kcal/kg (un 2,36% del total de RSU enviados disposición final en CEAMSE) ó 286,3 t/d de CDR de 4.300 Kcal/kg (un 1,65%).** Por otro lado, es importante resaltar que considerando la inversión que se está desarrollando para construir el segundo horno de la planta L'Amalí en Olavarría, el nivel de sustitución térmica de los hornos alcanzaría las 2.983,2 Gcal/día por lo que se podrían llegar a consumir 994,4 t/d de CDR de 3.000 Kcal/kg (5,71%) ó 693,8 t/d de CDR de 4.300 Kcal/kg (3,99%).

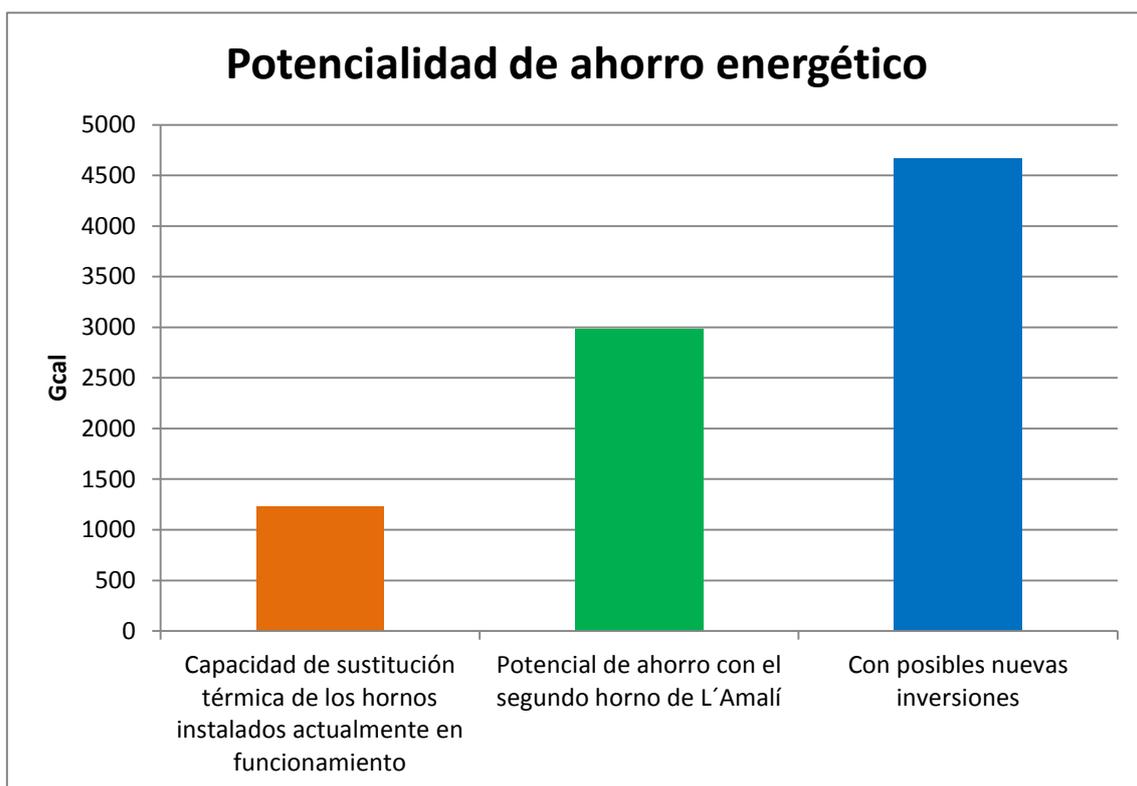
Bajo el supuesto de que se lleven adelante inversiones para incrementar el porcentual de sustitución térmica de los demás hornos cementeros de la provincia, y siguiendo las cantidades analizadas en el Capítulo 13, se podría llegar a alcanzar una sustitución de combustibles por 4.665,2 Gcal/día. Esto equivaldría a consumir 1.555 t/d de CDR de 3.000 Kcal/kg (un 8,94% del total de RSU enviados disposición final en CEAMSE) ó 1.085 t/d de CDR de 4.300 Kcal/kg (6,24%). Por lo mencionado entonces, se demuestra que el potencial máximo de consumo por parte de las cementeras, no lograría llegar al 15% supuesto en la hipótesis del presente trabajo.

<b>Consumo de CDR posible en Tn y % obtenido de RSUs enviados a CEAMSE</b>					
<b>Tn de RSU enviadas a disposición final en CEAMSE</b>					<b>17.400</b>
<b>3000 Kcal/Kg</b>		<b>3830 Kcal/Kg</b>		<b>4300 Kcal/Kg</b>	
<b>Tn/día</b>	<b>%</b>	<b>Tn/día</b>	<b>%</b>	<b>Tn/día</b>	<b>%</b>
410,40	2,36	321,46	1,85	286,33	1,65
994,40	5,71	778,90	4,48	693,77	3,99
1.555,07	8,94	1.218,07	7,00	1.084,93	6,24

Vinculado a las posibilidades de transporte de dicho CDR, hemos visto que existen distintos medios capaces de trasladar ese combustible desde los centros de disposición final (lugar en los cuales generalmente se produce el CDR) hasta los hornos de cemento de la provincia. Se destacan los fletes por camión de las empresas cementeras que regresan vacíos a sus plantas, y el transporte de cargas ferroviario, entre otros. Por otro lado, dada la muy baja densidad del producto, debemos afirmar que las mayores problemáticas de su traslado derivan de lograr el incremento de su densidad por distintos medios

como compactación, pelletización o briquetado (que en el mejor de los casos permitiría llegar a  $0,6 \text{ t/m}^3$  aproximadamente), entre otros, y de lograr aumentar la capacidad en  $\text{m}^3$  de transporte de los medios seleccionados.

En referencia al ahorro energético, hemos visto que, en relación a los hornos cementeros actualmente instalados y en funcionamiento, y sin realizar inversiones, el mismo puede llegar a 1.231,2 Gcal/día. Por otro lado, teniendo presente la construcción del segundo horno en la Planta L´Amalí, se podría llegar a un ahorro por sustitución térmica del orden de 2.983,2 Gcal/día; y en el supuesto de que se efectúen nuevas inversiones con porcentuales como los analizados, se podría llegar en el mediano plazo a un ahorro de 4.665,2 Gcal/día.



En relación a la reducción de enterramiento o disposición final de residuos, hemos visto que bajo algunos supuestos (estamos hablando de producir CDR y al mismo tiempo realizar WtE con el remanente capaz de ser valorizado energéticamente) se puede lograr una reducción de 12.006 t/d por valorización energética. Asimismo, manteniendo dichos supuestos y en conjunción con actividades de reciclado, compostaje y reutilización de áridos de hormigón se



puede lograr una reducción del volumen enterrado de 15.012,05 t/d de RSU (un 86,28% del total generado).

Considerando el esquema laboral, vemos que la cadena de valor permite la generación de trabajo organizada tendiente al reciclado, reutilización y a la valorización energética de RSU, teniendo siempre presente que se lo debe considerar un recurso y no un desecho. Es importante aclarar en este punto, que la enorme cantidad de residuos generados admite que las actividades puedan desarrollarse en conjunto y sin competir entre ellas por los mejores residuos.

Y, como temática adicional se puede afirmar que también existe la posibilidad de realizar valorización energética de RSU (y otros residuos como lodos de depuradora y NFUs) más allá de producción de CDR, es decir, por medio de plantas de incineración del tipo WtE, que son capaces de afectar la matriz energética y facilitar la reducción de residuos dispuestos en vertederos.

En definitiva se afirma que **se rechaza la hipótesis planteada** en base a los argumentos esgrimidos a lo largo de este trabajo, fundamentalmente porque resulta escasa la capacidad de sustitución térmica actualmente instalada en los hornos cementeros de la provincia y la esperable en el mediano plazo.

Del mismo modo, existen otras industrias además de la cementera, que pueden utilizar CDR, como la siderúrgica; aunque requieren mayor cantidad de Kcal/Kg. Es por ello que, a fin de avanzar en el afianzamiento de la industria de CDR, previamente se debe construir el mercado, y lograr que los posibles clientes encuentren ventajas en el consumo de CDR en lugar de otros combustibles, así como que los Generadores encuentren a esta solución como más sustentable para sus propios residuos.

Por ello no se descarta la idea de producir CDR y valorizar energéticamente los RSU, como una alternativa razonable, dadas las condiciones de consumo de los mismos. Se afirma que se puede producir CDR hasta no más de un 15% de los residuos crudos, es decir 2.610 t/d debido a la composición media de los mismos. Asimismo, con actividades de secado más eficientes y de bajo costo,



se podría llegar, en el mejor de los casos, al orden del 30% en peso de los residuos crudos, es decir 5.220 t/d de RSU procesados como CDR.

En relación a otras opciones de valorización energética, hemos visto que el porcentual de RSU capaces de ser valorizados energéticamente podría llegar hasta el 69%, si se avanzara en un esquema de inversión en plantas de WtE, considerando además que este tipo de tecnología admite las opciones de Mass Burning (Quema directa sin pre-tratamiento del RSU), uso de CDR o gasificación.

En referencia a la factibilidad económico-financiera de un proyecto de producción de CDR, se aprecia en el Capítulo 16 que se requieren inversiones de gran envergadura y que los mayores ingresos provienen del tratamiento de los residuos.

Asimismo, el costo del transporte es determinante y se requiere plantear una estrategia logística completa, que incluya a todos los actores y los medios posibles. El tren puede ayudar a reducir costos, pero es más importante lograr acuerdos con los clientes para compartir o eliminar este costo. De hecho, resulta de más provecho reducir el precio de venta del CDR si es que de ese modo se puede eliminar el costo del flete.

Es importante también la potencialidad energética del CDR, el tipo de cambio, la posibilidad de modificar el origen de la materia prima que compone al CDR, los salarios y el costo de la energía de planta.

Ello así, de ser factible reducir el costo del flete, y dentro de los horizontes de tiempo analizados, la inversión es rentable y tiene un VAN positivo y una TIR, que dependiendo de los supuestos, va de un 20% a un 31%.

Por otro lado y en el caso de una planta de WtE, la inversión es mucho más elevada como también lo es el período de análisis efectuado (de 25 años). Es fundamental tanto el precio que se cobra por tratamiento de residuos como la posibilidad de vender la energía producida a un precio de mercado superior al ofrecido actualmente para plantas de incineración de biomasa en el programa RENOVAR Ronda 2.



Con los supuestos planteados en el Capítulo 16, el VAN es negativo, y la TIR no alcanza el 9% en ese período.

Sin embargo, para las capacidades analizadas, los flujos de fondos son elevados y es una opción energética que deberá tenerse presente en el mediano plazo.

Finalmente, y para no dejar de lado un punto importante de esta investigación, existen externalidades negativas como las emisiones de la industria y las posibilidades de contaminación que han provocado grandes rechazos de distintas organizaciones de la sociedad civil, que hasta han logrado la sanción de leyes opuestas a la valorización energética de combustibles por incineración. Si bien estas externalidades son atendibles, es de destacar que se han logrado importantísimos avances tecnológicos y operativos en las fases de tratamiento de gases en la industria en general, por lo que debería ser exigible que dispongan e implementen las Mejores Tecnologías Disponibles (BTA's) para poder operar cualquier sistema de este tipo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Abad, E. et al. "Dioxin Abatement Strategies at the Municipal Waste Management plant of Tarragona (Spain)". *Environmental Science and Technology*. Vol. 36. 2002. pp. 92-99.
2. Abad, E. et al. "Improvements in the Dioxin Abatement Strategies at the Municipal Waste Management plant in Barcelona". *Chemosphere*. Vol. 50. 2003. pp. 1175-1182.
3. AFCP. Informe mensual de producción acumulada a diciembre de 2017. <http://www.actualizarmiweb.com/sites/afcp-com/publico/P201712/P201712.html>
4. AFCP. Publicación de capacidad instalada de la industria del cemento: <http://www.afcp.org.ar/index.php?IDM=58&mpal=2&alias=Capacidad-Instalada>
5. AFCP. Publicación del informe mensual acumulado de producción de cemento a diciembre de 2017: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/afcp-com/publico/P201712/P201712.html>
6. AFCP. Publicación sobre calidad del cemento. <http://www.afcp.org.ar/index.php?IDM=24&mpal=5&alias=Control-de-Calidad-del-Cemento>
7. AFCP. Publicaciones sobre la organización: <http://www.afcp.org.ar/>
8. Agrowaste. Publicación sobre digestión anaerobia: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>
9. Aliapur - Publicación sobre recuperación de neumáticos usados en Francia. <https://www.aliapur.fr/en/sector/retreading-tyres>
10. Allegheny Science & Technology (AS&T): "Biofuels and Bioproducts from Wet and Gaseous Waste Streams: Challenges and Opportunities" January 2017. Prepared for the U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Bioenergy Technologies Office. [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/09/f36/biofuels\\_and\\_bioproducts\\_from\\_wet\\_and\\_gaseous\\_waste\\_streams\\_full\\_report.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/09/f36/biofuels_and_bioproducts_from_wet_and_gaseous_waste_streams_full_report.pdf)
11. Argentinambiental.com. Publicación sobre Geocycle. <http://argentinambiental.com/notas/noti-empresas/ecoblend-se-renueva-ahora-geocycle/>
12. Arjona Torres, Miguel. Dirección estratégica: Un enfoque práctico. Díaz de Santos. Madrid. 1999.
13. Armengol Grau, Oriol Farré "Situación y potencial de valorización energética directa de residuos" Estudio Técnico PER 2011-2020. Madrid, 2011
14. Arx Arcillex S.A. Publicación sobre inauguración de planta de CDR. <http://ars.org.ar/wp-content/uploads/ARX-Info%CC%81n-Ba%CC%81sica-Planta-CSR-FL-080816.pdf>
15. Arx-Arcillex. Publicación sobre inauguración de planta de CDR: <http://ars.org.ar/noticias-nacionales/arx-arcillex-s-a-inauguracion-de-la-planta-de-formulacion-de-combustible-solido-recuperado/>
16. Asociación de Empresas de Valorización Energética de R.S.U. Publicación sobre valorización energética. <http://www.aeversu.org/index.php/es/noticias/196-el-no-a-todo-nos-lleva-a-la-nada>
17. ASTM International. Publicación sobre estándares. <https://www.astm.org/Standards/D6866.ht>
18. Babcock & Wilcox Vølund. Publicación sobre construcción de planta de WtE: <https://stateofgreen.com/en/profiles/babcock-and-wilcox-voelund/solutions/world-s-largest-waste-to-energy-power-plant>
19. Banco de la Provincia de Buenos Aires. Tasas vigentes: [https://www.bancoprovincia.com.ar/CDN/Get/plazo\\_fijo\\_tasas\\_vigentes](https://www.bancoprovincia.com.ar/CDN/Get/plazo_fijo_tasas_vigentes)
20. Camargo, Y. & Vélez, A. "Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios" Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales- GIMSA. Instituto de Investigaciones Tropicales INTROPIC, Laboratorio No. 7. Universidad del Magdalena. Carrera 32 No. 22-08, Santa Marta-Colombia. <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Emisiones%20de%20biog%C3%A1s%20producidas%20en%20rellenos%20sanitarios.pdf>
21. CAMMESA, publicación de precios a febrero de 2018. [http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios\\_de\\_combustibles.html](http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios_de_combustibles.html)
22. CAMMESA. Publicación del MEM: <http://memnet2.cammesa.com/COSTPROV.NSF/MCOSTPROV?OpenFrameSet>
23. Campos Avella, Juan Carlos Dr., Quispe Oqueña, Enrique Ciro Msc. y Otros.: "Ahorro De Energía En La Industria Del Cemento". Universidad del Atlántico y Universidad Autónoma de Occidente. Colombia. <http://www.Si3ea.Gov.Co/Portals/0/Gie/Procesos/Cemento.Pdf>
24. Cañuelasnews.com. Publicación sobre bitrenes. <http://www.canuelasnews.com.ar/actualidad/2018/3/18/loma-negra-comienza-utilizar-bitrenes-520.html>
25. Capmas, A. "The French Cement Industry experience in the use of waste fuels". 5th Colloquia of managers and technicians of cement plants. ATHIL. Sevilla. Febrero, 2003.
26. CEAMSE. Publicación de datos sobre generadores privados: <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/08/Microsoft-Word-Centros-Serv.-Horarios-y-Tarifas-IGOGP-03-AGO-17.pdf>
27. CEAMSE. Publicación sobre planta de biogás: <http://www.ceamse.gov.ar/plantadebiogas/>



28. CEAMSE. Publicaciones sobre la empresa: <http://www.ceamse.gov.ar/quienes-somos/>
29. CEAMSE: Publicación estadística: <http://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>.
30. CEAMSE: Publicación sobre plantas de TMB: <http://www.ceamse.gov.ar/plantas-de-tmb/>
31. CEAMSE: Publicación sobre reciclaje: <http://www.ceamse.gov.ar/reciclaje/#>
32. CEMA. Publicación sobre la recuperación de residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria cementera. [http://www.flacema.org/images/stories/Articulos\\_MA/produccion20de20sostenible20de20cemento.pdf](http://www.flacema.org/images/stories/Articulos_MA/produccion20de20sostenible20de20cemento.pdf)
33. CEMA. Publicaciones sobre la organización: <http://www.fundacioncema.org/>
34. CemNet.com the home of International Cement Review. Publicación sobre DRF en India. Diciembre 2017. <https://www.cemnet.com/Articles/story/163019/rdf-production-and-utilisation-in-india.html>
35. Código Civil y Comercial de la Nación
36. Comisión Nacional del Transporte de Cereales, Oleaginosas y Afines. Tarifas 2018: <http://www.catac.org.ar/pdf/Tarifa-Provincial-febrero2018.pdf>
37. Constitución de la Provincia de Buenos Aires
38. Constitución Nacional
39. Decreto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires N° 639/GCABA/07, reglamentario de la Ley N° 1.854. [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg\\_tecnica/sin/normapop09.php?id=31157&qu=c&ft=0&cp&rl=1&rf=](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/sin/normapop09.php?id=31157&qu=c&ft=0&cp&rl=1&rf=)
40. Decreto de la Provincia de Buenos Aires N° 1215/10. Reglamentario de la Ley 13.529.
41. Decreto de la Provincia de Buenos Aires N° 3.395/96 Reglamentario de la Ley 5.965,
42. Decreto nacional 1.158/2.004. Gestión de residuos domiciliarios. Promulgación de la ley N° 25.916
43. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 332/91. DIRECTIVA 2000/76 / CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de diciembre de 2000 en la incineración de residuos.
44. Díaz Barriga Rodríguez, María Elena: "COST-BENEFIT ANALYSIS OF A WASTE TO ENERGY PLANT FOR MONTEVIDEO; AND WASTE TO ENERGY IN SMALL ISLANDS". Columbia University. Department of Earth and Environmental Engineering. October 2011. [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Rodriguez\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Rodriguez_thesis.pdf)
45. Diego Moratorio, Ignacio Rocco y Marcelo Castelli. "Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía". Universidad de Montevideo. Mayo 2012. [http://www.um.edu.uy/docs/10\\_conversion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos-en\\_energia.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/10_conversion_de_residuos_solidos_urbanos-en_energia.pdf)
46. Distancias marítimas en millas náuticas y mapas marítimos obtenidos desde <https://www.marinetraffic.com/es/voyage-planner/>
47. Economía Circular y Minería Urbana. "Planta de tratamiento mecánico biológico para recuperar materias primas y compost de la basura". <https://mineriaurbana.org/2014/07/08/planta-de-tratamiento-mecanico-biologico-para-recuperar-materias-primas-y-compost-de-la-basura/>
48. EDESUR. Tabla de cuadro tarifario. [http://www.edesur.com.ar/cuadro\\_tarifario.pdf](http://www.edesur.com.ar/cuadro_tarifario.pdf)
49. El Cronista. Publicación en: <https://www.cronista.com/brandstrategy/Cementos-Avellaneda-S.A.-anuncia-inversiones-en-el-pais-por-us-230-millones--20170922-0110.html>
50. El Cronista. Publicación en: <https://www.cronista.com/negocios/Loma-Negra-invierte-us-350-millones-para-aumentar-produccion-20171214-0036.html>
51. El Mundo.es. Publicación sobre incineradoras de residuos. <http://www.elmundo.es/comunidad-mexicana/2013/11/17/52865dda61fd3d38558b457b.html>
52. Enelsubte.com. Publicación sobre ampliación de trochas. <http://enelsubte.com/noticias/estudian-tender-un-ramal-de-trocha-ancha-para-cargas-entre-zarate-y-pilar/>
53. Energy Information Administration - Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels - U.S. Department of Energy. Renewable Information Team, Coal, Nuclear, and Renewables Division. "Methodology for Allocating Municipal Solid Waste to Biogenic and Non-Biogenic Energy" Washington, May 2007. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/historical/msw.pdf>
54. Entrevistas con el Ing. J. Marcelo Santangelo.
55. Entrevistas con Osvaldo Schütz. CEO de Loma Negra hasta dic. 2016.
56. EPA. Method 23: Determinations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans from stationary sources. Washington. 1989.
57. EURELCO. Publicación sobre vertederos en Europa. <https://www.eurelco.org/infographic>,
58. European Commission - Communication from The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions - "The role of waste-to-energy in the circular economy" - Brussels, 26.1.2017. COM (2017) 34 final. <http://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf>
59. European Commission. Publicación estadística sobre incineración: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Incineration\\_of\\_domestically\\_generated\\_waste\\_excluding\\_major\\_mineral\\_wastes\\_in\\_the\\_EU,\\_2014\\_\(1\\_000\\_tonnes\)-T5.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Incineration_of_domestically_generated_waste_excluding_major_mineral_wastes_in_the_EU,_2014_(1_000_tonnes)-T5.png)



60. European Commission. Publicación sobre energía renovable: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics/es](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics/es)
61. European Commission. Publicación sobre indicadores de manejo de residuos. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_management\\_indicators](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_management_indicators)
62. European Commission. Publicación sobre residuos municipales. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)
63. European Committee for Standardization, EN-1948-1,2,3:1996. European Standard, Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs. Brussels. 1996.
64. Fabrellas, B. et al. "First evaluation of PCDD/Fs releases to the atmosphere from the manufacture of cement in Spain". Organohalogen Compounds. Vol. 56. 2002. pp. 139-142.
65. Federación Argentina de Cartoneros y Recicladores. Publicación sobre la organización. <http://facyr.org.ar/>
66. Fernández, J. "La Basura como recurso energético. Situación actual y prospectiva en México", Boletín del Instituto de Investigaciones, Enero – Marzo 2011.
67. Ferroexpreso Pampeano. Publicaciones sobre la empresa. <http://www.scp.com.ar/ferroexpreso-pampeano.php>
68. Ferrosur Roca S.A. Publicación sobre datos generales de la empresa: <http://www.ferrosur.com.ar/nuestra-empresa.html>
69. FICEM. Publicaciones sobre la organización: <http://www.ficem.org/ficem/ique-es-ficem.html>
70. FLSmidth Institute. Proceso y Operación de los Sistemas de Hornos. <http://www.flsmidth.com/en-US/Industries/Cement/Operation/Alternative+fuels+solutions/Fuel+supply>
71. FLSmidth Institute. Publicación sobre la industria de cemento en china. "Can the Chinese cement industry help contribute to waste management?" Enero de 2017. <http://cement.flsmidth.com/h/i/317587119-can-the-chinese-cement-industry-help-contribute-to-waste-management>
72. Francés, Antonio. Estrategia Y Planes Para La Empresa: Con El Cuadro de Mando Integral. Editorial Prentice Hall. Pearson Education, México. 2006
73. Francisco J. André y Emilio Cerdá "Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas".- Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y Universidad Complutense de Madrid. [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Andre/publication/28148707\\_Gestion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_analisis\\_economico\\_y\\_politicas\\_publicas/links/09e4150bc899a42526000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Andre/publication/28148707_Gestion_de_residuos_solidos_urbanos_analisis_economico_y_politicas_publicas/links/09e4150bc899a42526000000.pdf)
74. Fundación Labein e IHOBE-Sociedad Pública de Gestión Ambiental. "Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones de aire". junio de 2005. Gobierno Vasco: [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es\\_guia/adjuntos/cemento.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es_guia/adjuntos/cemento.pdf)
75. GAIA. Publicación sobre la organización. <http://www.climatenetwork.org/profile/member/global-alliance-incinerator-alternatives-gaia>
76. GCBA. Publicación sobre los Puntos Verdes en: <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/separacion/donde-se-llevan-los-materiales-reciclables/puntos-verdes>
77. GCBA. Publicación sobre cooperativas de recicladores. <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/separacion/porque-debemos-separar/cooperativas-de-recicladores-urbanos>
78. GCBA. Publicación sobre residuos orgánicos. <http://www.buenosaires.gob.ar/agencia-de-proteccion-ambiental/residuos-organicos-0>
79. Gilvonio Alegría, Leoncio Rubén: "El ahorro de energía en la industria cementera como estrategia de la excelencia operativa". Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1743/1/Gilvonio\\_al.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1743/1/Gilvonio_al.pdf)
80. Giorgi, Néstor Mg. Ing. y Rosso, Marcelo Ing.: Directores del: "Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - 2015 - Informe Final" - Facultad de Ingeniería de UBA. <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/I.Final-ECRSU-CABA-FIUBA-2015-NOV-16.pdf>
81. Gobierno de Jujuy. Publicación sobre inversión de Holcim. <http://prensa.jujuy.gob.ar/2017/09/14/holcim-argentina-anuncio-una-inversion-de-un-millon-de-dolares-para-co-procesamiento-de-neumaticos-en-jujuy/>
82. Gobierno de Santa Fe. Publicación sobre recolectores urbanos. [http://www.santafeciudad.gov.ar/ciudad\\_inclusiva/programa\\_recolectores\\_urbanos\\_basura.html](http://www.santafeciudad.gov.ar/ciudad_inclusiva/programa_recolectores_urbanos_basura.html)
83. Google Maps. Imágenes aéreas
84. Google Maps. Mapas
85. Greenpeace. Publicación sobre incineración de combustibles. <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/Incineracion-y-rellenos-sanitarios/>
86. HEURA. Publicación sobre CO<sub>2</sub>. <https://heuramedioambiente.wordpress.com/page/28/>



87. HEURA. Publicaciones sobre la organización: "HEURA, Expertos en Medio Ambiente Industrial" <https://heuramedioambiente.wordpress.com/page/28/>
88. ICPA. Publicaciones sobre la organización: <http://www.icpa.org.ar/index.php>
89. Idarraga Pérez Faizully, Ossa Figueroa Oscar. "Diseño de la cadena de valor del reciclaje del plástico en la ciudad de Cali" Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, 2012 <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3022/1/TID00950.pdf>
90. Indexmundi. Publicación de precios internacionales del carbón al 24-01-2018. <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=carbon-colombiano>
91. Indexmundi. Publicación sobre producción de cemento. [http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/cement/cement\\_t22.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/cement/cement_t22.html)
92. Infobae. Publicación sobre envío de desechos a CEAMSE Norte III: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires>
93. Infobae. Publicación sobre incineración de basura: <https://www.infobae.com/sociedad/2017/10/21/buenos-aires-evalua-nuevamente-incinerar-la-basura/>
94. Infobae. Publicación sobre Loma Negra y Recycomb. <https://www.infobae.com/2010/06/14/521236-loma-negra-completo-la-compra-recycomb/>
95. Infobae. Publicación sobre Loma Negra y venta de acciones. <https://www.infobae.com/noticias/2017/11/01/loma-negra-recauda-casi-usd-1-000-millones-en-su-debut-en-wall-street/>
96. "Infobae. Publicación sobre reciclado en CABA: <https://www.infobae.com/opinion/2017/06/01/buenos-aires-ciudad-verde-2/>
97. "
98. Infobae. Publicación sobre rellenos sanitarios: <https://www.infobae.com/sociedad/2018/01/27/tapados-de-basura-en-cinco-anos-colapsa-el-sistema-de-rellenos-sanitarios-del-amba/>
99. Infonegocios.com. Publicación sobre Geocycle. <https://infonegocios.info/nota-principal/geocycle-el-nuevo-nombre-de-ecoblend-ya-quema-la-basura-de-100-empresas-en-argentina>
100. Intercement. Publicaciones sobre la empresa. <http://argentina.intercement.com/posts/historia>
101. INTI. Publicación sobre RSU. <https://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc85/inti6.php>
102. INTI. Publicaciones sobre capacitación e higiene laboral. <https://www.inti.gov.ar/tecnointi2013/CD/info/pdf/538.pdf>
103. Johannessen, L. M., (1999). Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK. Washington, D.C. U.S.A.
104. La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en el año 2013, mediante la Resolución 523/2013 resolvió que dentro del Manejo Sustentable de Neumáticos se incluye la recuperación energética,
105. Landfill.com. Publicación sobre landfill mining. <http://landfill.com.s109594.gridserver.com/landfill-mining-and-reclamation/>
106. Ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires N° 1.854. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.
107. Ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires N° 992/02
108. Ley de la Provincia de Buenos Aires 13.529 de RSU. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13592.html>
109. Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 11.720 de Residuos Especiales. <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf>
110. Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 11.723 Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf>
111. Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 13.757: creación del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) estableciéndolo como Autoridad Ambiental en la Provincia de Buenos Aires.
112. Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 14.838 adhiere a la Ley Nacional N° 26.190 y modificatoria Ley N° 27.191
113. Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 5.965. Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera del año 1958.
114. Ley nacional N° 23.922 Convenio de Basilea sobre Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos peligrosos y su Eliminación.
115. Ley nacional N° 24.051 de residuos peligrosos.
116. Ley nacional N° 24.295 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
117. Ley nacional N° 25.278 Convenio de Rotterdam sobre Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.
118. Ley nacional N° 25.279 Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión de Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, adoptada en Viena.



119. Ley nacional N° 25.438 Protocolo de Kyoto
120. Ley nacional N° 25.612 de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial, ley 24.051 del régimen legal de los Residuos Peligrosos, Ley 25.670 de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de PCBs -policlorobifenilos (Bifenilos Policlorados) y otros compuestos-, Ley 25.018 de régimen de gestión de residuos radioactivos.
121. Ley nacional N° 25.626 de prohibición de importaciones de las mercaderías individualizadas y clasificadas en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías, elaborado bajo los auspicios del Consenso de Cooperación Aduanero firmado en Bruselas.
122. Ley nacional N° 25.675 General del Ambiente
123. Ley nacional N° 25.916 Gestión Residuos Domiciliarios
124. Ley nacional N° 26.011 Convenio de Estocolmo. Promueve la eliminación de Contaminantes Orgánicos Persistentes. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/102996/norma.htm>
125. Ley nacional N° 26.190 y su modificatoria 27.191. Declaración de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/textact.htm>
126. Ley nacional N° 26.329 procedimientos para autorizar la importación de neumáticos remoldeados
127. Ley nacional N° 27.270 Acuerdo de París
128. Lic. Adrián Gutiérrez Cabello y Otros." Análisis del impacto de las tarifas de luz y gas en Análisis del impacto de las tarifas de luz y gas en los costos de los sectores productores de bienes y servicios de la Argentina." Escuela de Negocios - Universidad Nacional de San Martín. Agosto 2016. [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia\\_regional/Impacto%20Tarifas%20Empresas.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/Impacto%20Tarifas%20Empresas.pdf)
129. Michael Shank, Ph.D.: "Why Waste-To-Energy Plants Are Problematic". NYU's Center for Global Affairs. [https://www.huffingtonpost.com/entry/why-waste-to-energy-plants-are-problematic\\_us\\_59274e5de4b0d2a92f2f4259](https://www.huffingtonpost.com/entry/why-waste-to-energy-plants-are-problematic_us_59274e5de4b0d2a92f2f4259)
130. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Publicación sobre financiamiento de planta de CDR del 8 de abril de 2015. <http://www.mincyt.gob.ar/noticias/financian-la-produccion-de-combustible-derivado-de-residuos-solidos-10970>
131. Ministerio de Energía y Minería "Precio de Gas Natural en el PIST" Secretaría de Recursos Hidrocarbúricos. Octubre 2017. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_tecnico\\_minem.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_tecnico_minem.pdf)
132. Ministerio de Energía y Minería de la Nación. Secretaría de Energía y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Publicaciones de la red argentina: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>
133. Ministerio de Energía y Minería. Tabla de Conversiones Energéticas. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>
134. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España: "Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Documento BREF". Madrid 2011. De [http://www.prr-es.es/Data/images/MTD\\_Incineracion\\_residuos\\_ES.pdf](http://www.prr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf)
135. Morillo, Marysela. Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de Valor Agregado para las Pequeñas y medianas industrias. Revista Actualidad Contable FACES Año 8 N° 10, Universidad de los Andes. Enero-Junio 2005. Mérida. Venezuela.
136. NCA. Publicaciones sobre la empresa: <http://www.nca.com.ar/>
137. New York State Department of Environmental Conservation Division of Air Resources. "Emissions Contaminant Totals Report". <http://www.michaelshank.tv/wp-content/uploads/2017/05/Wheelabrator-Report-2016.pdf>
138. Olivacordobesa.es. Publicación sobre Determinación de la vida útil de un vertedero y cálculos para determinar las características de los drenes de lixiviado longitudinales y transversales. <http://www.olivacordobesa.es/Vida%20util%20vertedero.pdf>
139. OPDS. Publicación sobre operadores de residuos. <http://sistemas.opds.gba.gov.ar/intra/Operadores/ConsultaWebNE.php>
140. OPDS. Resolución N° 367/10. Implementación del Registro de Tecnologías.
141. Porter, Michael: "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance" NY: Free Press, 1985.
142. Praneh Nutongkaewa, Jompob Waewsaka,b, Tanate Chaichanaa,b, Yves Gagnonc: "Greenhouse gases emission of refuse derived fuel-5 production from municipal waste and palm kernel" 2013 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies: [https://ac.els-cdn.com/S1876610214009497/1-s2.0-S1876610214009497-main.pdf?\\_tid=b2a2d4e0-18d4-11e8-ba0d-00000aabb0f02&acdnat=1519416424\\_828606f6886190fcf98c6949e3b12315](https://ac.els-cdn.com/S1876610214009497/1-s2.0-S1876610214009497-main.pdf?_tid=b2a2d4e0-18d4-11e8-ba0d-00000aabb0f02&acdnat=1519416424_828606f6886190fcf98c6949e3b12315)
143. Programa Medioambiental de Naciones Unidas "Draft Guidelines on BAT and BEP for cement kilns firing hazardous wastes" (UNEP, 2004).



144. Publicaciones en: <https://cembureau.eu/>
145. Puig Ventosa, Ignasi Dr., Sora Jofra, Calaf Forn: "La puerta de atrás de la incineración de residuos - Análisis económico-ambiental de la utilización de combustibles derivados de los residuos (CDR) en España". Greenpeace. Mayo de 2012
146. Raúl N. Álvarez. "La cuestión de la propiedad de la basura. Una interpretación desde la Teoría Crítica." X Congreso Nacional de Sociología Jurídica. Córdoba, 12 al 14 de noviembre de 2009. [http://poderyderecho.blogspot.com.ar/2009/11/la-cuestion-de-la-propiedad-de-la.html#\\_edn3](http://poderyderecho.blogspot.com.ar/2009/11/la-cuestion-de-la-propiedad-de-la.html#_edn3)
147. RDFIndia. Publicaciones sobre la empresa. <http://rdfindia.com/about-us/>
148. Recuperaresiduosencementeras.org. Publicación sobre cemento e incineradoras. <http://www.recuperaresiduosencementeras.org/fabricas-de-cemento-vs-incineradoras/>
149. Recuperaresiduosencementeras.org. Publicación sobre cemento e incineradoras. [http://www.recuperaresiduosencementeras.org/reportaje.asp?id\\_rep=74](http://www.recuperaresiduosencementeras.org/reportaje.asp?id_rep=74)
150. Recyclingstar.org. Publicación de Landfill mining. <https://www.recyclingstar.org/publications/overview-landfill-mining-resource-recovery-option-future/>
151. Residuosprofesional.com. Informe de reciclado y valorización de residuos en la industria cementera española. <https://www.residuosprofesional.com/valorizaron-residuos-cemento-2013/>
152. Residuosprofesional.com. Informe de reciclado y valorización de residuos en la industria cementera española: <https://www.residuosprofesional.com/la-industria-cementera-espanola-valorizo-795-000-toneladas-de-residuos-en-2012/> y
153. Ruiz, M. Luisa: "Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)" EDITORIAL CIEMAT. 2005
154. S. Sriram: "Refuse Derived Fuel: Future Energy Source In India". Department of Mechanical Engineering, Ramachandra college of Engineering, Vatluru, W.G.Dt Andhra Pradesh, India. <http://www.ijaetech.com/files/documents/sriram.pdf>
155. Santangelo, J. Marcelo y Girolami, Ricardo E.: "Manejo y acondicionamiento de pasta residual de celulosa - Sustitución térmica en horno de cemento - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD - INFORME DEFINITIVO" Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica y Naval. Trabajo Profesional (67.98)
156. Secretaría de Asuntos Municipales. Ministerio del Interior y Transporte de la Nación. "Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos" Año 2014. [https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM\\_03\\_residuos\\_solidos.pdf](https://www.mininterior.gob.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf)
157. Sociedad Comercial del Plata S.A. Estados financieros publicados en [http://www.scp.com.ar/downloads/balances-anuales/Balance\\_Anuual\\_2016.pdf](http://www.scp.com.ar/downloads/balances-anuales/Balance_Anuual_2016.pdf)
158. Standaert, Michael: "As China Pushes Waste-to-Energy Incinerators, Protests Are Mounting" Yale Environment 360. Yale School of Forestry & Environmental Studies. Abril 2017. <https://e360.yale.edu/features/as-china-pushes-waste-to-energy-incinerators-protests-are-mounting>
159. Statista.com. Tabla de producción mundial de cemento 2012-2017. <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>
160. Stringfellow, Thomas. "An Independent Engineering Evaluation of Waste-to-Energy Technologies". Enero de 2014. <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/01/an-independent-engineering-evaluation-of-waste-to-energy-technologies.html>
161. Suzanne de Vos, Jochen Görtzen. "LCA of thermal treatment of waste streams in cement clinker kilns in Belgium". TNO Science and industry. 2007. Holanda. <http://www.febelcem.be/en/waste-treatment/IT-A-R-2007-036-Febelcem.pdf>
162. Tercera Cultura.com. Publicación sobre "La industria cementera y el cambio climático" <http://www.terceracultura.net/tc/?p=122>
163. Timm, Jéssica Ing. "Gestión de Residuos Sólidos Urbanos". Federación Argentina de Municipios (FAM). [http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.famargentina.org.ar/images/enlaces/gestion_residuos_solidos_urbanos.pdf)
164. Tren Mitre. Publicaciones sobre la empresa: <https://www.trenmitre.com.ar/>
165. Trenes Argentinos cargas. Publicación sobre la empresa. <https://www.bcyf.com.ar/>
166. U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Bioenergy Technologies Office. Publicación sobre WtE. <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/waste-energy>
167. U.S. Energy Information Administration. Publicación sobre WtE: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass\\_waste\\_to\\_energy](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass_waste_to_energy)
168. W. Giger, PH Brunner y C Schaffner, 4-noniifenol en el lodo de aguas residuales: acumulación de metabolitos tóxicos a partir de tensioactivos no iónicos, Science 10 de agosto de 1984, vol. 225. no. 4662, pp. 623 – 625
169. WBCSDcement.org. Publicaciones CSI: <https://www.wbcdcement.org/index.php/about-csi>
170. WBCSDcement.org. Publicaciones sobre la organización: <http://www.wbcd.org/>
171. WBCSDcement.org. Publicaciones sobre la organización: [https://www.wbcdcement.org/pdf/technology/WBCSD-IEA\\_Cement%20Roadmap\\_centre\\_spread\\_actual\\_size.pdf](https://www.wbcdcement.org/pdf/technology/WBCSD-IEA_Cement%20Roadmap_centre_spread_actual_size.pdf)



172. Weforum. Publicación sobre landfill mining: <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/landfill-mining-recycling-eurelco/>
173. WI et al, "Assessment of waste incineration capacity and waste shipments in Europe, 2016. European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE)", 2017. <http://forum.eionet.europa.eu/nrc-scp-waste/library/waste-incineration>
174. Wikipedia. Información del impacto ambiental del cemento: [https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_de\\_la\\_industria\\_del\\_cemento](https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_de_la_industria_del_cemento)
175. Wikipedia. Información histórica obtenida de CEAMSE. [https://es.wikipedia.org/wiki/Coordinaci%C3%B3n\\_Ecol%C3%B3gica\\_%C3%81rea\\_Metropolitan\\_a\\_Sociedad\\_del\\_Estado](https://es.wikipedia.org/wiki/Coordinaci%C3%B3n_Ecol%C3%B3gica_%C3%81rea_Metropolitan_a_Sociedad_del_Estado)
176. Witold R. Kopytynski. "Fabricación de Combustibles Derivados de Residuos (CDR) para la Industria". Revista Gestión Ambiental Empresaria. N° 209. Año 2014. [http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA\\_sep2014.pdf](http://www.sim-alianza.com.ar/documents/revistaGA_sep2014.pdf)