



De los residuos  
porcinos a la  
electricidad, una  
propuesta sustentable

Autores:

Gomez, María Pilar  
Iriarte, Diego

Cuerpo Docente:

Ing. Armando Pettorossi  
Ing. Eduardo García Barrera



INGENIERÍA INDUSTRIAL  
UTN · FRSN



**Proyecto Final**  
**Ingeniería Industrial**

Diciembre 2017

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente proyecto consiste en determinar la factibilidad técnico – económica de una empresa generadora de electricidad y productora de biofertilizante a partir del biogás que es generado en base a los residuos orgánicos desechados por los cerdos. Es decir, el objetivo de la empresa es comercializar la electricidad y biofertilizante satisfaciendo las necesidades de la población, con foco en la reducción del impacto ambiental que dichos residuos generan al no ser tratados de manera adecuada.

Mediante una investigación se logró determinar que el poder de contaminación ambiental en el sector ganadero es mayor aún que el generado por los automóviles, siendo el sector porcino el principal causante. Esto se debe a que la acumulación de desechos orgánicos generados por los mismos, al no ser sometidos a un tratamiento adecuado terminan generando acidez en los suelos, contaminando el agua, la atmosfera y a quienes viven cerca de los principales establecimientos porcinos. A partir de esto, se presenta la propuesta de una empresa con foco en la sustentabilidad, satisfaciendo las necesidades de la población a partir del uso de energías renovables, reduciendo así el impacto ambiental.

Luego de un estudio general con las diferentes opciones de localización se determinó que la ciudad de Roque Pérez, Argentina, cumple con las condiciones básicas para el establecimiento de la empresa: grandes y medianos establecimientos porcinos con la estructura adecuada para la recolección de los residuos, en un radio de 200km. Esto facilita la logística de recolección, permitiendo disponer de la materia prima esperada con un costo reducido de transporte.

A partir de un relevamiento cuyos resultados indican que el mercado del fertilizante durante los últimos 26 años se incrementó más de 30 veces, de 250 mil toneladas en 1990 hasta 7 millones en el año 2016, se determinó, como objetivo general, apuntar a los grandes y medianos productores de fertilizantes, brindándoles nuestro producto como materia prima, buscando que cada cliente pueda ofrecer un producto con una mejor calidad a partir del mezclado con nuestro fertilizante.

Debido a que somos una empresa nueva, se apunta a una “estrategia de precios de penetración”, la cual consiste en mantener precio inicial bajo para conseguir una rápida entrada en el mercado objetivo y atraer un gran número de clientes captando así una gran cuota de mercado.

La comercialización será realizada en contenedores de 1000 litros con un precio de USD 172,29 y en envases de 60 litros a un precio de USD 29,29. Quedando a cargo del cliente la distribución del mismo, con una política de multas en el caso de que se retrasen en el retiro de la mercadería.

Por otro lado, la electricidad generada será entregada a la compañía administradora de mercado mayorista eléctrico “CAMMESA”, teniendo una capacidad de generación a partir del tercer año de 3,5 MWh – día.

La empresa contará, a partir del tercer año, en el cual se encontrará funcionando al máximo de capacidad, con 19 puestos de trabajo, de los cuales 16 estarán destinados a tareas operativas y los 3 restantes a tareas administrativas.

La inversión inicial que requiere es de **USD 1.189.785**, dividiéndose este valor en: USD 451.567 para terreno, USD 506.609 para equipos y máquinas, USD 220.780 para rodados, USD 5.877 para materiales y accesorios, USD 4.949 para muebles de oficina y comedor. También se requiere una inversión en capital de trabajo de USD 83.916.

Contando con un financiamiento alemán a 5 años igual al 40% de la inversión total, logramos obtener una **TIR de 32%** y un **VAN de USD 1.184.400** evaluando el proyecto a 10 años, por lo que podemos afirmar que es rentable.

Los envases se encuentran disponibles en nuestro país por lo que es una ventaja ya que se posee proveedores nacionales que ofrecen tratos personalizados según las necesidades locales (asistencia técnica).

Debido a que el precio de los envases está pensado en base a la estrategia de mercado, podemos observar que el proyecto es sensible a pequeñas variaciones en el precio de venta de los envases. Así mismo la rentabilidad del proyecto también puede verse afectada por variaciones en el costo de los envases de 60 litros.

**Por estas razones confiamos en que nuestro proyecto es una opción viable para solucionar, en forma progresiva, el impacto que provoca sobre el medio ambiente el mal trato de los desechos orgánicos, brindando una propuesta sustentable a partir del uso de energías renovables y mejorando así la calidad de vida de las generaciones futuras.**

## CONTENIDO

---

RESUMEN EJECUTIVO.....	2
CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1 Introducción.....	14
1.1.1 Problemática .....	15
1.1.1.1 Crecimiento nacional de producción porcina .....	15
1.1.1.2 Tipos de crianza porcina .....	16
1.1.1.3 Contaminación del estiércol .....	17
1.1.2 Solución propuesta .....	19
1.1.2.1 Energías Renovables .....	19
1.1.2.1.1 Tipos de Energías Renovables .....	20
1.1.3 Digestión anaeróbica .....	24
1.1.3.1 Etapas de la digestión anaeróbica.....	26
1.1.4 Biodigestores .....	29
1.1.5 Biogás.....	30
1.1.5.1. Factores que influyen en la producción de biogás .....	31
1.1.6 Biofertilizante.....	39
2. ESTUDIO DE MERCADO .....	40
2.1. Introducción.....	40
2.2. Market Shared .....	41
2.2.1. Energía eléctrica .....	41
2.2.2. Fertilizantes .....	45
2.3. Mercado Consumidor .....	49
2.3.1. Electricidad.....	49
2.3.2. Biofertilizantes .....	50
2.3.2.1. Grandes Productores:.....	51
2.3.2.2. Productores medianos .....	54
2.3.2.3. Pequeños productores: .....	57
2.4. Mercado Proveedor .....	60
2.4.1 Estiércol de cerdo .....	61
2.4.1.1. Primer año de producción:.....	61

2.4.1.2.	Segundo año de producción.....	63
2.4.1.3.	Tercer año de producción .....	65
2.5.	Mercado competidor .....	66
2.6.	Estrategia Comercial .....	70
2.7.	Las cuatro P .....	71
2.7.1.	Electricidad.....	71
2.7.1.1.	Producto .....	71
2.7.1.2.	Precio.....	72
2.7.1.3.	Plaza .....	73
2.7.1.4.	Promoción.....	74
2.7.2.	Biofertilizante .....	74
2.7.2.1.	Producto .....	74
2.7.2.2.	Precio.....	78
2.7.2.3.	Plaza .....	79
2.7.2.4.	Promoción.....	81
3.	ESTUDIO TECNICO.....	84
3.1	Introducción.....	84
3.2	Residuos orgánicos que constituyen la materia prima .....	85
3.4	Proceso productivo .....	88
3.5	Máquinas y Herramientas utilizadas en el proceso productivo.....	94
3.5.1	Maquinaria.....	95
3.5.1.1	Bombas .....	95
3.5.1.2	Agitadores .....	95
3.5.1.3	Motor de Cogeneración .....	98
3.5.1.4	Separador sólido/líquido.....	100
3.5.1.6	Envasadora.....	101
3.5.2	Rodados .....	103
3.5.2.1	Camión estercolero .....	103
3.5.2.2	Autoelevador .....	105
3.5.3	Accesorios.....	107
3.5.3.1	Tubería .....	107
3.5.3.2	Antorcha de seguridad.....	107
3.5.3.3	Trampa de H2S.....	107
3.6	Medidas de seguridad. ....	108
3.6.1	Elementos de protección .....	108
3.6.2	Medidas de tráfico.....	109

3.6.3	Medidas de funcionamiento de maquinaria.....	109
3.7	Estudio de medición del trabajo.....	110
3.7.1	Primera etapa .....	111
3.7.2	Segunda etapa .....	111
3.7.3	Tercera etapa.....	112
3.7.4	Cuarta etapa .....	112
3.7.5	Quinta etapa.....	113
3.7.6	Sexta etapa .....	113
3.7.7	Séptima etapa.....	114
3.7.8	Octava etapa.....	118
3.8	Capacidad.....	119
3.9	Distribución de planta – Lay-Out .....	120
3.9.1	Tipos de distribución y Lay-Out.....	120
3.10	Mantenimiento .....	125
4.	ESTUDIO LEGAL.....	127
4.1.	Introducción.....	127
4.2.	Elección del tipo de Sociedad.....	128
4.3.	Pasos para formar de una S.R.L.....	130
4.4.	Sindicatos laborales.....	130
4.4.1.	Federación de trabajadores de la energía de la republica argentina (FETERA).....	131
4.5.	Normas reguladoras en Argentina de energías renovables.....	132
4.5.1.	Ley 27.191: Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.....	132
4.6.	Programa renovar .....	133
4.6.1.	Proceso de inscripción para el programa Renovar.....	134
5.	ESTUDIO LOCALIZACIÓN .....	137
5.1.	Introducción.....	137
5.2.	Macro-localización .....	138
5.2.1.	Localización de materia prima:.....	138
5.2.2.	Medios y costos de transporte.....	139
5.2.3.	Costo y disponibilidad de terrenos.....	139
5.2.4.	Disponibilidad de agua, gas y otros suministros .....	139
5.2.5.	Conclusiones- Macro localización.....	139
5.3.	Micro localización: .....	140
5.3.1.	Método cualitativo por puntos:.....	140
5.3.2.	Conclusión de la micro localización: .....	142

5.4.	Dimensionamiento e inversión en terreno y construcción .....	142
5.5.	Recolección de Materia Prima .....	143
5.5.1.	Primer proveedor de Materia prima:.....	143
5.5.2.	Segundo proveedor de materia prima: .....	144
5.5.3.	Tercer proveedor de materia prima: .....	144
5.5.4.	Recorrido completo de recolección de materia prima.....	145
6.	ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	147
6.1	Introducción.....	147
6.2	Organigrama .....	147
6.3	Funciones por puesto de trabajo.....	148
6.4	Filosofía, Misión, Visión y Análisis FODA.....	155
6.4.1	Filosofía.....	155
6.4.2	Misión.....	155
6.4.3	Visión.....	156
6.4.3	Análisis FODA .....	156
7.	ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL.....	159
7.1	Introducción.....	159
7.2	Sustentabilidad .....	160
7.3	Categorización de la empresa .....	161
7.4	Seguro Ambiental Obligatorio .....	162
7.5	Nivel de Complejidad Ambiental (NCA).....	162
7.5.1	Efluentes y Residuos (Re) .....	162
7.5.2	Rubro (Ru) .....	163
7.5.3	Riesgo (Ri) .....	164
7.5.4	Dimensionamiento (Di).....	164
7.5.5	Localización (Lo).....	165
7.6	Consecuencias del producto en el Medio Ambiente .....	166
8.	ESTUDIO ECONOMICO.....	169
8.1.	Introducción.....	169
8.2.	Inversiones requeridas .....	169
8.2.1.	Inversión en máquinas y equipos .....	169
8.2.2.	Inversiones en terreno y edificación.....	170
8.2.3.	Mobiliario .....	171
8.2.4.	Inversión en accesorios y materiales .....	172
8.2.5	. Inversión en rodados.....	172
8.3.	Amortizaciones .....	173



8.4.	Estudio de costos asociados al proyecto.....	174
8.4.1.	Costos de funcionamiento.....	174
8.4.1.1.	Costos Fijos.....	174
8.4.1.2.	Costos variables.....	175
8.4.1.3.	Estimación de ingresos.....	178
8.4.1.4.	Capital de trabajo.....	178
8.4.1.5.	Tasa de descuento.....	179
8.4.1.6.	Flujo de caja sin financiación.....	180
8.4.1.7.	Flujo de caja con financiación.....	181
	Flujo de caja con financiación.....	182
9.	ESTUDIO DE SENSIBILIDAD.....	184
9.1.	Introducción.....	184
9.2.	Variables analizadas.....	184
9.2.1.	Sensibilidad al precio de venta del fertilizante.....	184
9.2.1.1.	Precio de envase de 60 Litros:.....	186
9.2.1.2.	Precio de envase de 1000 litros.....	186
9.2.2.	Sensibilidad al costo de envase.....	187
9.2.3.	Sensibilidad al costo de transporte.....	187
9.2.3	Sensibilidad al Costo Variable.....	189
9.2.4.	Resultados obtenidos.....	191
10.	CONCLUSIONES.....	192
10.	ANEXOS.....	193
10.1.	Anexo 1: Presupuesto por envase de 60 litros.....	193
10.2.	Anexo 2. Presupuesto por contenedores de 1000 litros.....	193
10.3.	Anexo 3: Presupuesto por los agitadores.....	194
10.4.	Anexo 4: Presupuesto por envasadora.....	195
10.5.	Anexo 5: Listado de establecimientos que tengan cerdos en la provincia de buenos aires.....	195
10.6.	Anexo 6: Presupuesto por el motor de cogeneración con biogás.....	196
10.7.	Anexo 7: Presupuesto por el terreno en Roque Perez.....	196
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	197
	AGRADECIMIENTOS.....	198

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Crecimiento del sector porcino en Argentina. Fuente: Elaboración propia .....	15
Tabla 2:Potencial de calentamiento global de los gases de efecto invernadero. Fuente: Libro "Biodigestores" de Eduardo Gropelli y Orlando Giampaoli .....	18
Tabla 3: Características del biogás. Fuente: Libro "Biodigestores" de Gropelli, Eduardo .....	31
Tabla 4:Días de fermentación en el digestor en función de la temperatura. Fuente: Libro "Biodigestor" por Gropelli Eduardo.....	35
Tabla 5: Inhibidores del proceso fermentativo. Fuente: Libro "Biodigestores" por Gropelli Eduardo .....	39
Tabla 6: Evolución de producción de electricidad. Elaboración propia.....	45
Tabla 7:Demanda de fertilizantes desde el 1990 hasta 2016.Fuente: CIAFA .....	46
Tabla 8:Proyección de nuestra producción de fertilizantes. Fuente: elaboración propia .....	48
Tabla 9: Proyección de precios de Renovar de Electricidad. Fuente: Pliego de bases y condiciones con CAMMESA por renovar .....	72
Tabla 10:Proyección de precios de electricidad. Fuente: Plan renovar.....	73
Tabla 11:Composición del Biofertilizante. Fuente: INTA .....	77
Tabla 12: Cantidad de envases por cliente. Fuente: Elaboración propia .....	79
Tabla 13: Programación de viajes a retirar los productos. Fuente: Elaboración propia .....	80
Tabla 14:Residuos orgánicos de diversos orígenes para la obtención de biogás. Fuente: Libro "Biodigestores" de Gropelli, Eduardo.....	85
Tabla 15:Producción de biogás por tipo de residuo. Fuente: Libro "Biodigestores" de Gropelli Eduardo .....	86
Tabla 16: Características de agitadores de tipo mecánico. Fuente: fabricante Aqua Limpia .....	96
Tabla 17: Especificaciones técnicas y dimensionales autoelevador eléctrico. Fuente: catalogo fabricante .....	106
Tabla 18: Tiempos y ritmos de trabajo observados sobre elementos seleccionados. fuente: elaboración propia.....	113
Tabla 19: Velocidad promedio de realización de cada tarea. Fuente: elaboración propia.....	113
Tabla 20: Tiempo básico de realización de cada tarea. Fuente: Elaboración propia. ....	114
Tabla 21: Suplementos fijos por fatiga de cada tarea. Fuente: elaboración propia .....	115
Tabla 22:Tabla de conversión de puntos para obtención de los suplementos variables por fatiga. Fuente: elaboración propia junto con apuntes de la materia Estudio de trabajo. ....	115
Tabla 23: Suplementos variables por fatiga de cada tarea. Fuente: elaboración propia.....	116
Tabla 24: Suplementos por fatiga para cada tarea. Fuente: elaboración propia .....	116
Tabla 25: Suplementos por necesidades personales de cada tarea. Fuente: Elaboración propia... ..	116
Tabla 26: Suplemento por descanso de cada tarea. fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla 27: Tiempo tipo de cada una de las tareas. Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 28: Evolución de la demanda, producción anual de fertilizante y porcentaje del mercado. Fuente: Elaboración propia.....	119
Tabla 29: Referencias del lay-out. Fuente: elaboración nuestra .....	122
Tabla 30: Características principales de Sociedad anónima y Sociedad de responsabilidad limitada. Fuente: Pagina web: emprendepymes.com.ar .....	129
Tabla 31: Potencias requerida total a adjudicar. Fuente: Renovar.....	134
Tabla 32: Precio de renovar para cada tecnología. Fuente: Renovar .....	134
Tabla 33:Especificación de potencia mínima y máxima de plan renovar. Fuente: Renovar. ....	135
Tabla 34: Factor de materia prima. Fuente: Elaboración propia .....	141
Tabla 35: Tabla de análisis del nivel de complejidad ambiental. Fuente: elaboración propia.....	166
Tabla 36: Detalle de las inversiones en maquinarias. Fuente: Elaboración propia .....	170

Tabla 37: Inversión en terrenos. Fuente: Elaboración propia.....	170
Tabla 38: Inversiones realizadas en el mobiliario. Fuente: elaboración propia .....	171
Tabla 39: Inversiones en accesorios y materiales .....	172
Tabla 40: Inversión en rodados. Fuente: elaboración propia. ....	172
Tabla 41: Lista de cuantos años se amortizan las cosas. Fuente: AFIP .....	173
Tabla 42: Amortizaciones. Fuente: elaboración propia .....	173
Tabla 43: Sueldos del personal de dirección. ....	174
Tabla 44: Gastos de servicios contratados .....	175
Tabla 45: Tablas de Costo de envase en los tres años. ....	176
Tabla 46: Costo de transporte a lo largo de los años.....	177
Tabla 47: Variación del Costo de electricidad. ....	177
Tabla 48: Estimación de todos los ingresos que tiene la planta .....	178
Tabla 49: Variación del precio de venta del envase.....	185
Tabla 50: Variación del van con respecto al precio de venta del envase .....	185
Tabla 51: Variación de precio de venta de envases 60. ....	186
Tabla 52: Variación de precio de envase 1000 litros.....	186
Tabla 53: Variación del costo de envase .....	187
Tabla 54: Variación del van respecto al costo de transporte.....	188
Tabla 55: Variación de la inversión.....	190
Tabla 56: Variación de la rentabilidad respecto a las inversiones .....	190
Tabla 57: Análisis de sensibilidad de las variables críticas .....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de la digestión anaeróbica.....	26
Figura 2: Biodigestor .....	30
Figura 3:Tasa de crecimiento de metanogénicos en función de la temperatura.Fuente: Manual de Biogas, escrito por Prof. María Teresa Varnero Moreno .....	34
Figura 4:TRH en función de la temperatura. Fuente: Libro "Biodigestor" de Gropelli, Eduardo .....	35
Figura 5:Actividad Metanogénica vs pH. Fuente: Manual de biogás escrito por Prof. María Teresa Varnero Moreno .....	37
Figura 6:Estudio de mercado. Elaboración propia .....	41
Figura 7: Evolución de la demanda real y estimada. Fuente: CAMMESA.....	42
Figura 8:Evolución de la potencia instalada. Periodo 2006-2016. Fuente: CAMMESA.....	43
Figura 9:Proyectos licitados en el Renovar 2015. Fuente: Ministerio de energía y minería.....	44
Figura 10:Evolución consumo de fertilizante. Fuente: CASAFE .....	45
Figura 11:Empresas que vendieron el 75% del total de fertilizantes en el 2016. Fuente: CIAFA .....	47
Figura 12:Demanda de consumo de fertilizantes a nivel mundial. Fuente: FAO .....	47
Figura 13:Proyección del consumo en Argentina. Fuente: Elaboración propia .....	48
Figura 14: Imagen de producto ofrecido por CHEMOTECNIA. Fuente: página web de chemotecnia	55
Figura 15:Imagen del producto de Red Surcos. Fuente: Pagina web de Red surcos .....	56
Figura 16:Imagen Satelital del criadero Pacuca S.A. Fuente: Google maps .....	62
Figura 17:Imagen de los pisos enrejado. Fuente: Pagina web Criadero Pacuca.S.A .....	63
Figura 18: Imagen satelital del depósito donde almacenan el estiércol. Fuente: Google maps.....	63
Figura 19: Imagen satelital del criadero Calchaquí. Fuente: Google maps .....	64
Figura 20: Imagen satelital en donde puede visualizarse las piletas de estiércol. Fuente: Google maps.....	65
Figura 21:Imagen satelital del criadero Carnes de la Patagonia Nequina. SA .....	65
Figura 22:Imagen satelital de las piletas de estiércol de Carpane. Fuente: Google maps .....	66
Figura 23:Imagen de como recolectan el estiércol el establecimiento "La micaela". Fuente: INTA .	69
Figura 24: Imagen satelital de la laguna aeróbica para el estiércol. Fuente: INTA .....	69
Figura 25: La herramienta 4 . P.....	71
Figura 26:Imagen del envase de 1000 litros. Fuente: Mercado Libre .....	76
Figura 27:Imagen del envase de 60 litros. Fuente: Mercado Libre.....	76
Figura 28:Ensayo de uso de digerido en cultivo de maíz. Fuente: INTA.....	78
Figura 29: Imágenes sobre la ubicación de envases de 60 litros en un pallet. Fuente: Pagina web Logismarket.....	80
Figura 30: Diagrama sobre ciclo de biogás. INTA .....	82
Figura 31:Estudio Técnico. Fuente: Elaboración propia.....	84
Figura 32:Proceso productivo. Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura 33:Estructura de corrales. Fuente: Pagina web Razas porcinas.com.ar .....	89
Figura 34: Sistema de drenado por gravedad. Fuente: Pagina web razasporcinas.com.....	90
Figura 35: Sistemas de espiras de circulación de agua a temperatura controlada. Fuente: Informe del INTA a planta de Alemania. ....	91
Figura 36: Biodigestor. Libro "Biodigestor" de Gropelli, Eduardo .....	92
Figura 37:Imagen de contenedor de 1000 litros. Fuente: Mercado libre .....	93
Figura 38: Imagen del envase de 60 litros. Fuente: Mercado Libre.....	93
Figura 39: Diagrama de Proceso. Fuente: Planta de biogás de Alemania .....	94
Figura 40: Imagen de bomba de Vacío. Página web de los Nietos de la Fuente. fabricante .....	95
Figura 41: Imagen de agitadores. Fuente: página de Aqua Limpia, fabricante .....	95
Figura 42: Dimensiones del agitador. Fuente: Fabricante Aqua Limpia .....	97