



Proyecto Final

Ingeniería Industrial

Planta Recicladora de RAEEES



Autoras:
Gordillo Rocío
Robles Eugenia

Cuerpo Docente:
Ing. Armando Pettorossi
Ing. Eduardo García Barrera

Diciembre 2016

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se contextualiza dentro de la Sociedad de la Información y del Consumo en la que estamos insertos, en la que la acumulación de residuos es un problema para toda la humanidad.

Especialmente preocupantes son los residuos electrónicos. Es indiscutible la importancia que actualmente tienen las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el desarrollo económico, productivo y social de los países. Estas tecnologías constituyen la pieza clave del nuevo modelo económico imperante, basado en la sociedad de la información y del conocimiento.

Sin embargo, el vertiginoso desarrollo de la Tecnología, la posibilidad de acceso ilimitado a la información y la búsqueda del confort, crean la necesidad en el hombre del constante consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), que se traduce en la compra y consiguiente desecho de los mismos, pues estos, en un corto período de tiempo se vuelven obsoletos ya que la industria tecnológica desarrolla nuevos aparatos que cubren más necesidades que los anteriores, haciendo que este ya deje de colmar las expectativas del usuario y se deseche. Asimismo, muchos aparatos tienen una vida útil preestablecida por el productor, lo que hace que habiendo transcurrido cierta cantidad de tiempo, el aparato deba ser reemplazado nuevamente. Esto es lo que se conoce como “obsolescencia programada”.

Así, actualmente se percibe un aumento exponencial de producción de AEE, lo que causa una problemática ambiental preocupante, debido a que tanto la producción y el uso, como la posterior eliminación de los residuos de estos aparatos, requieren grandes cantidades de energía y la utilización de distintos tipos de materiales, que provocan contaminación, siendo perjudiciales para nuestro medio ambiente y para nuestra salud, pues la sobreexplotación de los recursos naturales y el incremento de la contaminación amenazan la capacidad regenerativa de los sistemas.

El problema con estos residuos son sus componentes, pues estos son de diversa naturaleza, y algunos de ellos son considerados “*potencialmente peligrosos*”, por lo que una vez desechados si no son tratados adecuadamente se transforman en residuos peligrosos. Los RAEEs (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) contienen, entre otros contaminantes, metales pesados como cadmio, plomo, níquel y mercurio. Durante su vida útil, estos componentes son inofensivos, ya que están contenidos en placas, circuitos o conectores, pero al ser desechados, si toman contacto con el agua y la materia orgánica, reaccionan liberando tóxicos al suelo y a las fuentes de aguas subterráneas.

En el país se estima un promedio de desperdicio de 8,5 kg de basura electrónica por persona al año, lo que representa 340.995 toneladas de basura electrónica anuales.

Se calcula que entre el 50 y 60 % se acumula en hogares y empresas, y regularmente, un % de esa cantidad se desechan mezclados con la basura doméstica terminando en basurales o rellenos sanitarios.

Entre 5 y 15 % se recuperan y se reutilizan partes y equipos en empresas de servicios técnicos, para extender el ciclo de vida de los mismos. Los remanentes de estas actividades van a parar también a los basureros sin tratar. Entre 10 y 20 % es recuperado por recuperadores primarios informales (cartoneros y chatarreros) para el reciclado de los plásticos y metales ferrosos que contienen, en tanto el resto de los desechos se tiran a la basura.

Entre 1 y 2 % es recuperado y reutilizado por organizaciones con fines sociales y sólo alrededor del 5 % (17.000 Toneladas) es recuperado, aislado y tratado adecuadamente y con certificación por plantas habilitadas por la Autoridad Nacional.

Tras el relevamiento de la situación actual del tratamiento de los RAEEs, pudimos notar que el desarrollo de la industria del Reciclado en la región está sólo en los estadios iniciales y es insuficiente, quedando en evidencia la necesidad de incorporar una planta de reciclado de este tipo de residuos y,

particularmente, de los derivados de la informática y telecomunicación, por ser los que más recambio sufren.

De esta forma, nuestro objetivo es cuantificar las oportunidades económicas del reciclado de los distintos materiales presentes en equipos informáticos y comunicacionales al final de su vida útil. Ello implica la recepción de estos tipos de residuos en la Planta, su almacenamiento, el desmontaje y separación de sus materiales constituyentes, para su venta local como insumos de nuevos procesos productivos. Al mismo tiempo que se otorga a los elementos tóxicos una disposición final adecuada y se exportan aquellos componentes valorizables que no se tratan localmente a mercados internacionales que cuenten con empresas para tal fin. Minimizando, así, el derroche de materiales y la ineficiencia energética, contribuyendo, al mismo tiempo, a cuidar nuestro medio ambiente, generando utilidades ecológicas, además de económicas.

Las principales empresas existentes actualmente en Argentina dedicadas al Reciclado de RAEEs están comprendidas por: En la provincia de Buenos Aires: Silkers SA, Industrias Dalafer SA, Scrap y Rezagos SRL, Grupo Pelco y Cooperativa La Toma del Sur. En la provincia de Santa Fe: Pajarito Remendado. Y en la provincia de Córdoba: 3R Ambiental SA y ProGEAS S.A.

ProRAEE S.R.L invertirá U\$S 513.784,22 en una planta de 1.760 m² ubicada sobre la Ruta Nacional N° 177 creando 15 puestos de trabajo, con una capacidad productiva de 1.986 toneladas al año de materiales comercializables, logrando su máxima producción a partir del tercer año. La materia prima utilizada será obtenida gracias a acuerdos con los Municipios de las Localidades comprendidas, quienes se encargarán de transportarla hasta nuestra Planta por medio de los camiones adecuados proporcionados por las empresas Recolectoras de Residuos de las mismas.

En un segundo lugar se realizó un estudio económico para obtener la rentabilidad del proyecto.

Los indicadores económicos que arrojó el estudio son los siguientes:

VAN: U\$S 289.729,84

TIR: 28,08%

Financiando el 40% de la inversión total, en un período de préstamo de 5 años, a una tasa de Interés anual del 14% mediante Sistema Francés, los indicadores arrojaron el siguiente resultado:

VAN: U\$S 298.986,38

TIR: 33,17%

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 Justificación de la elección	17
1.2 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Concepto	19
1.3 Clasificación de los RAEE	21
1.4 Componentes de los RAEE y la Importancia del Reciclaje.....	28
1.5 Contexto Internacional	29
1.6 Contexto Nacional	33
1.7 Contexto Regional	36
1.8 Objetivos de la gestión de RAEEs.....	41
1.9 Gestión Sostenible de RAEE	41
1.10 Mercado formal e informal de RAEEs	43
1.11 Plantas de recupero y reciclaje de RAEE	45
2. ESTUDIO DE MERCADO	47
2.1 Introducción	47
2.2 Market Shared.....	48
2.3 Mercado Consumidor.....	53
2.3.1 Plástico de ingeniería o ABS molido	53
2.3.2 Plástico PVC molido.....	56
2.3.3 Metales no ferrosos: Aluminio	59
2.3.4 Metales no ferrosos: Cobre.....	61
2.3.5 Metales ferrosos (chapas, aceros, hierro)	63
2.3.6 Vidrio.....	65
2.3.7 Circuitos Impresos Integrados.....	66
2.4 Mercado Proveedor	68
2.4.1 Detalle de las Materias Primas e Insumos	68
2.5 Mercado Competidor.....	73
2.5.1 En la provincia de Santa Fe.....	73
2.5.2 En la provincia de Buenos Aires	75
2.6 Mercado Distribuidor	78
2.7 Estrategia Comercial	80
2.8 Las Cuatro P.....	80
2.8.1 Producto.....	80

2.8.2 Promoción.....	92
2.8.3 Precio	93
2.8.4 Plaza.....	94
2.9 Diferenciación.....	94
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	95
3.1 Introducción	95
3.2 Materiales que constituyen la materia prima.....	95
3.2.1 Monitores de PC y Televisores	96
3.2.2 Gabinete.....	97
3.2.3 Teclado.....	99
3.2.4 Mouse	99
3.2.5 Parlantes.....	100
3.2.6 Módems	100
3.2.7 Impresora.....	101
3.2.8 Teléfonos Fijos e Inalámbricos.....	101
3.2.9 Celulares.....	102
3.2.10 MP3/MP4/MP5.....	103
3.3 Cantidad de Productos obtenidos de los distintos Raees.....	103
3.4 Diagrama de Proceso	105
3.5 Proceso Productivo	107
3.6 Máquinaria y Herramientas utilizadas en el Proceso Productivo.....	116
3.6.1 Maquinaria.....	116
3.6.2 Rodados.....	127
3.6.3 Contenedores.....	130
3.6.4 Herramientas.....	131
3.7 Medidas de seguridad.....	132
3.7.1 Elementos de Protección	132
3.7.2 Medidas Ergonómicas	134
3.7.3 Medidas de Trafico.....	135
3.7.4 Medida de funcionamiento de Maquinaria.....	135
3.8 Balance de linea.....	135
3.9 Estudio de Medición del Trabajo	138
3.9.1 Primera etapa.....	139
2.9.2 Segunda etapa.....	139

3.9.3 Tercera etapa.....	140
3.9.4 Cuarta etapa.....	141
3.9.5 Quinta etapa.....	141
3.9.6 Sexta etapa.....	142
3.9.7 Séptima etapa.....	142
3.9.8 Octava etapa.....	147
3.10 Capacidad.....	147
3.11 Distribución de planta- Lay Out.....	149
3.11.1 Tipos de distribución.....	149
3.12 Mantenimiento.....	151
4. ESTUDIO LEGAL.....	153
4.1 Introducción.....	153
4.2 Formación societaria.....	153
4.3 Características de una S.R.L.....	154
4.4 Pasos para formar una SRL.....	156
4.5 Negociación Colectiva.....	157
4.6 Sindicatos presentes.....	158
4.6.1 Central de Trabajadores de la Argentina (CTA).....	158
4.6.2 La Federación Argentina de Cartoneros y Recicladores (FACyR).....	158
4.7 Marco Regulatorio.....	159
4.7.1 Marcos legales internacionales aplicables a la gestión de RAEE.....	159
4.7.2 Legislación Nacional.....	163
4.8 Encuadre de nuestra actividad dentro del marco jurídico vigente.....	165
4.9 Requerimientos para el gestor de RAEE.....	166
4.10 Inscripción en el Registro Nacional de Generadores y Operadores.....	167
4.11 Documentación, trazabilidad y manifiestos de trazabilidad de residuos.....	168
4.11.1 Datos del transportista de residuos especiales/peligrosos.....	168
5. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN.....	170
5.1 Introducción.....	170
5.2 Macro-localización.....	170
5.2.1 Tendencia de desarrollo de la región.....	171
5.2.2 Método cualitativo por puntos.....	172
5.2.3 Análisis de las Micro-zonas.....	174
5.3 Micro-localización.....	174

5.3.1 Infraestructura y Equipamientos.....	175
5.4 Dimensionamiento e inversión en terreno y construcción.....	175
6. ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	176
6.1 Introducción	176
6.2 Organigrama.....	176
6.2.1 Funciones por puesto de trabajo.....	177
6.3 Filosofía, Misión, Visión, Valor y Análisis FODA.....	188
6.3.1 Filosofía.....	188
6.3.2 Misión	189
6.3.3 Visión.....	189
6.3.4 Valores	190
6.3.5 Responsabilidad Social Empresarial (RSE).....	191
6.3.6 Análisis FODA.....	191
7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	193
7.1 Introducción	193
7.2 Categorización de la Industria	193
7.3 Nivel de Complejidad Ambiental- NCA.....	194
7.3.1 Efluentes y Residuos (ER).....	194
7.3.2 Rubro (Ru).....	195
7.3.3 Riesgo (Ri).....	195
7.3.4 Dimensionamiento (Di)	195
7.3.5 Localización (Lo).....	196
7.4 Estudio de Impacto Ambiental.....	197
7.4.1 Certificado de Aptitud Ambiental.....	198
8. ESTUDIO ECONÓMICO	200
8.1 Introducción	200
8.2 Inversiones Requeridas	200
8.2.1 Terreno y Edificación	200
8.2.2 Maquinarias y Herramientas.....	201
8.2.3 Mobiliario.....	202
8.3 Amortizaciones.....	202
8.4 Estimación de los costos asociados al proyecto.....	203
8.4.1 Costos de Funcionamiento	203
8.5 Estimación de Ingresos.....	207

8.6 Capital de Trabajo	207
8.7 Tasa de Descuento	208
8.8 Flujo de caja sin Financiación.....	209
8.9 Flujo de caja con Financiación	210
9. ESTUDIO DE SENSIBILIDAD	213
9.1 Introducción	213
9.2 Variables analizadas	213
9.2.1 Sensibilidad al Precio de venta de los productos.....	213
9.2.2 Sensibilidad al Costo Variable.....	214
9.2.3 Sensibilidad al Costo Variable.....	215
10. CONCLUSIONES	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1. Contaminación causada por Residuos electrónicos en basural.....	17
Figura Nº 2. Afiche informativo elaborado por la Municipalidad de San Nicolás para las campañas de recolección de RAEEs.....	39
Figura Nº 3. Punto de recepción de RAEEs en San Nicolás de los Arroyos, ubicado en el CEMAC (Garibaldi y Almafuerte).....	40
Figura Nº 4. Ciclo de vida de los RAEE. Fuente: ILO, 2012.	42
Figura Nº 5. Alternativas para la gestión de los RAEE, según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).	45
Figura Nº 6. Evolución esperada de las cantidades de RAEEs producidas en Argentina	48
Figura Nº 7. Evolución esperada de las cantidades de RAEEs pertenecientes al sector de las TIC producidos en Argentina	48
Figura Nº 8. Ciclo actual estimado del manejo de los RAEEs en la región	51
Figura Nº 9. Market Shared en Gestión de RAEEs en Argentina.....	53
Figura Nº 10. Actividades de la planta de RAEE “Pajarito Remendado”.....	75
Figura Nº 11. Plástico ABS	84
Figura Nº 12. Plástico PVC	85
Figura Nº 13. Cobre	87
Figura Nº 14. Aluminio.....	88
Figura Nº 15. Chatarra Ferrosa.....	90
Figura Nº 16. Vidrio procedente de los Tubos de Rayos Catódicos (TRC) de Monitores de PC y Televisores.....	91
Figura Nº 17. Circuitos impresos o Integrados, conectores y capacitores.....	92
Figura Nº 18. Televisor de TRC; Figura Nº 19. Monitor de PC de TRC	96
Figura Nº 20. Partes constituyentes de un Televisor/ Monitor de PC.....	97
Figura Nº 21. Gabinete de Computadora	97
Figura Nº 22. Partes internas de un Gabinete	98
Figura Nº 23. Teclado	99

Figura N° 24. Mouse	99
Figura N° 25. Parlantes	100
Figura N° 26. Módem.....	100
Figura N° 27. Impresora	101
Figura N° 28. Teléfono Fijo; Figura N° 29. Teléfono Inalámbrico	101
Figura N° 30. Celular.....	102
Figura N° 31. Partes componentes de un Celular.....	102
Figura N° 32. MP3.....	103
Figura N° 33. Cinta transportadora de Banda Modular	116
Figura N° 34. Máquina Desgarradora	117
Figura N° 35. Cinta Transportadora de Banda Plana	119
Figura N° 36. Molino MRP.....	120
Figura N° 37. Separador por Corrientes Foucault.....	122
Figura N° 38. Funcionamiento del Separador por Corrientes Foucault.....	123
Figura N° 39. Separador de TRC con tecnología de corte por diamante.....	124
Figura N° 40. Proceso de corte del TRC y limpieza.....	125
Figura N° 41. Máquina Pela Cables	126
Figura N° 42. Molino de Plástico.....	126
Figura N° 43. Autoelevador eléctrico de pasillo angosto.....	127
Figura N° 44. Autoelevador provisto de pala cargadora	129
Figura N° 45. Balanza para anexo a autoelevador con sistema de impresión de ticket	129
Figura N° 46. Roll Container	130
Figura N° 47. Contenedor Auto-basculante	130
Figura N° 48. Bin plástico industrial.....	131
Figura N° 49. Tarea de clasificación de materiales sobre cinta transportadora	134
Figura N° 50. Flujo y Obtención de materiales en Líneas de Producción	137

Figura N° 51. Aspectos claves de una Sociedad de Responsabilidad Limitada	156
Figura N° 52. Concentración de asentamientos industriales en el país	171
Figura N° 53. Terreno en el cual se encontrará ubicada ProRAEE S.R.L	175
Figura N° 54. Secuencia de procedimientos para obtener el Certificado de Aptitud Ambiental.....	199
Figura N° 55. Análisis de Sensibilidad	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Estadísticas de RAEEs en América Latina 2014. Fuente: (Baldé et al, 2015)	31
Tabla N° 2. Indicadores de Generación de Residuos Sólidos Urbanos y RAEE, sobre Datos: INDEC, ENGIRSU, EMPA, WorldResourcesForum y Escrap/Grupo Ecogestionar SRL.	34
Tabla N° 3. Terminología y procesos de gestión de RAEE o E-waste. Fuente: (UIT, 2013)	43
Tabla N° 4. Unidades en desuso de equipos de Informática y Telecomunicaciones en Argentina al año 2014 según CAMOCA	49
Tabla N° 5. Proyección de generación de RAEEs pertenecientes a las TIC por año en Argentina.	50
Tabla N° 6. Localidades de las cuales se recibirán Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos para su reciclado.	71
Tabla N° 7. Tabla con los Diferentes tipos de Distribución	79
Tabla N° 8. Tabla con los códigos de identificación y descripción de los plásticos del mercado.	83
Tabla N° 9. Cantidad de Productos obtenidos de los distintos Raees	103
Tabla N° 10. Especificaciones técnicas de máquina desgarradora	119
Tabla N° 11. Especificaciones técnicas del Molino MRP	122
Tabla N° 12. Especificaciones técnicas de Separador por Corrientes Foucault	124
Tabla N° 13. Especificaciones técnicas de Separador de TRC con tecnología de corte por diamante	125
Tabla N° 14. Especificaciones Técnicas de Máquina Pela Cable	126
Tabla N° 15. Especificaciones técnicas de Molino de Plástico	127
Tabla N° 16. Especificaciones Técnicas de Autoelevador eléctrico de pasillo angosto	128
Tabla N° 17. Tiempos y Ritmos de trabajo observados en tareas realizadas en el Desarmado de Monitores de PC y Televisores	141
Tabla N° 18. Velocidad promedio de realización de tareas del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	141
Tabla N° 19. Tiempo Básico de realización de tareas del Desarmado de Monitores de PC y Televisores.	142

Tabla N° 20. Suplementos fijos por Fatiga para las tareas del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	143
Tabla N° 21. Suplementos variables por Fatiga para las tareas del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	143
Tabla N° 22. Suplemento variable por fatiga sobre el tiempo básico para cada tarea del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	144
Tabla N° 23. Suplemento por fatiga para cada tarea del Desarmado de Monitores de PC y Televisores.....	144
Tabla N° 24. Suplemento por necesidades personales para cada tarea del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	145
Tabla N° 25. Suplemento por descanso para cada tarea del Desarmado de Monitores de PC y Televisores	145
Tabla N° 26. Puntos asignados a las diversas tensiones	146
Tabla N° 27. Tabla de conversión de los puntos. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos.....	146
Tabla N° 28. Tiempo tipo de cada una de las tareas de la operación de desarmado de Monitores de PC y Televisores	147
Tabla N° 29. Procesamiento de raees por año.....	148
Tabla N° 30. Producción anual de materiales separados de raees a comercializar ...	148
Tabla N° 31. Aplicación del Método Cualitativo por puntos.....	173
Tabla N° 32. Aplicación de Método Cualitativo por Puntos para determinación de Micro-zona	174
Tabla N° 33. Análisis FODA de ProRAEE S.R.L.....	192
Tabla N° 34. Tabla de análisis del Nivel de Complejidad Ambiental de ProRAEE S.R.L	197
Tabla N° 35. Inversión en Terreno y Edificación	200
Tabla N° 36. Inversión en Maquinarias y Herramientas	201
Tabla N° 37. Inversión en Mobiliario.....	202
Tabla N° 38. Estimación de Vida útil de los Bienes según AFIP	202
Tabla N° 39. Amortizaciones de los Diferentes Bienes de la Inversión	203
Tabla N° 40. Costos Fijos en Mano de Obra	204

Tabla N° 41. Costo de Distribución.....	204
Tabla N° 42. Gastos Fijos Generales.....	205
Tabla N° 43. Gastos Fijos de Servicios.....	205
Tabla N° 44. Costos de Insumos	206
Tabla N° 45. Costos de Retiro de residuos peligrosos.....	206
Tabla N° 46. Costos variables unitarios para cada producto obtenido	206
Tabla N° 47. Ingresos por venta de productos	207
Tabla N° 48. Cálculo del Capital de Trabajo.....	208
Tabla N° 49. Flujo de Caja sin Financiación	210
Tabla N° 50. Flujo de Caja con Financiación	212
Tabla N° 51. Variación de los Precios de venta de los productos comercializados	214
Tabla N° 52. Variación de la TIR causada por variaciones en el precio de venta de los productos comercializados.....	214
Tabla N° 53. Variación de los Costos Variables de los productos comercializados....	214
Tabla N° 54. Variación de la TIR causada por variaciones en los costos variables de los productos comercializados	215
Tabla N° 55. Variación de la Inversión.....	215
Tabla N° 56. Variación de la TIR causada por variaciones en la Inversión	216