



Facultad de Ingeniería y Computación

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Estudio de factibilidad para la producción y
comercialización de fuel oil a partir de residuos
plásticos mediante un proceso pirolítico en Arequipa

Presentado por:
Diana Lucía Polanco Suárez

Para optar por el Título Profesional de:
Ingeniería Industrial

Orientador: Jonathan Joseph Almirón Baca

Arequipa, Agosto de 2019

Agradecimientos

Agradezco a Dios por bendecirme, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mi madre Beatriz, por apoyarme e impulsar este logro, por confiar y creer en mí, por ser partícipe de este proyecto; a mi padre Fernando, por ser la estrella más brillante en mi camino, por los consejos, valores y principios que me ha inculcado y que tendré presentes por siempre; y a mi hermana Pierina por ser la compañera perfecta a lo largo de mi vida y mi mejor amiga.

Agradezco a mis asesores, Ing. Pamela Tupayachy e Ing. Jonathan Almirón, por haberme hecho partícipe de su proyecto, por el apoyo brindado en todo momento y haberme acogido en el grupo.

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y arduo sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Son el mayor ejemplo de esfuerzo, perseverancia y trabajo en equipo que he conocido. A mi padre, porque, aunque ya no estés sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí; y a mi madre, por haber desempeñado ambas funciones con mucho amor.

A mi hermana por estar siempre presente y acompañarme a pesar de la distancia, por el apoyo y la motivación que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho posible que este trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos buenos amigos que me dieron la mano y compartieron su tiempo y conocimientos.

Resumen

Esta tesis es parte del proyecto PIBAP "Valorización de los desechos plásticos mediante pirólisis catalítica utilizando zeolitas naturales obtenidas a partir de la ceniza volcánica " en el marco de financiamiento otorgado por CONCYTEC (Contrato N° 162-2017-FONDECYT).

Esta tesis plantea un proyecto de inversión para la creación de una empresa productora de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de residuos plásticos mediante el uso de zeolita. Inicialmente se plasma la problemática actual originada por la elevada cantidad de residuos plásticos aprovechables que termina en los rellenos sanitarios y contaminan agua y suelo en la ciudad de Arequipa, 45 TM/día aproximadamente, sin embargo el nivel de producción de la planta se ve supeditado a la disponibilidad de materia prima, siendo ésta de 0.2 TM/día. La empresa estaría instaurada bajo el nombre de PlastiFuel S.A.C. en el Parque Industrial de Río Seco en el distrito de Cerro Colorado. Este trabajo analizó la factibilidad del proyecto mediante un estudio de mercado, analizando la oferta y demanda del petróleo industrial, siendo el consumo promedio de petróleo residual regional de 13,707 gl/día, del cual el proyecto tomará inicialmente un 3.51%, un estudio técnico para la instalación de la planta que tendrá un área de 1,000 m² y una capacidad de planta instalada de 1,441.5 gl/día, de la cual se ocupará en el primer año 480.5 gl de fuel oil/día, un estudio organizacional, evaluación de impacto ambiental, identificación de peligros y evaluación de riesgos, y finalizando con un análisis económico y financiero, el cual concluye en una inversión de S/.1,710,647.89. Finalmente se demuestra la factibilidad medianamente riesgosa del proyecto, ya que se obtuvieron valores de VANE, VANF y B/C de S/.1,341,577.22, S/.1,248,329.06 y 1.04 para el escenario base, y S/.466,415.68, S/.373,167.53 y 0.98 para el escenario pesimista.

Además, se plasman los beneficios sociales y económicos producto de esta inversión, así como lo importante de ver el mercado de la valorización de residuos como una nueva fuente económica y que brinda un valioso aporte a la realidad ambiental actual.

Palabras Clave: Residuos plásticos, pirólisis catalítica, zeolita, fuel oil, estudio de factibilidad, valorización de residuos sólidos.

Abstract

This thesis is part of the PIBAP project "Valorization of plastic waste by catalytic pyrolysis using natural zeolites obtained from volcanic ash" in the framework of financing granted by CONCYTEC (Contract No. 162-2017-FONDECYT).

This thesis presents an investment project for the creation of a company producing fuel oil from catalytic pyrolysis of plastic waste through the use of zeolite. Initially, the current problems caused by the greater amount of waste from usable plastic products that ends up in sanitary landfills, water and soil in the city of Arequipa, approximately 45 MT/day, however, the level of production of the plant has been subordinated to the availability of raw material, this has been 0.2 TM / day. The company would be under the name of PlastiFuel S.A.C. in the Río Seco Industrial Park in the Cerro Colorado district. This thesis analyzes the feasibility of the project through a market study, analyzing the supply and demand of industrial oil, with the average consumption of regional residual oil of 13,707 gl / day, which the project will take the service of a 3, 51%, a technical study for the installation of the plant that will have an area of 1,000 m², and a capacity of the installed plant of 1,441.5 gl / day, which will be occupied in the first year 480.5 gl of fuel oil / day,, an organizational study, environmental impact assessment, hazard identification and risk assessment , and ending with an economic and financial analysis, which concludes with an investment of S/1,710,647.89. Finally, the moderately risky feasibility of the project is demonstrated, since VANE, VANF and B/C values of S/1,341,577.22, S/1,248,329.06 and 1.04 were obtained for the baseline scenario, and S/466,415.68, S/373,167.53 and 0.98 for the pessimistic scenario.

In addition, the social and economic benefits of this investment are reflected, as well as the importance of seeing the market for the recovery of waste as a new economic source and that provides a valuable contribution to the current environmental reality.

Keywords: Plastic waste, catalytic pyrolysis, zeolite, fuel oil, feasibility study, solid waste valorization.

Tabla de contenido

1. Capítulo I	1
1.1. Datos generales del proyecto.....	1
1.1.1. Nombre del proyecto.....	1
1.1.2. Antecedentes.....	1
1.1.3. Cobertura y localización.....	7
1.1.4. Sector y tipo de proyecto.....	7
1.2. Diagnóstico y problema.....	8
1.2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.....	8
1.2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema.....	14
1.2.3. Sistematización del problema.....	18
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general y objetivos específicos.....	19
1.3.1.1. Objetivo general.....	19
1.3.1.2. Objetivos específicos.....	19
1.3.2. Matriz de marco lógico.....	21
1.3.2.1. Árbol de problemas.....	21
1.3.2.2. Árbol de objetivos.....	22
1.3.2.3. Análisis de alternativas.....	23
1.3.2.4. Matriz de marco lógico.....	25
1.4. Justificación del proyecto.....	26
1.4.1. Justificación práctica.....	26
1.4.2. Política, económica, social y/o ambiental.....	26
1.4.2.1. Política.....	26
1.4.2.2. Económica.....	27
1.4.2.3. Social.....	27
1.4.2.4. Ambiental.....	28
1.4.3. Profesional, académica y/o personal.....	28
1.4.3.1. Profesional.....	28
1.4.3.2. Académica.....	29
1.4.3.3. Personal.....	29
1.5. Delimitaciones.....	29
1.5.1. Temático.....	29

1.5.2.	Espacial	30
1.5.3.	Temporal	30
2.	Capítulo II: Marco de referencia.....	31
2.1.	Antecedentes de investigación sobre el tema.....	31
2.2.	Marco de referencia teórico.....	35
2.2.1.	Temas objeto.....	35
2.2.1.1.	Pirólisis.....	35
2.2.1.2.	Tipos de pirólisis.....	36
2.2.1.2.1.	Pirólisis térmica.....	36
2.2.1.2.2.	Pirólisis catalítica.....	36
2.2.1.3.	Polímeros adecuados para la pirólisis.....	37
2.2.1.4.	Factores que afectan el proceso de pirolisis.....	39
2.2.1.4.1.	Temperatura.....	39
2.2.1.4.2.	Tiempo de retención y composición de la materia prima.....	39
2.2.1.4.3.	Uso del catalizador.....	40
2.2.1.5.	Productos del proceso de pirolisis.....	40
2.2.1.5.1.	Sólidos.....	40
2.2.1.5.2.	Líquidos.....	41
2.2.1.5.3.	Gases.....	41
2.2.1.6.	Zeolita.....	42
2.2.1.7.	Ventajas del uso de catalizadores en pirolisis.....	43
2.2.1.7.1.	Efecto del catalizador en la calidad del aceite líquido.....	43
2.2.1.7.2.	Efecto del catalizador en el tiempo y la temperatura de retención.....	44
2.2.1.7.3.	Efecto del catalizador en compuestos de aceite líquido.....	44
2.2.1.7.4.	Efecto del catalizador sobre las propiedades físicas del aceite líquido.....	45
2.2.1.7.5.	Efecto del catalizador sobre los gases producidos.....	45
2.2.1.7.6.	Efecto del catalizador sobre el carbón pirolítico.....	46
2.3.	Análisis Crítico.....	46
3.	Capítulo III: Investigación de mercado	48
3.1.	Identificación del producto o servicio.....	48
3.2.	Clasificación por su uso.....	49
3.3.	Definición del problema y objetivo de la investigación de mercado.....	49
3.4.	Desarrollo del plan de Investigación.....	51
3.4.1.	Obtención de la información general del mercado en estudio.....	51

3.4.1.1.	Búsqueda de fuentes de información para identificar a las empresas instaladas en la ciudad o región de interés.....	51
3.4.1.2.	Población objetivo de estudio o designación del marco muestral.	51
3.4.2.	Diseño de la muestra.	52
3.4.2.1.	Método de selección de las empresas que formarán la muestra.	52
3.4.3.	Diseño del instrumento para el acopio de información.	55
3.5.	Ejecución del plan de investigación.	57
3.5.1.	Trabajo de campo.....	57
3.5.2.	Tabulación de la información.	57
3.6.	Interpretación y reporte de resultados.	58
3.6.1.	Análisis de los resultados.	58
3.7.	Identificación del producto o servicio.	62
3.7.1.	Clasificación por su uso.	62
3.8.	Análisis de proveedores.	64
3.9.	Análisis de la demanda.	65
3.9.1.	Segmentación de mercado.	65
3.9.2.	Factores que afectan la demanda.	65
3.9.2.1.	Tamaño y crecimiento de la industria.....	66
3.9.3.	Comportamiento histórico de la demanda.	67
3.9.4.	Demanda actual.....	68
3.9.4.1.	Metodología de la investigación.....	68
3.9.4.2.	Demanda actual del servicio.	69
3.9.4.3.	Proyección de la demanda.	69
3.9.4.4.	Empresas productoras de petróleo industrial.	71
3.10.	Análisis de la oferta.	72
3.10.1.	Clasificación de la oferta.....	72
3.10.2.	Factores que afectan la oferta.....	72
3.10.2.1.	Tamaño de mercado.....	72
3.10.2.2.	Nivel tecnológico incorporado en las empresas.	73
3.10.3.	Comportamiento histórico de la oferta.....	74
3.10.4.	Oferta actual.....	75
3.10.5.	Proyecciones de la oferta.	76
3.11.	Determinación de la demanda insatisfecha.....	77
3.12.	Canales de distribución.....	80
3.12.1.	Cadena de distribución.....	80

3.12.2.	Determinación de márgenes de precios.	80
3.13.	Análisis de precios.	80
3.14.	Comercialización.	81
3.14.1.	Estrategia de precios.	81
3.14.2.	Estrategia de promoción.	81
3.14.3.	Estrategia de servicio.	83
3.14.4.	Estrategia de plaza.	83
3.15.	Estrategia empresarial.	85
3.15.1.	Fuerzas de Porter.	85
3.15.1.1.	Poder de negociación de los clientes.	86
3.15.1.2.	Poder de negociación de los proveedores.	86
3.15.1.3.	Amenaza de los nuevos competidores.	87
3.15.1.4.	Amenaza de productos sustitutos.	87
3.15.1.5.	Rivalidad entre los competidores existentes.	87
3.15.2.	Análisis FODA.	88
3.16.	Objetivos estratégicos.	89
4.	Capítulo IV: Estudio técnico.	90
4.1.	Tamaño del proyecto.	90
4.1.1.	Factores determinantes del tamaño.	90
4.1.1.1.	Disponibilidad de materia prima.	90
4.1.2.	Optimización del tamaño del proyecto.	91
4.1.3.	Definición de la capacidad de comercialización.	92
4.2.	Localización del proyecto.	93
4.2.1.	Micro localización.	93
4.2.1.1.	Zonas.	93
4.2.1.2.	Ranking de factores con escala ponderada.	94
4.3.	Ingeniería del proyecto.	95
4.3.1.	Proceso productivo.	95
4.3.1.1.	Recojo y clasificación de residuos plásticos.	96
4.3.1.2.	Pesado.	96
4.3.1.3.	Alimentación de reactor.	96
4.3.1.4.	Pirólisis.	96
4.3.1.5.	Separación de gasóleo.	97
4.3.1.6.	Amortiguación de gas ligero.	97

4.3.1.7.	Condensación de gas ligero.	98
4.3.1.8.	Desulfuración y limpieza de gas.	98
4.3.1.9.	Intercambio de calor.	98
4.3.1.10.	Filtración de gas.	99
4.3.1.11.	Descarga de reactor.	99
4.3.2.	Especificaciones técnicas de los equipos.	99
4.3.2.1.	Sistema de alimentación.	100
4.3.2.2.	Reactor pirolítico.	101
4.3.2.3.	Cámara de combustión.	102
4.3.2.4.	Separador de gas y aceite.	103
4.3.2.5.	Tanque de amortiguación.	103
4.3.2.6.	Condensadores.	104
4.3.2.7.	Purificador de gas.	105
4.3.2.8.	Intercambiador de calor.	106
4.3.2.9.	Tanques de filtración de gas.	106
4.3.2.9.1.	Tanque de lavado con agua.	106
4.3.2.9.2.	Tanque de rociado de agua.	107
4.3.2.9.3.	Tanque de adsorción de anillos de cerámica.	107
4.3.2.9.4.	Tanque de adsorción de carbón activado.	107
4.3.2.10.	Sistema de enfriamiento.	108
4.3.2.11.	Sistema de descarga.	109
4.3.2.12.	Equipo de etiquetado.	110
4.3.2.13.	Equipo de llenado.	111
4.3.2.14.	Equipo de sellado.	111
4.3.3.	Diagramas de flujo.	113
4.3.3.1.	Diagrama del proceso.	113
4.3.3.2.	Diagrama de operación de proceso.	114
4.3.3.3.	Diagrama de análisis del proceso:	115
4.3.3.4.	Balance de materia.	116
4.3.3.5.	Diagrama de flujo.	117
4.3.4.	Requerimiento de mano de obra y equipos.	118
4.3.4.1.	Determinación de tiempo de actividades y cantidad de operarios.	118
4.3.4.2.	Determinación de número de máquinas.	120
4.3.4.3.	Balance de línea.	120

4.3.5.	Estimación de la inversión	122
4.3.6.	Calendario de ejecución del proyecto.	123
4.3.7.	Diseño y distribución de planta.	124
4.3.7.1.	Diagrama relacional de actividades.	125
4.3.7.2.	Diagrama de hilos.	127
4.3.7.3.	Plano de planta.	128
4.3.7.4.	Diagrama de recorrido.	129
4.3.7.5.	Método de Guerchet.	131
5.	Capítulo V: Estudio organizacional.....	134
5.1.	La empresa.	134
5.1.1.	Nombre o razón social.	134
5.1.2.	Tipo de empresa.	134
5.2.	Base filosófica de la empresa.	136
5.2.1.	Misión, visión y valores.	136
5.2.1.1.	Misión.	136
5.2.1.2.	Visión.	136
5.2.1.3.	Valores.	136
5.2.2.	Principios y valores.	137
5.2.3.	La organización.	138
5.2.3.1.	Organigrama.	138
5.2.3.2.	Planilla de trabajadores.	139
5.2.3.3.	Descripción de puestos.	140
5.2.3.4.	Definición de turnos.	154
6.	Capítulo VI: Estudio económico y financiero	155
6.1.	Ingresos.	155
6.1.1.	Proyección de ventas.	155
6.2.	Egresos.	155
6.2.1.	Costos de producción.	155
6.2.1.1.	Mano de obra directa.	156
6.2.1.2.	Materia prima directa.	158
6.2.1.3.	Costos indirectos.	159
6.2.1.3.1.	Materia prima indirecta.	159
6.2.1.3.2.	Equipo de protección personal.	160
6.2.1.3.3.	Suministros básicos.	161

6.2.1.3.4. Suministros de limpieza y otros.....	161
6.2.2. Gastos de operación.....	162
6.2.2.1. Gastos administrativos.....	162
6.2.2.1.1. Mano de obra indirecta.....	162
6.2.2.1.2. Útiles de escritorio.....	165
6.2.2.1.3. Suministros básicos.....	165
6.2.2.1.4. Suministros de limpieza y otros.....	166
6.2.3. Depreciación.....	166
6.3. Cálculo de costo unitario.....	169
6.4. Determinación del precio de venta.....	170
6.5. Inversión.....	170
6.6. Financiamiento.....	172
6.7. Costos fijos y costos variables.....	175
6.8. Cálculo del WACC.....	175
6.9. Flujo de caja.....	177
6.9.1. Indicadores económicos.....	178
6.9.2. Indicadores financieros.....	178
6.9.3. Indicadores B/C y PRI.....	178
6.10. Análisis de sensibilidad.....	179
6.10.1. Escenario optimista.....	179
6.10.1.1. Indicadores económicos.....	180
6.10.1.2. Indicadores Financieros.....	180
6.10.1.3. Indicadores B/C y PRI.....	180
6.10.2. Escenario pesimista.....	181
6.10.2.1. Indicadores económicos.....	182
6.10.2.2. Indicadores Financieros.....	182
6.10.2.3. Indicadores B/C y PRI.....	182
7. Capítulo VII: Estudio de impacto ambiental.....	183
7.1. Aspectos e impactos ambientales.....	183
7.2. Programa de monitoreo.....	184
8. Capítulo VIII: Seguridad y salud ocupacional.....	185
8.1. Matriz IPERC.....	185
8.2. Equipo de Protección Personal.....	189
8.3. Señalización.....	190

8.4. Mapa de riesgos.....	193
9. Conclusiones	194
10. Recomendaciones.....	197
11. Bibliografía	198
12. Anexos	202

Lista de tablas

Tabla 1 Instalaciones/Investigadores dedicados a la producción de combustible derivado de plástico	4
Tabla 2 Principales empresas dedicadas a la pirólisis en el mundo	6
Tabla 3 Población, generación per cápita (GPC) y generación de residuos en el ámbito urbano y rural	8
Tabla 4 Cálculo de residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados	16
Tabla 5 Residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados en la región sur del Perú	17
Tabla 6 Proyección de residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados en el ámbito urbano de la provincia de Arequipa	18
Tabla 7 Análisis de alternativas	23
Tabla 8 Criterios de evaluación	23
Tabla 9 Matriz de marco lógico	25
Tabla 10 Generación de residuos sólidos plásticos en el sur del Perú	32
Tabla 11 Adecuación de plásticos al proceso pirolítico	38
Tabla 12 Propiedades físicas y químicas del aceite pirolítico.	48
Tabla 13 Aplicación de los productos pirolíticos	49
Tabla 14 CIU de empresas que representan la muestra.	52
Tabla 15 Lista de empresas que conforman la muestra	54
Tabla 16 Tabulación de resultados de encuesta	57
Tabla 17 Presentación y descripción del producto	62
Tabla 18 Propiedades físicas y químicas del Petróleo Industrial N°6	62
Tabla 19 Propiedades físicas y químicas del Petróleo Industrial N°500	63
Tabla 20 Demanda nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2005-2018)	67
Tabla 21 Demanda actual de Petróleos Residuales N°500 y N°6 en el sur del país	69
Tabla 22 Proyección de demanda nacional (MBPD)	70
Tabla 23 Ventas de petróleos industriales- PetroPerú	71
Tabla 24 Oferta nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2013-2018)	74
Tabla 25 Proyección de oferta nacional (MBPD)	77
Tabla 26 Exportación histórica de los petróleos industriales (2009-2016)	78
Tabla 27 Proyección de exportación (MBPD)	79
Tabla 28 Demanda insatisfecha de petróleos residuales (2019-2023)	79
Tabla 29 Precios de producto en distintas presentaciones	81
Tabla 30 Análisis FODA	88
Tabla 31 Optimización del tamaño del proyecto	92
Tabla 32 Definición de la capacidad de comercialización.	92
Tabla 33 Zonas para localizar el proyecto	93
Tabla 34 Ranking de factores con escala ponderada	94
Tabla 35 Criterios de evaluación	95

Tabla 36 Diagrama de análisis del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de 2.25 t plástico	115
Tabla 37 Diagrama de análisis del proceso de pirólisis catalítica.....	115
Tabla 38 Diagrama de actividades múltiples	118
Tabla 39 Diagrama de actividades múltiples- Proceso pirolítico	119
Tabla 40 Determinación de número de máquinas.....	120
Tabla 41 Balance de línea	121
Tabla 42 Producción diaria de fuel oil.....	122
Tabla 43 Estimación de la inversión.....	122
Tabla 44 Calendario de ejecución del proyecto	123
Tabla 45 Leyenda de tabla relacional de actividades.....	125
Tabla 46 Códigos de proximidades.....	127
Tabla 47 Parámetros del método de Guerchet	131
Tabla 48 Estimación de áreas teóricas- Áreas operativas.....	132
Tabla 49 Planilla de trabajadores- áreas operativa.....	139
Tabla 50 Planilla de trabajadores- áreas administrativas	139
Tabla 51 Proyección de ventas.....	155
Tabla 52 Egresos de mano de obra directa (año 2019).....	156
Tabla 53 Egresos de mano de obra directa (años 2020 y 2021)	157
Tabla 54 Egresos de mano de obra directa (años 2022 y 2023)	157
Tabla 55 Egresos de materia prima directa	158
Tabla 56 Egresos de transporte de materia prima	158
Tabla 57 Egresos de materia prima indirecta- envases.....	159
Tabla 58 Egresos de materia prima indirecta- etiquetas	159
Tabla 59 Egresos de equipo de protección personal (año 2019)	160
Tabla 60 Egresos de equipo de protección personal (años 2020 y 2021)	160
Tabla 61 Egresos de equipo de protección personal (años 2022 y 2023).....	161
Tabla 62 Egresos de suministros básicos	161
Tabla 63 Egresos de suministros de limpieza y otros	162
Tabla 64 Egresos de mano de obra indirecta (año 2019).....	163
Tabla 65 Egresos de mano de obra indirecta (años 2020 y 2021)	163
Tabla 66 Egresos de mano de obra indirecta (años 2022 y 2023)	164
Tabla 67 Egreso de útiles de escritorio	165
Tabla 68 Egresos de suministros básicos de administración	166
Tabla 69 Egresos de suministros de limpieza y otros de administración	166
Tabla 70 Depreciación de maquinaria y equipo.....	167
Tabla 71 Depreciación de materiales y equipos auxiliares	167
Tabla 72 Depreciación de muebles y enseres	168
Tabla 73 Depreciación de equipos de procesamiento de datos.....	168
Tabla 74 Depreciación de vehículos	168
Tabla 75 Amortización de intangibles	168
Tabla 76 Costos de producción.....	169
Tabla 77 Gastos de operación	169

Tabla 78 Costo unitario.....	169
Tabla 79 Cálculo de precio	170
Tabla 80 Inversión de activos tangibles	170
Tabla 81 Inversión de activos intangibles.....	171
Tabla 82 Capital de trabajo	172
Tabla 83 Financiamiento.....	172
Tabla 84 Características del préstamo	173
Tabla 85 Interés de capital propio.....	173
Tabla 86 Amortización de préstamo	173
Tabla 87 Costos fijos	175
Tabla 88 Costos variables	175
Tabla 89 Cálculo del WACC	176
Tabla 90 Flujo de caja 2019-2023.....	177
Tabla 91 Indicadores económicos.....	178
Tabla 92 Indicadores financieros	178
Tabla 93 B/C y PRI.....	178
Tabla 94 Flujo de caja- escenario optimista.....	179
Tabla 95 Indicadores económicos.....	180
Tabla 96 Indicadores financieros	180
Tabla 97 B/C y PRI.....	180
Tabla 98 Flujo de caja- escenario pesimista	181
Tabla 99 Indicadores económicos.....	182
Tabla 100 Indicadores financieros	182
Tabla 101 B/C y PRI.....	182
Tabla 102 Aspectos e impactos ambientales y medidas de control	183
Tabla 103 Ponderación de nivel de control.....	185
Tabla 104 Ponderación de nivel de exposición.....	186
Tabla 105 Ponderación de nivel de probabilidad.....	186
Tabla 106 Ponderación de nivel de probabilidad.....	186
Tabla 107 Ponderación de nivel de consecuencia.....	186
Tabla 108 Ponderación de nivel de riesgo	187
Tabla 109 Ponderación de nivel de riesgo	187
Tabla 110 Matriz IPERC para puestos operativos	187
Tabla 111 Matriz IPERC para puestos administrativos	189
Tabla 112 Equipo de protección personal.....	189
Tabla 113 Señalización de seguridad.....	190
Tabla 114 Señalización de materiales de riesgo (NFPA)	192

Lista de figuras

Figura 1. Composición física de residuos sólidos del ámbito urbano y rural.	10
Figura 2. Composición de residuos reciclables comercializables recolectados en porcentaje (%).	10
Figura 3. Árbol de problemas.	21
Figura 4. Árbol de objetivos.	22
Figura 5. Proceso de Pirólisis.	35
Figura 6. Comparación entre Pirólisis Térmica y Pirólisis Catalítica.	37
Figura 7. Fórmula molecular de la zeolita.	43
Figura 8. Resultados de la pregunta 1 de la encuesta.	58
Figura 9. Resultados de la pregunta 2 de la encuesta.	58
Figura 10. Resultados de la pregunta 3 de la encuesta.	58
Figura 11. Resultados de la pregunta 4 de la encuesta.	59
Figura 12. Resultados de la pregunta 5 de la encuesta.	59
Figura 13. Resultados de la pregunta 6 de la encuesta.	59
Figura 14. Resultados de la pregunta 7 de la encuesta.	60
Figura 15. Resultados de la pregunta 8 de la encuesta.	60
Figura 16. Resultados de la pregunta 9 de la encuesta.	61
Figura 17. Resultados de la pregunta 10 de la encuesta.	61
Figura 18. Diagrama de Pareto para la selección de las municipalidades proveedoras.	64
Figura 19. Demanda nacional de principales combustibles (MBPD).	66
Figura 20. Composición de demanda por tipo de producto.	66
Figura 21. Demanda nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2005- 2018).	68
Figura 22. Tendencia de demanda nacional histórica (2005-2018).	70
Figura 23. Proyección de demanda nacional (2019-2023).	71
Figura 24. Oferta nacional de principales combustibles (MBPD).	72
Figura 25. Composición de oferta por tipo de producto.	73
Figura 26. Oferta nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2007- 2018).	75
Figura 27. Oferta nacional (MBPD).	76
Figura 28. Tendencia de demanda nacional histórica (2007-2018).	76
Figura 29. Tendencia de exportación histórica (2009-2016).	78
Figura 30. Volante.	82
Figura 31. Etiqueta.	83
Figura 32. Ruta de distribución de producto y recojo de residuos.	84
Figura 33. Fuerzas de Michael Porter.	85
Figura 34. Sistema de alimentación.	101
Figura 35. Sistema de alimentación.	101
Figura 36. Reactor pirolítico.	102
Figura 37. Reactor pirolítico.	102

Figura 38. Cámara de combustión.	102
Figura 39. Cámara de combustión.	102
Figura 40. Separador de gas y aceite.	103
Figura 41. Separador de gas y aceite.	103
Figura 42. Tanque de amortiguación.	104
Figura 43. Condensador.	105
Figura 44. Condensador.	105
Figura 45. Purificador de gas.	105
Figura 46. Intercambiador de calor.	106
Figura 47. Intercambiador de calor.	106
Figura 48. Tanques de filtración de gas.	108
Figura 49. Sistema de enfriamiento.	109
Figura 50. Torre de enfriamiento.	109
Figura 51. Sistema de descarga.	110
Figura 52. Dispensador de etiquetas.	110
Figura 53. Bomba neumática de llenado.	111
Figura 54. Llave selladora de cilindros.	112
Figura 55. Diagrama del proceso.	113
Figura 56. Diagrama de operación del proceso.	114
Figura 57. Balance de materia.	116
Figura 58. Diagrama de flujo.	117
Figura 59. Tabla relacional de actividades.	126
Figura 60. Diagrama de hilos.	127
Figura 61. Plano de planta.	128
Figura 62. Diagrama de recorrido.	129
Figura 63. Diagrama de recorrido- Proceso de pirólisis.	130
Figura 64. Organigrama de la empresa.	138
Figura 65. Mapa de riesgos.	193

Lista de anexos

ANEXO 1: Cuadro de ponderación para análisis de alternativas.	202
ANEXO 2: Cuadro de ponderación para ranking de factores con escala ponderada.	202
ANEXO 3: Cálculo de combustible (recojo de residuos plásticos y entrega de producto).	203

Introducción

En la actualidad la cantidad de residuos plásticos generados es grande, lo cual provoca daños ambientales debido a que los plásticos no se degradan rápidamente. Parte de estos residuos es comercializado, pero existe una proporción que no es aprovechada y es inadecuadamente desechada, generando un grave problema de contaminación.

El reciclaje brinda un aporte al problema mencionado, sin embargo, debido a la inexistencia de demanda de otros polímeros distintos al PET, es que se desaprovecha un porcentaje bastante grande los residuos plásticos generados, la falta de tecnología y conocimiento de otros métodos de valorización representan un obstáculo.

Un método de reciclaje es la pirólisis, este proceso puede ser térmico o catalítico y es una alternativa favorable que permite convertir polímeros en gas e hidrocarburos líquidos. La pirólisis es un proceso con un costo relativamente bajo a partir del cual se puede obtener una amplia gama de productos. En el proceso de pirólisis, donde el calentamiento se produce en ausencia de oxígeno, los compuestos orgánicos se descomponen generando productos gaseosos y líquidos, que pueden usarse como combustibles. Este método puede mejorarse mediante la adición de catalizadores, que reducirán la temperatura y el tiempo de reacción y permitirán la producción de hidrocarburos con un mayor valor agregado.

La materia prima que será usada en el proceso pirolítico consta de PP, PES y PE, el PET queda descartado por que es demandado por las recicladoras, mientras que la pirólisis de PVC emite gases tóxicos.

La idea de este proyecto de inversión parte de la necesidad de valorizar la creciente cantidad de residuos plásticos generados en la ciudad de Arequipa y que no son aprovechados, dicha valorización es posible mediante el uso de una tecnología probada y validada a nivel laboratorio,

planta piloto y escala industrial en otros países, la pirólisis. Esta tesis busca probar la factibilidad para la producción y comercialización de fuel oil a partir de residuos plásticos mediante un proceso de pirolisis catalítica usando zeolita en Arequipa.

El presente trabajo consta de 8 capítulos; el primero comprende los datos generales del proyecto, como la descripción y los antecedentes del problema. Este capítulo muestra el fundamento de la instalación de una planta de este tipo en la región, basada en datos estadísticos de generación de residuos sólidos, tanto de Arequipa como del Perú.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico, el cual es la base del proyecto ya que brinda los conceptos necesarios sobre los cuales se construirá éste. Este capítulo comprende información sustraída de artículos de investigación y libros que servirá de fuente para comprender el fundamento del proceso pirolítico y toda la terminología técnica.

En el tercer capítulo se plasman los resultados del estudio de mercado que brinda un panorama del mercado al que se desea ingresar, los niveles de demanda y oferta, así como la demanda insatisfecha disponible. Este capítulo hace referencia a los datos del mercado del petróleo industrial; el aceite pirolítico y este hidrocarburo poseen características y propiedades químicas y físicas muy similares.

En el cuarto capítulo se desarrolla el estudio técnico, localización y diseño de planta, número de maquinaria, etc., mediante el uso de herramientas de ingeniería. Para una mejor comprensión se distingue el proceso pirolítico del resto de procesos tales como empaquetado, etiquetado, etc..

El quinto capítulo muestra el estudio organizacional en el que se detallan los puestos y funciones que realizaría cada colaborador. Se describe la planilla de trabajadores que conformarán la empresa año con año, ya que debido al aumento de turnos laborales también incrementará la cantidad de personal.

En el sexto capítulo se desarrolla el análisis económico y financiero del proyecto, se detallan los egresos, ingresos, flujo de caja, se calcula el costo unitario y margen de utilidad. Finalmente se evalúan los indicadores financieros y económicos hallados que dan a conocer los beneficios que este proyecto traería. En el séptimo capítulo se identifican los aspectos e impactos ambientales generados por el proceso productivo, así como las medidas de control que se deben considerar para mitigar las consecuencias. En este capítulo se describen las medidas de control para disminuir en lo máximo posible el daño a los recursos ambientales principales, aire y agua.

En el octavo capítulo se plasma el estudio de seguridad y salud ocupacional y las medidas a tomar para evitar accidentes, así como los peligros y riesgos a los que los trabajadores están expuestos. Además, se desarrolló una matriz IPERC y un mapa de riesgos. Este capítulo detalla qué consideraciones se deben tomar en cuenta para proteger la salud e integridad física de cada uno de los trabajadores.

1. Capítulo I

1.1. Datos generales del proyecto.

1.1.1. Nombre del proyecto.

Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de fuel oil a partir de residuos plásticos mediante un proceso pirolítico en Arequipa

1.1.2. Antecedentes.

La producción de combustibles líquidos a partir de residuos plásticos mediante el proceso de pirólisis es una técnica emergente que aporta una solución para la utilización adecuada de la gran cantidad de residuos plásticos que no pueden ser recuperados por métodos tradicionales de reciclado mecánico y que finalmente se disponen en rellenos sanitarios. Estos residuos no son solicitados por los recicladores ya que en la actualidad no existe demanda para éstos.

La pirólisis de plásticos es un proceso mediante el cual se produce la degradación térmica a altas temperaturas de estos residuos en ausencia de oxígeno, como resultado final se puede obtener productos tales como gasolina, querosene, diésel y una amplia gama de hidrocarburos, asimismo se obtiene residuos sólidos y gases combustibles no condensables que se utilizan como fuente de calor en el mismo proceso. La pirólisis catalítica reduce la temperatura necesaria para la reacción.

Cabe mencionar que la pirólisis es un proceso que puede transformar materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, sin embargo, esta tesis se centrará en el uso de residuos plásticos.

Es por lo tanto necesario utilizar las condiciones óptimas de pirólisis y acertar en el uso de un catalizador apropiado para obtener productos comercializables, que emulen, por ejemplo, al combustible y/o la gasolina a partir de los desechos plásticos.

Según Mullaney H, Farag H, LaClaire C, & Barrett C. (2002), este método es usado desde la antigüedad egipcia, donde el alquitrán para calafatear barcos y un agente de embalsamamiento se hicieron de la pirólisis. En la Inglaterra feudal este método de obtención de carbón fue celosamente guardado y transmitido de padres a hijos. Desde entonces, el proceso ha sido mejorado y se utiliza ampliamente en la producción de carbón y coque. La crisis energética de los 70 incitó a la investigación y desarrollo de los sistemas de conversión termoquímica de la biomasa.

En la década de 1980, los científicos descubrieron que el rendimiento líquido de la pirólisis podría incrementarse en la pirólisis rápida, donde la biomasa se calienta indirectamente y se condensa rápidamente. En 1984 en Japón se había desarrollado a gran escala, la pirólisis de RSU (residuos sólidos urbanos) para obtener gases que generasen electricidad: el proceso Takishima Kikai utilizaba un reactor de lecho fluidizado a 815 °C.

Hoy en día existe un gran número de instalaciones dedicadas a la producción de combustibles derivados del plástico como se plasma en la Tabla 1; asimismo, es necesario destacar los trabajos realizados por investigadores quienes han contribuido con su investigación al desarrollo de esta naciente industria.

Latinoamérica no es ajena a esta realidad, la utilización de esta tecnología a nivel comercial se existe en varios países tales como Colombia, Panamá, Aruba, Guatemala, Jamaica y especialmente en México, destacándose los trabajos de Marcelo Fernández y Francisco Gerardo Nungaray en Monterrey y Zacatecas entre otros y la Planta de Reimposa en Honduras. Al día de hoy existen más de 20 plantas destinadas a la producción de combustible a partir de residuos plásticos.

Tabla 1
Instalaciones/Investigadores dedicados a la producción de combustible derivado de plástico

Año	País	Instalación/ Investigador	Descripción
1913	Alemania	H. Speck/ Friedrich Bergius	Transformación de producto de carbonización de turba en un líquido orgánico similar al benceno a 450°C y 150 atm. Se hizo la prueba con carbón marrón y negro y se produjo un líquido orgánico similar. Se patentó el procedimiento como “carbón a líquido”.
1923	Alemania	Fischer y Tropsch	Desarrollaron esa tecnología, los científicos de todo el mundo trabajaron intensamente para mejorarla debido a lo cara que era en comparación con la producción de combustible a partir de aceite crudo, motivo por el cual fue decayendo y se volvió obsoleta, ya que generaba altos costos, un extremo uso de agua y una gran contaminación ambiental.
1931	Alemania	Friedrich Bergius	Ganó el premio Nobel de Química en reconocimiento a la invención y desarrollo de métodos químicos a alta presión.
1973	Alemania	Dr. Christian Koch (Alphakat)	Empezó su trabajo con esta tecnología, 17 años en Siemens y posteriormente por su cuenta. Descubrió la transformación de materiales orgánicos en aceite sin necesidad de alta presión, sino donde predominaba la alta temperatura. Aplicó el desarrollo del proceso de KDV (katalytische drucklose Verölung- despolimerización catalítica sin presión) añadiendo catalizadores al proceso de biomasa y similares. Con el desarrollo de la manufactura industrial fue posible transformar también carbón marrón en aceite diésel. Este proceso también permite transformar otros materiales orgánicos como plantas, madera, plástico, etc. en aceite diésel económicamente y sin contaminar el medio ambiente.
1992	Alemania	Wolf Eberhard Nill (Nill Technology; Proceso Syntrol)	Inventó un proceso en el cual el plástico reciclado es sometido a una serie de pasos de calentamiento y separación de fases para obtener unas cadenas largas de hidrocarburos derivados del plástico. El proceso utiliza una torre de cracking para romper los hidrocarburos en moléculas más pequeñas para producir gas oil finalmente condensado en aceite.
1993	Alemania	Prof. Dr. Thomas Willner (Haw-Hamburg University)	Realizó trabajos mientras cursaba un doctorado, destacan los basados en pirólisis directa de aceite de palma para la producción de NERD (Non Ester Renewable Diesel- no éster diésel renovable)
1993	Holanda	Biomass Technology Group (Universidad de Twente)	La tecnología de pirólisis exclusiva y patentada de BTG se caracteriza por una mezcla intensa sin la necesidad de un gas portador inerte. BTG-BTL ha tomado la tecnología de pirólisis rápida patentada RCR (Rotating Cone Reactor) de BTG y la ha convertido en una instalación industrial comercial. El diseño mejorado del RCR da como resultado un reactor notablemente pequeño, una complejidad del sistema reducida y un tamaño mínimo de los equipos de flujo descendente en comparación con las tecnologías de pirólisis competentes.
1993	Suiza	PLASTOIL	Por este proyecto, la Reststoffverwertungs AG (RVA) ha recibido el premio a la Innovación del cantón de Zug. La técnica de transformación de plástico en petróleo es conocida desde los años 30, pero en el ámbito industrial es aplicada a partir de las investigaciones de la firma alemana Nill Tech, socia de la Reststoffverwertungs AG (RVA). Esta empresa de aprovechamiento de residuos ubicada en Sihlbrugg (pueblo ubicado entre los cantones Zug y Zúrich) es la primera a escala mundial que está en condiciones de producir 1.000 litros de petróleo por hora.
1999	Alemania	Prof. Dr. Walter Kaminsky (Hamburg University)	Su investigación incluye el descubrimiento de un sistema catalizador de metaloceno altamente activo, soluble para la polimerización de olefinas y el desarrollo de plantas de pirólisis técnicas para la recuperación de las fracciones útiles de residuos que contienen hidrocarburos. Ha realizado además otras investigaciones y conferencias sobre las áreas de la ingeniería química, la generación de energía, el reciclaje y la química macromolecular.
2000	Japón	Eiichi Ino (Sapporo Plant)	Estableció una instalación de licuefacción plástica totalmente comercial en la isla de Hokkaido que tiene la capacidad de reciclar más de cincuenta toneladas diarias de residuos plásticos mixtos. De este flujo de residuos, el proceso térmico avanzado recupera el petróleo liviano que se usa como materia prima química para la producción de nuevos plásticos, un equivalente de fuel oil medio a diésel y un aceite pesado que se usa para generar electricidad para exportar a la red.
2001	Japón	Akinori Ito (Blest Corporation)	Ha desarrollado un proceso con una máquina portable de pequeña escala, con capacidad de 1 kg, que transforma plásticos en combustibles líquidos. La empresa fabrica hoy en día máquinas de mayor capacidad. Esta máquina es llevada a los colegios y el Sr. Ito realiza así una labor educativa a nivel de escuelas de primaria y secundaria.
2004	Estados Unidos	Chris Ulum (Agilyx)	Trabaja con cuatro hornos estacionarios, de rotación vertical, cargados con plástico molido, calentados con gases de combustión. No habla de catalizador. El crudo obtenido es de colores sepia, mediana a alta viscosidad, no translucido. Lo venden a una refinera de petróleo local en el estado. Su capacidad aparentemente es baja para una empresa de esa magnitud. (Mencionan 10 ton/día). Producen 60 bbl de crudo por día.
2005	Filipinas	Jayme Navarro (Pyro-Green)	Han creado su propio sistema único y tienen una patente aprobada con la Oficina de Propiedad Intelectual de Filipinas. Una planta de Pyro-Green ha estado funcionando durante tres meses, produciendo 1,600 litros de combustible de 2 toneladas métricas de plástico diariamente. El combustible producido se está probando continuamente en los vehículos, y hasta ahora tienen muy buenos resultados.
2005-	Alemania	Dr. Manfred Sappok	Procesamiento del plástico y aceite usado de motor y para la depuración de los productos, especialmente para la eliminación de la formación de

2009		(Clyvia)	gomas en el diésel. Su patente de eliminación de gomas se basaba en la exposición prolongada de los productos del cracking al oxígeno, con la cual el reclamaba, que se oxidaban las gomas fáciles de oxidar, permaneciendo el resto de producto en mejores condiciones que las iniciales.
2006	Australia	Ozmotech	Desarrolló su sistema ThermoFuel utilizando una cámara de pirólisis, un convertidor catalítico patentado y una serie de condensadores especialmente diseñados para producir combustible diésel rico en energía a partir de plásticos de desecho sin clasificar. Los plásticos que no son adecuados para otros fines de reciclaje debido a una mezcla indeseable o contaminada de polímeros no son un problema. Ozmotech ha pasado dos años desarrollando la tecnología original de pirólisis en un sistema totalmente operativo capaz de producir más de 19,000 litros de combustible diésel por día por menos de 30 centavos de dólar por litro. Varios sistemas ya están en funcionamiento en Japón, pero los combustibles producidos se utilizan exclusivamente para la generación de energía a través de generadores diésel.
2008	Rusia	Tkomplex	Fabricante y proveedor de plantas de pirólisis a pequeña escala, suministra máquinas de pirólisis y equipos auxiliares para procesar productos en combustible líquido en fracciones comerciales. Sus máquinas son relevantes en el campo de la pirólisis de artículos industriales de caucho, plástico, petróleo crudo y aceites usados para convertirlos en productos comercializables (diesel black u hollín industrial, carbono activo, mazut, diésel, gasolina).
2009	Estados Unidos	John Bordinuik (Plastic2oil)	Varios laboratorios independientes de buena reputación verificaron que la producción de combustible pasó la prueba ASTM. La compañía continuó probando y escalando el proceso P2O al construir un procesador de 1 tn. En abril de 2010, después de varias pruebas, Isle Chem validó que el proceso P2O de JBI era repetible y escalable. Se concluyó que casi el 90% de la composición de hidrocarburos en la materia prima plástica se convierte en combustible líquido listo para usar. El Sr. Bordinuik y su equipo desarrollaron tecnología en el proceso para separar y refinar el combustible (como Fuel Oils) que se puede vender como un producto terminado directamente a los clientes de la Compañía sin la necesidad de más refinación.
2009	Estados Unidos	Vadxx	Convierte continuamente los desechos plásticos en productos energéticos valiosos al cocinar, limpiar y enfriar el plástico en un sistema cerrado y controlado. El proceso patentado de Vadxx se ejecuta en un equipo probado y comercial, como una extrusora, caldera, condensadores y tuberías cerradas. El plástico sólido se derrite y se convierte en un vapor que se dirige a través de las tuberías a otro recipiente cerrado donde se enfría y se condensa nuevamente en un líquido. El líquido se canaliza a un tanque de almacenamiento y está listo para ser recogido por un camión cisterna.
2010	Inglaterra	Cynar	El plástico triturado se carga a través de un sistema de fusión en caliente (Extrusora) directamente en las cámaras del horno. Allí la agitación comienza a igualar la temperatura y homogeneizar las materias primas. El plástico se convierte en un vapor. El vapor del horno pasa al contactor, el cual rompe los carbonos de cadena larga y permite que los vapores condensables necesarios de cadenas más cortas pasen a la columna de destilación. El sistema desvía el gas no condensable a través de un lavador y luego de nuevo a los hornos para calentar las cámaras. Los vapores condensables pasan a la columna de destilación para producir aceite ligero y diésel en bruto. El aceite ligero se pone en el almacenamiento. El diésel en bruto se hace pasar a la columna de destilación al vacío para ser refinado adicionalmente y producir diésel, queroseno y aceite ligero. Los destilados luego pasan a los depósitos de almacenamiento.
2012	Estados Unidos	Polyflow	Funciona con un reactor con la capacidad de manejar hasta 60 toneladas por día de flujos de residuos de polímeros mixtos que otros sistemas de reciclaje normalmente tienen que desechar en vertederos. Se trata de un recipiente cilíndrico fijo, calentado por fuera, alojado en una cámara aislada, el cual mediante un tornillo sin fin movido por un eje central, desplaza el material hacia adelante, permitiendo que la carbonilla salga por el extremo posterior. Los gases de combustión salen directamente a la atmósfera por la parte superior y los gases de pirólisis se conducen hacia un condensador por la parte superior del recipiente.
2013	Costarica	Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica	El proyecto fue apoyado por el programa UNA Emprendedores y el proyecto UNA Incuba. La empresa Constructora Industrial B & B (COBYBSA) se interesó por el proyecto y cuenta ya con un prototipo funcionando a pequeña escala.
2014	México	Sr. Gerardo Nungaray de Zacatecas	Ha hecho una máquina portátil de aproximadamente 200 kg de capacidad. Tiene un domo como tapa, el cual le permite cierta cantidad de reflujo. Además posee un cilindro pequeño a la salida del domo, cuya función aparente es alojar catalizador para la realización de catálisis en fase gaseosa. También utiliza una centrífuga, aparentemente para separar las parafinas sólidas cristalizadas. Su sistema de condensación y enfriamiento es bastante compacto. Utiliza para la calefacción del horno los gases de combustión así como algunos aceites que resultan como subproducto del proceso.
2015	México	Ing. Edgar Padilla de Salamanca Gto.	Ha desarrollado un proceso utilizando un reactor de tipo estacionario Vertical, calentado por convección, el cual le permite obtener por condensación fraccionada combustibles tales como Gas, Gasolina, Diesel, Fuel Oil, Parafina y Coque.

Fuente: La producción de combustibles vehiculares a partir de plásticos de desecho (Calderón, 2016).

Asimismo, es importante conocer que existen decenas de empresas e instituciones alrededor del mundo dedicadas a la transformación de materia mediante pirólisis, en la Tabla 2 se muestra un breve resumen de algunas plantas a nivel mundial y se indica el tipo de materia que procesan:

Tabla 2
Principales empresas dedicadas a la pirólisis en el mundo

Institución/ Empresa	Materia prima principal	Materia prima secundaria	Estado de desarrollo	País/ Locación
Adherent Technologies, Inc	Neumáticos	Plásticos		EEUU
AMAT	Neumáticos			Reino Unido
Balboa Pacific	RSM		Demostración	EEUU
Beven Recycling	Neumáticos			Reino Unido
Bio Oxidation				EEUU
BP	Plásticos			ND
BP Projects	Neumáticos		Demostración	Reino Unido
Brightstar Environmental	RSM		Comercial	EEUU
BTG (Biomass Tech. Group)	Biomasa			Países Bajos
Changing World Technologies	RSM			EEUU
Coalite	Carbón			Reino Unido
Conrad Industries	Plásticos			EEUU
Conversion Processes	Biomasa			EEUU
Creative Recycling Technologies Inc	Neumáticos			ND
Dutch State Mines	Plásticos			ND
Dynamotive	Biomasa		Planta piloto	Canadá
Eco Waste Solutions	RSM	Sin clasificar	Comercial	Canadá
ECVM (European Council of Vinyl Manufactures)	Plásticos		Industria	Europa
Elf Atochem North America Inc	Plásticos			ND
Energy and Environmental Research Center	Plásticos			ND
Enichem Elastomers America Inc.	Plásticos			ND
Ensyn	Biomasa		Comercial	Canadá
Entropic Technologies	RSM			EEUU
Environmental Waste International	Neumáticos	RH	Comercial	Canadá
ESI: Environmental Solutions International:	Aguas residuales	Biomasa		Australia
Enersludge				EEUU
Ferrite				EEUU
Global Energy Solutions	RSM	Sin clasificar		EEUU
GM	RAT			EEUU
Graveson Energy Management (GEM)	RSM		Demostración	Reino Unido
GTS Duratek	RAT	RP	NPA	EEUU
Hebco International	Neumáticos	RAT	NPA	Canadá
IEA Task 34	Biomasa	RSM	Agencia internacional de energía	Internacional
International Environmental Solutions	Biosólidos	Fuegos artificiales	Demostración	EEUU
Interstate Waste Technologies	RSM		Comercial	EEUU
JF Ventures Ltd.	Biomasa	RSM	Demostración	Canadá
JND Thermal Process	RSM	Biomasa	Diseño, pruebas a pequeña escala	Reino Unido
McMullen	RSM		Pequeña escala/ conceptual	EEUU
Metso Minerals	Tires		Patentado	Finlandia
Minergy	Biosólidos		Comercial	EEUU
NESA (Umicore)	Biosólidos	Lodo	Comercial	Bélgica
Nexus Technologies			Demostración	Francia
North American Power Co.	RSM			EEUU
Ontario Hydro Technologies	RH	RSM	Demostración	Canadá
Orenda Aerospace	Biomasa			Canadá
Ozmotech	Plásticos			Australia
Petrofina (FINA Inc)	Plásticos			ND
PKA Umwelttechnik	RSM	RAT	Comercial	Alemania
Plastic Energy LLC (SMUDA)	Plásticos	Neumáticos	Pre-comercial	EEUU
PyNe	Biomasa		Sociedad técnica	Reino Unido

Pyrovac International	Biomasa		Demostración	Canadá
Reactive Energy	Plásticos			EEUU
Serpac Pyroflam	RSM	RH	Demostración	Francia
Siemens	RSM		Obsoleta	Alemania
Stigsnaes Industrimiljo AS	PVC			Dinamarca
Takuma	RSM	RAT	Demostración	Japón
TarWeb			Investigación	ND
Technip Germany	RSM		Comercial	Alemania
ThermoEnergy Corp.			Demostración a gran escala	EEUU
Thermoselect	RSM	Sin clasificar	Comercial	Suiza
Thide Environmental	RSM	Sin clasificar	Comercial	Francia
Titan Technologies	Neumáticos			ND
Traidec	Lodo	Desecho animal	Piloto	Francia
Unisphere Waste Conversion Ltd	Neumáticos		Pre-comercial	Canadá
Von Roll RCP	RSM		Demostración	Suiza
Waste Gas Technology	RSM	Clasificada	Demostración/ comercial	Reino Unido
WasteGen UK				Europa
Waterloo Fast Pyrolysis Process				ND
Weidleplan	Neumáticos		Demostración	Alemania
Wellman Process Engineering	Biomasa		Demostración	Reino Unido

Fuente: Tecnologías emergentes para el tratamiento de los residuos urbanos, el caso del plasma térmico (Ciceri, 2017)

RSM: Residuos sólidos municipales

ND: No determinado

RH: Residuos hospitalarios

RP: Residuos peligrosos

RAT: Residuo automotriz triturado

NPA: No promovido activamente

1.1.3. Cobertura y localización.

La planta propuesta será localizada en el Parque Industrial de Río Seco, en el distrito de Cerro Colorado en la ciudad de Arequipa, debido a factores como fuentes de abastecimiento, localización de clientes, disponibilidad de terrenos y construcción, servicios básicos y cuestiones de impacto ambiental.

La producción y comercialización cubriría la demanda de la ciudad de Arequipa en un 3.51% de la demanda total.

1.1.4. Sector y tipo de proyecto.

El tipo de proyecto corresponde a un estudio de factibilidad, que incluye una investigación de mercado, estudio de localización y evaluación económica.

La producción de fuel oil concierne al sector de Energía, Minería e Hidrocarburos y el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN, es el encargado de fiscalizar los aspectos legales y técnicos de las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional. La Ley de Hidrocarburos es la que regula la producción de fuel oil.

1.2. Diagnóstico y problema.

1.2.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.

Según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028 en el año 2017 se generaron aproximadamente 709.46 TM/día de residuos sólidos municipales en el ámbito urbano de Arequipa y 26.63 TM/día en el ámbito rural (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017) lo que demuestra el elevado consumismo que existe en la provincia. En la Tabla 3 se muestra cómo se distribuyen estos valores a nivel de distritos:

Tabla 3
Población, generación per cápita (GPC) y generación de residuos en el ámbito urbano y rural

Distrito	Población (2016)	GPC Domiciliaria (kg/hab/día)	Generación Domiciliaria (TM/día)	Generación No Domiciliaria (TM/día)	Generación Municipal (TM/día)	GPC Municipal (kg/hab/día)
Ámbito Urbano						
Alto Selva Alegre	88635	0.45	39.89	6.57	46.46	0.52
Arequipa	53160	0.46	24.70	60.10	84.8	1.59
Cayma	100434	0.59	59.96	12.60	72.56	0.72
Cerro Colorado	166859	0.51	86.49	10.23	96.71	0.58
Characato	10372	0.37	3.84	0.22	4.06	0.39
Jacobo Hunter	51167	0.42	21.71	9.35	31.05	0.60
José Luis B. y Rivero	85336	0.48	40.96	46.52	87.48	1.02
Mariano Melgar	55421	0.41	22.72	2.32	25.04	0.45
Miraflores	50777	0.43	22.26	8.84	31.10	0.61
Paucarpata	134515	0.50	67.26	33.6	100.85	0.74
Sabandía	4432	0.29	1.30	0.10	1.40	0.31
Sachaca	20989	0.53	11.15	5.8	16.94	0.80

Socabaya	79367	0.53	42.06	8.41	50.47	0.63
Tiabaya	15515	0.47	7.34	2.31	9.64	0.62
Uchumayo	13437	0.48	6.54	0.68	7.22	0.53
Yanahuara	27324	0.55	15.22	16.89	32.11	1.17
Yura	29181	0.32	9.40	2.15	11.55	0.39
Total	986921	0.492	482.78	226.68	709.46	0.71
Ámbito Rural						
La Joya	33116	0.37	12.41	1.635	14.04	0.42
Santa Rita de Siguan	6126	0.35	2.18	0.65	2.84	0.46
Santa Isabel de Siguan	1291	0.35	0.46	0.13	0.60	0.46
San Juan de Siguan	1661	0.30	0.59	0.177	0.77	0.46
Vitor	2392	0.35	0.85	0.25	1.11	0.46
Chiguata	3134	0.42	1.31	0.39	1.71	0.55
Mollebaya	2066	0.37	0.76	0.23	1.00	0.48
Pocsi	562	0.37	0.20	0.06	0.27	0.48
Polobaya	1525	0.37	0.56	0.17	0.74	0.48
Quequeña	1477	0.37	0.54	0.16	0.71	0.48
San Juan de Tarucani	2141	0.37	0.79	0.23	1.03	0.48
Yarabamba	1079	0.30	0.32	1.485	1.81	1.68
Total	56570	0.37	21.02	5.61	26.63	0.533

Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028.

Según lo observado en la Tabla 3, entre los distritos urbanos que generan mayor cantidad de residuos sólidos municipales están Paucarpata con 100.85 TM/día, seguido por Cerro Colorado (96.71 TM/día), José Luis Bustamante y Rivero (87.48 TM/día), Arequipa (84.8 TM/día) y Cayma (72.56 TM/día), en el ámbito rural más de la mitad de residuos sólidos municipales son generados por el distrito de La Joya.

Del total de residuos sólidos generados en zonas urbanas sólo el 16.43% corresponden a residuos reciclables, es decir 116.56 TM/día, mientras que en la zona rural este monto asciende a 3.81 TM/día, es decir el 14.33%.

En la Figura 1 se plasma la composición por tipo de residuo tanto en el ámbito urbano como rural, el cual indica que en ambos casos la materia orgánica es la que representa más del 50% de residuos totales.

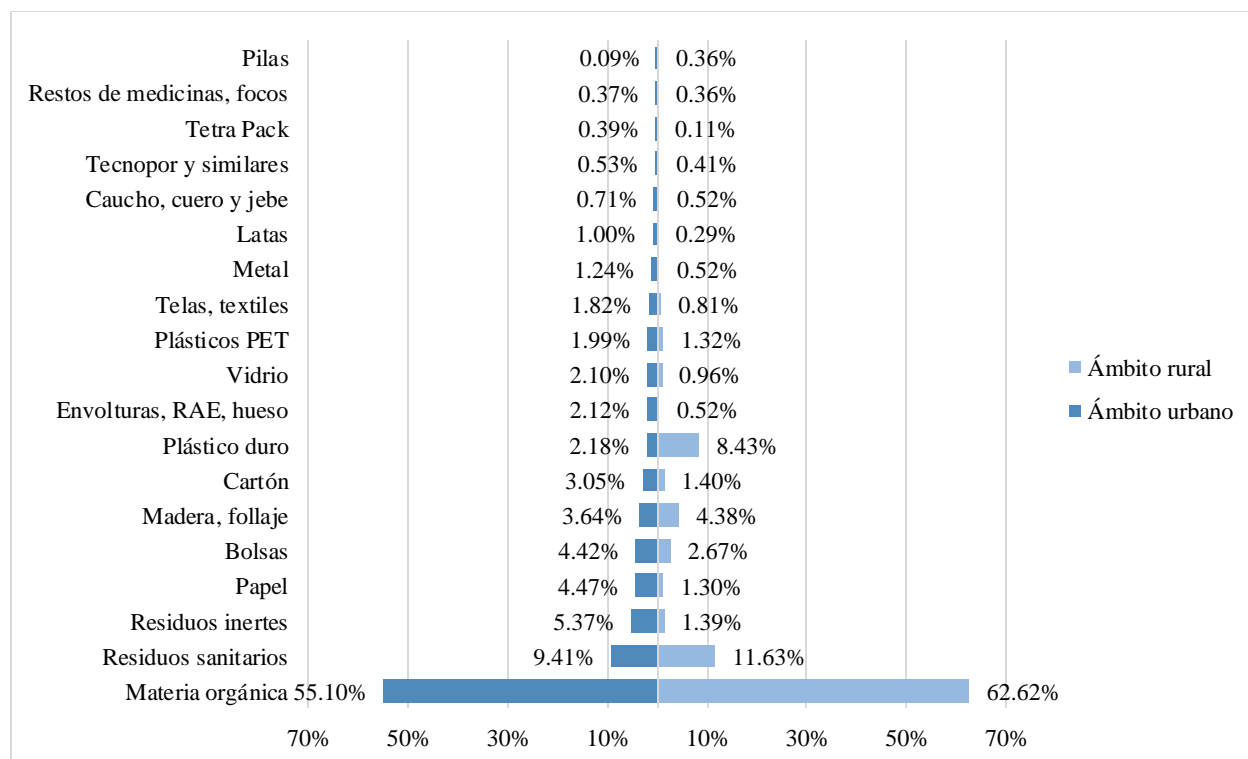


Figura 1. Composición física de residuos sólidos del ámbito urbano y rural.

Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028.

Sólo el 6.26% de los residuos sólidos reaprovechables son comercializados, es decir, 7.54 TM/día lo que demuestra la deficiente cultura de reciclaje existente en la región. La composición de estos residuos puede observarse en la Figura 2, en esta composición lideran los materiales de cartón, seguidos de los de PET.

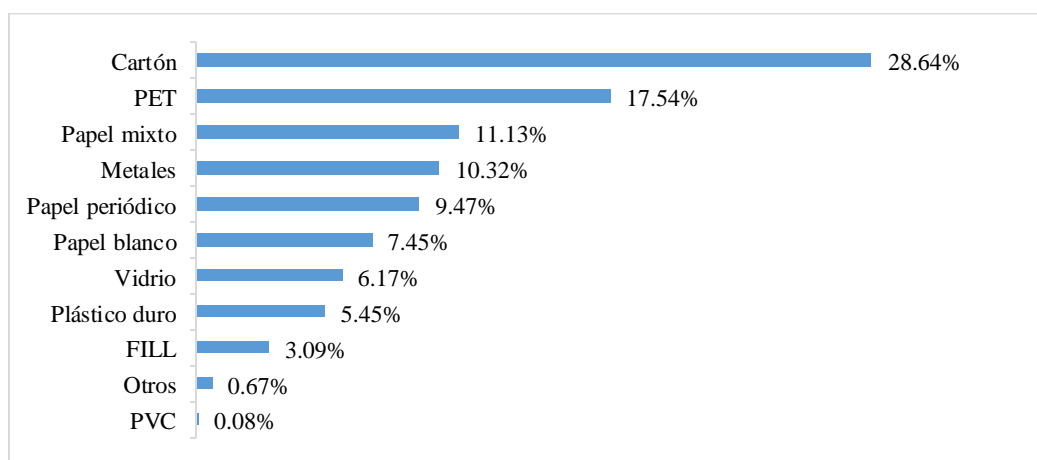


Figura 2. Composición de residuos reciclables comercializables recolectados en porcentaje (%).

Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028.

En la provincia de Arequipa se implantó el Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva (PSF y RS), mediante el cual, las asociaciones recicladoras recolectan residuos sólidos reciclables procedentes de hogares y negocios, los clasifican según su naturaleza para posteriormente comercializarlos por peso.

Los centros de acopio al 2016 son aproximadamente 19 (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017):

- 1) Asociación de Recicladores Recicla Vida
- 2) Asociación de Recicladores Nuevo Mundo
- 3) Asociación de Recicladores Vida Sana
- 4) Asociación de Recicladores Perú Recicla
- 5) Asociación de Recicladores Ecosostenibles de Cayma (ARECA)
- 6) Asociación de Recicladores Musuq Pacha
- 7) Asociación de Don Segregorio
- 8) Asociación de Recicladores de Medio Ambiente del Perú – ARMA PERÚ
- 9) Asociación de Recicladores de protectoras de la ecología
- 10) Asociación de Recicladores Mistianos
- 11) Asociación de Recicladores Jesús Mesías
- 12) Asociación de Recicladores Centinelas del Planeta
- 13) Asociación de Recicladores Ecológicos de Sachaca
- 14) Asociación de Recicladores Santa Ana
- 15) Asociación de Recicladores de Mariano Melgar Mujeres Salvadoras del Mundo

- 16) Asociación de Mujeres Emprendedoras de Miraflores
- 17) Asociación de Mujeres Mejorando el Medio Ambiente
- 18) Asociación de Trabajadores y Segregadores Santa Ana-Arequipa (ASTRASA)
- 19) Asociación de recicladores de La Joya, la cual no brindo información del nombre de la asociación.

En promedio se han inscrito a los PSF y RS el 36.17% de viviendas pertenecientes a los distritos donde se han implementado (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017), lo que significa que las asociaciones recicladoras sólo tienen capacidad para procesar aproximadamente la tercera parte de los residuos generados en cada distrito.

Asimismo, es necesario conocer la realidad de la gestión municipal de la provincia; el servicio de disposición final se realiza en botaderos a cielo abierto y en la infraestructura de disposición final de la Municipalidad Provincial de Arequipa, que no cuenta con la categoría de relleno sanitario, en los botaderos sólo se practica la quema y la recuperación informal de residuos con efectos salubres y ambientales negativos, además de que no tienen planes de cierre y recuperación ambiental (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017).

La recuperación informal realizada en los botaderos está prohibida según las normas vigentes, tal como lo muestra la Resolución Ministerial N° 174-2017-MINAM:

Artículo 21.- Segregación en la fuente:

Es una actividad propia del generador de residuos sólidos municipales, mediante la cual se separa los distintos tipos de residuos sólidos creando la oportunidad de que los mismos sean valorizados. La segregación sólo está permitida en la fuente de generación o en infraestructuras autorizadas para tal fin.

Debido a la condición informal de estos recicladores es que no se cuenta con cifras referentes a la cantidad de residuos que recolectan.

Los botaderos informales de la ciudad podrían estar dañando el suelo a través de las aguas superficiales, fruto de la estación de lluvias, y subterráneas, mediante la infiltración, ya que no se realizaron estudios de suelos y se desconoce a qué profundidad se encuentra la Napa Freática (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017).

Asimismo, los residuos ubicados en los botaderos generan metano, CO₂, H₂S, humo y olores desagradables que alteran la calidad del aire y originan efectos negativos en el suelo.

Después de todo lo mencionado es necesario señalar que según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), las consecuencias más graves se están dando en el mar. Para el año 2050, podría haber más plástico que peces en el océano; y tan sólo en el Perú, el 46% de los residuos sólidos en las playas son netamente de plástico, en el mundo alrededor de 13 millones de toneladas de plásticos llegan al mar cada año, causando la muerte de 100 mil organismos marinos.

Esto se debe a que en el Perú se consume anualmente 950 mil toneladas de plástico, destinándose el 74.8% al residuo municipal urbano, de este porcentaje, el 56% se destina a los rellenos sanitarios, el 43% a botaderos o al ambiente (ribera de los ríos, faldas de los nevados y en el fondo del mar) y solo el 0.3% es reciclado.

Entre las posibles alternativas de solución y control correspondientes a este problema se tiene la difusión de una cultura de reciclaje, de modo que la población sea consciente del gran aporte que brinda su participación en la disminución de la contaminación de suelos, mares, ríos y aire, del mismo modo se plantea disminuir el consumo de plástico en la región mediante la realización de campañas apoyadas por las municipalidades.

Asimismo, se requiere la creación de instituciones dedicadas a la valorización y reciclaje de los residuos plásticos para así poder obtener un beneficio económico que cree empleos y se promueva el desarrollo de la región.

También se espera que la gestión por parte de las municipalidades sea más eficiente, mediante el planteamiento de propuestas que optimicen sus procesos y proyectos basados en la disminución de la contaminación.

1.2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema.

¿Es factible la instalación de una planta productora y comercializadora de fuel oil en base a pirolisis catalítica de residuos plásticos?

Este estudio nace de la necesidad de brindar una idea que permita procesar residuos sólidos plásticos desechados para la obtención de un producto que pueda

ser utilizado en diferentes industrias, de tal manera que se genere un beneficio tanto económico como social.

El proceso que se plantea en este proyecto es el de pirólisis de desechos plásticos, la materia prima que será utilizada en este proceso son residuos sólidos plásticos que no son aprovechados por los recicladores, es decir, son desechados porque sus clientes no los compran ya que no cuentan con la tecnología suficiente para procesarlos.

Esta actividad genera una merma de aproximadamente 150 kg/día en cada centro de acopio la cual corresponde a residuos que son depositados en las bolsas recolectadas por error o desconocimiento.

Este proyecto está enfocado en la porción de esos residuos correspondiente a plásticos, cuyo peso asciende aproximadamente a 10-15 kg, de lo anterior se puede inferir para temas prácticos que la cantidad aproximada de residuos sólidos plásticos que se podrán usar como materia prima del proyecto es de 200 kg provenientes de la provincia de Arequipa; es decir, 10 a 15 kg de residuos plásticos recogidos al día por cada uno de los 19 centro de acopio.

Por lo que se puede identificar una gran brecha en el servicio de reaprovechamiento (93.74%), lo que permite el ingreso de una planta destinada a actividades que hagan uso de los residuos no aprovechados.

Se puede inferir que los residuos plásticos que no son comercializados son tecnopor, similares y bolsas, ya que las empresas que se dedican a reciclar no procesan estos tipos de residuos, también existe una proporción bastante grande de plástico duro y PET que no se llega a reciclar y comercializar puesto que es

desechada y puesta a disposición de los rellenos sanitarios, donde ya no se puede hacer uso.

A continuación, la Tabla 4 muestra un breve cálculo de cuánto representa los residuos plásticos reaprovechables desechados:

Tabla 4
Cálculo de residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados

Residuo	Generación Municipal (TM/día)
Residuos sólidos reciclables- ámbito urbano (16.43%)	116.56
Residuos sólidos reciclables- ámbito rural (14.33%)	3.82
Total residuos sólidos reciclables	120.38
Residuo	Cantidad en peso de residuos sólidos (TM/día)
Residuos sólidos reciclados y comercializados (6.26% del total)	7.54
PVC (0.08% de residuos reciclados y comercializados)	0.01
FILL (3.09% de residuos reciclados y comercializados)	0.23
Plástico duro (5.45% de residuos reciclados y comercializados)	0.41
PET (17.54% de residuos reciclados y comercializados)	1.32
Total residuos sólidos plásticos reciclados y comercializados	1.97
Residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados	Cantidad en peso de residuos sólidos (TM/día)
Plástico duro	11.89
PET	8.56
Bolsas (incluye FILL)	21.67
Tecnopor y similares	2.64
Total residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados	44.75

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, según lo indicado, cerca de 45 TM/día de residuos sólidos plásticos que podrían ser aprovechados para diferentes procesos son desechados, de este total como se indicó líneas arriba aproximadamente 0.2 TM/día proceden de residuos que son derivados a los Programas de Segregación en la Fuente por error, el resto corresponde a residuos que son entregados a las compactadoras.

A partir de éste análisis, se propone incrementar la concientización y capacitación en la población de la mano de las municipalidades, de modo que la eficacia de los

programas de segregación aumente significativamente y se obtenga una mayor cantidad de residuos que podrán ser aprovechados por la planta en proyecto.

Arequipa es el departamento que genera mayor cantidad de residuos sólidos en la región sur del Perú, tal como puede observarse en la Tabla 5, asimismo cabe resaltar que cerca del 87% de dichos residuos se concentra en la provincia capital.

Los siguientes cálculos proceden de una estimación usando la estadística que proporciona la provincia de Arequipa, puesto que no se cuenta con información actualizada de esas zonas:

Tabla 5
Residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados en la región sur del Perú

Región	Generación de residuos 2013 (TM/día)	Generación de residuos plásticos 2013 (TM/día)	Residuos plásticos reciclados (4.22%*) (TM/día)	Composición de residuos plásticos no reciclados(TM/día)			
				Tecnopor y similares (5.90%*)	Bolsas (48.42%*)	Plástico Duro (26.56%*)	Plástico PET (19.13%*)
Arequipa (provincia)	503.80	46.73	1.97	2.64	21.67	11.89	8.56
Arequipa	581.06	65.66	2.77	3.71	30.45	16.70	12.03
Cusco	451.47	51.02	2.15	2.88	23.66	12.98	9.35
Moquegua	60.74	6.86	0.29	0.39	3.18	1.74	1.26
Puno	374.37	42.30	1.79	2.39	19.62	10.76	7.75
Tacna	140.07	15.83	0.67	0.89	7.34	4.03	2.90
Total	1607.71	181.67	7.67	10.27	84.25	46.21	33.28

Fuente: Elaboración propia.

*Porcentajes extraídos según lo calculado para la provincia de Arequipa.

Asimismo, se proyectó la generación de residuos plásticos que serán usados en los próximos 5 años por la empresa en base a la población del ámbito urbano de la provincia de Arequipa censada en los años 1981, 1993, 2007 (INEI, 2011) y 2017 (Oficina de Estadística e Informática, 2017) se proyectó dicha población y se multiplicó por la generación per cápita promedio, siendo este valor 0.49 en los últimos 5 años (Ministerio del Ambiente, 2017).

Para calcular lo mostrado en la Tabla 6 se optó por usar las mismas proporciones que la Tabla 3, ya que no se cuenta con la suficiente información para el cálculo:

Tabla 6

Proyección de residuos sólidos plásticos reciclables no aprovechados en el ámbito urbano de la provincia de Arequipa

Año	Generación de residuos ámbito urbano (TM/día)	Generación de residuos plásticos (9.28%* de la generación de residuos ámbito urbano)(TM/día)	Residuos plásticos reciclados (4.22%* de la generación de residuos plásticos) (TM/día)	Residuos plásticos no reciclados (95.78%* de la generación de residuos plásticos) (TM/día)
2018	493.38	45.76	1.93	43.83
2019	500.83	46.45	1.96	44.49
2020	508.27	47.14	1.99	45.15
2021	515.71	47.83	2.02	45.82
2022	523.15	48.52	2.05	46.48
2023	530.59	49.22	2.08	47.14

Fuente: Elaboración propia.

*Porcentajes extraídos de lo calculado para la provincia de Arequipa.

De todo lo mencionado se infiere que el problema planteado es la elevada cantidad de residuos plásticos reciclables desechados, el procesamiento de estos residuos a nivel industrial generaría una actividad económica que sería un aporte para el problema de contaminación que va en constante aumento.

1.2.3. Sistematización del problema.

- ¿El mercado arequipeño permitirá el ingreso de un producto nuevo como lo es fuel oil elaborado a partir de residuos plásticos? ¿Cómo se comportará la demanda de petróleo residual? ¿Cómo se comportará la oferta de petróleo residual? ¿Qué estrategias de distribución y precios se deberán seguir?
- ¿Cuáles son los procesos que se deben seguir para la producción de fuel oil a partir de pirolisis catalítica de residuos plásticos y bajo qué condiciones se debe

de trabajar? En base a lo determinado ¿Cuál será la mejor alternativa en cuanto a ubicación, distribución y tamaño de la planta a instalar?

- Respecto a la organización, ¿qué cultura, política, estructura y estrategia serán las óptimas?
- ¿A cuánto asciende el monto de inversión para la instalación de la planta? ¿Cuál será el periodo de recuperación de la inversión? ¿Qué decisiones se podrían tomar en base a indicadores financieros como el VAN, TIR, B/C y otros?
- ¿De qué manera contribuye la instalación de la planta la cuestión ambiental en la ciudad de Arequipa? ¿Qué impacto ambiental traerá consigo? ¿Qué disposiciones se tendrán en cuenta para el manejo ambiental y mitigación de riesgos?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1.1. Objetivo general.

Evaluar la factibilidad de la implementación de una planta dedicada a la producción y comercialización de fuel oil a partir de residuos plásticos mediante el proceso de pirolisis catalítica en la ciudad de Arequipa.

1.3.1.2. Objetivos específicos.

- Realizar un estudio de mercado que permita identificar el comportamiento de oferta y demanda del fuel oil en la ciudad de

Arequipa, asimismo plantear las estrategias de distribución y precios adecuadas.

- Desarrollar un estudio técnico que determine las condiciones y parámetros óptimos para realizar el proceso pirolítico de los residuos plásticos para la obtención de los productos deseados, asimismo diseñar un estudio técnico de ubicación, distribución y tamaño de planta, así como la capacidad de producción, materiales a usar, mano de obra necesaria y maquinaria específica para el proceso.
- Desarrollar la estructura organizacional de la empresa.
- Determinar el presupuesto destinado a la inversión inicial que permitirá analizar la viabilidad económica y financiera mediante la evaluación de ratios financieros como VAN, TIR, B/C y otros.
- Identificar y evaluar el impacto ambiental de la instalación de la planta y desarrollar un plan de manejo ambiental.

1.3.2. Matriz de marco lógico.

1.3.2.1. Árbol de problemas.

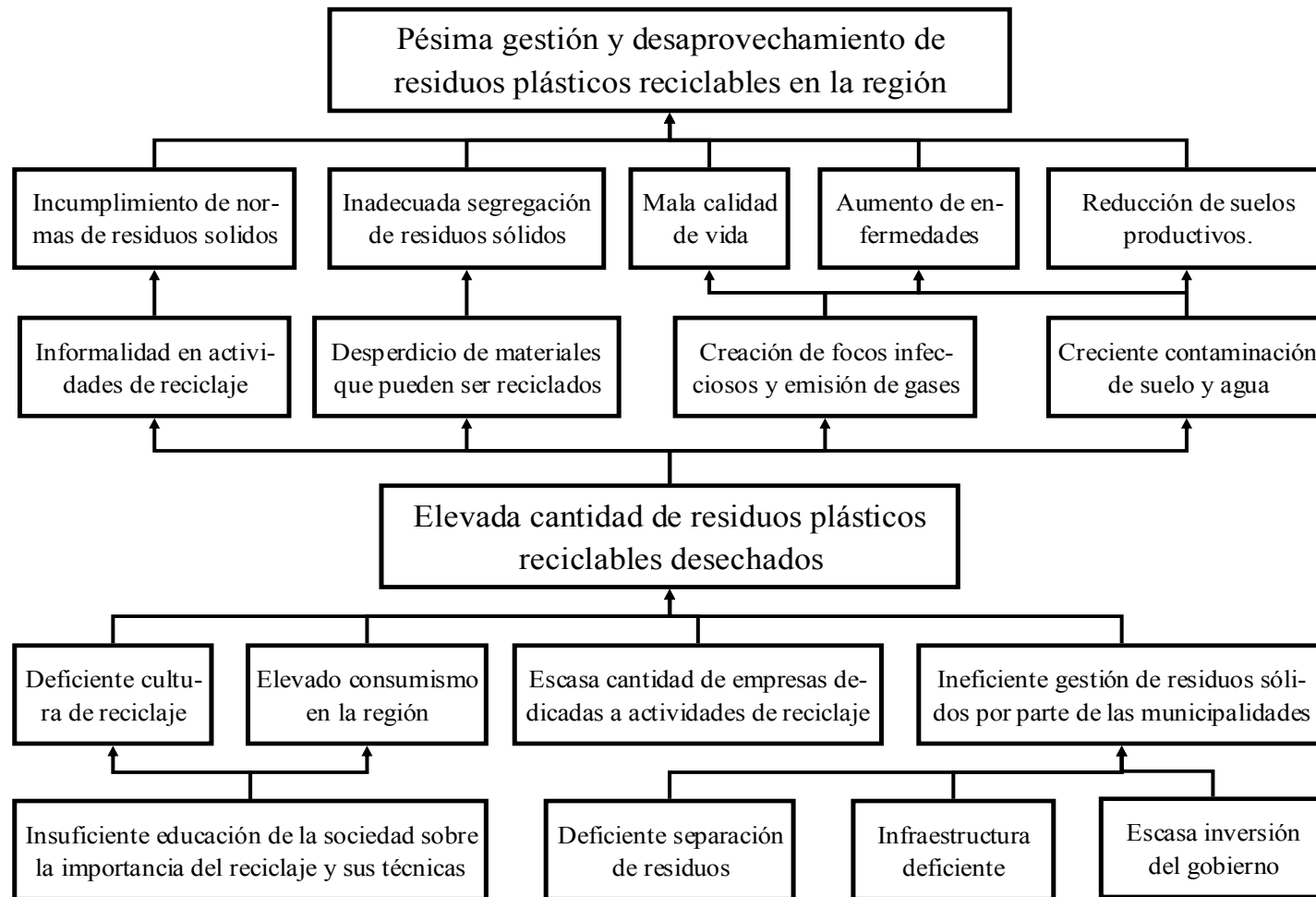


Figura 3. Árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.2. *Árbol de objetivos.*

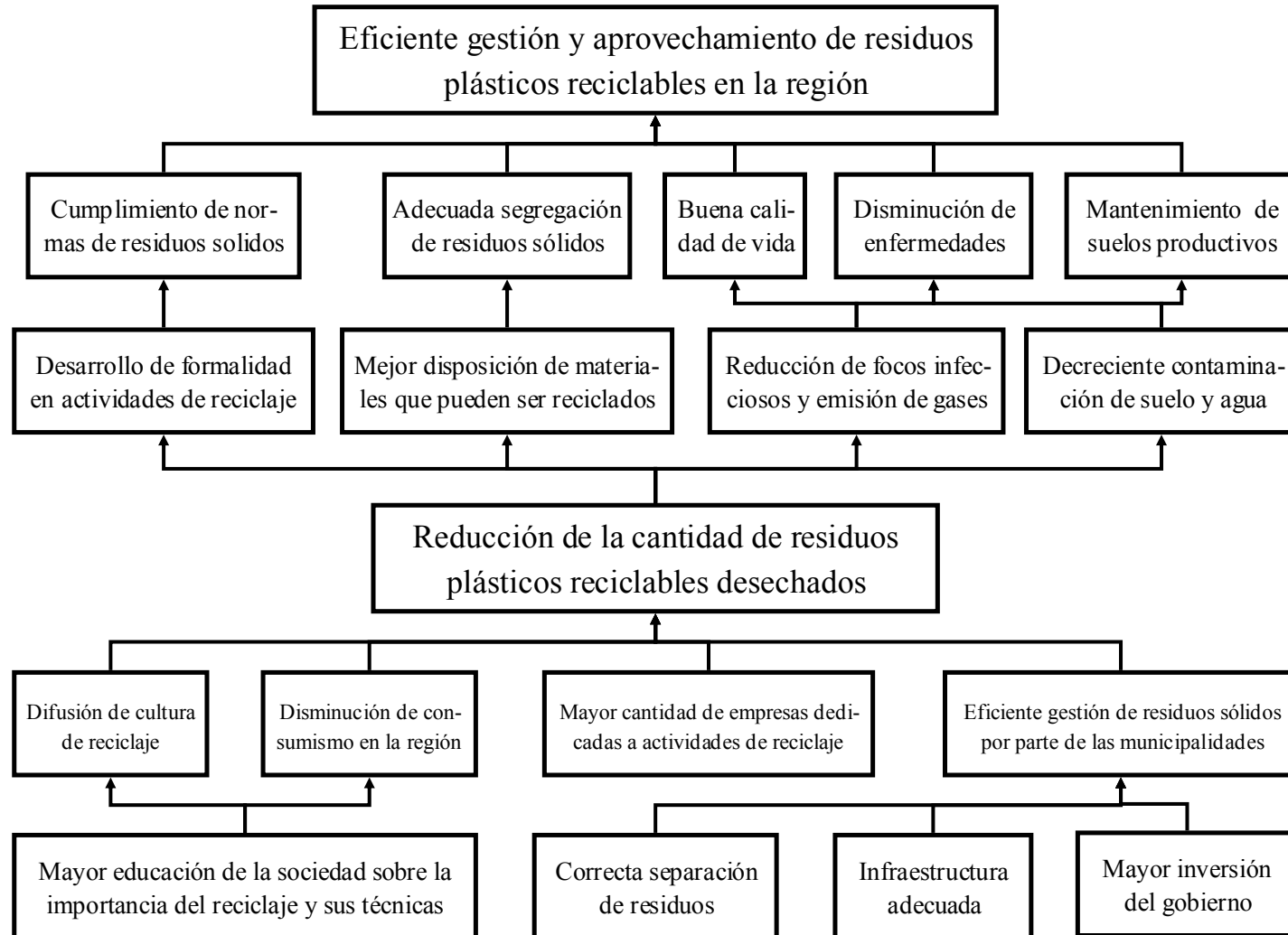


Figura 4. Árbol de objetivos.

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.3. *Análisis de alternativas.*

Tabla 7
Análisis de alternativas

Análisis de Alternativas		Alternativas							
		1		2		3		4	
		Difusión de cultura de reciclaje		Disminución de consumismo en la región		Mayor cantidad de empresas dedicadas a actividades de reciclaje		Eficiente gestión de residuos sólidos por parte de las municipalidades	
Criterios	Ponderación*	Valor Absoluto	Valor Ponderado	Valor Absoluto	Valor Ponderado	Valor Absoluto	Valor Ponderado	Valor Absoluto	Valor Ponderado
Tiempo	2	3	6	3	6	2	4	1	2
Costo	4	3	12	3	12	2	8	1	4
Concentración de beneficiarios	3	3	9	3	9	4	12	4	12
Impacto	3	2	6	2	6	4	12	4	12
Viabilidad	4	4	16	4	16	4	16	2	8
Total			49		49		52		38

Fuente: Elaboración propia.

* Valores extraídos del Anexo 1.

Criterios de evaluación:

Tabla 8
Criterios de evaluación

Tiempo	Costo	Concentración de beneficiarios	Impacto	Viabilidad
1: Muy largo	1: Demasiado	1: Muy poco	1: Muy poco	1: Muy poca
2: Largo	2: Costoso	2: Poco	2: Poco	2: Poca
3: Mediano	3: Moderado	3: Moderado	3: Moderado	3: Moderada
4: Corto	4: Poco	4: Alto	4: Alto	4: Alta
5: Inmediato	5: Muy poco	5: Muy alto	5: Muy alto	5: Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizadas las alternativas propuestas en base a los criterios de evaluación descritos, se tiene como mejor opción la de incrementar la cantidad de empresas dedicadas a actividades de reciclaje, por lo que se propone la instalación de una planta productora y comercializadora de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de residuos plásticos en la ciudad de Arequipa.

1.3.2.4. Matriz de marco lógico.

Tabla 9
Matriz de marco lógico

Jerarquía de Objetivos	Metas	Indicadores	Fuentes de Verificación	Supuestos
Fin: Eficiente gestión y aprovechamiento de residuos plásticos reciclables en la región. Propósito: Instalación de una planta productora y comercializadora de fuel oil a partir de un proceso pirolítico de residuos plásticos desechados.	Aprovechamiento del 20% de residuos plásticos desechados en la región Arequipa.	TM/día adquiridos para la producción y comercialización de fuel oil.	Registro de ingreso de material.	Los registros se actualizan diariamente.
Resultados				
La empresa posee buenas relaciones con sus clientes y proveedores, se cumple con lo pactado en un inicio.	Cumplimiento con pagos proveedores, adquisición de materia prima de calidad, cumplimiento con el plazo de entrega a clientes.	Índice de morosidad en el pago a proveedores, días de retraso en entrega a clientes.	Reporte de recepción de materia prima, reporte de almacén de producto terminado.	Factores externos no afectan significativamente la economía peruana.
La empresa cumple con la producción planificada y proyectada.	Cumplimiento en producir lo planificado en el tiempo previsto.	OEE, indicadores de mantenimiento, de producción y de RRHH.	Reporte mensual de producción, de mantenimiento y de RRHH.	Los proveedores cumplen con entregar la materia prima a tiempo.
La empresa es rentable, posee buenos índices financieros y económicos.	Se desarrolla una planta autosuficiente energéticamente con altos ratios económicos y financieros.	VAN, TIR, B/C y otros.	Reporte financiero mensual y anual.	Factores externos no afectan significativamente la economía peruana.
La empresa cumple con la normativa legal exigida en el aspecto de seguridad y medio ambiente	Promover una cultura de seguridad y cuidado del medio ambiente, evitando accidentes y protegiendo los recursos.	% de capacitaciones dadas.	Registro de capacitaciones.	RRHH brinda las facilidades para dar las charlas.
Acciones				
Coordinar con municipalidades y ONG's la obtención del plástico no aprovechable para su transformación y venta de fuel oil a empresas industriales.	Adquisición del 50% de materia prima prevista. Cubrir el 50% de la demanda prevista con un producto de calidad.	tn materia prima adquirida al mes, gln vendidos al mes.	Reporte de compras, reporte de ventas.	Factores externos no afectan significativamente la economía peruana.
Procesar residuos plásticos y obtención de fuel oil por medio de una planta pirolítica.	Producción del 50% de la cantidad de fuel oil prevista.	Gln producidos al mes.	Reporte de producción.	Se cuenta con los recursos necesarios para producir.
Elaborar un presupuesto que permita el control de ratios económicos y financieros.	Cumplimiento al 100% con los ratios previstos (ROS, ROA, ROE, etc.).	ROS, ROA, ROE, etc.	Reporte financiero mensual.	Factores externos no afectan significativamente la economía peruana.
Adecuar el proceso a parámetros medioambientales y de seguridad industrial exigidos por la ley.	Cumplimiento al 100% con la normativa legal competente al rubro de la empresa en el aspecto de seguridad y medio ambiente.	Índice de ausentismo a causa de accidentes laborales, ratios de energía y recursos.	Reporte de accidentes laborales, reporte de emisión de gases, manejo de residuos sólidos y consumo de energía.	Existe una cultura de seguridad y cuidado del medio ambiente según normas peruanas.

Fuente: Elaboración propia.

1.4. Justificación del proyecto.

1.4.1. Justificación práctica.

El presente proyecto tiene como propósito contribuir con información al estudio de procesos catalíticos que tengan como finalidad el reciclaje de residuos plásticos para la obtención de fuel oil, a su vez se espera que sirva como fuente de información para la elaboración de nuevos proyectos que busquen reducir la contaminación del ambiente. Asimismo, se desea brindar un aporte a ideas de negocio que deseen incrementar el desarrollo económico y social del país. Este proyecto busca contribuir con el desarrollo de instituciones tanto públicas como privadas, tales como municipalidades, ONG's, asociaciones recicladoras, etc. mediante una relación en la que ambas partes sean beneficiadas.

1.4.2. Política, económica, social y/o ambiental.

1.4.2.1. Política.

El presente estudio busca aportar una solución a la creciente generación de residuos plásticos no reciclados. Según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028 de todos los residuos reaprovechables que se generan solo el 6.26% son recolectados y comercializados por los Programas de Segregación en la Fuente y recolección selectiva (PSF y RS) (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017), lo que indica que existe una gran brecha en el servicio de aprovechamiento de residuos.

1.4.2.2. *Económica.*

Se plantea la producción de un fuel oil de alta calidad y a bajo costo obtenido mediante un proceso eficiente y energéticamente autosostenible que permita la reutilización de los gases generados por el proceso pirolítico. Existe una gran cantidad de materia prima que podrá ser procesada de modo que se pueda satisfacer la demanda insatisfecha del mercado. Inicialmente se optará por usar el 5% de la materia prima disponible que servirá para lograr una participación de mercado de 3.7%. El costo de factores de producción es bajo, ya que sólo se considera la compra de insumos a un bajo precio, traslado de materia prima y el uso escaso de recursos para el desarrollo del proceso.

1.4.2.3. *Social.*

La ejecución del proyecto implica la generación de empleo para los trabajadores a contratar lo que deriva en una mejor calidad de vida, asimismo, se busca crear concientización respecto a la gran contaminación que existe debido a la creciente cantidad de residuos sólidos desechados no reciclados que a la larga contaminan el suelo, mar y ríos que conforman el ambiente donde se habita, lo previamente mencionado promueve una cultura de reciclaje en la sociedad.

1.4.2.4. Ambiental.

Uno de los principales propósitos del proyecto es la gestión de residuos plásticos no reciclados para la obtención de productos de buena calidad como fuel oil, que será comercializado, y gases, que podrán ser reutilizados en el proceso pirolítico. De este modo se pretende reducir la cantidad de residuos plásticos reaprovechables desechados mediante un proceso autosostenible que no daña el medio ambiente por tratarse de un proceso cerrado; la emisión de gases será controlada y los residuos sólidos serán debidamente desechados. La cantidad de agua que se usará en el proceso es de aproximadamente 30 m³ por mes y será utilizada tanto para el proceso de condensación de gasóleo como el de purificación de humo, éste último permitirá que el nivel de los gases contenidos en el humo no supere los límites permisibles, en el capítulo de Estudio Técnico se verá con mayor detalle lo indicado. La base de este proyecto es valorizar los residuos sólidos plásticos que no son aprovechados por otros, y que de otro modo terminarían siendo depositados en botaderos a cielo abierto o incinerados en el peor de los casos.

1.4.3. Profesional, académica y/o personal.

1.4.3.1. Profesional.

La finalidad de este proyecto es reunir todas las lecciones aprendidas a lo largo de mis estudios universitarios y los conocimientos adquiridos de mis

experiencias laborales, a su vez busco desplegar mis competencias y cualidades como ingeniera industrial.

1.4.3.2. Académica.

Se tiene como propósito que este proyecto pueda servir de fuente para futuros estudios relacionados al reciclaje de residuos plásticos a través de un proceso pirolítico, además se busca consolidar toda la información y conocimientos recogidos de diversas fuentes bibliográficas.

1.4.3.3. Personal.

La finalidad personal del presente proyecto es satisfacer el deseo de dar un gran paso en mi carrera con miras a convertirme en una profesional íntegra. Dicha satisfacción también deriva de poder generar una idea que brinde soluciones a favor del medio ambiente y de un aporte de innovación tecnológica y científica.

1.5. Delimitaciones.

1.5.1. Temático.

El presente proyecto está enfocado en el reciclaje de residuos plásticos para la obtención de fuel oil mediante un proceso de pirolisis catalítica y se busca plantearlo como una idea de negocio.

1.5.2. Espacial.

Se plantea el desarrollo del proyecto en el departamento de Arequipa, por lo que se analiza el mercado de la región y se evalúa su localización dentro de ella.

1.5.3. Temporal.

Se propone que la idea de negocio sea desarrollada en el periodo comprendido entre noviembre del 2018 y julio del 2019.

2. Capítulo II: Marco de referencia

2.1. Antecedentes de investigación sobre el tema.

Existen estudios previos respecto al proceso pirolítico de residuo plásticos para la obtención de productos que pueden ser aprovechados en procesos posteriores. Uno de los más significativos es el denominado Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: A Review, realizado en Arabia Saudita; en este artículo se abordan puntos clave para el entendimiento del proceso pirolítico de residuos plásticos, tomando como referencia a diversos autores cuyos estudios permiten crear un consolidado en base a resultados ya comprobados (Miandad, Barakat, Aburizaizaa, Rehan, & Nizami, 2016). Este artículo sirvió como fuente de mucha de la información plasmada en el marco teórico.

Diversos artículos como Plastics to fuel: a review, elaborado en Estados Unidos en el año 2015, también abordan el tema, en éste se desarrollan diferentes propuestas para la conversión de residuos plásticos en fuel oil, dentro de las cuales está la pirólisis catalítica mediante el uso de ZSM-5, HZSM-5, HY y β zeolita (Kunwar, Cheng, Chandrashekar, & Sharma, 2015), dicho artículo conglojera resultados de variados estudios realizados bajo diferentes parámetros.

A su vez, existen diversas tesis basadas en el aprovechamiento de residuos plásticos mediante un proceso pirolítico, tales como Pirólisis Catalítica de Desechos Plásticos Mediante Zeolitas Modificadas con Cobre, elaborada por Esteban Andrés Poblete Olivares en Chile, que sirvió para entender el proceso pirolítico catalítico desde una perspectiva química (Poblete, 2013).

Asimismo, Pedro Ríos elaboró la tesis Proyecto de Biocombustible: Planta de Pirólisis, en la que desarrolla toda una idea de negocio para la implementación y puesta en marcha de una planta pirolítica en Argentina a base de residuos orgánicos e inorgánicos (Ríos, 2011).

En la actualidad a nivel nacional se observa un grave problema de contaminación, gran parte de ella se debe a la cantidad de residuos sólidos generados, según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028 en el año 2017 la cantidad asciende a 268 671.22 TM/año de los cuales el 9.25% corresponde a residuos plásticos (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017), asimismo, es importante conocer la realidad de todo el sur del país en cuanto a residuos plásticos desechados. En la Tabla 10 se presenta un breve resumen de la situación mencionada:

Tabla 10
Generación de residuos sólidos plásticos en el sur del Perú

Región	Generación de residuos 2013 (TM/día)	Generación de residuos plásticos 2013 (TM/día)	Composición de residuos plásticos (TM/día)			
			Tecnopor y similares	Bolsas	Plástico Duro	Plástico PET
Arequipa (provincia)	503.80	46.73	2.64	21.90	12.30	9.88
Arequipa	581.06	65.66	4.53	25.62	14.41	21.09
Cusco	451.47	51.02	3.52	19.91	11.20	16.39
Moquegua	60.74	6.86	0.47	2.68	1.51	2.20
Puno	374.37	42.30	2.92	16.51	9.28	13.59
Tacna	140.07	15.83	1.09	6.18	3.47	5.08

Fuente: PIGARS de la provincia de Arequipa 2017-2028. Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013.

El departamento de Arequipa es el que lidera la generación de residuos plásticos en la región sur del Perú, seguida por los departamentos de Cusco y Puno. Moquegua y Tacna representan un bajo porcentaje del total.

El PIGARS de la provincia de Arequipa 2017-2028 indica que el porcentaje de todos los residuos reaprovechables que se generan en la provincia de Arequipa, solo el 6.26% son recolectados y comercializados por los Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva (PSF y RS), lo que indica que en el país la cultura de reciclaje no está presente.

Asimismo diversos autores hicieron pruebas a escala piloto e investigaciones sobre el tema, una de las más importantes es la realizada en 1970 por W. S. Sanner, C. Ortuglio y J. G. Walters del Departamento de Minas de los Estados Unidos de América (como se citó en Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), México), quienes usaron muestras más grandes de residuos sólidos urbanos e industriales, y una planta diseñada para separar los subproductos, se llegó a los siguientes resultados: una tonelada de residuos municipales se puede convertir a 70-192 kg de residuos sólidos, 2-23 litros de alquitrán, 4-16 litros de aceite ligero, 367-503 litros de licor (liquido con alta graduación de alcohol elaborado a partir de residuos vegetales), 7-15 kg de sulfato de amonio y 208, 978-511, 344 litros de gas.

También se comprobó que los residuos de los desechos municipales tenían un alto valor como combustible y que la energía obtenida del gas generado durante la pirólisis de estos era más que suficiente para proveer calor al proceso. Posteriormente, J. Mc. Farland y colaboradores del National Environment Research Center (NERC) y V. L. Hammond de Batelle, Northwest de los E.U.A. (como se citó en SEDESOL, México), investigaron la pirólisis de desechos sólidos municipales a escala piloto. Hammond desarrolló una planta pirolítica de

residuos a escala piloto, con los resultados obtenidos él diseñaría una planta para la ciudad de Kennewick con una capacidad de 100-200 toneladas por día utilizando el proceso de gasificación. Como producto de la experimentación se llegó a la siguiente conclusión:

- a) La conversión de energía del proceso excedió el 80%.
- b) La reducción del volumen y peso de los residuos están en el orden de los de incineración (entre el 70 y 90 %).
- c) Las plantas de gasificación con capacidades mayores a 100 toneladas serían económicamente competitivas con otros métodos de disposición de residuos sólidos.
- d) El gas combustible obtenido en el proceso pudo ser generado en forma limpia para producir vapor o generar electricidad.
- e) La producción de vapor parece ser la aplicación más económica de la energía producida por el proceso de gasificación.

En base a la revisión de los antecedentes de la investigación, se llega a la conclusión de que la instalación de una planta pirolítica es viable, esto queda comprobado con la implementación de plantas piloto que dan resultados óptimos, tanto en los productos obtenidos como en el desarrollo del proceso. La literatura referenciada sirve de apoyo para la elección del tipo de materia prima a usarse, así como para plantear la idea de negocio a nivel industrial y definir de los productos que se obtendrán, todo esto en base pruebas reales.

Asimismo, queda demostrado que en la región de Arequipa se cuenta con la suficiente cantidad de materia necesaria para la puesta en marcha de una planta destinada a la valorización de residuos plásticos.

2.2. Marco de referencia teórico.

2.2.1. Temas objeto.

2.2.1.1. Pirólisis.

Pirólisis es un proceso térmico que consiste en la descomposición de polímeros de cadena larga en moléculas más pequeñas y menos complejas mediante la aplicación regulada de calor en ausencia de oxígeno. Dicho proceso se desarrolla regularmente a temperaturas de entre 350 y 900 °C (Panda, Singh, & Mishra, 2010). Como resultado de este proceso se pueden obtener productos sólidos, líquidos y gaseosos. En la Figura 5 se observa un breve resumen del proceso pirolítico:

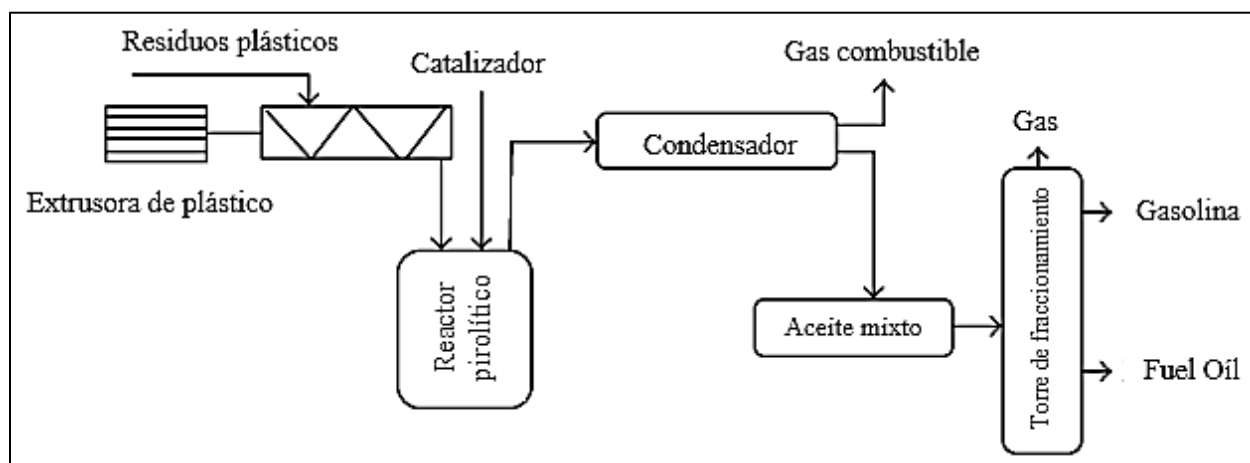


Figura 5. Proceso de Pirólisis.

Fuente: Pyrolysis-catalytic upgrades technique of plastic wastes.

2.2.1.2. *Tipos de pirólisis.*

La pirólisis puede llevarse a cabo vía térmica y catalítica (Almeida & Marques, 2016):

2.2.1.2.1. *Pirólisis térmica.*

La pirólisis no catalítica o térmica es un proceso químico que supone la descomposición térmica de sustancias cuando éstas se calientan a temperaturas elevadas en una atmósfera inerte, sin oxígeno, y que a su vez no hace uso de catalizadores.

2.2.1.2.2. *Pirólisis catalítica.*

La pirólisis catalítica se lleva a cabo con la utilización de un catalizador y presenta una alta capacidad para la conversión de residuos plásticos en fuel oil con una mejor calidad a temperaturas y tiempos de reacción más bajos en comparación con la pirólisis térmica. A continuación, la Figura 6 muestra la comparación entre ambos tipos de pirólisis:

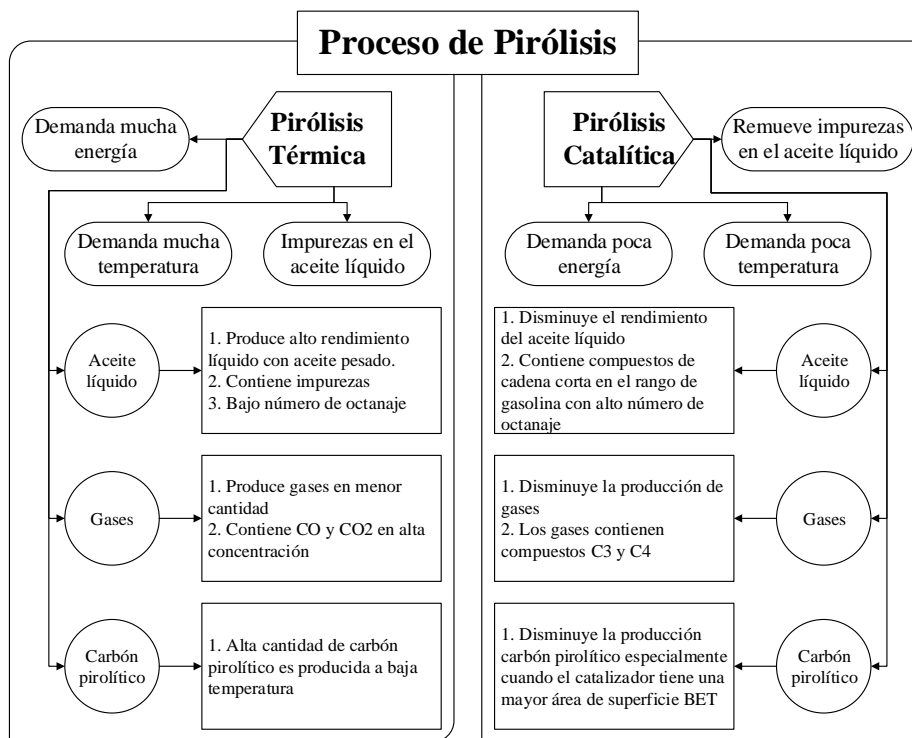


Figura 6. Comparación entre Pirólisis Térmica y Pirólisis Catalítica.

Fuente: Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: A Review.

2.2.1.3. Polímeros adecuados para la pirólisis.

Lee (2009) y Miskolczi et al. (2009) (como se citó en Miandad et al., 2016) llevaron a cabo procesos de pirólisis de residuos plásticos municipales mixtos que comprendía casi todos los tipos de plásticos. La adecuación de las diferentes resinas al proceso pirolítico se plasma en la Tabla 11, así como sus aplicaciones y principales características:

Tabla 11
Adecuación de plásticos al proceso pirolítico

Resina	Aplicaciones	Punto de Fusión (°C)	Densidad (g/cm ³)	Adecuación para Pirólisis	Comentarios
Poliestireno (PS) PS	Envases para lácteos (yogurt, postres, etc.), helados, dulces, etc., vasos, bandejas de supermercado, contraportas y anaqueles, máquinas de afeitar descartables, platos, cubiertos, juguetes, cassettes, planchas de PS espumado	70 – 115	1.04 – 1.09	Muy buena y da excelentes propiedades de combustible	Baja temperatura requerida en comparación a PP y PE Produce menos aceite viscoso en comparación a PE y PP
Polietileno (PE) HDPE LDPE	HDPE Envases para detergentes, aceites de motor, champú, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para gaseosas, cervezas, baldes para pintura, helados, caños para gas, agua, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas. LDPE Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, etc, películas para agricultura (invernaderos), base para pañales descartables, bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos.	HDPE 125 – 135 LDPE 110 – 120	HDPE 0.95 – 0.97 LDPE 0.91 – 0.94	Muy buena para pirolisis	La temperatura requerida es alta (> 500 °C) debido a su estructura de cadena ramificada En pirólisis térmica se convierte en cera en lugar de aceite líquido En pirólisis catalítica la formación de cera se produce en el lado externo del catalizador, mientras que el craqueo adicional de la cera en gases y líquido ocurre en el lado interno del catalizador
Polipropileno (PP) PP	Película / Film (para alimentos, golosinas, indumentaria), bolsas de rafia tejidas, envases industriales (Big Bag), hilos, tapas en general, envases, cajas para bebidas, baldes para pintura, fibras para tapicería, cajas de baterías	160 – 170	0.90 – 0.91	Muy buena	Requiere alta temperatura Después de PE es difícil lograr la pirólisis térmica de PP En pirólisis catalítica produce un rendimiento líquido con altos compuestos aromáticos
Policloruro de Vinilo (PVC) PVC	Botellas para aceites, agua mineral, yogurt, etc. Tuberías para agua, desagüe, suelas de calzado, sandalias, botas, capas, tapas de libros, artículos para oficina, balones, manteles, etc.	150 – 200	1.16 – 1.45	No adecuada. Sólo pocos estudios fueron realizados por diferentes científicos	Produce el gas peligroso clorina Declaración por baja temperatura (250–320 °C) o por adsorción física o química En pirólisis catalítica la presencia de cloro y la deposición de coque afectan la actividad catalítica del catalizador
Tereftalato de Polietileno (PET) PET	Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera, productos alimenticios), bandejas para microondas, geotextiles (pavimentación/ caminos), películas radiográficas	250 – 270	1.37 – 1.40	No adecuada	Contiene heteroátomos

Fuente: Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: A Review.

2.2.1.4. *Factores que afectan el proceso de pirólisis.*

Los parámetros más importantes que afectan el proceso pirolítico son los siguientes:

2.2.1.4.1. *Temperatura.*

Este factor afecta tanto la calidad como la cantidad de los productos del proceso de pirólisis, no obstante, el efecto que tiene sobre la cantidad de productos sólidos es escaso. A baja temperatura se producen hidrocarburos de cadena larga, mientras que un aumento de temperatura resulta en compuestos de cadena corta de carbono debido a la ruptura de los enlaces C-C (Miandad et al., 2016).

2.2.1.4.2. *Tiempo de retención y composición de la materia prima.*

La calidad de los productos del proceso pirolítico no se ve muy afectada por el tiempo de retención, ya que a misma temperatura y tiempos de retención muy dispersos la calidad no varía en gran magnitud.

Por otro lado, composición de la materia prima también afecta el rendimiento de los productos de pirólisis, los tipos de plástico PE y PP necesitan temperaturas más altas para su descomposición completa en comparación con el plástico PS, debido a su compleja estructura (Miskolczi, Angyal, Bartha, & Valkai, 2009)

2.2.1.4.3. *Uso del catalizador.*

El papel que desempeñan los catalizadores en el proceso pirolítico es importante y se refleja en la mejora de la calidad de los productos de pirólisis, en la reducción de temperatura del proceso y el tiempo de retención.

El uso de catalizadores aumenta la velocidad de las reacciones de craqueo que derivan en un aumento en el rendimiento de los gases y una reducción en el rendimiento del aceite líquido. Sin embargo, se mejora la calidad del aceite líquido, ya que algunos de los compuestos de la cadena de carbono más grandes se adsorben en el catalizador o se degradan en compuestos de cadena de carbono más pequeños (Syamsiro et al., 2014).

2.2.1.5. *Productos del proceso de pirólisis.*

2.2.1.5.1. *Sólidos.*

El aceite líquido a partir del proceso pirolítico de plásticos puede ser usado como una alternativa de fuente de energía como indica Rehan et al. (2016) (como se citó en Miandad et al., 2016).

Según Williams (2006) mediante el proceso pirolítico se puede convertir el 78–84% de plástico en peso en aceite líquido, y dicho aceite combinado con diésel puede ser usado como combustible para transporte.

2.2.1.5.2. *Líquidos.*

El carbón pirolítico es el plástico no quemado que queda en el reactor una vez realizado el proceso pirolítico. Según López et al., (2009) y Williams, (2006) (como se citó en Miandad et al., 2016). La producción de éste carbón es muy baja en cantidad (1-1,3 g por 1 kg de plástico) en comparación con otros productos de proceso como el aceite líquido y los gases. El carbón puede ser utilizado en diversas aplicaciones ambientales y energéticas.

Jamradloedluk y Lertsatitth (2014) elaboraron una briqueta después de triturar el carbón HDPE en polvo. La briqueta producida (1 kg) se usó para calentar 1 litro de agua (desde la temperatura ambiente hasta la ebullición) en 13 minutos, asimismo, el carbón pirolítico puede ser usado para adsorber de metales pesados de aguas residuales municipales e industriales y gases tóxicos. Además, según Fernandez et al. (2011) (como se citó en Miandad et al., 2016) el carbón pirolítico puede ser usado como materia prima para la elaboración carbón activado o fuente de energía para calderas.

2.2.1.5.3. *Gases.*

Según un estudio realizado por Williams & Williams (1998) los principales componentes de los gases producidos por pirólisis de diferentes tipos de plástico son metano, hidrógeno, propano, propeno, etano, eteno y butano.

A su vez Chen, Yin, Wang, & He (2014) indican que 1 kg de materia prima plástica produce alrededor de 13-26,9% de gases en peso. El uso de catalizadores juega un rol importante en el proceso de pirólisis ya que aumenta la producción de gases con altos valores caloríficos. Por lo tanto, los gases producidos por el proceso de pirólisis pueden ser usados en calderas para calefacción o en turbinas de gas para la generación de electricidad sin ningún tratamiento adicional.

2.2.1.6. *Zeolita.*

La palabra zeolita deriva de los términos griegos *zeo*: hierve y *lithos*: piedra. Estos minerales son sólidos que poseen un sistema de poros con diámetros y espacios cristalinos de dimensiones bien definidas, siguiendo tamaños moleculares nanométricos. Se definen como aluminosilicatos hidratados, altamente cristalinos, que al deshidratarse forman una estructura porosa en el cristal; son muy activas en procesos catalíticos y son usadas ampliamente debido a su alta cristalinidad, área superficial y selectividad (Poblete, 2013).

En la tesis *Pirólisis Catalítica de Desechos Plásticos mediante Zeolitas Modificadas con Cobre* se indica que las zeolitas pueden ser de origen natural o sintético, y se componen de una unidad estructural básica formada por tetraedros de cuatro átomos de oxígeno, de la forma TO_4 . La letra T es representativa principalmente de los siguientes elementos: Si, Al, B, Ga, Fe, P o Co. Dentro de las aplicaciones de las zeolitas se encuentra el

uso de estas como catalizadores. La transformación de hidrocarburos mediante zeolitas se debe a la fuerte acidez de éstas cuando son preparadas bajo ciertos métodos de intercambio iónico.

Las zeolitas presentan la siguiente fórmula molecular (Figura 7):

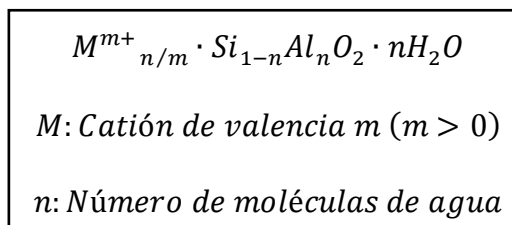


Figura 7. Fórmula molecular de la zeolita.

Fuente: Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: A Review.

Algunos ejemplos de zeolitas nanocristalinas son HZSM-5 (zeolita ZSM-5 protonada), HUSY, Hb y HMOR que son extensamente usadas en investigaciones de pirólisis de materiales plásticos. Por motivos académicos el tipo de zeolita que se usará en el presente proyecto será la ZSM-5.

2.2.1.7. Ventajas del uso de catalizadores en pirólisis.

2.2.1.7.1. Efecto del catalizador en la calidad del aceite líquido.

Según Miskolczi et al. (2006) y Lopez et al. (2012) (como se citó en Miandad et al., 2016), el uso de un catalizador aumenta la calidad del aceite líquido.

El uso de un catalizador ZSM-5 disminuyó los contenidos de nitrógeno, fósforo y azufre en el aceite líquido de pirólisis, especialmente en la gasolina, según Miskolczi et al. (2009), el proceso de degradación de

contaminantes ocurre a mayor escala en pequeños poros internos de ZSM-5.

2.2.1.7.2. *Efecto del catalizador en el tiempo y la temperatura de retención.*

Diversos investigadores han indicado que el uso de un catalizador da rendimientos de producto similares a menor temperatura y tiempo de retención en comparación con la pirólisis térmica. Según Miskolczi et al. (2009) el catalizador de zeolita muestra una alta tasa de reacción de craqueo C-C debido a su gran área de superficie de poro que conduce a la aceleración en la degradación térmica del plástico.

2.2.1.7.3. *Efecto del catalizador en compuestos de aceite líquido.*

Como se indicó anteriormente, el uso del catalizador en el proceso de pirólisis aumenta la calidad del aceite líquido producido, además, el uso de un catalizador mejora el control de la producción de hidrocarburos a partir de los tipos de plástico HDPE, LDPE, PP y PS. Según Syamsiro et al. (2014) mientras que la pirólisis térmica del plástico produce compuestos de cadena grandes de carbono que van de C5 a C28, el uso de un catalizado permite la formación de cadenas más cortas (C5-C12) en el aceite líquido de pirólisis.

2.2.1.7.4. *Efecto del catalizador sobre las propiedades físicas del aceite líquido.*

El uso de un catalizador afecta las propiedades físicas del aceite líquido pirolítico, tales como la viscosidad que es uno de los parámetros importantes en cualquier producto derivado del petróleo. Un aceite de alta viscosidad afecta el rendimiento del motor ya que es difícil bombear el aceite al motor durante su operación. Por lo tanto, se requiere una bomba para inyectar el combustible, lo que hace que el proceso sea costoso (Miandad et al., 2016).

Para lograr que el aceite sea menos viscoso se requiere disminuir su peso molecular y eso se logra mediante el uso de un catalizador.

Por otro lado, el uso de catalizadores permite disminuir el contenido de humedad, la densidad, el punto de inflamabilidad, el rango de ebullición y el poder calorífico superior (Higher Heating Value: HHV) de aceite líquido (Miskolczi et al., 2009).

2.2.1.7.5. *Efecto del catalizador sobre los gases producidos.*

El uso de un catalizador en el proceso pirolítico aumenta la producción de gases y disminuye el rendimiento de aceite líquido, pero mejora su calidad. Los gases producidos a partir del proceso de pirólisis están compuestos por CO, CO₂, H₂ y CH₄ según lo indicado por Whyte, Loubar, Awad, & Tazerout (2015). Por otro lado, es importante acotar que la pirólisis de PVC produce un gas peligroso llamado clorina.

Según un estudio realizado por Ates et al. (2013) (como se citó en Miandad et al., 2016) el efecto más importante de un catalizador sobre los gases producidos es el aumento de la concentración de hidrógeno y la isomerización de estructuras de carbono que resulta en un aumento de la concentración de i-butano.

2.2.1.7.6. Efecto del catalizador sobre el carbón pirolítico.

Según Whyte et al. (2015) el uso de un catalizador no afecta a las características esenciales del carbón, sin embargo, aumenta el contenido de ceniza en él. Asimismo, el uso de un catalizador aumenta la relación H / C en el carbón pirolítico.

2.3. Análisis Crítico.

Una vez realizado el diagnóstico de la realidad de la región en cuanto a la gran cantidad de residuos sólidos que se desechan día a día sin ser reaprovechados, se infirió que la solución más asequible es plantear un método que permita el reaprovechamiento de estos materiales sin causar más contaminación que la que deriva de su desecho.

Por otro lado se espera cubrir una demanda insatisfecha en el consumo de combustibles en equipos usados por la industria química del acero y las fábricas de hierro y de calderas, la cerámica y el funcionamiento de generadores eléctricos mediante el ingreso al mercado de un fuel oil producido a través del proceso

pirolítico de residuos plásticos que pueda reemplazar al convencional a un precio económico.

De la revisión bibliográfica se extrajo información necesaria que se usará en el estudio técnico del proyecto, en base a esta información se decidirá el diseño tanto del proceso como del producto; según los datos obtenidos en el Informe Técnico de Planta Pirolítica de The Doing Group– Collaborative Performance Group se decidió que el tipo de pirólisis a usar será catalítica, que el tipo de reactor que se instalará será horizontal rotativo, la materia prima estará compuesta por 45% de PE, 22% de PS y 33% de PP, y que la zeolita que se usará será la ZSM-5.

Con este proyecto se espera aportar una idea de negocio que permita el crecimiento económico y ambiental de la región, así como servir de fuente de información para futuros estudios.

3. Capítulo III: Investigación de mercado

3.1. Identificación del producto o servicio.

La materia prima que se usará para la obtención del producto será plástico desechado, como producto del proceso pirolítico que atravesará se podrá obtener aceite combustible o fuel oil, negro de carbón o carbón pirolítico y gas combustible, las propiedades que se espera pueda poseer el aceite pirolítico se plasman en la Tabla 12.

En base a la información recabada de los autores Williams (2006), López et al., (2009) y Chen, Yin, Wang, & He (2014) se definió la composición de los productos obtenidos del proceso pirolítico; del peso total de residuos plásticos, el 82% corresponde a productos líquidos, 1.3% a sólidos y 16.7% a gases.

Tabla 12
Propiedades físicas y químicas del aceite pirolítico.

Especificaciones técnicas- Aceite Pirolítico				
Clase de producto: Combustible				
Poder calorífico: 10,000-10,8000 Kcal/kg				
Ensayos	Especificaciones (a)		Método	
	Mín.	Máx.	ASTM	Otros
Volatilidad				
Gravedad específica a 15.6°C/15.6°C o °API		42.38	D-1298	
Punto de inflamación, °C		40	D-93	
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt		1471	D-445	
Punto de escurrimiento, °C		12	D-97	
Composición				
Azufre total, % masa		0.0137	D-129, D-4294	
Cenizas, % masa		0.0028	D-482	
Residuo carbón Conradson, % masa		0.062	D-189	
Contaminantes				
Agua y sedimentos, % V (b)		0.05	D-1796 ó D-95 y D473	



Observaciones:
 (a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.002 y con el estándar ASTM D-396.
 (b) La cantidad de agua por destilación, por el método ASTM D-95 más los sedimentos por extracción por el método ASTM D-473, no deberá exceder el 2.0%.

Fuente: Agile Process Chemicals LLP.

3.2. Clasificación por su uso.

En la Tabla 13 se observan las principales aplicaciones de los productos del proceso pirolítico, el aceite combustible o fuel oil será el producto principal que se ofrecerá al mercado, más adelante se planteará la venta de los productos sólidos obtenidos. Los gases obtenidos de la pirólisis servirán como combustible para el funcionamiento del horno pirolítico, de esta manera se espera implementar un proceso autosostenible energéticamente.

Tabla 13
Aplicación de los productos pirolíticos

Aplicación de los productos finales después de la pirólisis	
	<p style="text-align: center;">Aceite combustible</p> <p>Podrá ser usado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industria de acero • Industria de vidrio • Industria de cemento • Industria de ladrillos
	<p style="text-align: center;">Negro de carbono</p> <p>Podrá ser usado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelas de zapatos • Neumáticos nuevos • Carreteras • Pistas de goma
<p>Gases compuestos por CO, CO₂, H₂ y CH₄.</p>	<p style="text-align: center;">Gases</p> <p>Podrá ser usado en el horno pirolítico, es decir, se reutilizará en el proceso.</p>

Fuente: The Doing Group– Collaborative performance group.

3.3. Definición del problema y objetivo de la investigación de mercado.

Se determinó que el problema del proyecto es la elevada cantidad de residuos plásticos reciclables desechados y como alternativa de solución se optó por la constitución de una empresa dedicada a la producción y comercialización de fuel oil a partir de residuos plásticos mediante un proceso pirolítico en Arequipa; el

producto a ofrecer posee características que permiten que pueda ser utilizado en industrias que requieran elevado calor para su proceso productivo, ya que puede servir como combustible para hornos y calderas.

Se desea conocer con el estudio de mercado el tipo de combustible que se usa en las industrias, la marca preferida, la frecuencia de compra, los proveedores que abastecen a los usuarios y el precio con el que se adquiere. Como punto de referencia se extrajo datos del Inventario de Emisiones Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Arequipa (2005), éste documento ofrece información respecto a los combustibles mayormente usados por empresas de diferentes rubros y un aproximado de su rendimiento.

Se determinó que los combustibles que predominan son los petróleos residuales o industriales, siendo estos de 3 tipos: Petróleo Industrial N°5, Petróleo Industrial N°6 y Petróleo Industrial N°500, estos productos poseen la clasificación de residual de petróleo y tienen los siguientes sinónimos: Industrial de alta viscosidad, Bunker, residual 5, 6 o 500, Fuel oil, Heavy Fuel Oil y High Sulphur Fuel Oil. Más adelante se detallará las características y especificaciones técnicas de estos combustibles.

3.4. Desarrollo del plan de Investigación.

3.4.1. Obtención de la información general del mercado en estudio.

3.4.1.1. Búsqueda de fuentes de información para identificar a las empresas instaladas en la ciudad o región de interés.

Según Osinergmin (2018) no existen empresas que produzcan y expendan combustible pirolítico en el Perú. Algunas empresas que expenden productos similares son PetroPerú, Repsol y Pecsá que ofrecen petróleo residual al mercado.

3.4.1.2. Población objetivo de estudio o designación del marco muestral.

El producto a ofrecer está destinado a ser usado por la industria de acero, vidrio, cemento y ladrillos, por lo que las empresas que conforman la muestra son las que se dedican a estas actividades en la ciudad de Arequipa. Dicha información se extrajo de la página web del Ministerio de Producción (2014) de donde se revisó el Directorio Nacional de Grandes Empresas del Sector Manufactura, 2014 y el Directorio Nacional MIPYME del Sector Manufactura, 2014, en base a estas fuentes se listó las empresas dedicadas a las actividades económicas señaladas en la Tabla 14, el código CIU (Clasificación Internacional Industrial Uniforme) establece la codificación armonizada de todas las actividades económicas a nivel mundial.

Tabla 14
CIU de empresas que representan la muestra.

CIU Rev.3	Descripción CIU Rev.3
2610	FAB. VIDRIO Y PROD. DE VIDRIO
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.
2694	FAB. DE CEMENTO CAL Y YESO.
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.
2731	FUNDICION DE HIERRO Y DE ACERO.

Fuente: Directorio Nacional de Grandes Empresas del Sector Manufactura, 2014 y Directorio Nacional MIPYME del Sector Manufactura, 2014.

3.4.2. *Diseño de la muestra.*

La muestra seleccionada se determinó teniendo en cuenta tanto el tamaño como métodos de muestreo.

En cuanto al tamaño, se fijó una cantidad pequeña de empresas que sirvan de referencia de la realidad de los combustibles usados en las industrias arequipeñas; por otro lado, puesto que las industrias objetivo poseen tecnologías similares y el rubro es indiferente para la aplicación de la encuesta, se determinó una técnica de muestreo aleatoria.

3.4.2.1. *Método de selección de las empresas que formarán la muestra.*

Para determinar las empresas a encuestar se tuvo que hallar primero el tamaño de la muestra, dado que se trata de una población finita se usó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{E^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Se consideró un nivel de confianza de 95%, lo que da un valor para Z de 1.96; para fijar la probabilidad de éxito y fracaso se tomó como referencia

el Inventario de Emisiones Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Arequipa (2015), el cual estima que aproximadamente el 95% del combustible usado en las industrias arequipeñas corresponde a petróleo industrial.

Asimismo, en base al Directorio Nacional de Grandes Empresas del Sector Manufactura, 2014 y al Directorio Nacional MIPYME del Sector Manufactura, 2014 se determinó que el tamaño de la población es de 77 empresas en total. Por último, se consideró un error tolerable del 6%.

$$\begin{aligned} P &= 0.95 \\ q &= 0.05 \\ Z(95\%) &= 1.96 \\ N &= 77 \\ E &= 0.06 \end{aligned}$$

Con los datos mencionados se halló un valor n de 31. La estadística señala que se debe comprobar lo siguiente:

$$\frac{n}{N} < 15\%$$

De no cumplirse, como en este caso, debe realizarse un cálculo adicional para determinar el tamaño final de muestra:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Realizado éste cálculo se determina que el tamaño de muestra es de 22. Posteriormente se hizo un muestreo aleatorio para listar las empresas que conformarán la muestra. En la Tabla 15 se listan las 22 empresas que conforman la muestra del estudio de mercado.

Tabla 15
Lista de empresas que conforman la muestra

CIU	Actividad	Empresa	Dirección Fiscal
2610	FAB. VIDRIO Y PROD. DE VIDRIO	TEMPERLAME I R LTDA	JR. TRUJILLO MZA. 5 LOTE. 7 A.H. SEMI RURAL PACHACUTEC (KM. 3.5 DE VARIANTE UCHUMAYO) AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2610	FAB. VIDRIO Y PROD. DE VIDRIO	CRISTALIZA TU IMAGINACION E.I.R.L. – CRISTALIMAGE	AV. ALFONSO UGARTE NRO. 703 URB. LA LIBERTAD AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2610	FAB. VIDRIO Y PROD. DE VIDRIO	OSKAR ALUMINIOS Y VIDRIOS S.A.C.	PJ. 9 DE DICIEMBRE NRO. 102 URB. GRAFICOS AREQUIPA – AREQUIPA – ALTO SELVA ALEGRE
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRILLERA EL DIAMANTE S.A.C.	CAR.VARIANTE DE UCHUMAYO NRO.4 AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRILLERA VITOR S.R.L.	CAR.PANAMERICANA SUR KM. 953 SEC.OESTE ANEX.PUEB.VIEJO AREQUIPA – AREQUIPA – VITOR
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRILLERA INKA S.A.C.	CAL.FRANCISCO MOSTAJO NRO. 212 AREQUIPA – AREQUIPA – YANAHUARA
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRIZUR S.A.C.	ASOCIACIÓN ALCOSA MZA. B LOTE. 2 A.V. LADRILLEROS DEL CONO SUR AREQUIPA – AREQUIPA – MOLLEBAYA
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRILLERIA MECANIZADA MORANDO S.R.L.	AV. PROLONGACION EJERCITO NRO. 514 AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2693	FAB. PROD. CERAMICA NO REFRACT. EST.	LADRILLERIA CHOQUE E.I.R.L.	AV. YARABAMBA NRO. S/N IRRIGACION CHARACATO AREQUIPA – AREQUIPA – CHARACATO
2694	FAB. DE CEMENTO CAL Y YESO.	YURA S.A.	CAR.CARRETERA A YURA KM. 26 AREQUIPA – AREQUIPA – YURA
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	TORNERIA Y MECANICA FLODEL S.R.L.	CAL.LA HABANA NRO. 207 AREQUIPA – AREQUIPA – JACOBO HUNTER
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	FACTORIA BENAVENTE E.I.R.LTDA	CAR.VAR. DE UCHUMAYO KM. 3.5 AREQUIPA – AREQUIPA – UCHUMAYO
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	FACTORIA KARLOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	SECTOR BOLIVIA III MZA. A LOTE. 12 ASC. PERUARBO AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	FCA. CHACARERO CLASSIC E.I.R.L.	MZA. B LOTE. 9 A.H. JOSE ABELARDO QUIÑONES AREQUIPA – AREQUIPA – CAYMA
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	FACTORIA GATO E.I.R.L.	AV. PERU MZA. H18 LOTE. 5-6 A.H. SEMI RURAL PACHACUTEC AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	SERVICIOS GENERALES CHALE E.I.R.L.	CAL.TENIENTE RODRIGUEZ NRO. 400 AREQUIPA – AREQUIPA – MIRAFLORES
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	L & C CALDERAS FABRICACION MANTENIMIENTO Y REPARAC	CAL.JAVIER HERAUND NRO. 108 P.J. 13 DE ENERO AREQUIPA – AREQUIPA – JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	ACERO INOXIDABLE PERU S.R.L.	AV. INDEPENDENCIA NRO. 1110 URB. LA PERLA AREQUIPA – AREQUIPA – AREQUIPA AREQUIPA
2710	FAB. PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO.	COMERCIAL TORNOCENTRO AREQUIPA S.C.R.L	CAL.LOS ANGELES NRO. 203 INT. B URB. APIMA AREQUIPA – AREQUIPA – PAUCARPATA
2731	FUNDICION DE HIERRO Y DE ACERO.	FUNDICION LAS MERCEDES S.A.C.	AV. QUIROZ NRO. 300 URB. MARIA ISABEL AREQUIPA – AREQUIPA – AREQUIPA

2731	FUNDICION DE HIERRO Y DE ACERO.	FUNDICION PINTO SOC. INDUST.R.DE R. LTDA.	CAL.MANZANITOSNRO. 312 URB. JUVENTUD FERROVIARIA AREQUIPA – AREQUIPA – AREQUIPA
2731	FUNDICION DE HIERRO Y DE ACERO.	METALURGICA EL CRISOL E.I.R.L.	NUCLEO 1 MZA. GLOTE. 19 ASOC.SEÑOR DEL GRAN PODER AREQUIPA – AREQUIPA – CERRO COLORADO

Fuente: Directorio Nacional de Grandes Empresas del Sector Manufactura, 2014 y Directorio Nacional MIPYME del Sector Manufactura, 2014.

Del total de las empresas que conforman la muestra se encuestó al 25%, es decir 6 empresas, para un barrido inicial del mercado actual arequipeño.

Esta selección se hizo mediante un muestreo aleatorio.

3.4.3. *Diseño del instrumento para el acopio de información.*

La estructura de la encuesta aplicada es la siguiente:

a) Preguntas enfocadas en el cliente:

- ¿Usa usted combustible en su proceso productivo?

Si () No ()

- ¿Con qué frecuencia realiza su pedido de combustible?

- a) Semanal
- b) Quincenal
- c) Mensual
- d) Bimestral
- e) Otro (_____)

- ¿En qué presentación compra el combustible?

- a) Envase x 1 gl
- b) Bidón x 5 gl
- c) Cilindro x 55 gl
- d) Otro (_____)

- ¿De cuánto consta su pedido usualmente? (según lo indicado en la pregunta 5.)

- a) 1-8
- b) 9-16
- c) 17-24
- d) 25-más

b) Preguntas enfocadas en el producto:

- ¿Qué tipo de combustible usa?
 - a) Petróleo Industrial N°5
 - b) Petróleo Industrial N°6
 - c) Petróleo Industrial N°500
 - d) Kerosene
 - e) Gasolina
 - f) Otro (_____)

- De 1 a 5 califique usted el nivel de importancia de las siguientes características. Siendo 1 el más importante y 5 el de menor relevancia:
 - a) Precio ()
 - b) Calidad ()
 - c) Viscosidad ()
 - d) Rendimiento ()
 - e) Poder calorífico ()

- ¿Cuál es el precio del combustible que usualmente compra (en la presentación indicada en la pregunta 5.)?

c) Preguntas enfocadas en la competencia:

- ¿Qué marca de combustible usa con más frecuencia?
 - a) PetroPerú
 - b) Repsol
 - c) Pecsá
 - d) Otro (_____)

- ¿Quién es su principal proveedor de combustible?

d) Preguntas enfocadas en el cliente- producto:

- ¿Su(s) equipo(s) permite(n) el uso de otro tipo de combustible con iguales o similares características?

Si () No ()

3.5. Ejecución del plan de investigación.

3.5.1. Trabajo de campo.

La encuesta fue respondida por las 6 empresas elegidas vía e-mail.

3.5.2. Tabulación de la información.

Los resultados hallados se muestran en la Tabla 16:

Tabla 16

Tabulación de resultados de encuesta

Empresa	1	2	3	4	5	6
P1	Si	Si	Si	Si	Si	Si
P2	P.I. 500	P.I. 6	P.I. 500	P.I. 500	P.I. 6	P.I. 500
P3	PetroPerú	Repsol	Pecsa	Repsol	PetroPerú	PetroPerú
P4	Quincenal	Semanal	Semanal	Mensual	Quincenal	Semanal
P5	Cilindro x 55 gl	Bidón x 5 gl	Bidón x 5 gl	Cilindro x 55 gl	Cilindro x 55 gl	Bidón x 5 gl
P6	5	15	20	6	4	25
P7	Distribuidor autorizado	Minorista	Minorista	Distribuidor autorizado	Distribuidor autorizado	Minorista
P8	Si	Si	Si	Si	Si	Si
P9 (1°)	Calidad	Precio	Rendimiento	Rendimiento	Poder calorífico	Poder calorífico
P9 (2°)	Rendimiento	Rendimiento	Poder calorífico	Calidad	Precio	Calidad
P9 (3°)	Poder calorífico	Calidad	Calidad	Poder calorífico	Calidad	Rendimiento
P9 (4°)	Viscosidad	Poder calorífico	Poder calorífico	Precio	Rendimiento	Viscosidad
P9 (5°)	Precio	Viscosidad	Viscosidad	Viscosidad	Viscosidad	Precio
P10	400	28	30	390	385	28.5

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Interpretación y reporte de resultados.

3.6.1. Análisis de los resultados.

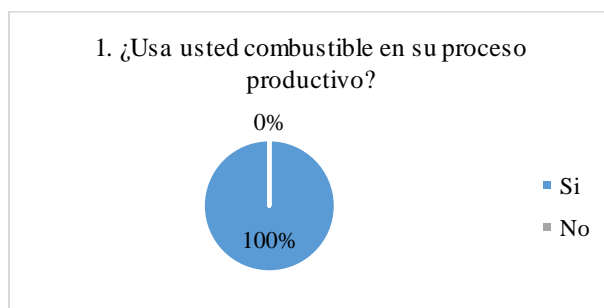


Figura 8. Resultados de la pregunta 1 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

El 100% de las empresas encuestadas hacen uso de combustible en su proceso productivo según lo observado en la Figura 8.

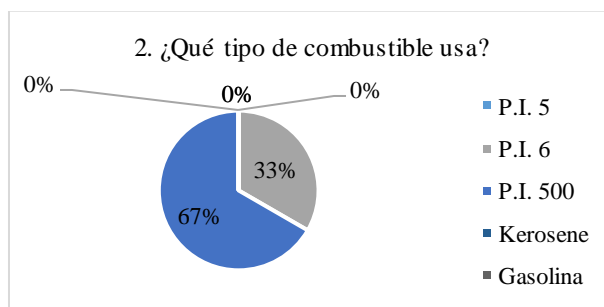


Figura 9. Resultados de la pregunta 2 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

El combustible más usado es el Petróleo Industrial N°500 y en menor proporción el Petróleo Industrial N°5 y N°6, como se observa en la Figura 9.

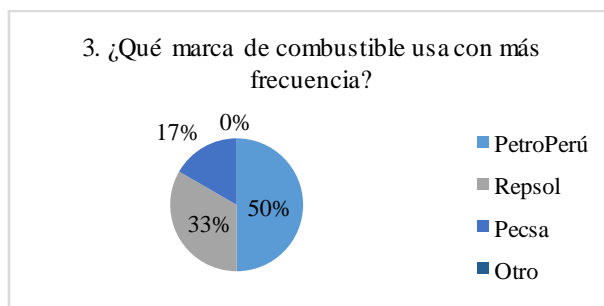


Figura 10. Resultados de la pregunta 3 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en la Figura 10, la marca preferida es PetroPerú, seguida por Repsol y en último lugar Pecsca:

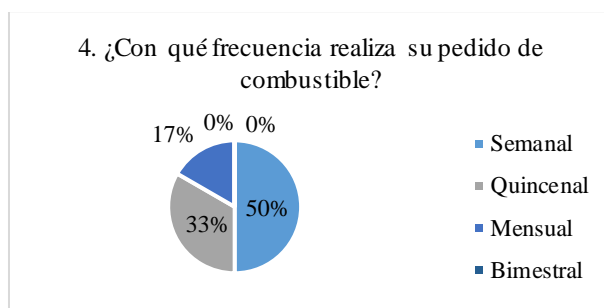


Figura 11. Resultados de la pregunta 4 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

La mitad de los pedidos se realizan de forma semanal, según la Figura 11, los cuales corresponden a pedidos de bidones de 5 gl.

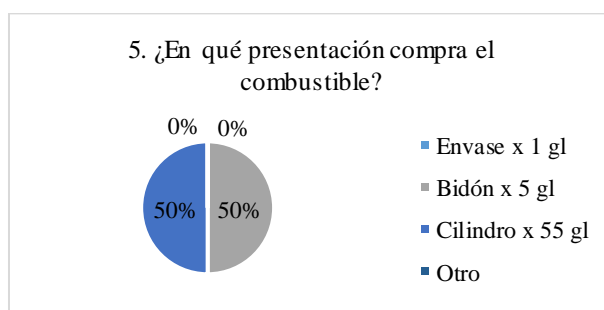


Figura 12. Resultados de la pregunta 5 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Las presentaciones que más prefieren los clientes son de bidón x 5gl y cilindro x 55gl como se observa en la Figura 12.

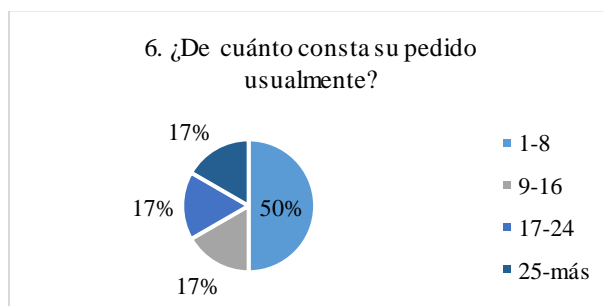


Figura 13. Resultados de la pregunta 6 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en la Figura 13 los pedidos que mayormente hacen los clientes constan de entre 1 y 8 unidades de cilindros de 5 gl. Analizando los datos obtenidos, se puede inferir que en promedio cada cliente consume 113.75 gl/semana.

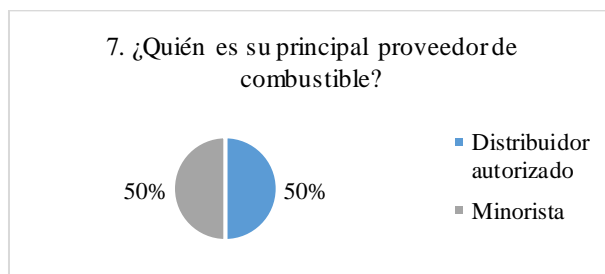


Figura 14. Resultados de la pregunta 7 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Los proveedores que abastecen a los clientes son distribuidores autorizados y minoristas, como se observa en la Figura 14.

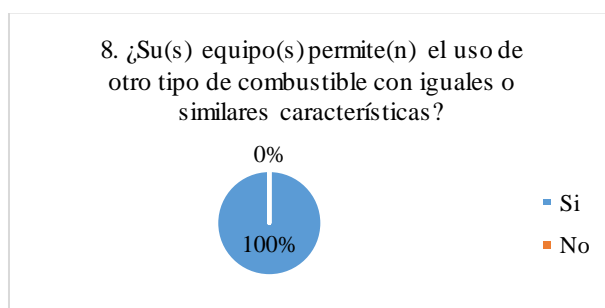


Figura 15. Resultados de la pregunta 8 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los equipos (hornos y calderas) de las empresas encuestadas permiten el uso de otro combustible, según la Figura 15.

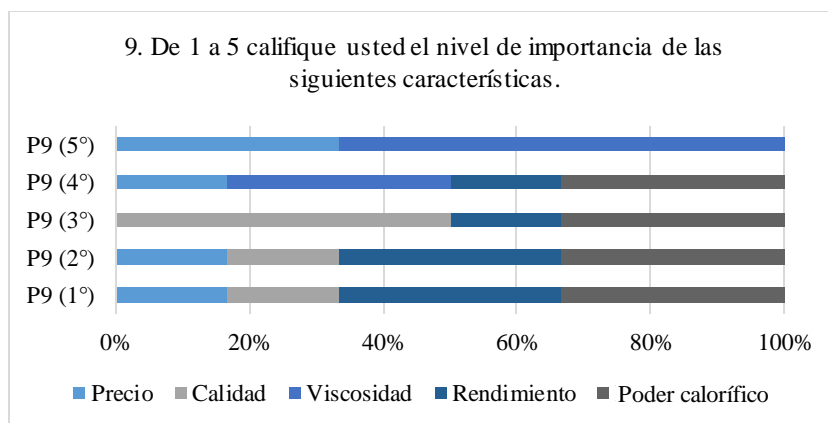


Figura 16. Resultados de la pregunta 9 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Las características más importantes para los clientes son el rendimiento y la energía calorífica, seguida por la calidad, en último lugar se encuentran la viscosidad y el precio, como se plasma en la Figura 16. Cabe mencionar que el término poder calorífico es entendido como la energía que es capaz de desprender una cantidad de producto cuando se produce la combustión, este valor está determinado en la ficha técnica de cada combustible, mientras que el término rendimiento se refiere a la eficiencia del combustible al momento del encendido.

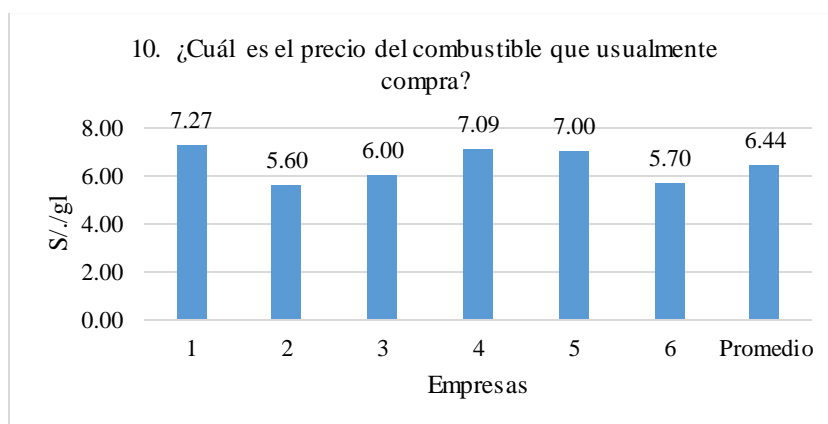


Figura 17. Resultados de la pregunta 10 de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Los precios que ofrece el mercado fluctúan entre S/5.60 y S/7.27 por galón, siendo el promedio de S/6.44/gl según lo observado en la Figura 17.

3.7. Identificación del producto o servicio.

3.7.1. Clasificación por su uso.

Según la encuesta realizada y en base a los datos recabados se plantea que el producto a ofrecer tenga las características detalladas en la Tabla 17:

Tabla 17
Presentación y descripción del producto

Presentación	Descripción
	Envase x 1 gl
	Balde x 5 gl
	Cilindro x 55 gl

Fuente: Elaboración propia.

Según lo indicado por las encuestas y contrastando información con el Inventario de Emisiones Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Arequipa (Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 2005) se observó que los combustibles usados por las industrias son los petróleos industriales N°500 y N°6.

A continuación, las Tablas 18 y 19 muestran las especificaciones técnicas de ambos (PetroPerú):

Tabla 18
Propiedades físicas y químicas del Petróleo Industrial N°6

Especificaciones técnicas- Petróleo Industrial N°6		
Clase de producto: Combustible		
Tipo de producto: Residual		
Nombre de producto: Petróleo Industrial N°6		
Ensayos	Especificaciones (a)	Método

	Mín.	Máx.	ASTM	Otros
Volatilidad				
Gravedad específica a 15.6°C/15.6°C o °API		Reportar	D-287, D-1298	
Punto de inflamación, °C	60		D-93	
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 50°C, cSt	81	640	D-445	
Punto de escurrimiento, °C		Reportar	D-97	
Composición				
Azufre total, % masa		3.5	D-129, D-4294	
Cenizas, % masa		Reportar	D-482	
Residuo carbón Conradson, % masa		Reportar	D-189	
Vanadio, ppm		Reportar	D-5708	
Contaminantes				
Agua y sedimentos, % V (b)		2.0	D-1796 ó D-95 y D473	
Condición general	Requiere precalentamiento durante el manipuleo y uso.			
Observaciones:				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.002 y con el estándar ASTM D-396.				
(b) La cantidad de agua por destilación, por el método ASTM D-95 más los sedimentos por extracción por el método ASTM D-473, no deberá exceder el 2.0%.				

Fuente: PetroPerú.

Tabla 19
Propiedades físicas y químicas del Petróleo Industrial N°500

Especificaciones técnicas- Petróleo Industrial N°500				
Clase de producto: Combustible				
Tipo de producto: Residual pesado				
Nombre de producto: Petróleo Industrial N°500				
Ensayos	Especificaciones (a)		Método	
	Mín.	Máx.	ASTM	Otros
Volatilidad				
Gravedad específica a 15.6°C/15.6°C o °API		Reportar	D-287, D-1298	
Punto de inflamación, °C	65		D-93	
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 50°C, cSt	641	1060	D-445	
Punto de escurrimiento, °C		Reportar	D-97	
Composición				
Azufre total, % masa		3.5	D-129, D-4294	
Cenizas, % masa		Reportar	D-482	
Residuo carbón Conradson, % masa		Reportar	D-189	
Vanadio, ppm		Reportar	D-5708	
Contaminantes				
Agua y sedimentos, % V (b)		2.0	D-1796 ó D-95 y D473	
Condición general	Requiere precalentamiento durante el manipuleo y uso.			
Observaciones:				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.002 y con el estándar ASTM D-396.				
(b) La cantidad de agua por destilación, por el método ASTM D-95 más los sedimentos por extracción por el método ASTM D-473, no deberá exceder el 2.0%.				

Fuente: PetroPerú.

Según lo observado en las Tablas 12, 18 y 19 se confirma que las especificaciones técnicas del fuel oil pirolítico, Petróleo Industrial N°6 y N°500 son semejantes, por lo que se propone que sirva como sustituto de los petróleos residuales.

3.8. Análisis de proveedores.

Para el desarrollo del proceso productivo se requiere de 2 materiales principales, residuos plásticos y zeolita sintética; los residuos plásticos serán adquiridos de las municipalidades de la provincia de Arequipa inicialmente, en caso de necesitar más se visitará otras provincias.

Puesto que los residuos plásticos que servirán como materia prima para el proyecto serán desechados por las municipalidades, se considerará un costo significativo de S/5.00 por TM; asimismo, se incurrirá en el costo de recojo de los residuos en los centros de acopio elegidos.

Se propone elegir como proveedoras a las municipalidades que generen una mayor cantidad de residuos sólidos, la Figura 18 muestra el Diagrama de Pareto usado para la selección; inicialmente se coordinará el abastecimiento de residuos plásticos con las municipalidades de Paucarpata, Cerro Colorado, José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa y Cayma, conforme vaya aumentando la producción se requerirá del apoyo de demás municipalidades.

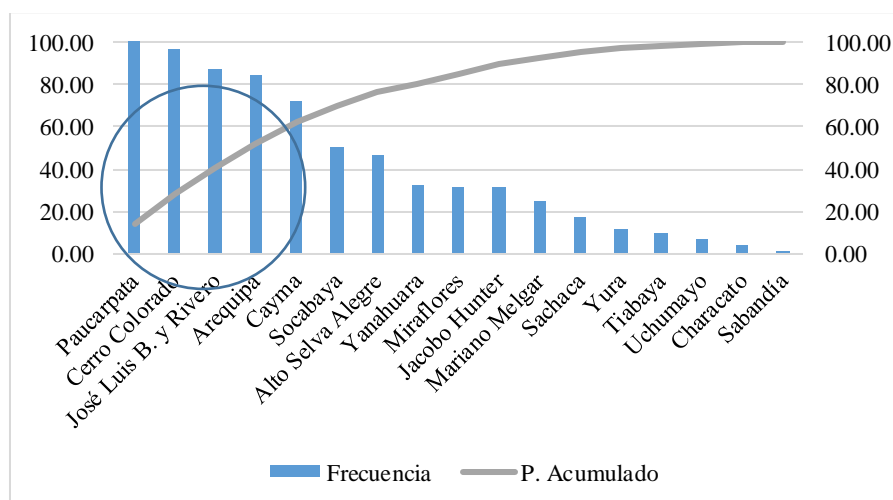


Figura 18. Diagrama de Pareto para la selección de las municipalidades proveedoras.
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, es indispensable conocer los residuos que se utilizaran en el proceso pirolítico, por lo que se realizará un estudio de campo para determinar la cantidad de residuos que no son reaprovechados por las municipalidades en sus procesos de segregación, dichos residuos son los que servirán como materia prima.

Para la realización de esta actividad se trabajará en conjunto con la Asociación Civil Labor, que anteriormente realizó estudios de este tipo a pequeña escala.

Por otro lado, la zeolita se importará de China por la empresa Gongyi Meiqi Industry&Trade Co. Con un tiempo de entrega de 2 meses aproximadamente y un precio que oscila por \$120.00/t.

3.9. Análisis de la demanda.

3.9.1. Segmentación de mercado.

El producto estará dirigido a MIPYME (Micro, pequeña y mediana empresa) ya que se tiene mayor acceso a ese mercado, posteriormente se evaluará el ingreso a gran empresa.

3.9.2. Factores que afectan la demanda.

Con la aparición del gas natural como reemplazo de combustibles convencionales se ve afectada la demanda de los petróleos residuales, esto se debe a los beneficios que ofrece este producto, tanto económicos, energéticos como ambientales. Actualmente la mayoría de empresas hacen uso de petróleos industriales pero en un futuro podrían adecuar sus equipos a nuevas tecnologías.

3.9.2.1. Tamaño y crecimiento de la industria.

El sector que ofrece un producto similar al que se ofrecerá es el de hidrocarburos líquidos, el Perú es un importante productor de estos, según Osinermin (2018) el año 2017 el Perú produjo aproximadamente 225 MBPD (miles de barriles por día) aumentando en 4% respecto al 2016 como se muestra en la Figura 19:

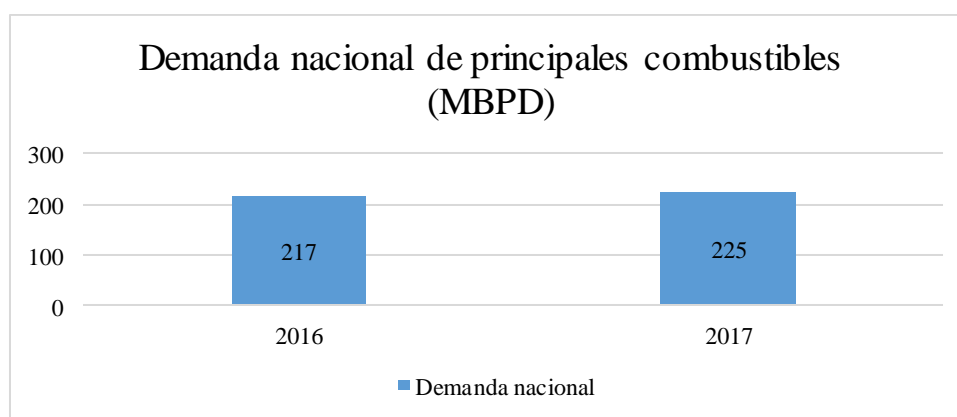


Figura 19. Demanda nacional de principales combustibles (MBPD).

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos - Osinermin 2017-II.

MBPD: Miles de barriles por día.

A continuación, la Figura 20 muestra cómo está compuesta la demanda:

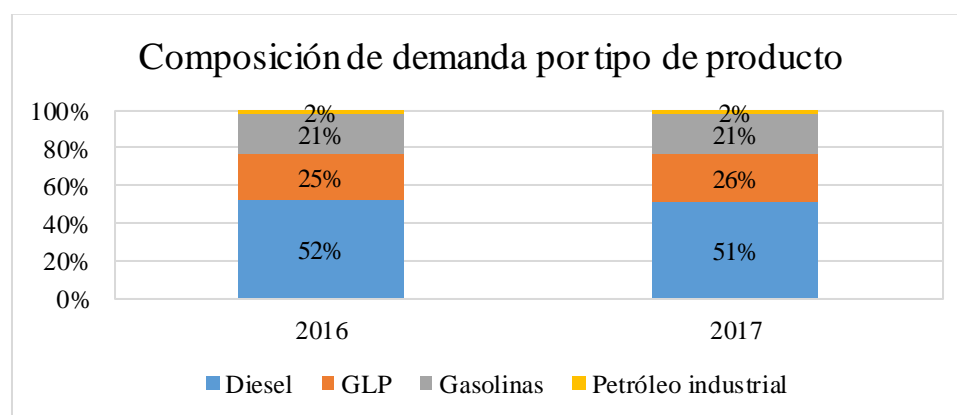


Figura 20. Composición de demanda por tipo de producto.

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos - Osinermin 2017-II.

Como se ve, la cantidad demandada de petróleo residual es muy pequeña en comparación con los otros tipos de combustible, más adelante se verá que la oferta es mucho mayor y esto se debe a que, según la balanza comercial, el Perú es un exportador neto de petróleos industriales.

3.9.3. Comportamiento histórico de la demanda.

Con los datos extraídos de las bases de datos de Osinergmin e INEI, se pudo mostrar en la Tabla 20 el comportamiento de la demanda a nivel nacional en los últimos 14 años:

Tabla 20
Demanda nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2005-2018)

Año	Demanda nacional (MBPD)			
	P.I. N°5	P.I. N°6	P.I. N°500	Total
2018	0.00	3.25	1.75	5.00
2017	0.00	2.60	1.40	4.00
2016	0.00	1.44	2.07	3.50
2015	0.00	2.02	1.41	3.43
2014	0.00	1.98	1.02	3.00
2013	0.00	3.00	3.00	6.00
2012	0.00	2.74	4.05	6.79
2011	0.00	3.37	8.32	11.69
2010	0.00	3.89	7.92	11.80
2009	0.00	4.28	10.23	14.50
2008	0.00	6.06	12.90	18.96
2007	0.00	5.96	11.24	17.20
2006	0.00	6.47	13.57	20.04
2005	0.00	8.12	15.48	23.60

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos- Osinergmin (2013-2018). INEI (2005-2012).

MBPD: Miles de barriles por día.

En la Figura 21 se puede observar claramente el comportamiento que tuvo la demanda a lo largo de los años, ésta fue cayendo con el pasar del tiempo, teniendo

su menor valor en el año 2014, posterior a esa caída empezó a crecer significativamente.

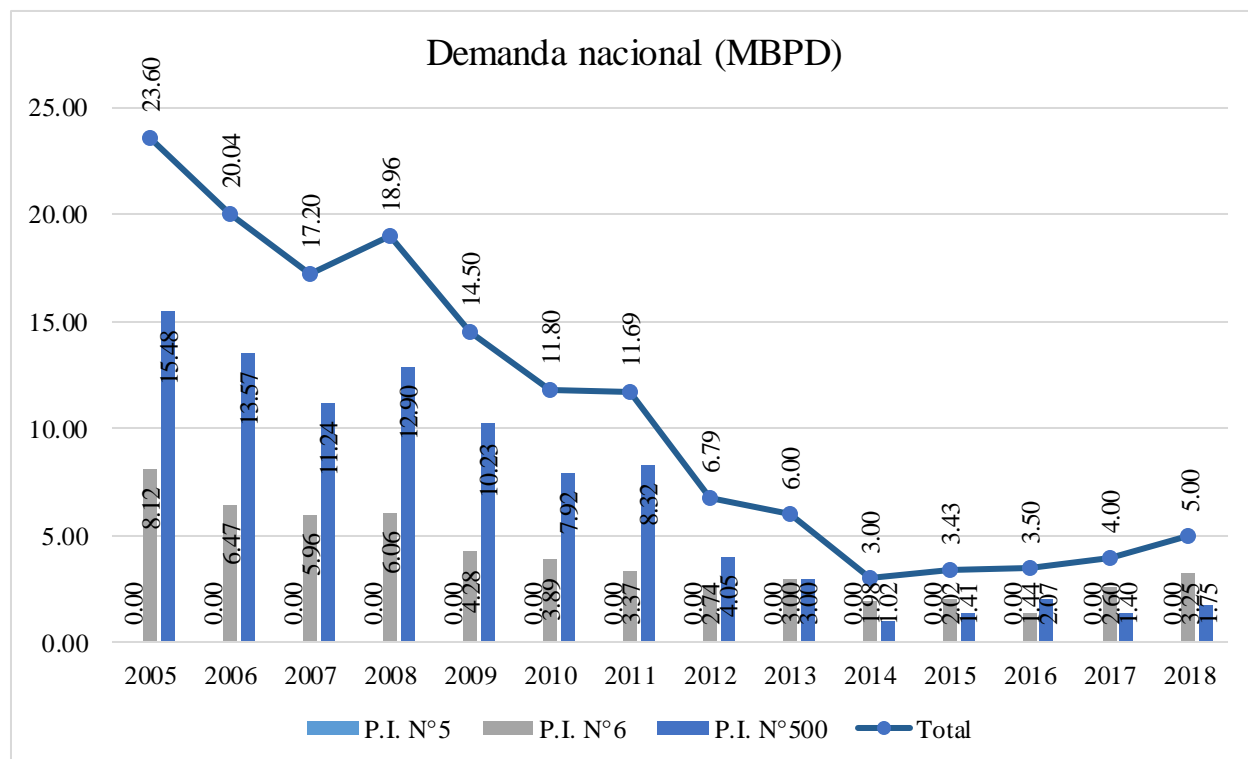


Figura 21. Demanda nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2005-2018).

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos- Osinergmin (2013-2018). INEI (2005-2012).

MBPD: Miles de barriles por día.

3.9.4. Demanda actual.

3.9.4.1. Metodología de la investigación.

Para determinar la demanda actual de los petróleos residuales se revisaron los informes Perú: Demanda Nacional de Combustibles Líquidos por Departamento correspondientes al periodo comprendido entre octubre-2017 y septiembre-2018 y se promedió la demanda de los diferentes petróleos residuales en los departamentos del sur del Perú, es decir,

Arequipa, Puno, Cusco, Tacna y Moquegua, para tener una demanda aproximada ya que ésta varía de mes a mes.

3.9.4.2. *Demanda actual del servicio.*

Según lo extraído del sistema de control en línea SCOP de Osinergmin (2017-2018), se pudo estimar la demanda actual de la región sur del Perú en gl/día como se muestra en la Tabla 21, la mayor demanda se concentra en el departamento de Arequipa, en menor proporción en los departamentos de Moquegua y Cusco, mientras que en Tacna la demanda es casi nula.

Tabla 21
Demanda actual de Petróleos Residuales N°500 y N°6 en el sur del país

Departamento	P.I. N°5 (MBPD)	P.I. N°6 (MBPD)	P.I. N°500 (MBPD)	Total (MBPD)
Arequipa	0	0.0136	0.3128	0.3264
Cusco	0	0.0271	0.0000	0.0271
Moquegua	0	0.0580	0.0376	0.0955
Puno	0	0	0	0
Tacna	0	0.0005	0	0.0005
Total	0	0.0991	0.3504	0.4494

Fuente: División de Supervisión Regional. Supervisión de Comercialización de Hidrocarburos Líquidos- Osinergmin.

3.9.4.3. *Proyección de la demanda.*

Se halló la disposición que siguió la demanda a nivel nacional en los últimos 14 años, la cual sigue la siguiente tendencia polinómica de orden 3:

$$y = 0.0204x^3 - 0.3372x^2 - 0.5778x + 23.409$$

La Figura 22 muestra la tendencia que siguió la demanda a lo largo del tiempo:

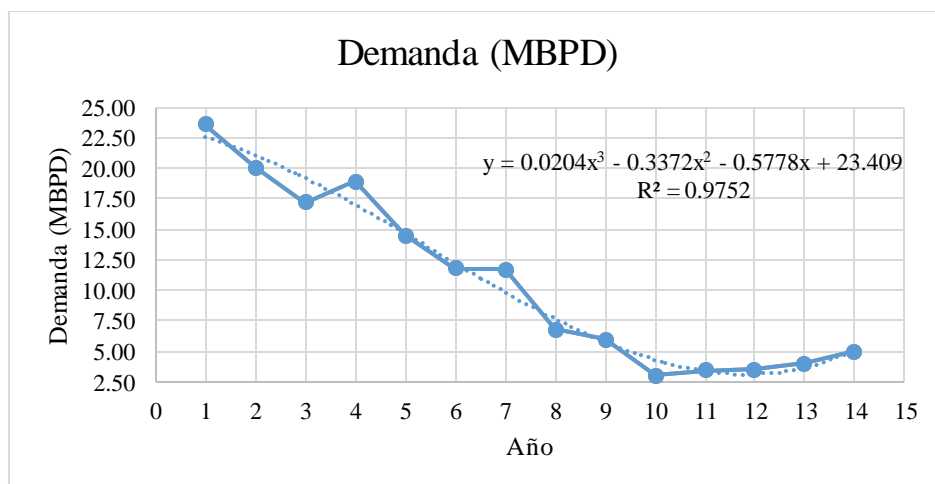


Figura 22. Tendencia de demanda nacional histórica (2005-2018).
MBPD: Miles de barriles por día.

Según lo calculado se pudo pronosticar la demanda para los próximos 5 años como figura en la Tabla 22:

Tabla 22
Proyección de demanda nacional (MBPD)

Año	Demanda nacional (MBPD)
2005	23.60
2006	20.04
2007	17.20
2008	18.96
2009	14.50
2010	11.80
2011	11.69
2012	6.79
2013	6.00
2014	3.00
2015	3.43
2016	3.50
2017	4.00
2018	5.00
2019	7.65
2020	11.29
2021	16.19
2022	22.48
2023	30.28

Fuente: Elaboración Propia.
MBPD: Miles de barriles por día.

Se espera que en 5 años la demanda se incremente en un 506% aproximadamente tal como se muestra en la Figura 23.

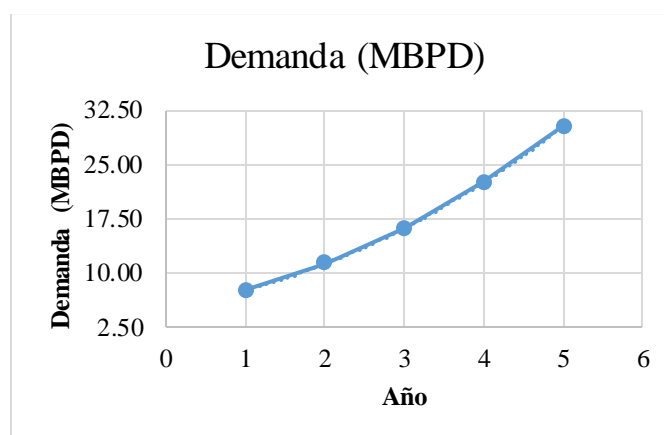


Figura 23. Proyección de demanda nacional (2019-2023).
MBPD: Miles de barriles por día.

3.9.4.4. Empresas productoras de petróleo industrial.

Entre las empresas dedicadas a la producción de hidrocarburos líquidos en el Perú, una de las más importantes es PetroPerú.

Esta empresa produce petróleo industrial N°500 y N°6 y sus ventas en los últimos 2 años se muestran en la Tabla 23; se puede observar que la demanda nacional representa aproximadamente la tercera parte de las exportaciones.

Tabla 23

Ventas de petróleos industriales- PetroPerú

Ventas	Volumen (MBPD)			Ventas (Millones de \$)			Participación sobre ventas
	2016	2017	YoY	2016	2017	YoY	
Ventas locales							
Petróleos Industriales	2.5	2.8	13.3%	42.1	62.9	47.4%	1.6%
Exportaciones							
N°6 Fuel Oil, Crudo Reducido, Petróleo Industrial 500	12.0	9.7	-18.8%	126.6	160.9	27.0%	4.0%
Total Ventas Locales y Exportaciones	14.5	12.5	-13.8%	168.7	222.9	32.1%	5.6%

Fuente: Informe de Resultados 2017- PetroPerú

YoY: Compara los resultados financieros del periodo actual con los de similar periodo del año anterior.

MBPD: Miles de barriles por día.

3.10. Análisis de la oferta.

3.10.1. Clasificación de la oferta.

La oferta de este producto se caracteriza por ser de un mercado oligopólico, existen muy pocas empresas dedicadas a la producción de petróleos residuales, entre las que destacan PetroPerú y la Refinería La Pampilla.

3.10.2. Factores que afectan la oferta.

3.10.2.1. Tamaño de mercado.

Se muestra en la Figura 24 la oferta total de los combustibles en los años 2016 y 2017, siendo en éste último de 202 MBPD, lo que significó un incremento de 7% respecto del 2016 (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin), 2018).

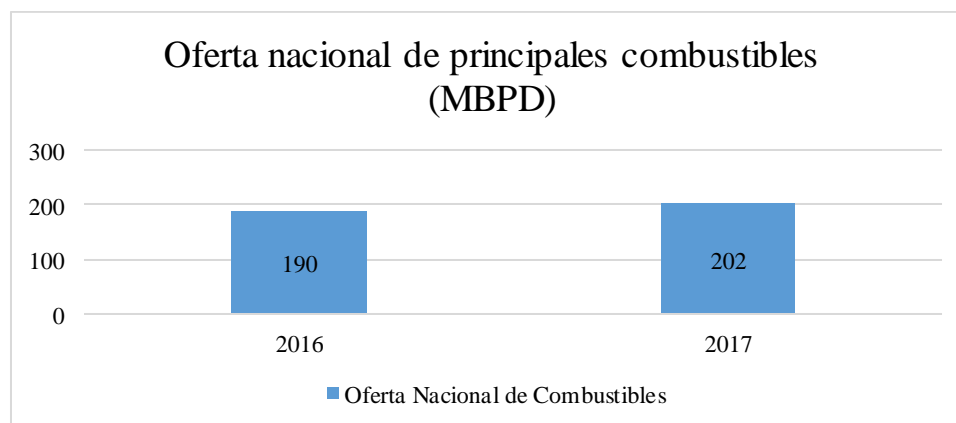


Figura 24. Oferta nacional de principales combustibles (MBPD).

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos - Osinermin 2017-II.

MBPD: Miles de barriles por día.

Como se indicó anteriormente el mercado de los hidrocarburos, en específico el de los petróleos industriales, se ve afectado por las exportaciones, éste punto se ve reflejado en la Figura 25 en el que se

observa que la oferta de petróleos industriales representa aproximadamente la cuarta parte de la oferta total de hidrocarburos líquidos, lo que permite inferir que aproximadamente el 91% de la producción nacional de petróleos industriales va destinada a exportaciones.

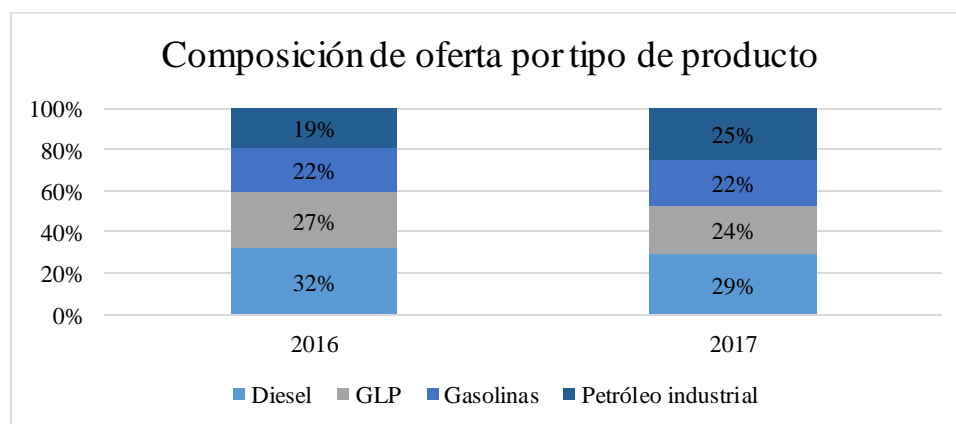


Figura 25. Composición de oferta por tipo de producto.

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos - Osinergmin 2017-II.

3.10.2.2. Nivel tecnológico incorporado en las empresas.

La cadena de valor de los hidrocarburos líquidos (petróleo y sus derivados y líquidos de gas natural, LGN) está dividida en dos segmentos, el upstream o “río arriba” y el downstream o “río abajo”.

Las actividades incluidas en el upstream son la exploración de nuevas reservas y la explotación, que consiste en la extracción de petróleo y/o gas natural (GN).

Mayormente se incluye en el upstream el transporte de hidrocarburos, por ejemplo, oleoductos, gasoductos, trenes, camiones tanque que los transportan a las refinerías, a la planta de fraccionamiento o a los puertos para comercio exterior.

En algunas clasificaciones el transporte se menciona con el nombre de midstream o “río medio”.

El segmento downstream incluye desde la refinación o fraccionamiento del hidrocarburo y su transformación en los diferentes combustibles, el transporte y almacenamiento de estos últimos, hasta la comercialización mayorista y minorista. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), 2015).

Lo mencionado corresponde a cómo es que funciona la cadena de valor para la producción de los hidrocarburos líquidos, entre ellos el petróleo residual del cual el aceite pirolítico sería sustituto por las similares características que presentan.

3.10.3. Comportamiento histórico de la oferta.

Los datos extraídos de las bases de datos de Osinergmin e INEI se plasman en la Tabla 24 y muestran el comportamiento de la demanda a nivel nacional en los últimos 12 años:

Tabla 24
Oferta nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2013-2018)

Año	Oferta nacional (MBPD)			
	P.I. N°5	P.I. N°6	P.I. N°500	Total
2018*	0.00	18.90	26.10	45.00
2017	0.00	16.50	33.50	50.00
2016	0.00	21.46	14.54	36.00
2015	0.00	12.35	13.65	26.00
2014	0.00	11.55	11.45	23.00
2013	0.00	10.50	10.50	21.00
2012	0.00	11.89	7.58	19.46
2011	0.00	12.49	12.74	25.23

2010	0.00	10.88	16.85	27.73
2009	0.00	9.32	18.80	28.12
2008	0.01	13.37	24.63	38.01
2007	0.03	11.63	28.64	40.30

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos- Osinergmin (2013-2018*). INEI (2007-2012).

MBPD: Miles de barriles por día.

*Información de enero a junio del 2018.

La Figura 26 permite observar con mayor claridad el comportamiento que tuvo la oferta en el periodo 2007-2018, en el lapso 2007-2012 la oferta tuvo una caída considerable llegando a 19.46 MBPD, sin embargo, ésta incrementó después hasta llegar a un pico de 50 MBPD en el 2017:

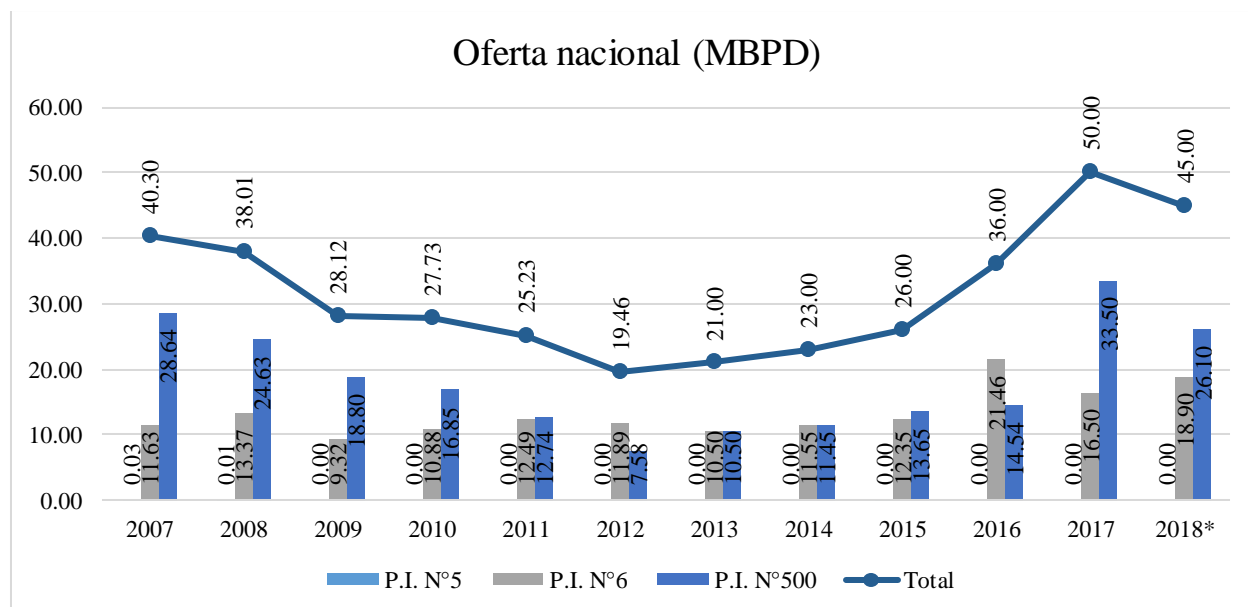


Figura 26. Oferta nacional histórica de los Petróleos Industriales N°500, N°6 y N°5 (2007-2018).

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos (2013-2018*)- Osinergmin. INEI (2007-2012)

MBPD: Miles de barriles por día.

*Información de enero a junio del 2018.

3.10.4. Oferta actual.

La oferta de petróleos residuales va dirigida a 2 mercados, el local y el extranjero, aproximadamente el 91% de la producción nacional de petróleos industriales va

destinada a exportaciones. La Figura 27 muestra la composición de la oferta nacional en miles de barriles por día:

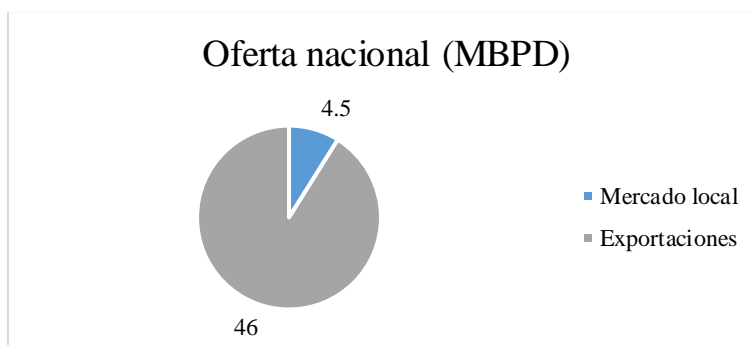


Figura 27. Oferta nacional (MBPD).

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado de Hidrocarburos - Osinergmin 2017-II.

MBPD: Miles de barriles por día

3.10.5. Proyecciones de la oferta.

Se analizó la disposición que siguió la oferta a nivel nacional en los últimos 12 años, la cual sigue la siguiente tendencia polinómica de orden 2:

$$y = 0.8061x^2 - 9.7764x + 51.538$$

La tendencia que siguió la oferta a lo largo de los años se ve plasmada en la

Figura 28:

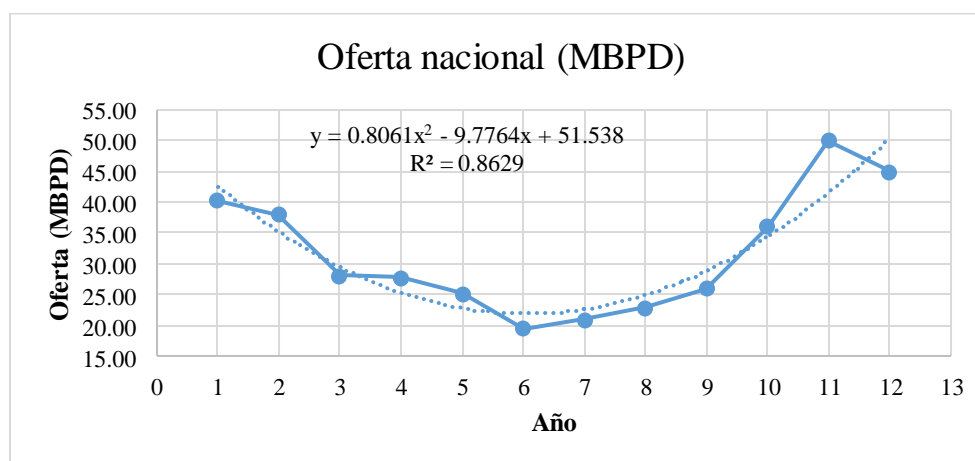


Figura 28. Tendencia de demanda nacional histórica (2007-2018).

Fuente: Elaboración propia.

MBPD: Miles de barriles por día.

Según lo calculado se pudo pronosticar la oferta para los próximos 5 años, cuyos valores se encuentran detallados en la Tabla 25.

Tabla 25
Proyección de oferta nacional (MBPD)

Año	Oferta (MBPD)
2007	40.30
2008	38.01
2009	28.12
2010	27.73
2011	25.23
2012	19.46
2013	21.00
2014	23.00
2015	26.00
2016	36.00
2017	50.00
2018*	45.00
2019	60.13
2020	71.94
2021	85.32
2022	100.27
2023	116.78

Fuente: Elaboración Propia.

MBPD: Miles de barriles por día.

*Información de enero a junio del 2018.

En 5 años se espera que la oferta ascienda a un poco más que el doble de la oferta actual.

3.11. Determinación de la demanda insatisfecha.

La balanza comercial muestra que el Perú es un país netamente exportador de petróleos residuales, siendo las exportaciones en años pasados como se muestra en la Tabla 26:

Tabla 26
Exportación histórica de los petróleos industriales (2009-2016)

Año	Exportación (MBPD)
2016	33.24
2015	26.89
2014	19.78
2013	22.13
2012	23.78
2011	23.00
2010	23.60
2009	18.24

Fuente: Observatorio Energético Minero- Osinergmin.
 MBBL: Miles de barriles

Para hallar la demanda insatisfecha se necesita conocer las exportaciones proyectadas, por lo que se determinó la tendencia que siguió en años pasados, tal como figura en la Figura 29:

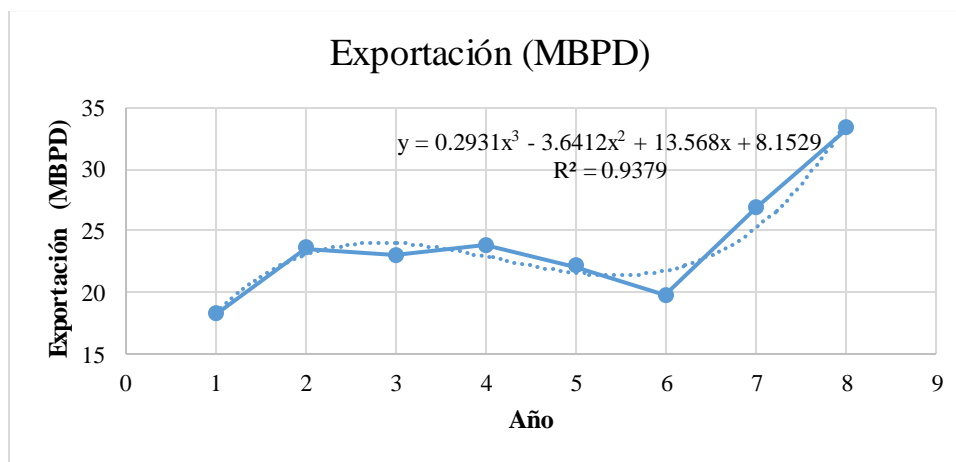


Figura 29. Tendencia de exportación histórica (2009-2016).

Fuente: Elaboración propia.

MBPD: Miles de barriles por día.

Según lo calculado se pudo determinar que la curva sigue la siguiente tendencia polinómica de orden 3:

$$y = 0.2931x^3 - 3.6412x^2 + 13.568x + 8.1529$$

La proyección de la exportación se muestra en la Tabla 27:

Tabla 27
Proyección de exportación (MBPD)

Año	Exportación (MBPD)
2009	18.24
2010	23.60
2011	23.00
2012	23.78
2013	22.13
2014	19.78
2015	26.89
2016	33.24
2017	72.76
2018	106.85
2019	152.99
2020	212.93
2021	288.43
2022	381.26
2023	493.15

Fuente: Elaboración Propia.

MBPD: Miles de barriles por día.

*Información de enero a junio del 2018.

Una vez calculada la demanda, oferta y exportación proyectadas se procederá a restar de la demanda y exportación la oferta.

El cálculo está plasmado en la Tabla 28, la cual indica que se espera una demanda insatisfecha de casi 100 MBPD para el primer año, asimismo, se pronostica que ese valor se cuadriplique para el quinto año.

Tabla 28
Demanda insatisfecha de petróleos residuales (2019-2023)

Año	2019	2020	2021	2022	2023
Demanda proyectada (MBPD)	7.65	11.29	16.19	22.48	30.28
Exportación proyectada (MBPD)	152.99	212.93	288.43	381.26	493.15
Oferta proyectada (MBPD)	60.13	71.94	85.32	100.27	116.78
Demanda insatisfecha (MBPD)	100.51	152.28	219.3	303.47	406.65

Fuente: Elaboración propia.

MBPD: Miles de barriles por día.

Finalmente cabe resaltar que la demanda insatisfecha pronosticada para los próximos 5 años representa un escenario

favorable para la ejecución del proyecto y se espera cubrir un porcentaje significativo de las cifras proyectadas.

3.12. Canales de distribución.

3.12.1. Cadena de distribución.

El canal de distribución elegido será mediante distribuidores minoristas que comercializan petróleo industrial y venta directa al cliente. Los galones serán llevados a cada punto para su distribución y uso, respectivamente.

3.12.2. Determinación de márgenes de precios.

Los tipos de impuestos que se aplican a los combustibles son variados. A los petróleos residuales solo se les aplica el impuesto selectivo al consumo (ISC) el cual corresponde a S/1.00 por cada galón (Redacción Gestión, 2018) y el impuesto general a las ventas (IGV).

Luego de sumar el IGV y el ISC, la carga tributaria total en los precios de los combustibles fue de 25% en los petróleos industriales en diciembre 2017 (Osinermin, 2018).

3.13. Análisis de precios.

Para la fijación de los precios se tendrá en cuenta el precio de productos similares al ofrecido, la referencia a usar será la del Petróleo Industrial 500. Según Osinermin el precio del hidrocarburo líquido mencionado es de S/.6.99/gl para la ciudad de Arequipa.

El precio también se verá influenciado principalmente por el coste de producción, dicho análisis se realizará una vez planteados los costes directos e indirectos. Se propone que el precio del producto no supere los S/.6.99/gl.

3.14. Comercialización.

3.14.1. Estrategia de precios.

Como se indicó anteriormente el precio del producto con el que será ofrecido al mercado no superará los S/.6.99/gl, los precios en sus distintas presentaciones se muestran en la Tabla 29:

Tabla 29
Precios de producto en distintas presentaciones

Presentación	Precio
Envase x 1 gl	S/. 6.18
Balde x 5 gl	S/. 29.65
Cilindro x 55 gl	S/. 321.23

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que anualmente los precios se incrementarán en un 2%

En el caso de venta a distribuidores se podrá acceder a crédito, con un plazo de pago de 30 días, mientras que a los clientes directos se les venderá al contado.

3.14.2. Estrategia de promoción.

Inicialmente se realizará visitas a los posibles puntos de distribución para brindar toda la información del producto, se entregará afiches y propaganda para promocionar el producto.

A su vez, se propone realizar visitas técnicas a empresas del rubro industrial, se brindarán brochures y tarjetas de presentación para posterior contacto. En ambos

casos se dejará muestras gratis que servirán para que los usuarios prueben el producto.

La Figura 30 muestra un modelo de los volantes que se entregarán a los clientes y distribuidores para brindar información.



PlastiFuel

PlastiFuel es un combustible con excelentes propiedades caloríficas que puede ser usado en cualquier tipo de industria.

954714622 / 054-405813

ventas@plastifuel.com.pe

Av. Argentina 512, Río Seco - Arequipa

MISIÓN:
Ofrecer un combustible de calidad al mercado nacional, efectuando nuestras actividades con los más altos niveles de eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad, basados en innovación y responsabilidad socioambiental.

VISIÓN:
Ser líderes en la industria de los combustibles, con gran proyección nacional, basados en una gestión ética y a través de un proceso innovador y autosostenible que contribuya a la conservación del medio ambiente y mejora de calidad de vida de la comunidad.

PlastiFuel se origina de un proceso pirolítico que utiliza residuos plásticos como materia prima y hace uso de zeolita, para optimizar sus propiedades. La combinación de estos elementos nos permite ofrecer al mercado un producto ecoamigable de excelente calidad y a un cómodo precio.

Figura 30. Volante.

Fuente: Elaboración propia.

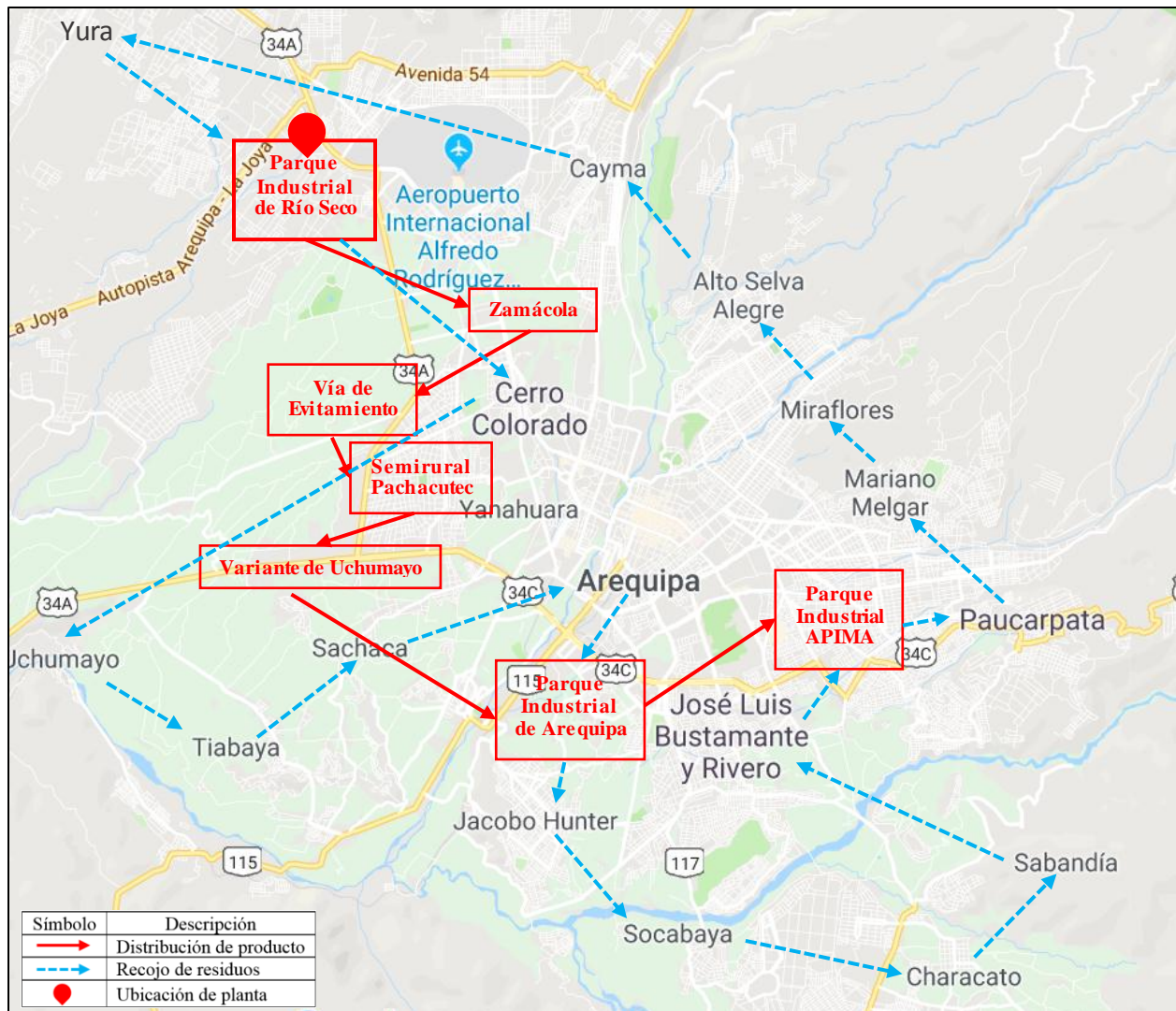


Figura 32. Ruta de distribución de producto y recojo de residuos.
Fuente: Elaboración propia.

Para ahorro de costos de transporte se realizará una sola ruta en la que se entregará los productos en las zonas industriales de la ciudad partiendo de la planta y a la vez se recorrerá los distintos centros de acopio de los distritos urbanos para el recojo de los residuos plásticos.

3.15. Estrategia empresarial.

3.15.1. Fuerzas de Porter.

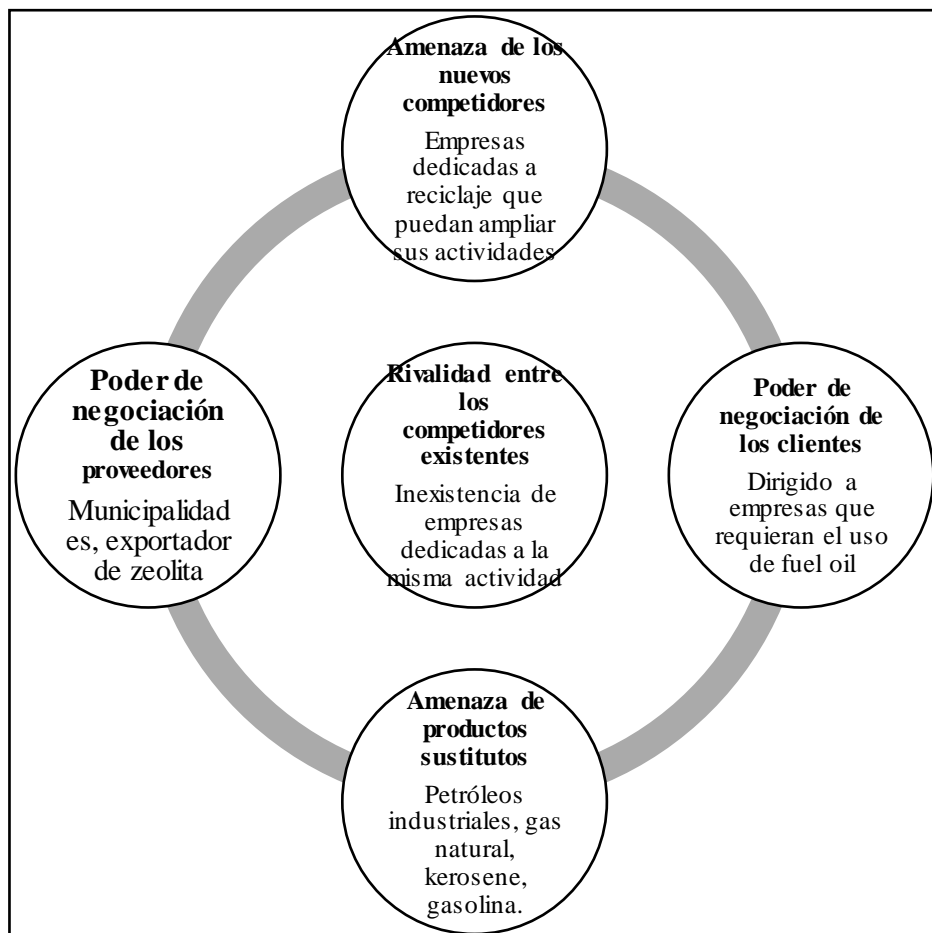


Figura 33. Fuerzas de Michael Porter

Una vez analizadas las fuerzas de Porter se define la estrategia corporativa como:

- Producir y comercializar fuel oil de calidad a partir de pirólisis catalítica de residuos plásticos.

Y la estrategia empresarial es:

- Ofrecer un producto innovador, mediante un proceso autosostenible energéticamente y de menor coste en comparación con la competencia.

3.15.1.1. Poder de negociación de los clientes.

Los clientes tienen mayor poder cuando son muchos y compran una cantidad importante del producto. Si se le vende a grandes compradores, ellos tendrán una posición favorable para negociar mejores precios.

Pero cuando son clientes más pequeños la empresa tiene el control porque cada comprador es sólo una pequeña parte de tus ventas. En este caso, las ventas irán dirigidas a MIPYME (Micro, pequeña y mediana empresa), por lo que se espera que el poder de negociación de los clientes no sea muy alto.

3.15.1.2. Poder de negociación de los proveedores.

La materia prima usada en el proceso de pirólisis catalítica son los residuos plásticos, los cuales serán adquiridos de municipalidades arequipeñas, por lo mismo, se puede inferir que el poder de negociación de los proveedores es bajo, existe una amplia cantidad de municipalidades que podrían abastecer al proceso.

Por otro lado, el insumo a usar será la zeolita como catalizador del proceso, este producto se importará de China, habiendo una gran variedad de proveedores en dicho país que podrían suministrar las cantidades requeridas, siendo al igual que el caso de los residuos plásticos, una situación en la que existe un bajo poder de negociación de los proveedores.

3.15.1.3. Amenaza de los nuevos competidores.

Los competidores potenciales son las empresas dedicadas al reciclaje que podrían ampliar sus actividades, ya que tienen a su alcance la materia prima y podrían, implantar una planta pirolítica; siendo las principales barreras para el ingreso de estos nuevos competidores el contar con una gran inversión, tecnología y conocimiento suficiente.

3.15.1.4. Amenaza de productos sustitutos.

Un gran número de sustitutos están disponibles en el mercado, tales como petróleos residuales, kerosene, gasolina, gas natural, etc. Las empresas que ofrecen estos productos se diferencian por poseer marcas conocidas a nivel mundial, por el valor de marca y la disponibilidad de los productos.

Para protegerse de estas empresas se debe optar por diferenciar el producto promocionándolo como un producto económico, de características rentables cuyo proceso de producción nace de una idea para promover el cuidado del medio ambiente.

3.15.1.5. Rivalidad entre los competidores existentes.

La rivalidad entre los competidores define la rentabilidad del sector, es decir, cuántos menos competidores se encuentren en un sector, regularmente será más rentable económicamente y viceversa.

Según lo mencionado, la inexistencia de empresas dedicadas a la misma actividad significaría que la empresa en proyecto será rentable.

3.15.2. Análisis FODA.

Tabla 30

Análisis FODA

		Fortalezas	Debilidades
Factores externos	Factores internos	F1: Estrategia empresarial con misión y visión clara. F2: Buena calidad del producto final. F3: Características especiales del producto ofertado. F4: Proceso de producción autosostenible. F5: Producto ecológico que promueve la conservación del medio ambiente F6: Materia prima barata.	D1: Producto no reconocido por el mercado. D2: Inexperiencia en el sector. D3: Desconocimiento del mercado y de la competencia. D4: Poca capacidad de acceso a créditos. D5: Falta de experiencia de trabajadores. D6: Carencia de sistemas de control por ser nueva.
	Oportunidades	FO	DO
O1: Innovación en productos. O2: Tendencia favorable en el mercado. O3: Existencia de apoyo gubernamental y promoción del producto. O4: Aumento en la sociedad de cultura de reciclaje. O5: Rápida evolución tecnológica ecoamigable. O6: Posibilidad de establecer alianzas estratégicas.		F1F5-O1O4: Implantar estrategias de marketing que vendan el producto como una opción para la conservación del medio ambiente. F6-O3O6: Establecer alianzas estratégicas con municipalidades que permitan adquirir materia prima a menor precio a cambio de producto con descuento. F2F3F4-O1O2: Implementar el área de ingeniería y desarrollo para obtener un mayor rendimiento productivo y ampliar la cartera de productos.	D1-O4O5: Fortalecer la promoción del producto mediante redes sociales, foros industriales, convenciones medioambientales, etc. D2D3-O1O2: Realizar visitas técnicas para presentar el producto como innovador, de calidad y económico, así como para crear nexos con los clientes. D5D6-O5O6: Establecer un programa de capacitación y asesoría que familiarice al personal con el proceso productivo y sus medidas de control. D4-O3: Buscar participación en programas que permitan el apoyo económico del estado.
Amenazas		FA	DA
A1: Entrada de nuevos competidores. A2: Producto no compatible con nuevas tecnologías. A3: Regulación desfavorable de las normas ambientales. A4: Precios de insumos fijados por el mercado internacional. A5: Disminución de precios de productos sustitutos. A6: Ampliación de actividades de empresas recicladoras.		F1F4-A5: Fijación de estrategias de ventas que permitan mantener precios accesibles. F2F3F4F6-A1A4A6: Reducción de costos unitarios y creación de productos con características diversas. F5-A2: Visitar a clientes que en un futuro podrían adquirir el producto, asimismo adquirir información sobre el avance de la tecnología para el área de ingeniería y desarrollo. F1-A3: Estar constantemente actualizado sobre la legislación ambiental y cualquier modificación de ésta que pueda afectar la continuación de la empresa.	D1D2D3-A1A2A5A6: Realizar investigaciones de mercado que permitan conocer su comportamiento. D4-A4A5: Desarrollar un presupuesto realista del proyecto, que contemple las amenazas económicas y capital de la empresa. D5D6-A3: Preparar un plan de contingencia frente a cambios en normas ambientales, capacitar y actualizar a los trabajadores respecto a ellos.

Fuente: Elaboración propia.

3.16. Objetivos estratégicos.

- Consolidar una red estable y creciente de proveedores de materias primas e insumos que permitan a la empresa contar con los recursos necesarios para la producción según lo proyectado.
- Dar a conocer a la comunidad e industria arequipeña la responsabilidad socioambiental que cumple la empresa a través de los medios de publicidad adecuados para cada tipo de receptor.
- Incrementar la promoción de cultura de reciclaje en la comunidad arequipeña mediante campañas en el 50% de distritos urbanos para mejorar los programas de segregación en la fuente.
- Aumentar las líneas de producción, entrenar al personal necesario para la ampliación de planta y aumentar la capacidad de producción según lo proyectado para cada año.
- Ampliar la gama de productos en base a la generación de un modelo piloto por año que se pondrán a prueba en el mercado.
- Lograr la fidelización de mínimo 10 clientes en el transcurso de los 2 primeros años.
- Incrementar los puntos de venta a través del aumento de socios y distribuidores en un 50% por año.
- Cumplir con la entrega de pedidos en un plazo mínimo caracterizando el servicio por su puntualidad.
- Minimizar el costo unitario de los productos mediante la reducción de energía y actividades que no generen valor.

4. Capítulo IV: Estudio técnico

4.1. Tamaño del proyecto.

4.1.1. Factores determinantes del tamaño.

4.1.1.1. Disponibilidad de materia prima.

El principal factor de la determinación del tamaño de la planta es la disponibilidad de materia prima, tal como se indicó en el ítem 1.2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema, se sabe que la cantidad de residuos plásticos generados y que podrían servir para el desarrollo del proceso es de aproximadamente 45 TM/día, lo cual representa una cifra bastante alta, no obstante, puesto la poca e ineficiente capacitación a la comunidad respecto a la importancia de una correcta segregación de los residuos sólidos reciclables, es que sólo 0.2 TM/día de estos residuos llegan a las asociaciones recicladoras.

La empresa se ve limitada a sólo recaudar su materia prima por este medio, ya que por ley sólo se puede hacer uso de residuos que sean segregados en la fuente.

Asimismo, es necesario tener en cuenta la composición de los residuos plásticos contenidos en las bolsas entregadas por los centros de acopio, aproximadamente contendrán 45% de PE, 22% de PS y 33% de PP. Estos datos son obtenidos de un muestreo realizado en el centro de acopio de Cerro Colorado.

Además es importante mencionar que a causa de la aparición de la Ley 30884 que establece el marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso,

otros plásticos no reutilizables y los recipientes o envases descartables de poliestireno expandido (tecnopor) para alimentos y bebidas de consumo humano en el territorio nacional, se proyecta que la cantidad de residuos plásticos disminuya a favor de la conservación del medio ambiente, sin embargo, debido a la baja proporción de estos residuos que servirá de materia prima para el presente proyecto se espera que la producción planeada para por los próximos 5 años no se vea alterada.

4.1.2. Optimización del tamaño del proyecto.

Se plantea aumentar considerablemente esta cantidad de residuos hasta alcanzar 2.25 TM/día, parte del proyecto se basará en la concientización de la población de la mano de las municipalidades y ONG's, para optimizar la segregación de los residuos sólidos generados por la comunidad.

Como se verá más adelante, el procesamiento de cada 250 kg de residuos plásticos da como resultado la obtención de 55 gl de fuel oil aproximadamente. Inicialmente la empresa espera procesar el equivalente al 5% de los residuos disponibles, es decir 2.25 TM/día y producir aproximadamente 8 cilindros y medio de fuel oil diario, conforme incrementen los residuos plásticos segregados por la comunidad se irá produciendo más, se espera que con el transcurso de cada año el porcentaje de residuos disponibles incremente en un 2.5%.

La Tabla 31 muestra el detalle del tamaño del proyecto, tanto en el primer como en el quinto año de operación.

Tabla 31
Optimización del tamaño del proyecto

Descripción	Cantidad	Unidad
Residuos plásticos disponibles	45	TM/día
% uso de residuos plásticos disponibles en el primer año de operación	5	%
Cantidad de residuos disponibles a ser usados en el primer año de operación	2.25	TM/día
% incremento de materia prima utilizada por cada año	2.5	%
Cantidad de residuos disponibles a ser usados en el quinto año de operación	6.75	TM/día
Capacidad del reactor	2.5	TM/turno
Cantidad de turnos laborales en el primer año	1	Turno
Cantidad de turnos laborales en el quinto año	3	Turno

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Definición de la capacidad de comercialización.

Se sabe que el consumo promedio de petróleos residuales en la ciudad de Arequipa es de aproximadamente 13707 gl/día según la Tabla 21 (Demanda actual de Petróleos Residuales N°500 y N°6 en el sur del país). Conforme a la materia prima que será procesada (2.25 TM/día) en el primer año de funcionamiento se espera producir 480.5 gl/día aproximadamente, lo que representa un 3.51% de participación, este porcentaje conforme la materia prima procesada incrementa al pasar los años. La Tabla 32 detalla la capacidad de comercialización de la planta en el primer y quinto año de operaciones. La producción incrementará cada año en un 50% puesto que se espera que la disponibilidad de materia prima aumente cada año.

Tabla 32
Definición de la capacidad de comercialización.

Descripción	Cantidad	Unidad
Consumo promedio de petróleo residual en Arequipa	13707	gl/día
Cantidad de fuel oil a producir en el primer año de operación	480.5	gl/día
% participación de mercado en el primer año de operación	3.51	%
Cantidad de fuel oil a producir en el quinto año	1441.5	gl/día
% participación de mercado en el quinto año de operación	10.52	%

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Localización del proyecto.

4.2.1. Micro localización.



El departamento donde se desarrollará el proyecto es Arequipa, según el Municipalidad Provincial de Arequipa (2016) las principales empresas manufactureras se encuentran ubicadas el Parque Industrial Río Seco (Cerro Colorado), Vía de Evitamiento (Cerro Colorado) y un grupo importante se ha posicionado en la Variante de Uchumayo.


4.2.1.1. Zonas.

Las posibles locaciones donde se ubicaría la planta se detallan en la Tabla 33, para la toma de decisión se considera las características del local o terreno así como el precio de alquiler o venta.

Tabla 33

Zonas para localizar el proyecto

Zonificación	Descripción
<p>Parque Industrial Río Seco</p> 	<p>Área: 1000 m² Precio de venta: \$370,000 Precio de alquiler (mes): S/.4,000 Costo de adecuación de local: S/./20,000 Descripción: Ubicado en la avenida principal, muy cerca a empresas como Laboratorios Portugal, Calzados Sander, San Lorenzo, Celima, Chema, Kola Escocesa, etc. Cuenta con un techo de tijeral de 500 m² y losa de concreto, cuarto de guardianía, 01 baño con ducha, 02 oficinas, totalmente cercado (portón de metal para ingreso de vehículos), servicios de luz trifásica, cable internet, agua potable y desagüe.</p>
<p>Vía de Evitamiento</p> 	<p>Área: 954 m² Precio de venta: \$650,000 Costo de adecuación de local: S/./25,000 Descripción: Ubicado en Vía de Evitamiento, cerca de Planta de Rico Pollo y Grifo Primax. Dicho local tiene 954 m² y cuenta con piso de alto tránsito, puertas de ingreso para camiones, conexión eléctrica trifásica. Cuenta con 2 pisos; 1er Piso: 01 oficina, 02 baños con duchas, depósito, amplia zona de almacenaje e ingreso de camiones. 2do Piso: 05 oficinas, cocina y comedor.</p>

Variante de Uchumayo	
	<p>Área: 998 m² Precio de venta: \$315,000 Costo de adecuación de local: S/.40,000 Descripción: Cuenta con 998.23 m², amplia frentera y con un área construida de 90 m², además terreno cuenta con agua de sub suelo.</p>

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. *Ranking de factores con escala ponderada.*

Como método de evaluación de las alternativas de localización se optó por el ranking de factores con escala ponderada, siendo estos factores la fuente de abastecimiento, es decir, la proximidad de la materia prima; la localización de clientes, refiriéndose a la proximidad del mercado; los terrenos y construcción, o sea la calidad de las construcciones y terrenos en función del precio de alquiler o venta; los servicios básicos como luz, agua y desagüe en la zona; y las cuestiones de impacto ambiental, ya que la zona a elegir debe mantenerse en un ambiente alejado de la ciudad.

Dicha evaluación se plasma en la Tabla 34, siendo los criterios usados los descritos en la Tabla 35:

Tabla 34
Ranking de factores con escala ponderada

Análisis de Alternativas		Alternativas					
		1		2		3	
		Parque industrial Río Seco (Cerro Colorado)		Vía de Evitamiento (Cerro Colorado)		Variante de Uchumayo (Uchumayo)	
Criterios	Ponderación*	Valor Absoluto	Valor Ponderado	Valor Absoluto	Valor Ponderado	Valor Absoluto	Valor Ponderado
Fuentes de abastecimiento	4	3	12	3	12	1	4
Localización de clientes	2	5	10	5	10	2	4
Terrenos y	3	5	15	3	9	2	6

construcción							
Servicios básicos	1	4	4	4	4	4	4
Cuestiones de impacto ambiental	3	5	15	5	15	5	15
Total			56		50		33

Fuente: Elaboración propia.

*Valores extraídos del Anexo 2.

Tabla 35
Criterios de evaluación

Fuentes de abastecimiento	Localización de clientes	Terrenos y construcción	Servicios básicos	Cuestiones de impacto ambiental
1: Muy lejos	1: Muy lejos	1. Muy malo	1: Sin disponibilidad	1: Sin importancia
2: Lejos	2: Lejos	2: Malo	2: Poca disponibilidad	2: Poca importancia
3: Moderado	3: Moderado	3: Moderado	3: Moderada disponibilidad	3: Moderada importancia
4: Cerca	4: Cerca	4: Bueno	4: Alta disponibilidad	4: Alta importancia
5: Muy cerca	5: Muy cerca	5: Muy bueno	5: Mucha disponibilidad	5: Mucha importancia

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizadas las 3 alternativas se optó por comprar el local ubicado en el Parque industrial Río Seco (Cerro Colorado).

4.3. Ingeniería del proyecto.

4.3.1. Proceso productivo.

La pirólisis es un proceso de circuito cerrado en el que todos los productos se recuperan en un 100%, dicho proceso se realiza en reactores y equipos e instalaciones totalmente herméticas, es decir, no existe salida de efluentes a la atmósfera.

El proceso de pirólisis es muy eficiente y demanda de instalaciones de un importante y laborioso trabajo de ingeniería, equipos y construcción.

A continuación, se describirá cada actividad detalladamente.

4.3.1.1. *Recojo y clasificación de residuos plásticos.*

Los residuos plásticos son recogidos de cada centro de acopio, las bolsas recogidas contendrán materiales diversos, por lo que en las instalaciones de la empresa se procederá a su clasificación según el tipo de material.

4.3.1.2. *Pesado.*

Se pesa la materia prima, la cual está conformada por los residuos plásticos, y el principal insumo, la zeolita; el peso de esta última debe representar el 5% de los residuos plásticos.

4.3.1.3. *Alimentación de reactor.*

El proceso productivo inicia con la alimentación del reactor (RP-01) con plástico triturado y zeolita mediante el transportador de tornillo (extrusor) (SA-01). Las bolsas de residuos plásticos de aproximadamente 0.4 m x 0.4 m x 0.6 m se depositan en la tolva del extrusor, que permite reducir el tamaño de los residuos y aprovechar la capacidad del reactor pirolítico. La capacidad máxima del reactor es de 2500 kg. Las partículas que ingresarán al reactor pirolítico tienen aproximadamente 3.5 mm de diámetro.

4.3.1.4. *Pirólisis.*

El combustible es encendido en la cámara de combustión (CC-01), el combustible podría ser diésel, gas natural, GLP, etc., en este caso se usará el aceite pesado producido en el lote anterior. El aire caliente producto del

intercambio de calor detallado en el ítem 4.3.1.8 fluirá hacia el reactor para producir el calor necesario.

El reactor debe girar hacia la derecha a una velocidad de 0.4 r/min. Cuando la temperatura interna del reactor alcance unos 300°C-400°C, se producirá gas de aceite o gasóleo,

4.3.1.5. *Separación de gasóleo.*

El separador de gasóleo (SGA-01) permitirá que las partículas pesadas contenidas en el gasóleo se licuen en aceite pesado y caigan en el tanque de aceite pesado (TK-01) mientras que el gas ligero sube hacia el tanque de amortiguación.

Luego, el aceite pesado será reusado en la sala de combustión para proporcionar calor, ahorrando una gran cantidad de combustible, sólo las 2 Primeras horas se requerirá el uso de energía para calentar, después se usará el gas producido.

4.3.1.6. *Amortiguación de gas ligero.*

El tanque de amortiguación (TK-02) reducirá la velocidad de movimiento del gas ligero y permitirá el flujo homogéneo de éste hacia los condensadores

4.3.1.7. *Condensación de gas ligero.*

El gas ligero entra en los 2 condensadores (CD-01 Y CD-02) uniformemente; en los condensadores tubulares horizontales, una gran proporción del gasóleo se licuará en fuel oil y entrará en el tanque de fuel oil (TK-03), mientras que el gas no condensado se dirige al tanque purificador de gas.

4.3.1.8. *Desulfuración y limpieza de gas.*

En el purificador de gas (PG-01) hay agua, la tubería de gas alimenta el tanque purificador por debajo de la superficie del agua, por la presión del agua, el gas no puede volver al reactor, lo que evita el reflujo de gas al reactor y, por lo tanto, una posible explosión; a su vez, el gas se desulfurará y limpiará.

4.3.1.9. *Intercambio de calor.*

El humo caliente que sale de la cubierta del reactor fluye a través de la tubería interna del sistema de intercambio de calor (IC-01) mientras que el aire (oxígeno) ingresa a través del tubo externo (IC-02).

En este proceso, el humo caliente calienta el aire que será transferido a la sala de combustión para proporcionar el oxígeno, ésta es la función del sistema de intercambio de calor. Asimismo, el humo se enfriará y luego ingresará al sistema de filtración de gas.

4.3.1.10. Filtración de gas

En la torre de pulverización, el humo pasará por el lavado con agua (TK-04), el rociado de agua (TK-05), la adsorción de anillos de cerámica (TK-06) y la adsorción de carbón activado (TK-07). Después de los cuatro filtros, el humo limpio puede cumplir con las normas de protección ambiental y de emisiones.

4.3.1.11. Descarga de reactor.

Después de la pirólisis, todo el gasóleo sale del reactor y la temperatura bajará. El descargador de tornillo automático (SD-01) descargará el negro de carbón.

4.3.2. Especificaciones técnicas de los equipos.

Previamente se realizó una visita a diferentes centros de acopios y tras pesar y medir una cantidad de bolsas se obtuvo datos promedio que servirán de referencia para la definición de las especificaciones técnicas.

Para el cálculo de la capacidad de cada equipo se consideró como base el volumen y peso de cada bolsa que contendrá los residuos plásticos, 0.096 m^3 y 3 kg, teniendo en cuenta que el reactor debe procesar 2,250 kg de residuos plásticos en 5 horas, asimismo se consideró la densidad de los gases y líquidos obtenidos en cada parte de proceso productivo para el diseño del resto de los equipos.

4.3.2.1. *Sistema de alimentación.*

Tipo: Extrusor

Capacidad máxima: 30.87 kg de residuos plásticos y zeolita/min

Dimensiones tolva: 0.85 m (largo) x 0.85 m (ancho) x 1.00 m (alto)

Dimensiones extrusor: 0.58 m (diámetro) x 1.80 m (largo)

Funcionamiento: El sistema de alimentación incluye una tolva en la que se depositarán las bolsas de residuos plásticos con una capacidad de 9.25 bolsas/minuto, siendo el peso aproximado de cada bolsa de 3 kg.

Para el traslado de las bolsas de residuos plásticos se hará uso de totes, cuyas dimensiones son 2.4 de alto, 2.3 de largo y 1.2 de ancho, el material de los totes es lona con estructura de aluminio, por lo que su peso es bastante bajo.

La alimentación del reactor incluye la materia prima (residuos plásticos) y el insumo principal (zeolita), cuya cantidad es aproximadamente el 5% del peso de los residuos plásticos.

Mediante el proceso de extrusión se reducirá el volumen de las bolsas en piezas más pequeñas.

Una vez terminada la alimentación del reactor se cerrará la puerta de modo que no exista ningún flujo de aire en el interior del reactor, éste paso es sumamente importante, ya que el proceso pirolítico se desarrolla en un ambiente carente de oxígeno, caso contrario podría ocasionarse un incendio o explosión.

En las Figuras 34 y 35 se observa el sistema de alimentación desde diferentes vistas.

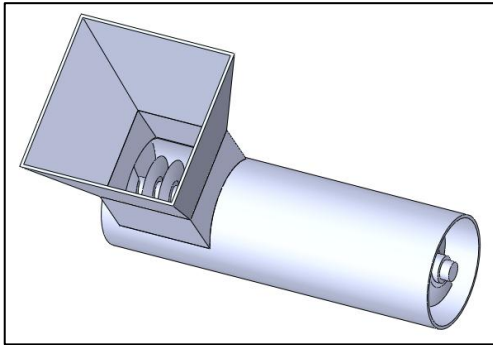


Figura 34. Sistema de alimentación.
Fuente: Elaboración propia.

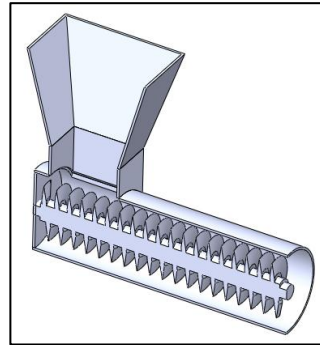


Figura 35. Sistema de alimentación.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2. *Reactor pirolítico.*

Tipo: Giratorio horizontal (Tornillo)

Material: Q245R

Espesor de reactor: 16 mm

Capacidad máxima: 2500 kg/lote

Dimensiones: 2.0 m (diámetro) x 5.3 m (largo)

Revoluciones por minuto: 0.4 r/min

Funcionamiento: El extrusor alimenta al reactor a una velocidad de 27.78 kg/min como se indicó en el punto anterior. El reactor posee 15 hilos y gira en sentido horario. El proceso de pirólisis de las 2.5 t demora 5 h aproximadamente.

En las Figuras 36 y 37 se observa el reactor pirolítico desde diferentes vistas.

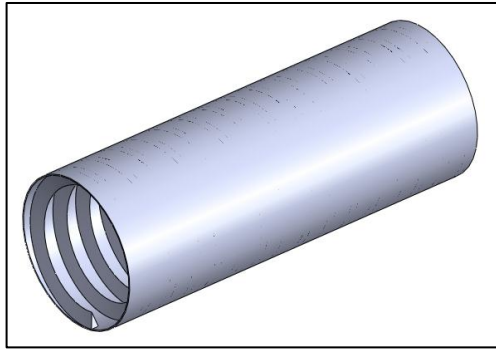


Figura 36. Reactor pirolítico.
Fuente: Elaboración propia.

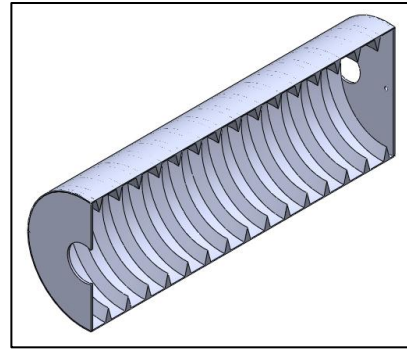


Figura 37. Reactor pirolítico.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.3. Cámara de combustión

Dimensiones: 5.7 m (largo) x 2.7 m (ancho) x 1 m (alto)

Material: Ladrillo refractario

Funcionamiento: Inicialmente la cámara de combustión será encendida con el aceite pesado producido el día anterior, esto permitirá el funcionamiento por 2 horas, posteriormente se alimentará del gas combustible producido por el proceso pirolítico.

En las Figuras 38 y 39 se observa la cámara de combustión desde diferentes vistas.

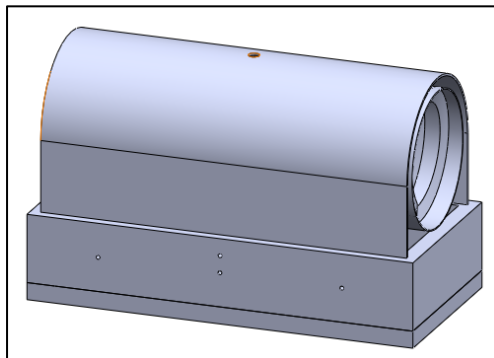


Figura 38. Cámara de combustión.
Fuente: Elaboración propia.

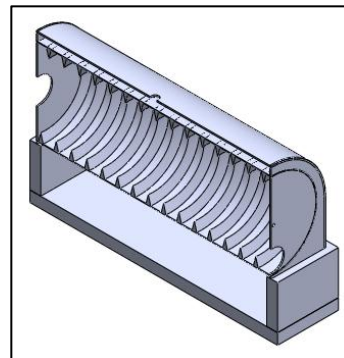


Figura 39. Cámara de combustión.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.4. *Separador de gas y aceite.*

Capacidad máxima: 16.46 kg de gasóleo/min

Dimensiones: 1.05 m (alto) x 0.5 m (diámetro)

Funcionamiento: El gasóleo ingresa al tanque separador y pasa por un filtro que sólo permite el paso de gas ligero cargado de pequeñas partículas de aceite, el aceite pesado cae al fondo del tanque y es depositado en el tanque de aceite pesado.

En las Figuras 40 y 41 se observa el separador de gas y aceite desde diferentes vistas.

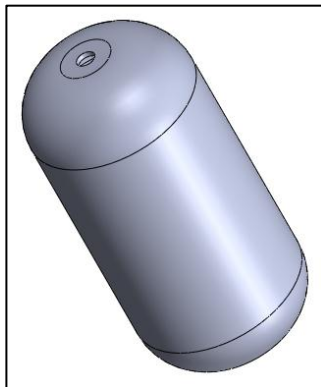


Figura 40. Separador de gas y aceite.
Fuente: Elaboración propia.

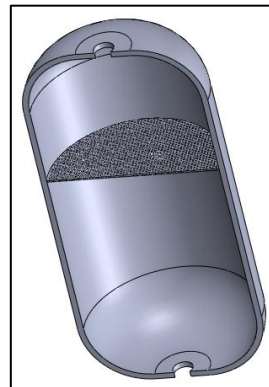


Figura 41. Separador de gas y aceite.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.5. *Tanque de amortiguación.*

Capacidad: 9.67 kg de gas ligero/min

Dimensiones: 0.8 m (largo) x 0.28 m (diámetro)

Funcionamiento: El tanque de amortiguación tiene la función de almacenar el gas ligero por un breve momento y, de este modo, conseguir que éste fluya homogéneamente hacia los 2 condensadores tubulares. En la Figura 42 se observa el sistema de alimentación

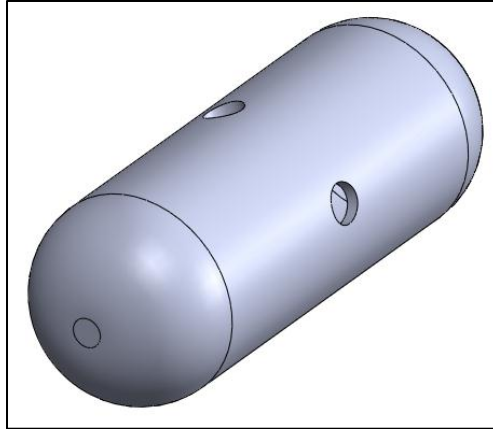


Figura 42. Tanque de amortiguación.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.6. Condensadores.

Tipo: Vertical tubular

Capacidad: 4.74 kg de gas ligero/min

Dimensiones: 1.97 m (largo) x 0.47 m (diámetro)

Funcionamiento: El gas ligero ingresa al condensador y fluye por el espacio libre del condensador, a través de los tubos internos transita agua fría proveniente del sistema de enfriamiento, lo que permite la condensación del gas ligero, obteniendo el fuel oil que será envasado y comercializado posteriormente.

Asimismo, hay una porción de gas que no llega a condensarse, este gas con propiedades combustibles tiene la capacidad de ser fuente de energía para el proceso productivo como se verá más adelante.

En las Figuras 43 y 44 se observa el condensador desde diferentes vistas.

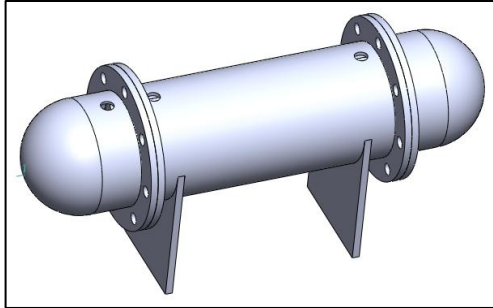


Figura 43. Condensador.
Fuente: Elaboración propia.

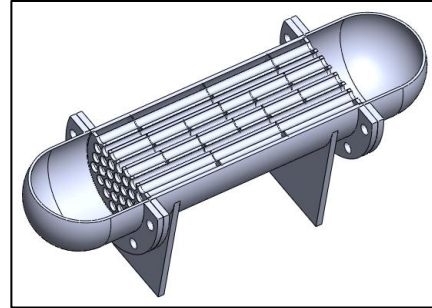


Figura 44. Condensador.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.7. Purificador de gas

Capacidad: 2.1 kg de gas combustible/min

Dimensiones: 0.79 m (alto) x 0.56 m (diámetro)

Funcionamiento: El tanque purificador de gas contiene agua, el gas ingresa al tanque por una tubería ubicada debajo de la superficie del agua.

Este proceso permite que el gas se desulfure y purifique, de modo que quede en condiciones aptas para su reutilización en la cámara de combustión.

En las Figuras 45 se observa el purificador de gas.

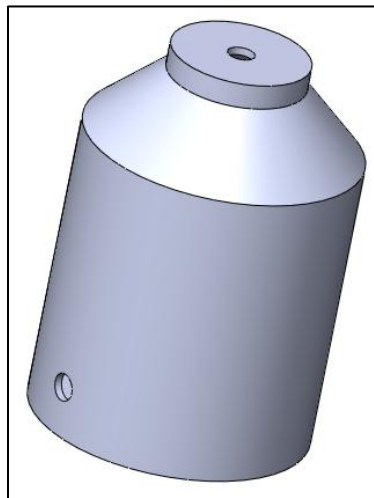


Figura 45. Purificador de gas.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.8. *Intercambiador de calor.*

Tipo: Doble tubo.

Capacidad de fluido 1: 2.5 kg de humo caliente/min.

Capacidad de fluido 2: 0.91 kg de aire frío/min.

Funcionamiento: El intercambiador de calor está compuesto por 2 tuberías, por la tubería interna fluye humo caliente que será enfriado y dirigido a los tanques de filtración de humo y por la tubería externa circula aire frío que se calienta y alimenta la cámara de combustión.

En las Figuras 46 y 47 se observa el intercambiador de calor desde diferentes vistas.

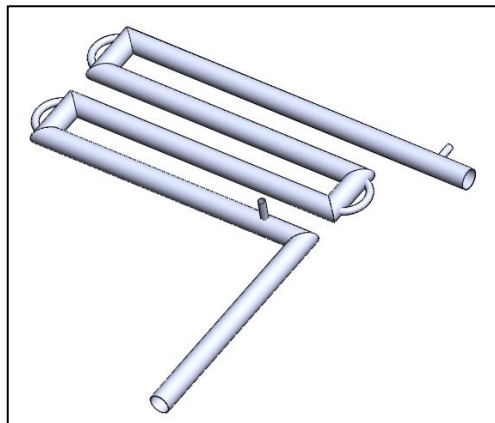


Figura 46. Intercambiador de calor.
Fuente: Elaboración propia.

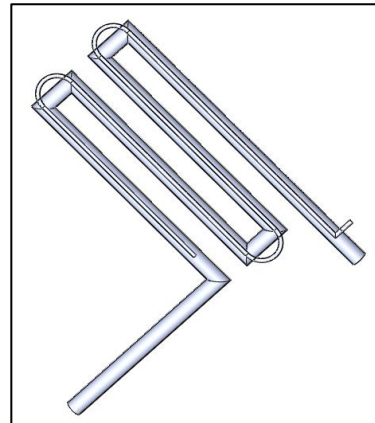


Figura 47. Intercambiador de calor.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.9. *Tanques de filtración de gas.*

4.3.2.9.1. *Tanque de lavado con agua.*

Capacidad: 2.5 kg de humo/min

Flujo de agua: 3 l/min

Dimensiones: 1.05 m (alto) x 0.5 m (diámetro)

Funcionamiento: El humo ingresa al tanque por el lado inferior, es rociado con agua con una solución alcalina y sale por una tubería en la parte superior.

4.3.2.9.2. *Tanque de rociado de agua.*

Capacidad: 2.5 kg de humo/min

Flujo de agua: 3 l/min

Dimensiones: 1.05 m (alto) x 0.5 m (diámetro)

Funcionamiento: El gas ingresa al tanque por el lado inferior, es rociado con agua y sale por una tubería en la parte superior.

4.3.2.9.3. *Tanque de adsorción de anillos de cerámica.*

Capacidad: 2.5 kg de humo/min

Dimensiones: 1.05 m (alto) x 0.5 m (diámetro)

Funcionamiento: El gas ingresa al tanque por el lado inferior, atraviesa un filtro de anillos de cerámica que impide el paso de partículas que hayan sido trasladadas junto con el gas y sale por una tubería en la parte superior.

4.3.2.9.4. *Tanque de adsorción de carbón activado.*

Capacidad: 2.5 kg de humo/min

Dimensiones: 1.05 m (alto) x 0.5 m (diámetro)

Funcionamiento: El gas ingresa al tanque por el lado inferior, atraviesa un filtro de carbón activado que retiene contaminantes en estado gaseoso y sale por una tubería en la parte superior.

En la Figura 48 se observan los 4 tanques de filtración de gas.

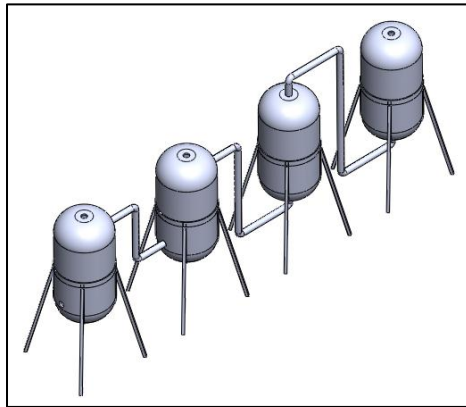


Figura 48. Tanques de filtración de gas.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.10. Sistema de enfriamiento.

Componentes: Torre de enfriamiento, piscina de agua y 3 bombas.

Capacidad piscina: 30 m³ de agua que recirculará por un mes

Dimensiones piscina: 1.8 m (ancho) x 4.7 m (largo) x 1.05 m (alto)

Dimensiones torre de enfriamiento: 1.2 m (alto) x 0.8 m (diámetro)

Funcionamiento: El agua proveniente del proceso ingresa a la torre de enfriamiento por una tubería superior, la tubería contiene unos rociadores que dispersan el agua, en la parte media la torre posee unas rendijas que permiten la ventilación y enfriamiento del agua, finalmente el agua fría cae a la piscina de agua por una tubería ubicada en la parte inferior de la torre.

El agua fría alimenta a los diferentes equipos que requieren de este recurso como los condensadores, el tanque de purificación, los tanques de lavado y

rociado de agua. Para tratar el agua recolectada se añadirá soda, floculante y coagulante a la piscina.

En las Figuras 49 y 50 se observa el separador de gas y aceite desde diferentes vistas.

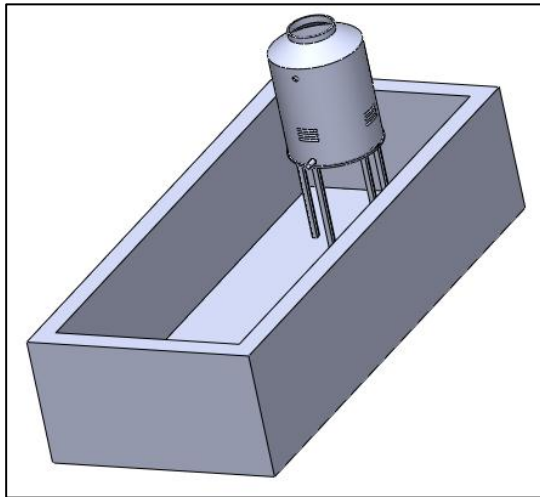


Figura 49. Sistema de enfriamiento.
Fuente: Elaboración propia.

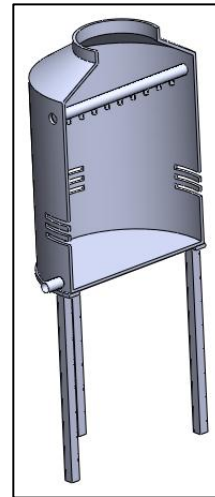


Figura 50. Torre de enfriamiento.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.11. Sistema de descarga.

Dimensiones: 0.4 m (largo) x 0.5 m (diámetro)

Capacidad máxima: 5.26 kg de residuos sólidos/min

Funcionamiento: Una vez terminado el proceso pirolítico se apertura el sistema de descarga para evacuar los residuos sólidos producto del proceso, estos residuos caen en un cilindro que posteriormente es trasladado al almacén de residuos para su desecho.

En la Figura 51 se observa el sistema de descarga.

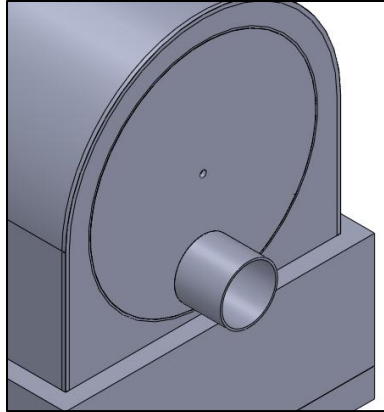


Figura 51. Sistema de descarga.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.12. *Equipo de etiquetado.*

Para etiquetar los cilindros, baldes y bidones se usará etiquetas adhesivas las cuales serán adquiridas en rollos, el equipo de etiquetado consta de un dispensador eléctrico de etiquetas y el proceso de pegado será manual.

En la Figura 52 se observa el dispensador de etiquetas.



Figura 52. Dispensador de etiquetas.
Fuente: Mecalux- LogisMarket

4.3.2.13. Equipo de llenado.

El proceso de llenado se hará mediante el uso de una bomba neumática, la cual servirá para trasladar el fuel oil del tanque móvil de fuel oil.

En la Figura 53 se observa la bomba neumática de llenado.



Figura 53. Bomba neumática de llenado.
Fuente: Faherma

4.3.2.14. Equipo de sellado.

El llenado de los envases (bidones, baldes y cilindros) será de manera manual, para el sellado de los cilindros metálicos se hará uso de una herramienta selladora la cual colocará un precinto de seguridad, en el caso de los baldes y bidones se usará llaves que reforzarán el sellado manual.

En la Figura 54 se observa la llave selladora de cilindros.



Figura 54. Llave selladora de cilindros.
Fuente: Mercado Libre.

4.3.3. Diagramas de flujo.

4.3.3.1. Diagrama del proceso.

El diagrama de operación del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 55:

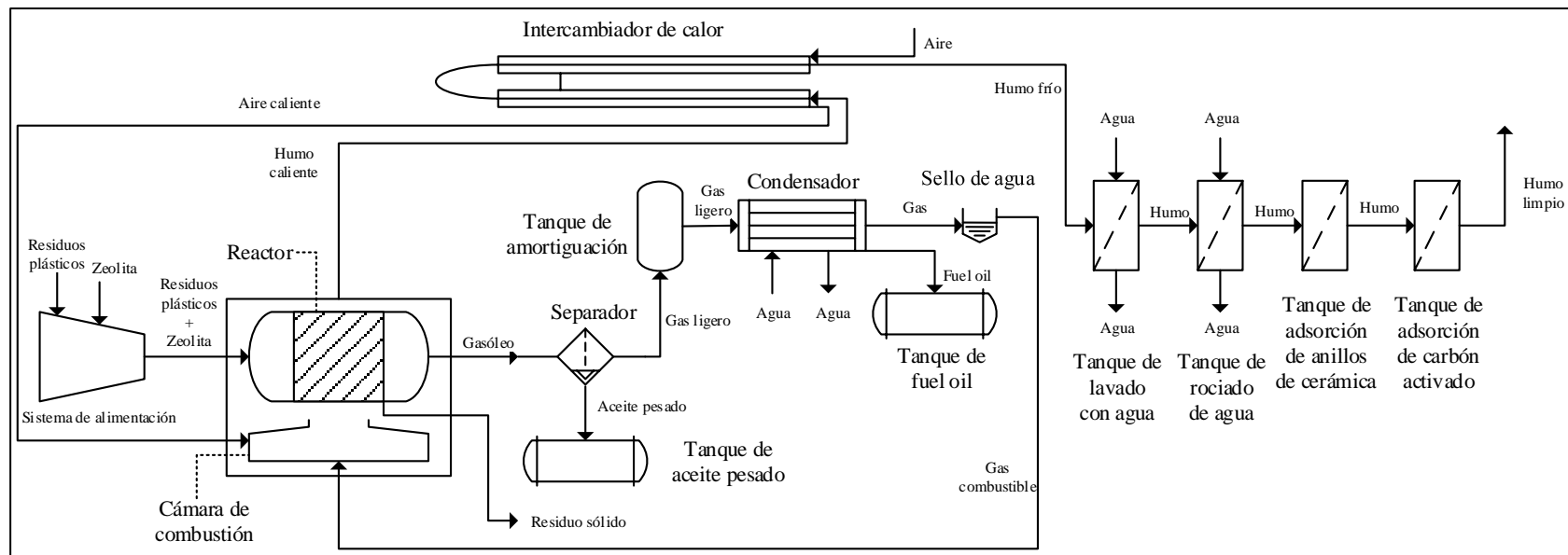


Figura 55. Diagrama del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

SA-01: Sistema de alimentación
 RP-01: Reactor pirólítico
 CC-01: Cámara de combustión
 SGA-01: Separador de gas y aceite
 TK-01: Tanque de aceite pesado
 TK-02: Tanque de amortiguación

CD-01 y CD-02: Condensadores 1 y 2
 TK-03: Tanque de fuel oil
 PG-01: Purificador de gas
 IC-01: Tubería interna de intercambiador de calor
 IC-02: Tubería externa de intercambiador de calor
 TK-04: Tanque de lavado con agua

TK-05: Tanque de rociado de agua
 TK-06: Tanque de adsorción de anillos de cerámica
 TK-07: Tanque de adsorción de carbón activado
 SD-01: Sistema de descarga

4.3.3.2. Diagrama de operación de proceso.

El diagrama de operación del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 56:

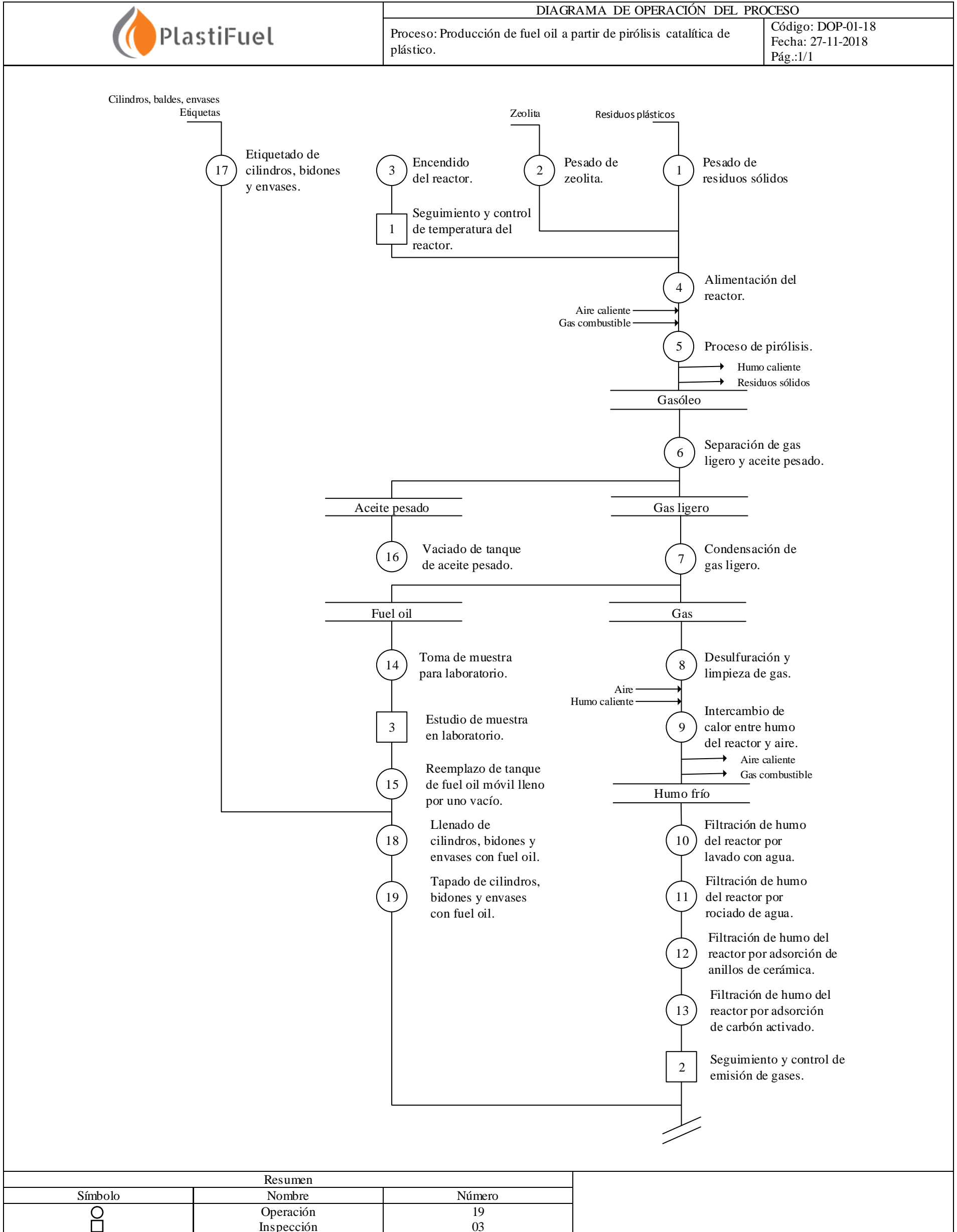


Figura 56. Diagrama de operación del proceso.
Fuente: Elaboración propia.


4.3.3.3. Diagrama de análisis del proceso:

El diagrama de análisis del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la

Tabla 36, asimismo se muestra el diagrama de análisis del proceso de pirólisis catalítica en la Tabla 37:

Tabla 36


Diagrama de análisis del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de 2.25 t plástico

		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO						
		Resumen						
Proceso: Producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de 2.25 t plástico. Código: DAP-01-18 Fecha: 22-11-2018 Pág.: 1/1 Lugar: PlastiFuel S.A.C. Operarios: 2 Elaborado por: Diana Polanco Suárez	Actividad	Actual	Propuesta			Economía		
	Operación ○	11						
	Transporte ⇨	07						
	Espera D	03						
	Inspección □	03						
	Almacenamiento ▽	02						
	Distancia (m):	75.30						
	Tiempo (min):	1225						
Descripción	Distancia	Tiempo	Símbolos					Observaciones
	(m)	(min)	○	⇨	D	□	▽	
Pesado de residuos plásticos.		90	X					Instrumento: balanza Apoyo: almacenero
Pesado de zeolita.		10	X					Instrumento: balanza
Traslado de residuos plásticos al reactor.	14.70	90	X	X				Instrumento: stocka
Traslado de zeolita al reactor.	23.90	15		X				Instrumento: stocka
Alimentación de la cámara de combustión.		15	X					La primera hora trabaja con aceite pesado, después con gas generado por el proceso
Seguimiento y control de temperatura del reactor.		15				X		Registro de temperatura
Alimentación del reactor.		90	X					Instrumento: Montacargas
Proceso de pirólisis.		300	X					Se detalla en el DAP-02-18
Seguimiento y control de emisión de gases.		10				X		Equipo: monitor de gases
Espera de enfriamiento de residuos sólidos		90			X			
Traslado de residuos sólidos a almacén.	4.00	10		X				Instrumento: stocka
Almacenamiento de residuos sólidos para su desecho.		-					X	
Espera de enfriamiento de fuel oil.		120			X			
Toma de muestra para laboratorio.		10	X					
Estudio de muestra en laboratorio.		60				X		
Reemplazo de tanque de fuel oil móvil lleno por uno vacío.		20	X					
Traslado de tanque de fuel oil móvil a sala de llenado.	6.50	20		X				
Espera de enfriamiento de tanque de aceite pesado		120			X			
Vaciado de tanque de aceite pesado.		15	X					
Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de etiquetado.	15.00	20		X				Instrumento: stocka
Etiquetado de cilindros, bidones y envases.		30	X					
Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de llenado	1.40	10		X				Instrumento: stocka
Llenado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.		20	X					
Tapado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.		15	X					
Traslado de producto terminado a almacén.	9.80	30		X				Instrumento: montacargas
Almacenamiento de producto terminado		-					X	
Total	75.30	1225	11	07	03	03	02	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Diagrama de análisis del proceso de pirólisis catalítica

		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO						
		Resumen						
Proceso: Pirólisis catalítica Código: DAP-02-18 Fecha: 22-11-2018 Pág.: 1/1 Lugar: PlastiFuel S.A.C. Operarios: 0 Elaborado por: Diana Polanco Suárez	Actividad	Actual	Propuesta			Economía		
	Operación ○	11						
	Transporte ⇨	00						
	Espera D	00						
	Inspección □	00						
	Almacenamiento ▽	02						
	Distancia (m):	00.00						
	Tiempo (min):	220						
Descripción	Distancia	Tiempo	Símbolos					Observaciones
	(m)	(min)	○	⇨	D	□	▽	
Pirólisis.		300	X					Equipo: reactor pirolítico
Separación de gas ligero y aceite pesado.		150	X					Equipo: tanque separador de gas y aceite
Depósito de aceite pesado en tanque de aceite pesado.		-					X	Equipo: tanque de aceite pesado
Amortiguación de gas ligero		245	X					
Condensación de gas ligero.		250	X					Equipo: condensador tubular horizontal
Depósito de fuel oil en tanque de aceite.		-					X	Equipo: tanque móvil de fuel oil
Desulfuración y limpieza de gas.		245	X					Equipo: tanque purificador de gas
Intercambio de calor entre humo del reactor y aire.		330	X					Equipo: intercambiador de calor
Filtración de humo por lavado con agua.		330	X					Equipo: filtro de lavado con agua
Filtración de humo por rociado de agua.		330	X					Equipo: filtro de rociado de agua
Filtración de humo por adsorción de anillos de cerámica.		330	X					Equipo: filtro de adsorción de anillos de cerámica
Filtración de humo por adsorción de carbón activado.		330	X					Equipo: filtro de adsorción de carbón activado
Descarga de reactor		30	X					Equipo: sistema de descarga
Total	00.00	2870	11	00	00	00	02	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.4. Balance de materia.

El balance de materia del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 57. Corresponde a un lote de producción para convertir 2250 kg de residuos plásticos en 1756.44 kg de fuel oil, como se mencionó anteriormente la proporción de zeolita será del 5% del peso de residuos plásticos, es decir, 112.5 kg.

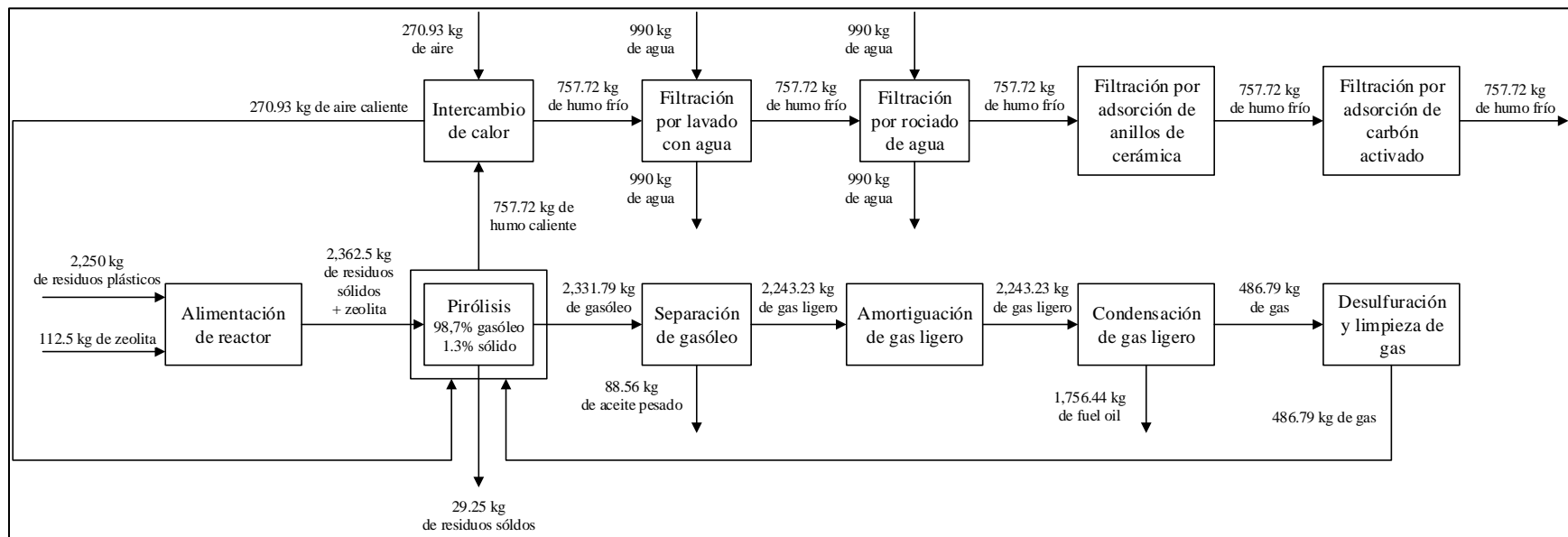


Figura 57. Balance de materia.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.5. Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 58:

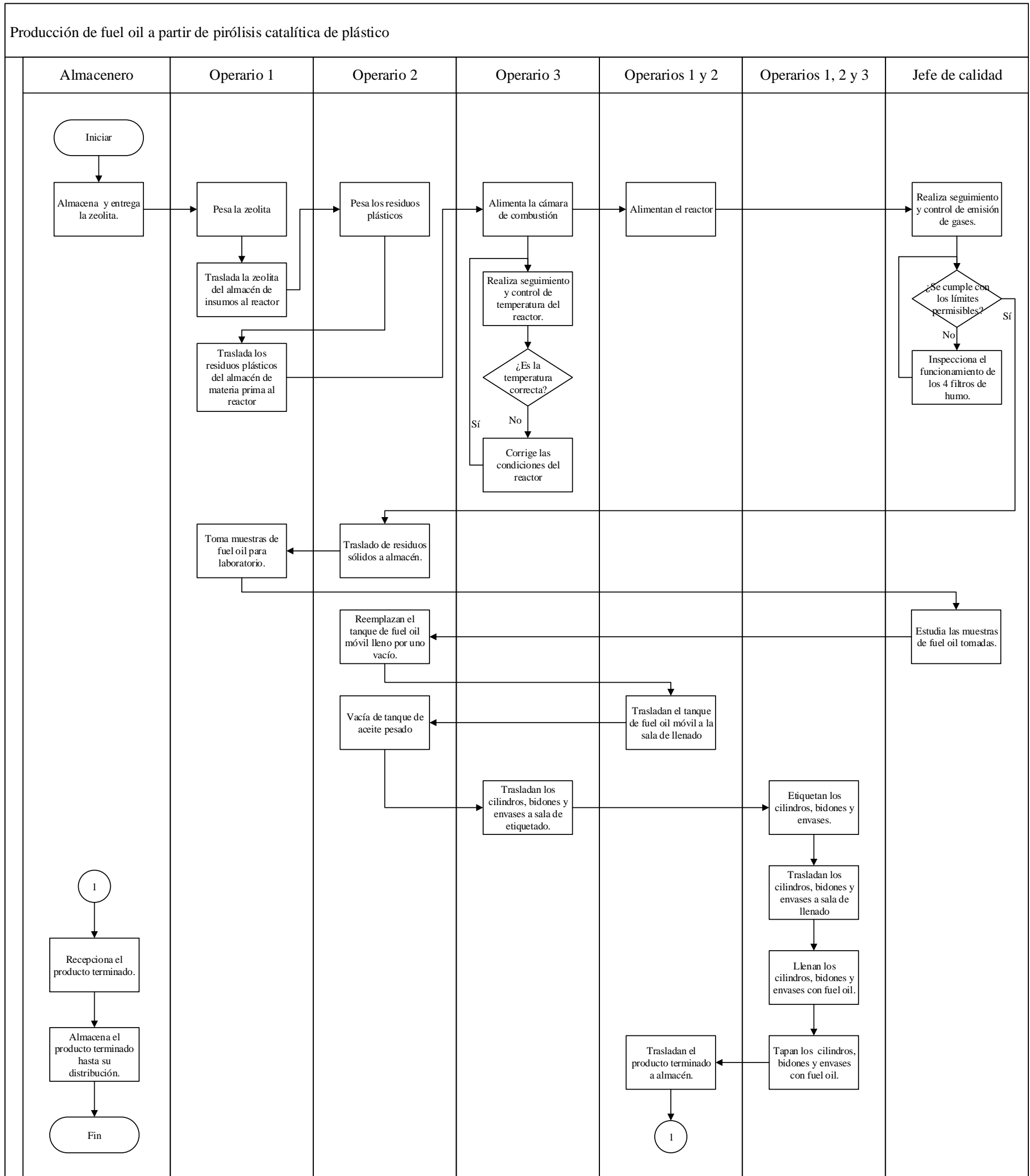


Figura 58. Diagrama de flujo.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. **Requerimiento de mano de obra y equipos.**

4.3.4.1. *Determinación de tiempo de actividades y cantidad de operarios.*

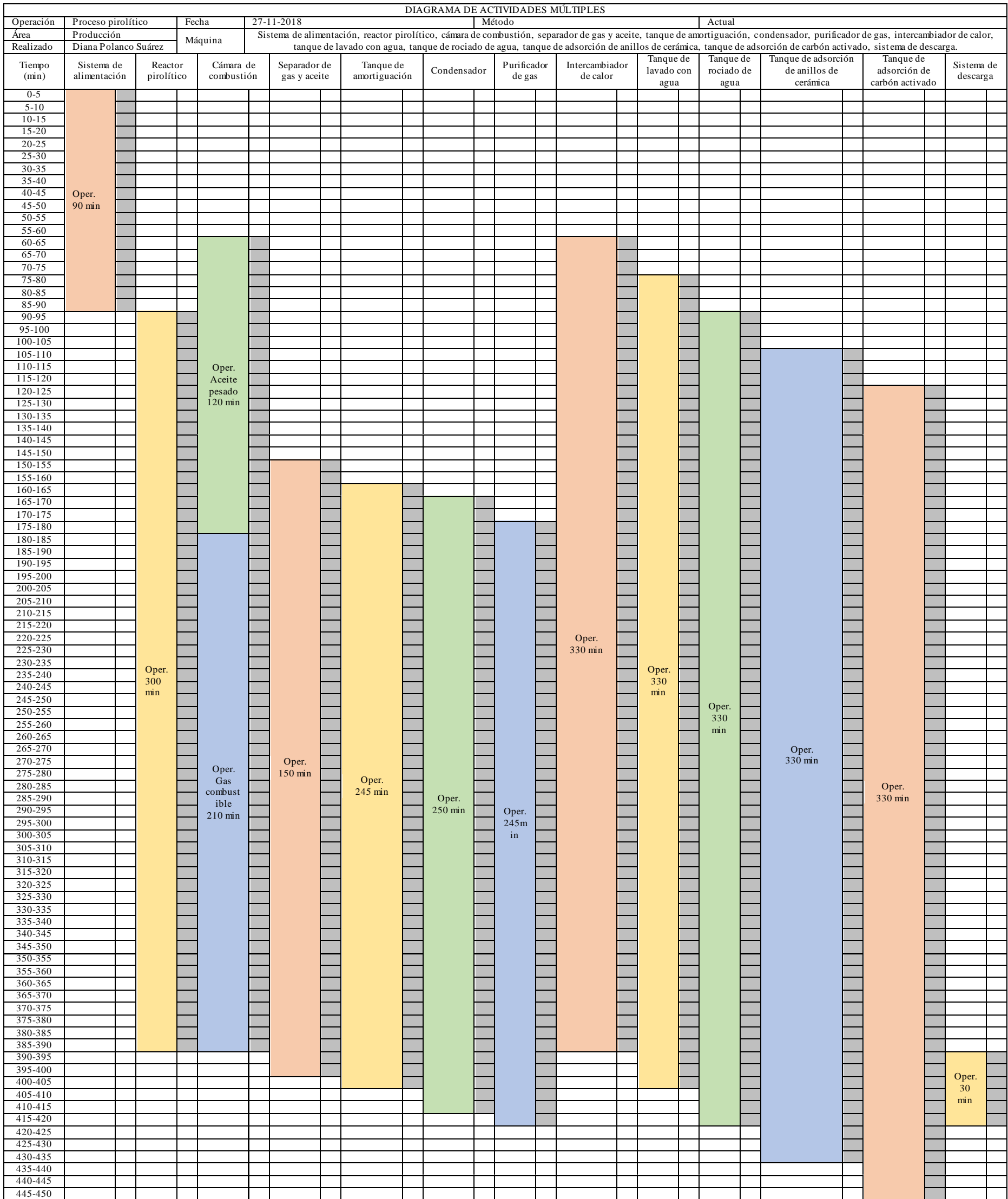
El diagrama de actividades múltiples del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Tabla 38, mientras que la Tabla 39 muestra el del proceso pirolítico:

Tabla 38
Diagrama de actividades múltiples

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES															
Operación	Proceso pirolítico, etiquetado, llenado y tapado 2.25 t de plástico			Fecha	27-11-2018						Método	Actual			
Área	Producción			Máquina	Balanza, stocka, reactor/planta pirolítica, montacargas, equipo de etiquetado, equipo de llenado, equipo de tapado, tanque de fuel oil móvil, tanque de aceite pesado										
Realizado	Diana Polanco Suárez														
Tiempo (min)	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Balanza	Stocka	Planta pirolítica	Montacargas	Equipo de etiquetado	Equipo de llenado	Equipo de tapado	Tanque de fuel oil móvil	Tanque de aceite pesado			
0-5															
5-10	Pesado de zeolita.	Vaciado de tanque de aceite pesado.	Alimentación de cámara de combustión.	Op. 1		Op. 3							Op. 2		
10-15															
15-20	Traslado de zeolita al reactor.		Seguimiento y control de temperatura del reactor.		Op. 1	Op. 3									
20-25															
25-30															
30-35															
35-40															
40-45															
45-50															
50-55															
55-60															
60-65															
65-70															
70-75															
75-80															
80-85															
85-90															
90-95															
95-100															
100-105															
105-110															
110-115															
115-120															
120-125	Toma de muestra para laboratorio.	Reemplazo de tanque de fuel oil móvil lleno por uno vacío.	Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de etiquetado.		Op. 2								Op. 1 y 2		
125-130															
130-135															
135-140															
140-145	Traslado de tanque de fuel oil móvil a sala de llenado.	Traslado de tanque de fuel oil móvil a sala de llenado.											Op. 1 y 2		
145-150															
150-155															
155-160															
160-165															
165-170	Etiquetado de cilindros, bidones y envases.	Etiquetado de cilindros, bidones y envases.	Etiquetado de cilindros, bidones y envases.					Op. 1, 2 y 3							
170-175															
175-180															
180-185															
185-190															
190-195	Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de llenado	Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de llenado	Traslado de cilindros, bidones y envases a sala de llenado		Op. 1, 2 y 3										
195-200															
200-205	Llenado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.	Llenado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.	Llenado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.						Op. 1, 2 y 3				Op. 1, 2 y 3		
205-210															
210-215															
215-220	Tapado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.	Tapado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.	Tapado de cilindros, bidones y envases con fuel oil.												
220-225															
225-230															
230-235															
235-240															
240-245	Traslado de producto terminado a almacén.	Traslado de producto terminado a almacén.													
245-250															
250-255															
255-260															
260-265															
265-270															
270-275															
275-280															
280-285															
285-290															
290-295															
295-300															
300-305															
305-310															
310-315															
315-320															
320-325															
325-330															
330-335															
335-340	Recojo de residuos plásticos a los centros de acopio	Recojo de residuos plásticos a los centros de acopio													
340-345															
345-350															
350-355															
355-360															
360-365															
365-370															
370-375															
375-380															
380-385															
385-390															
390-395															
395-400															
400-405															
405-410															
410-415															
415-420															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39
Diagrama de actividades múltiples- Proceso pirolítico



Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.2. Determinación de número de máquinas.

Para determinar el número de máquinas a usar se toma como base los tiempos de operación y los tiempos disponibles, la Tabla 40 muestra los valores necesarios para calcular el número de máquinas.

$$N^{\circ} \text{ máq.} = \frac{\text{Requerimientos de producción por hora para cumplir la demanda}}{\text{Producción por hora por máquina}}$$

Tabla 40
Determinación de número de máquinas

Máquina	Operación	Produc. (kg/min)	Produc. (kg/hora)	Req.prod (kg/min)	Req prod (kg/hora)	N° máq.
Sistema de alimentación	Alimentación	30	1800	26.25	1,575.0	1
Reactor pirolítico	Pirólisis	8	480	7.88	472.8	1
Cámara de combustión	Combustión	2	120	1.79	107.4	1
Separador de gas y aceite	Separación gas/aceite	18	1080	15.55	933.0	1
Tanque de aceite pesado	Acopio de aceite pesado	1	60	0.59	35.4	1
Tanque de amortiguación	Amortiguación de gas	11	660	9.16	549.6	1
Condensador	Condensación	5.5	330	8.97	538.2	2
Tanque de fuel oil móvil	Acopio de fuel oil	10	600	7.02	421.2	1
Purificador de gas	Purificación de gas	2.5	150	1.99	119.4	1
Intercambiador de calor	Intercambio de calor	2.5	150	2.3	138	1
Tanque de lavado con agua	Purificación de humo	2.5	150	2.3	138	1
Tanque de rociado de agua	Purificación de humo	2.5	150	2.3	138	1
Tanque de adsorción de anillos de cerámica	Purificación de humo	2.5	150	2.3	138	1
Tanque de adsorción de carbón activado	Purificación de humo	2.5	150	2.3	138	1
Sistema de descarga	Descarga	5	300	4.73	283.8	1

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.3. Balance de línea.

El balance de línea de este proyecto se plasma en la Tabla 41. Los gases obtenidos se recirculan de manera de aprovechar al máximo los compuestos obtenidos. La Tabla 42 muestra el cálculo de la producción diaria.

Tabla 41
Balance de línea

		Capacidad (kg/min)	Duración (min)	kg/lote	
Sistema de alimentación	Entradas	30	90.00	2,565.00	135.00
				Residuos plásticos	Zeolita
	Salidas	30	90.00	2,700.00	
				Residuos plásticos y zeolita	
Reactor pirolítico	Entradas			2,362.50	
				Residuos plásticos y zeolita	
	Salidas			2,331.79	30.71
				Gasóleo	Residuo sólido
Separador de gas y aceite	Entradas	18	150.00	2,700.00	
				Gasóleo	
	Salidas	18	150.00	2,597.46	102.54
				Gas ligero	Aceite pesado
Tanque de amortiguación	Entradas	11	245.00	2,695.00	
				Gas ligero	
	Salidas	11	245.00	2,695.00	
				Gas ligero	
Condensador	Entradas	11	250.00	2,750.00	
				Gas ligero	
	Salidas	11	250.00	596.76	2,153.24
				Gas	Fuel oil
Purificador de gas	Entradas	2.5	245.00	612.15	
				Gas	
	Salidas	2.5	245.00	612.15	
				Gas	
Intercambiador de calor	Entradas	2.5	330.00	757.72	
				Humo caliente	
	Salidas	2.5	330.00	757.72	
				Humo frío	
Tanque de lavado con agua	Entradas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	
	Salidas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	
Tanque de rociado de agua	Entradas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	
	Salidas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	
Tanque de adsorción de anillos de cerámica	Entradas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	
	Salidas	2.5	330.00	825.00	
				Humo frío	

Tanque de adsorción de carbón activado	Entradas	2.5	330.00	825.00
	Salidas	2.5	330.00	825.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42
Producción diaria de fuel oil

	kg/lote	g/lote	Densidad (g/cm ³)	cm ³ /lote	g/lote
Fuel oil	1,756.44	1'756,440	0.804	2'184,626.87	480.5

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de fuel oil obtenido en cada lote es de 480.5 gl, considerando que un galón equivale a 4,546.09 cm³.

4.3.5. Estimación de la inversión.

La inversión a realizarse se divide en subgrupos como maquinaria, instrumentos, dispositivos, servicios de instalación, etc, en la Tabla 43 se plasman estos montos:

Tabla 43
Estimación de la inversión

Item	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
Máquinas			
Sistema de alimentación	1	8,744.00	8744.00
Reactor pirolítico	1	15,897.00	15897.00
Cámara de combustión	1	3,955.00	3955.00
Separador de gas y aceite	1	5,807.00	5807.00
Tanque de aceite pesado	1	6,254.00	6254.00
Tanque de amortiguación	1	3,589.00	3589.00
Condensador	2	9,436.00	18872.00
Tanque de fuel oil móvil	2	7,395.00	14790.00
Purificador de gas	1	6,947.00	6947.00
Intercambiador de calor	1	9,219.00	9219.00
Tanque de lavado con agua	1	8,259.00	8259.00
Tanque de rociado de agua	1	8,340.00	8340.00
Tanque de adsorción de anillos de cerámica	1	8,529.00	8529.00
Tanque de adsorción de carbón activado	1	8,492.00	8492.00
Sistema de descarga	1	4,284.00	4284.00
Sub-total			131978.00
Instrumentos y vehículos			
Balanza	3	400.00	1,200.00
Stocka	2	1,500.00	3,000.00

- h) Almacén de residuos sólidos: punto de almacenaje de cilindros llenos de residuos sólidos resultantes del proceso de pirólisis catalítica.
- i) Taller de mantenimiento: área de reparación, construcción y modificación de piezas de los equipos según su requerimiento.
- j) Laboratorio: área de análisis de muestras de fuel oil y registro de datos.
- k) Oficinas administrativas: comprende las oficinas de marketing y ventas, recursos humanos, soporte técnico, contabilidad, compras, proyectos y gerencia general.
- l) Oficinas operativas: comprende las oficinas de mantenimiento, producción y seguridad.
- m) Garita
- n) Comedor
- o) Servicios higiénicos y vestuarios

4.3.7.1. *Diagrama relacional de actividades.*

Ese diagrama muestra la relación de una actividad con las demás respecto a su proximidad. La relación depende de la importancia y criterios de la proximidad entre las diferentes áreas.

La Tabla 45 muestra la leyenda de tabla relacional, tanto de relación como de criterios.





Tabla 45
Leyenda de tabla relacional de actividades.

Relación	Definición	Código	Criterios
A	Absolutamente necesario	1	Flujo de materiales
E	Especialmente importante	2	Inspección y control
I	Importante	3	Personal común

4.3.7.2. Diagrama de hilos.

El diagrama de hilos del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 60, el código de proximidades se detalla en la Tabla 46:

Tabla 46
Códigos de proximidades

Relación	Código
A	
E	
I	
O	
U	-

Fuente: Elaboración propia.

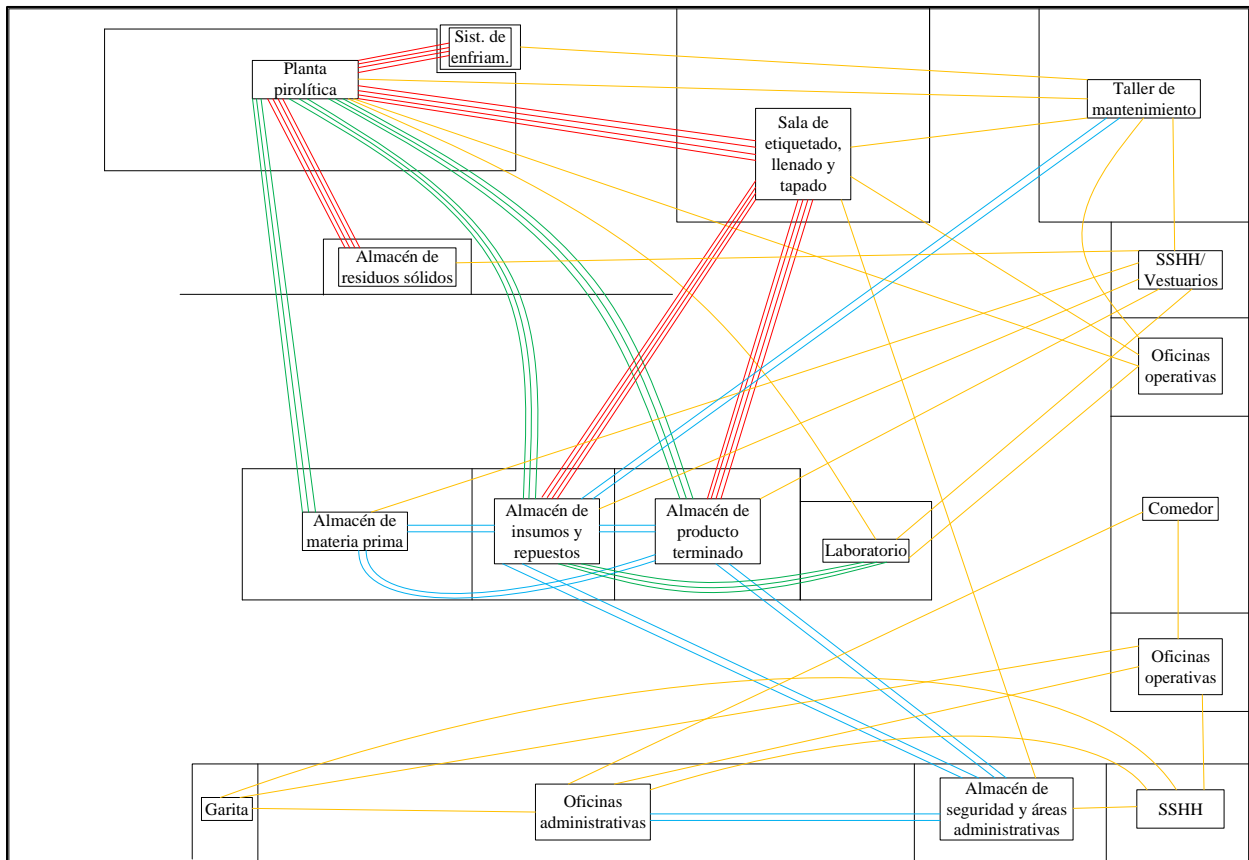


Figura 60. Diagrama de hilos.

Fuente: Elaboración propia

4.3.7.3. Plano de planta.

El plano de planta del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 61, el área de la planta es de aproximadamente 990 m² (37.7 m x 26.2 m):

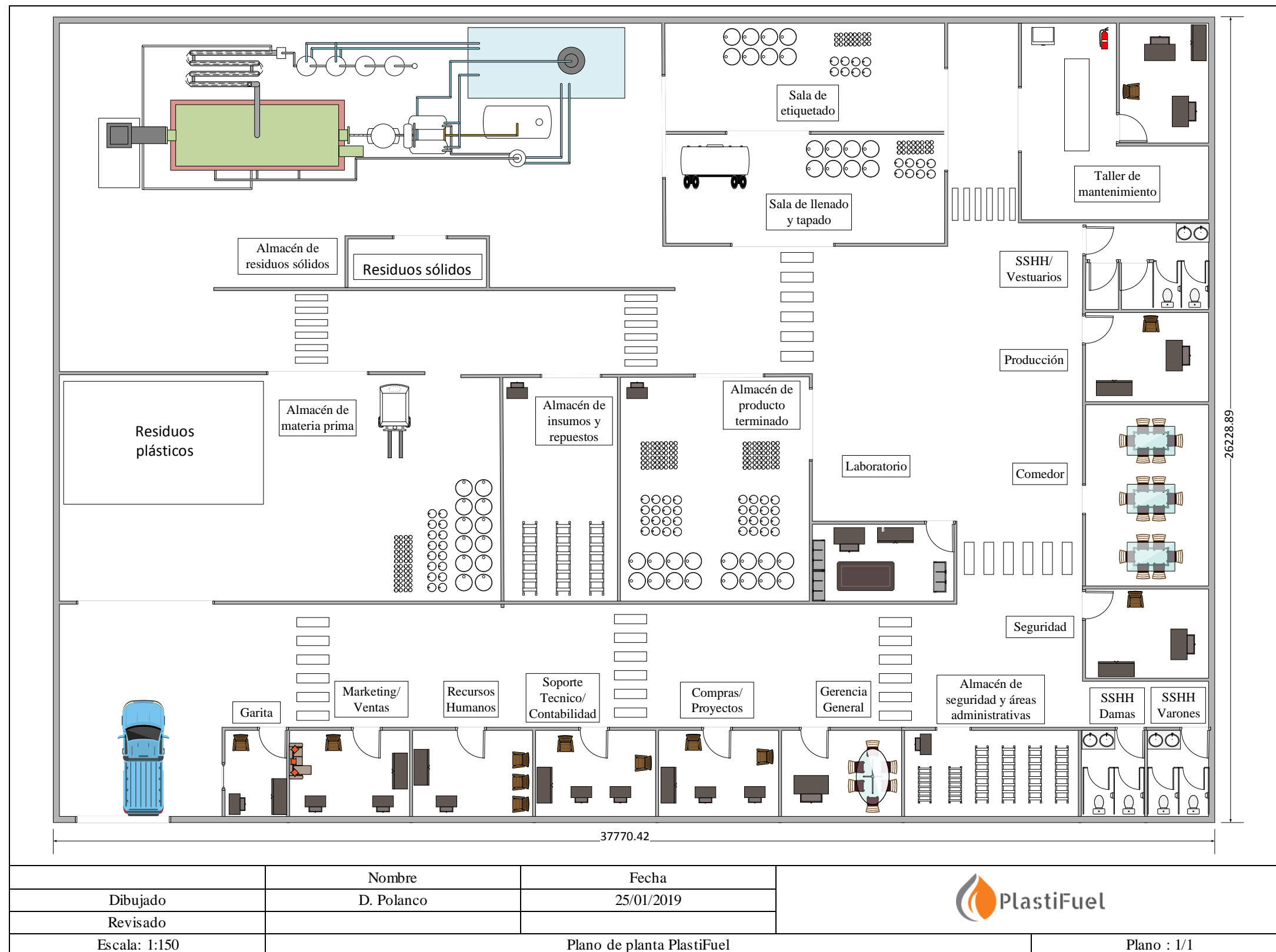


Figura 61. Plano de planta.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.7.4. Diagrama de recorrido.

El diagrama de recorrido del proceso de producción de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de plástico se plasma en la Figura 62, mientras que en la Figura 63 se muestra el diagrama de recorrido del proceso pirolítico catalítico:

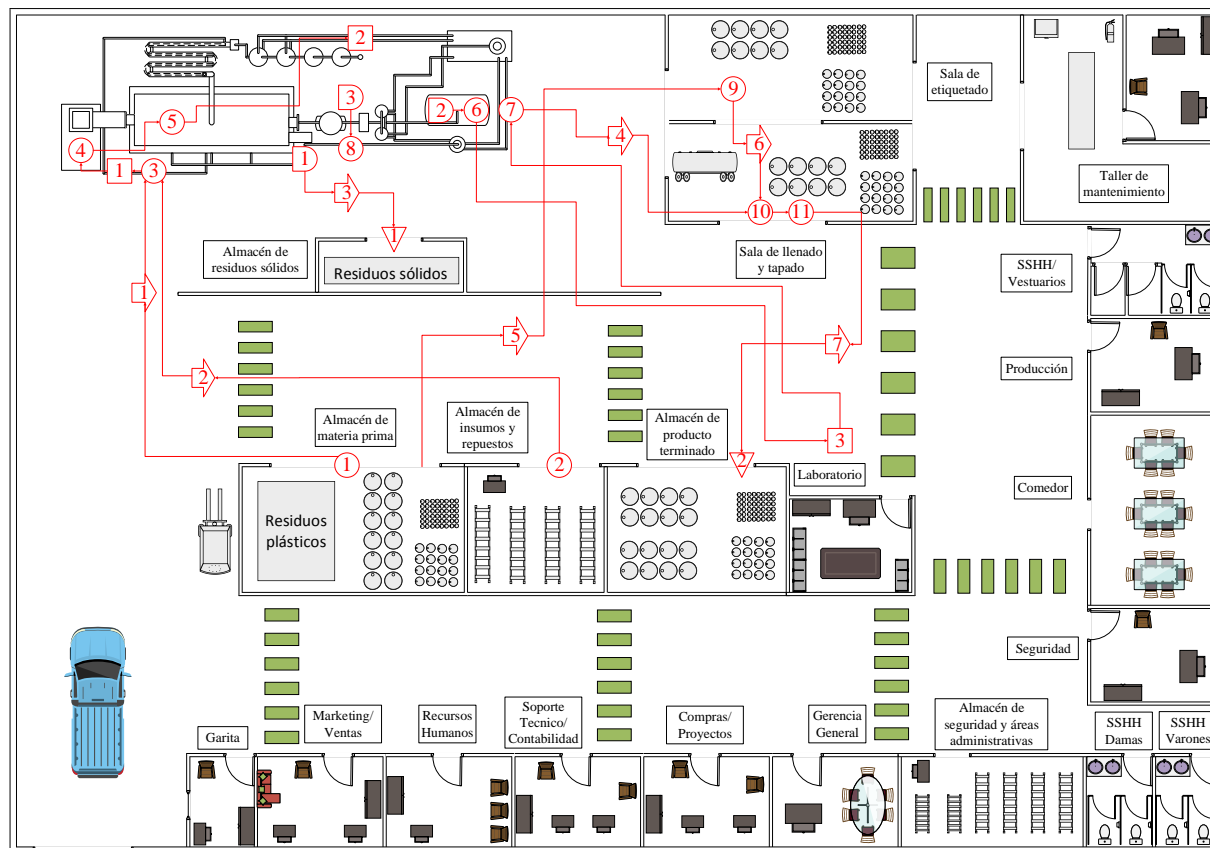


Figura 62. Diagrama de recorrido.

Fuente: Elaboración propia.

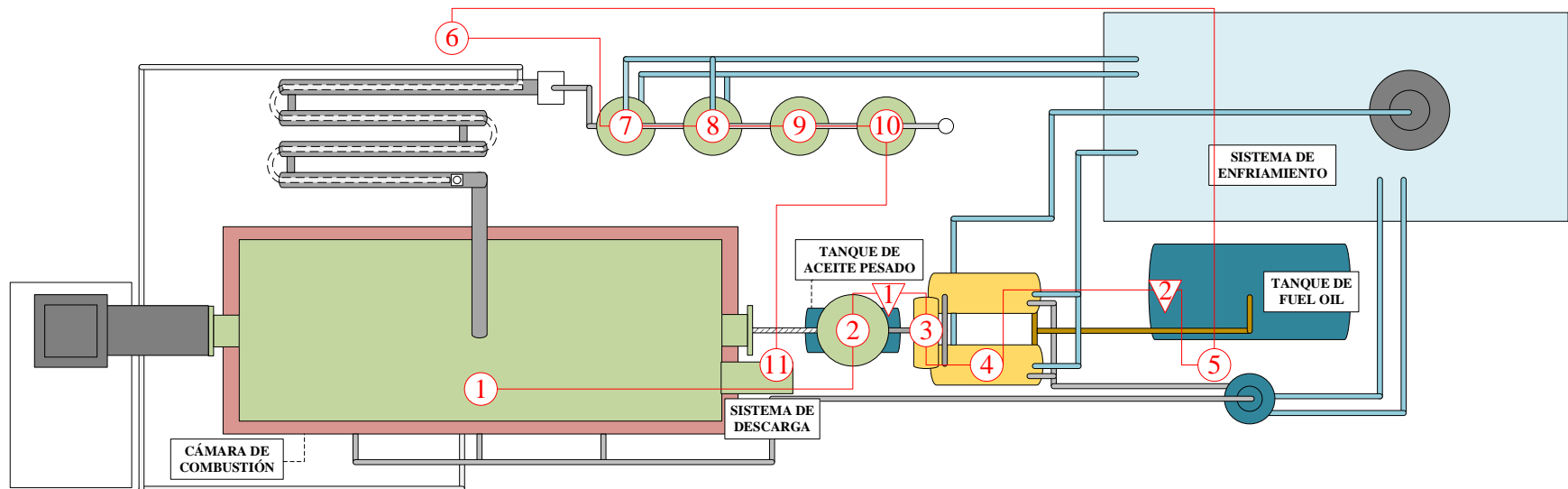


Figura 63. Diagrama de recorrido- Proceso de pirólisis.
Fuente: Elaboración propia.

Ambos diagramas se basan en lo detallado en sus respectivos DAP.

4.3.7.5. Método de Guerchet.

El Método de Guerchet consiste en calcular la superficie total necesaria para cada elemento sumando la superficie estática, gravitacional y evolutiva.

La superficie estática (SS) corresponde a la superficie de muebles, maquinaria e instalaciones, la superficie gravitacional (SG) es la superficie que se utiliza alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y el material acoplado para las operaciones en curso y la superficie evolutiva (SE) es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal y manutención.

La Tabla 47 muestra los parámetros necesarios para la utilización del Método de Guerchet.

Tabla 47
Parámetros del método de Guerchet

Abreviado	Descripción del parámetro
n	Cantidad de elementos requeridos
N	Número de lados de utilizados
hf	Promedio de equipos fijos
hm	Promedio de equipos móviles
K	Coficiente de superficie evolutiva = $0.5 \times (hm/hf)$
SS	Superficie estática = largo x ancho
SG	Superficie gravitacional = $SS \times N$
SE	Superficie evolutiva = $K \times (SS + SG)$
ST	Superficie total = $n \times (SS + SG + SE)$

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 48 se plasma la estimación de áreas teóricas, la cual suma aproximadamente 705 m^2 , se le añadirá 295 m^2 destinados a paso y maniobras de vehículos, siendo el área total de 1000 m^2 .

Almacén administrativo y de seguridad	Anaqueles	X		1.50	0.60	2.20	3	1	1.60	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	5.40
	Escritorio	X		1.50	1.00	1.00	1	4				1.50	6.00	0.0	7.50
	Total														
Almacén de residuos sólidos	Zona de almacenaje	X		4.50	1.50	2.40	1	1	2.40	0.00	0.00	6.75	6.75	0.00	13.50
	Total														13.50
Taller de mantenimiento	Mesa de trabajo	X		2.00	1.50	1.00	1	4	1.30	0.00	0.00	3.00	12.00	0.00	15.00
	Anaqueles	X		1.50	0.60	2.20	3	1				0.90	0.90	0.00	5.40
	Máquina de soldar	X		0.60	0.35	0.70	1	4				0.21	0.84	0.00	1.05
	Total														21.45
Laboratorio	Mesa de trabajo	X		2.00	1.50	1.00	1	4	1.40	0.00	0.00	3.00	12.00	0.00	15.00
	Escritorio	X		1.50	1.00	1.00	2	1				1.50	1.50	0.00	6.00
	Armario	X		1.50	0.60	2.20	2	1				0.90	0.90	0.00	3.60
	Total														24.60
Oficinas	Escritorio	X		1.50	1.00	1.00	7	4	1.60	0.00	0.00	1.50	6.00	0.00	52.50
	Armario	X		1.50	0.60	2.20	7	1				0.90	0.90	0.00	12.60
	Total														65.10
Garita	Garita	X		2.00	4.00	2.40	1	1	2.40	0.00	0.00	8.00	8.00	0.00	16.00
	Total														16.00
Comedor	Comedor	X		6.00	4.20	2.40	1	1	2.40	0.00	0.00	25.20	25.20	0.00	50.40
	Total														50.40
SS.HH. y vestuarios	SSHH	X		3.00	2.10	2.40	3	1	2.40	0.00	0.00	6.30	6.30	0.00	37.80
	Vestuarios	X		3.00	2.10	2.40	1	1				6.30	6.30	0.00	12.60
	Total														50.40
Total															705.98

Fuente: Elaboración propia.

5. Capítulo V: Estudio organizacional

5.1. La empresa.

5.1.1. Nombre o razón social.

PLASTIFUEL S.A.C.

5.1.2. Tipo de empresa.

La empresa a formar será una Sociedad Anónima Cerrada y como se indicó en el ítem anterior se denominará PLASTIFUEL S.A.C., esto significa que es una persona jurídica de derecho privado, de naturaleza mercantil, cualquiera sea su objeto social. Los socios tienen responsabilidad limitada; es decir, que su responsabilidad se encuentra restringida al capital que aportan.

La sociedad anónima cerrada se rige por las normas de la sociedad anónima, en cuanto le sean aplicables. Se eligió una sociedad anónima cerrada por las características que presentaría la empresa a formar según la Ley General de Sociedades 26887, las cuales se muestran a continuación:

- Cantidad de accionistas/socios: de 2 a 20
- Organización: Se debe establecer junta general de accionistas, gerencia y directorio (opcional)
- Capital y acciones: Capital definido por aportes de cada socio. Se deben registrar las acciones en el Registro de Matrícula de Acciones

Para la constitución de la empresa se debe establecer lo siguiente:

- Nombre de la sociedad: Tras una búsqueda previa en Registros Públicos y comprobar que no existe el nombre elegido, se decidió denominarla PLASTIFUEL S.A.C.
- Capital social: El valor del capital de la sociedad es de S/.50,000.00 (cincuenta mil y 00/100 en nuevos soles), dividido en 10,000 acciones nominativas de un valor nominal de S/.5.00.
- Socios: Los socios y sus aportaciones al capital se detallan a continuación:
 - 1) Diana Lucía Polanco Suárez suscribe 4,000 acciones nominativas y paga S/20,000.00 mediante aportes en bienes dinerarios.
 - 2) Pierina Eliana Velazco Baldárrago suscribe 3,000 acciones nominativas y paga S/.15,000.00 mediante aportes en bienes dinerarios.
 - 3) Gustavo Luis Villanueva Cárdenas suscribe 3,000 acciones nominativas y paga S/.15,000.00 mediante aportes en bienes dinerarios.
- Gerente general: El Gerente General es Diana Lucía Polanco Suárez y cumplirá la función de representante legal y administrador de la empresa.
- Directorio: La empresa tendrá un directorio integrado por (3) miembros que pueden o no, ser accionistas, cuyo periodo de duración será de tres (3) años, pudiendo sus miembros ser reelegidos.
- Domicilio y duración: La empresa como domicilio Calle Los Zafiros 109 Urb. San Jerónimo- Arequipa y tendrá una duración indefinida

5.2. Base filosófica de la empresa.

5.2.1. Misión, visión y valores.

5.2.1.1. Misión.

Ofrecer un combustible de calidad al mercado nacional, efectuando nuestras actividades con los más altos niveles de eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad, basados en innovación y responsabilidad socioambiental.

5.2.1.2. Visión.

Ser líderes en la industria de los combustibles, con gran proyección nacional, basados en una gestión ética y a través de un proceso innovador y autosostenible que contribuya a la conservación del medio ambiente y mejora de calidad de vida de la comunidad.

5.2.1.3. Valores.

- Compromiso con la comunidad y el medio ambiente.
- Integridad y transparencia.
- Desarrollo profesional del personal.
- Profesionalidad y calidad en procesos y productos.
- Respeto por el cliente.

5.2.2. *Principios y valores.*

PLASTIFUEL S.A.C. busca fortalecer su compromiso con clientes, comunidad y trabajadores basándose en los siguientes principios:

- Búsqueda del mayor nivel de calidad: Perfeccionar los procesos mediante una mejora continua para conseguir eficacia, eficiencia y productividad, encaminados a la excelencia, en bien y satisfacción del personal y clientes.
- Adaptación y superación al cliente: Desarrollar productos a la medida de los consumidores, destacar por el excelente nivel de los servicios ofrecidos y sorprender a sus clientes brindando un plus por su compra.
- Sostenibilidad social y ambiental: Salvaguardar de manera permanente la preservación y cuidado del medio ambiente de modo que se produzca en equilibrio con el respeto y amparo del medio cultural, social y natural. El desarrollo debe ser responsable y sostenible.
- Innovación e investigación continua: Desarrollar estrategias de I&D que conciban nuevos productos, creen nuevas exigencias, satisfagan nuevas necesidades e incorporen novedad.
- Cumplimiento de resultados: Alcanzar alta rentabilidad como señal de desarrollo, crecimiento y competitividad de la empresa.
- Desarrollo y bienestar del recurso humano: Facilitar una adecuada calidad de vida a los trabajadores, velar por su seguridad física, social y emocional; promover su crecimiento y desarrollo profesional a través de la educación y entrenamiento.

5.2.3. La organización.

5.2.3.1. Organigrama.

El organigrama de la empresa se encuentra plasmado en la Figura 64:

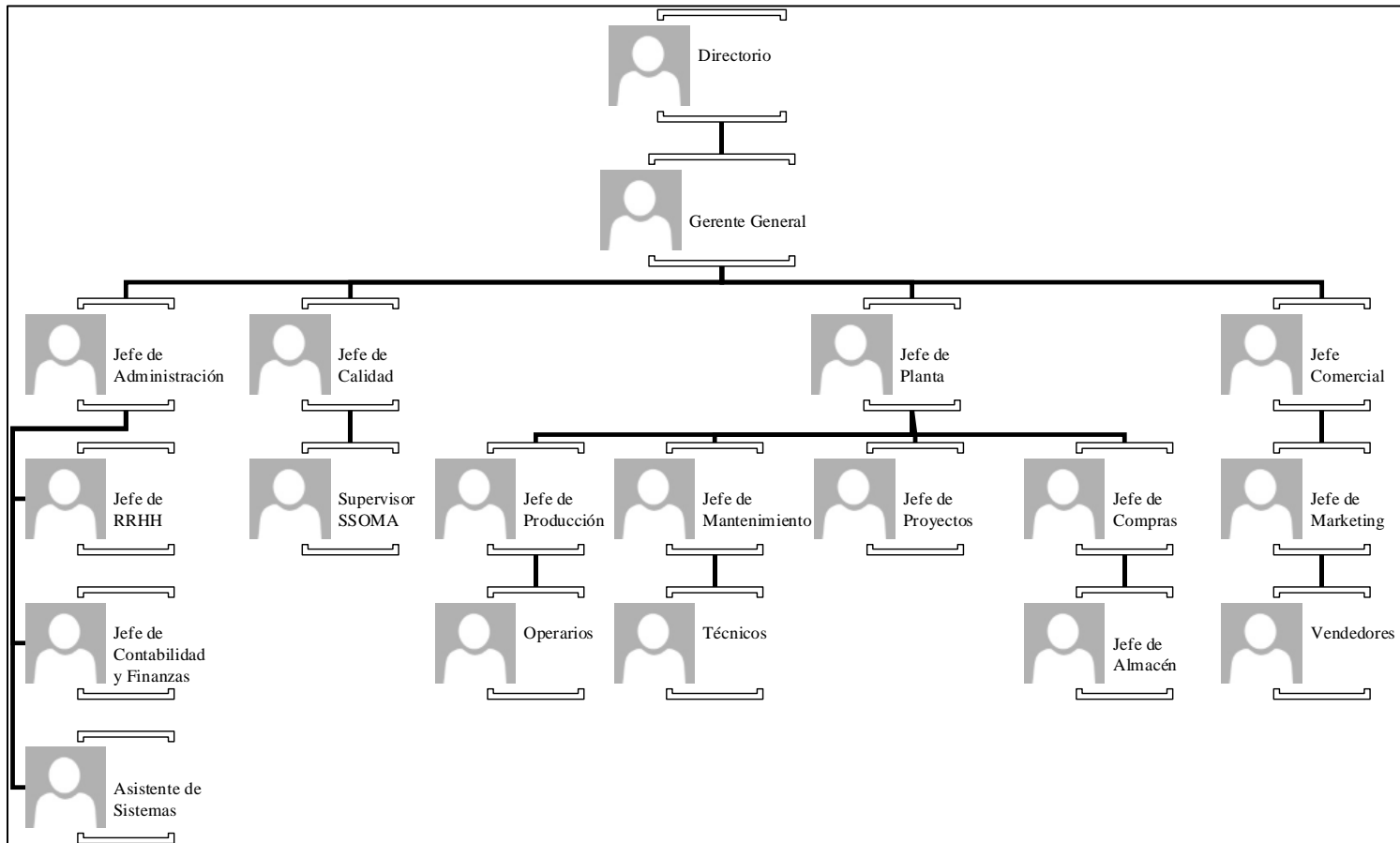


Figura 64. Organigrama de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2. Planilla de trabajadores.

Debido al incremento de la producción en los próximos 5 años es que la cantidad de turnos laborales también aumentará, es decir, en el año 2019 sólo se trabajará en turno de día, a partir del segundo año los turnos serán 2, mañana y tarde, y a partir del cuarto año se laborará en 3 turnos, adicionando un turno de noche.

Es por este motivo que la planilla de trabajadores pertenecientes al área de producción irá incrementando proporcionalmente al número de turnos, mientras que en el caso de las áreas administrativas, se irá adicionando puestos nuevos y la cantidad de trabajadores a medida que pasan los años.

Las Tablas 49 y 50, muestran lo indicado:

Tabla 49
Planilla de trabajadores- áreas operativa

N°	Cargo	2019		2020-2021		2022-2023	
		Cantidad	Turnos	Cantidad	Turnos	Cantidad	Turnos
1	Jefe de producción	1	1	1	2	1	3
2	Operario	3	1	3	2	3	3
3	Jefe de calidad	1	1	1	2	1	3
4	Supervisor SSOMA	1	1	1	2	1	3
5	Jefe de almacén	1	1	1	2	1	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50
Planilla de trabajadores- áreas administrativas

N°	Cargo	2019		2020-2021		2022-2023	
		Cantidad	Turnos	Cantidad	Turnos	Cantidad	Turnos
1	Jefe de mantenimiento	1	1	1	1	1	1
2	Técnico mecánico	1	1	1	1	2	1
3	Técnico eléctrico	1	1	1	1	2	1
4	Jefe de compras	1	1	1	1	1	1
5	Gerente general	1	1	1	1	1	1
6	Jefe de administración	1	1	1	1	1	1

7	Jefe comercial	1	1	1	1	1	1
8	Vendedor	-	-	1	1	3	1
9	Jefe de contabilidad y finanzas	-	-	1	1	1	1
10	Jefe de marketing.	-	-	1	1	1	1
11	Jefe de proyectos	-	-	-	-	1	1
12	Jefe de RRHH	-	-	-	-	1	1
13	Asistente de sistemas	-	-	-	-	1	1

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.3. Descripción de puestos.

A continuación, se detallan las funciones que cada puesto de trabajo debe cumplir:

a) Directorio

- Conocer y organizar el capital que la empresa tiene a su disposición.
- Llevar a cabo una planificación de los objetivos.
- Coordinar cada etapa del desarrollo desde el panorama general que le brinda su posición.
- Ejercer el papel de líder no sólo a nivel administrativo y en la toma de decisiones, sino también en el ámbito moral, impulsando a todas las áreas a alcanzar las metas planteadas.

b) Gerente general

- Plantear los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo.
- Organizar la estructura de la empresa actual y a futuro; como también de las funciones y los cargos.

- Dirigir la empresa, tomar decisiones, supervisar y ser un líder dentro de ésta.
- Controlar las actividades planificadas comparándolas con lo realizado y detectar las desviaciones o diferencias.
- Coordinar el aumento de número y calidad de clientes, las compras de materiales, las reparaciones y resolución de desperfectos en la empresa, desarrollo de proyectos y volumen de producción, así como coordinar la contratación, selección, capacitación y ubicación del personal adecuado para cada cargo.
- Analizar los problemas de la empresa en el aspecto financiero, administrativo, personal, contable entre otros.

c) Jefe de administración

- Dirigir y gestionar el abastecimiento de existencias, la financiación, el presupuesto y la tesorería y los recursos humanos.
- Efectuar y analizar las operaciones contables y fiscales, de asesoramiento, negociación, reclamación y venta de productos y servicios.
- Supervisar la contabilización de los asientos, control financiero y económico.
- Validar las horas extraordinarias de los empleados, validación de las nóminas.
- Proponer la contratación de nuevo personal, selección y formación en su área de responsabilidad.

- Plantear, establecer y controlar las estrategias financieras de la empresa.
- Ejecutar y mantener negociaciones con las entidades financieras y otros proveedores.
- Mejorar los recursos económicos y financieros necesarios para conseguir los objetivos planteados.
- Examinar, definir y dirigir las inversiones de la empresa.

d) Jefe de calidad

- Asegurarse de que se establecen, implementan y mantienen los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad.
- Garantizar el cumplimiento de las metas programadas para el sistema de calidad.
- Ejecutar y llevar el seguimiento a los aspectos ambientales y programas de gestión ambiental de la empresa.
- Garantizar la realización de las pruebas necesarias para verificar la conformidad de los productos así como de realizar las mediciones en los equipos que requieren alto grado de competencia.
- Definir mediante los correspondientes protocolos de análisis, el estatus de calidad (aprobación o rechazo) de los lotes de materia prima y producto terminado.
- Fijar requerimientos de calidad a proveedores para la compra de insumos.

e) Jefe de planta

- Elaborar el plan de trabajo de la Planta, requerimientos, controles y presupuesto anual.
- Garantizar la preparación e implementación de las especificaciones técnicas, normas internas y los requisitos adicionales de los productos.
- Desarrollar el seguimiento de las desviaciones de los requisitos especificados y acciones preventivas y correctivas en la planta.
- Especificar puntos de control y revisión para una adecuada trazabilidad de las operaciones.
- Definir materiales para ser utilizados en el proceso de producción.
- Inspeccionar el cumplimiento de acuerdo a procedimiento de los ingresos y salidas de los bienes de la planta.
- Supervisar que los procesos se realicen de acuerdo a los procedimientos establecidos.
- Planificar, dirigir y controlar las actividades del personal, estableciendo los mecanismos adecuados de comunicación y coordinación con las diferentes áreas.

f) Jefe comercial

- Planear y organizar programas especiales de venta y comercialización basados en el estado de las ventas y la evaluación del mercado.

- Establecer las listas de precios, los porcentajes de descuento y los plazos de entrega, los presupuestos para campañas de promoción de ventas, los métodos de venta, y los incentivos y campañas especiales.
- Establecer y gestionar presupuestos, controlar los gastos y asegurar la utilización eficiente de los recursos.
- Representar a la empresa u organización en convenciones de ventas y comercialización, ferias de muestras y otros foros.
- Solucionar problemas comerciales y de marketing.
- Especificar los canales comerciales de la empresa u organización, su estructura, tamaño y rutas.

g) Jefe de RRHH

- Colaborar en la creación y difusión de las políticas laborales de la empresa.
- Promover un ambiente de confianza con los empleados a través de una interacción constante.
- Escuchar y atender las preocupaciones de los empleados para canalizarlas a la esfera ejecutiva, y de ser necesario, defender dichas demandas.
- Idear y coordinar actividades al interior de la empresa que impulsen las relaciones positivas de trabajo.
- Incentivar y favorecer la capacitación y actualización de las habilidades de los empleados.

- Seleccionar y reclutar candidatos. Hacer seguimiento al proceso de selección.
- Administrar bonos y beneficios adicionales a los establecidos en la ley.
- Aplicar exámenes de desempeño.

h) Jefe de contabilidad y finanzas

- Supervisar el registro de operaciones contables, fiscales, legales, tributarias, etc., de acuerdo a la normativa vigente en los plazos y términos establecidos.
- Definir y controlar la implementación de los criterios y procedimientos para el registro contable y fiscal.
- Colaborar en el diseño e implementación de un sistema de información para la toma de decisiones.
- Asegurar el cumplimiento de los procesos internos en materia contable, fiscal, administrativa, comercial, etc.
- Supervisar todas las áreas de los estados financieros, garantizando la imagen fiel y su correcta definición y registro.
- Garantizar el correcto archivo de los documentos soporte (contables, fiscales, legales, etc.). De acuerdo a la normativa legal vigente y a los estándares establecidos internamente por el grupo.
- Mantener relación con auditores externos.
- Mantener relación con organismos públicos que requieran otro tipo de información contable, financiera, fiscal, etc.

i) Asistente de sistemas

- Instalar, configurar y actualizar hardware y software.
- Realizar el mantenimiento de los equipos informáticos del servicio (hardware y software) en cuanto a ordenadores personales y periféricos asociados.
- Diagnosticar fallas y errores, reparar o informar sobre la necesidad de una reparación externa.
- Acondicionar los equipos, para su remisión a las empresas cuando se realicen las reparaciones externas, verificar la calidad de las mismas al reingresar el equipo.
- Asesorar a los funcionarios del servicio en el uso correcto de microcomputadores y del software.
- Mantener y supervisar las defensas anti-virus del sistema informático.
- Instalar, inspeccionar la instalación de redes y asistir a los usuarios en la operación de las mismas.

j) Supervisor SSOMA

- Diseñar, elaborar y velar por el cumplimiento del plan y programa Anual de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Elaborar las matrices IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos) de los diferentes procesos y/o actividades de la organización.

- Diseñar, elaborar e implementar procedimientos de operación estándar (POE), programas e instructivos relacionados con las operaciones, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente de la organización.
- Diseñar e implementar un plan anual de capacitación en materia de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Liderar el Comité de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de la Organización.
- Diseñar, implementar y liderar la ejecución del plan de auditorías tanto internas como externas en materia de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.
- Diseñar y ejecutar el plan de monitoreo ocupacional y ambiental.
- Liderar y participar en la investigación de incidentes/accidentes.
- Elaborar y actualizar los indicadores de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de la organización, realizar el mantenimiento y seguimiento de las estadísticas de accidentes, incidentes y siniestros y plantear cursos de acción.

k) Jefe de producción

- Asegurar la correcta realización de las funciones del área productiva de la empresa y sobre el cumplimiento de los objetivos y políticas establecidas por el gerente.

- Rentabilizar y proyectar los recursos productivos de la empresa para obtener un aumento de la productividad a la vez que se respetan los estándares de calidad.
- Coordinar y hacer seguimiento de la ejecución de todos los trabajos dentro del ciclo de producción garantizando que cumplan con las especificaciones establecidas en el sistema de calidad.
- Administrar la producción a través de evaluaciones del proyecto productivo, planificación de la producción, implementación y manejo de recursos y control de la producción.
- El diseño y control de la calidad de los procesos mediante determinación de estándares de calidad, su medición y la corrección de desviaciones.

l) Jefe de mantenimiento

- Revisar, aprobar y controlar la ejecución del programa de trabajo de mantenimiento en la planta.
- Controlar los costos de mantenimiento, manteniendo los estándares de calidad.
- Planificar el mantenimiento preventivo y correctivo en la infraestructura en la planta.
- Mantener registros, controles de costos, estadísticas actualizadas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Dar seguimiento a los proyectos desarrollados por los contratistas.
- Presentar el plan anual operativo de su área.

- Coordinar la preparación de la Programación de la Ejecución Presupuestaria.
- Coordinar la elaboración del presupuesto de la Gerencia, con base a la previsión de requerimientos para su normal funcionamiento.
- Promover las necesidades de capacitación y presenta plan de capacitación anual de la Gerencia.

m) Jefe de proyectos

- Definir y concretar de los objetivos del proyecto.
- Planificar el proyecto en todos sus aspectos, identificando las actividades a realizar, los recursos a poner en juego, los plazos y los costos previstos.
- Dirigir y coordinar todos los recursos utilizados en el proyecto.
- Mantener permanentemente las relaciones externas del proyecto: proveedores, subcontratistas, otras direcciones, etc.
- Toma de decisiones necesarias para conocer en todo momento la situación en relación con los objetivos establecidos.
- Adopción de las medidas correctoras pertinentes para poner remedio a las desviaciones que se hubieran detectado.
- Proponer, en su caso, modificaciones a los límites u objetivos básicos del proyecto cuando concurren circunstancias que así lo aconsejen.

n) Jefe de compras

- Supervisar las actividades del personal a su cargo.

- Analizar y evaluar las cotizaciones y presupuestos presentados por las empresas proveedoras.
 - Velar por el cumplimiento de las características acordadas en los contratos de compras.
 - Ordenar el pago a los proveedores.
 - Preparar documentos para la nacionalización de la mercancía.
 - Estudiar las condiciones económicas, financieras y legales de los proveedores.
 - Evaluar las cotizaciones en divisas extranjeras necesarias para la compra de equipos especializados o distribuidores exclusivos.
 - Llevar el control del presupuesto y del crédito asignado.
 - Mantener actualizado el registro de proveedores y precios ofertados.
 - Elaborar proyecciones de costos necesarios en la estimación presupuestaria.
- o) Jefe de marketing
- Reunir, interpretar y presentar la información sobre los mercados (personas o empresas que podrían comprar el producto o servicio).
 - Ayudar a lanzar un nuevo producto o servicio.
 - Aportar en los planes de marketing, las decisiones presupuestarias y la estrategia de mercado.

- Adquirir retroalimentación de los clientes sobre los productos existentes y trabajar con los departamentos de desarrollo de productos para mejorar la satisfacción del cliente.
- Formar buenas relaciones con los clientes.
- Empezar y asistir a exposiciones, conferencias u otros eventos publicitarios.
- Preparar materiales de promoción tales como catálogos, páginas web, folletos o información presentada en los puntos de venta.

p) Jefe de almacén

- Verificar, coordinar y reportar el stock de materiales e insumos.
- Evaluar y coordinar la demanda de materiales en cuanto al consumo para recomendar su inclusión dentro del sistema de reposición.
- Organizar y coordinar con los usuarios, la aprobación y/o recepción de productos especiales.
- Evaluar, coordinar y reportar los materiales y repuestos obsoletos que se encuentren en stock de almacenes.
- Supervisar el buen estado y conservación de los materiales, repuestos e insumos.
- Verificar la actualización de las categorizaciones de los materiales.
- Gestionar una óptima rotación de los stocks.
- Mantener un nivel de inventarios acorde con los objetivos estratégicos de la organización.

- Supervisar y aprobar las transacciones del almacén (emisión de notas de ingreso, vales de salida, devoluciones y otras).
- Presentar el reporte mensual de los movimientos de almacenes.

q) Operarios

- Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su área, por lo que deberá mantenerse permanentemente actualizado.
- Operar los equipos verificando que lo indicado en los instructivos se esté efectuando.
- Realizar todas las mediciones correspondientes, anotar los datos y registrar esta información.
- Tomar muestras de producto terminado para realizar pruebas abreviadas de calidad.
- Controlar la presión, densidad y temperatura de los diferentes productos y elaborar el reporte correspondiente.
- Realizar drenajes y limpieza los equipos para garantizar la calidad de los productos.
- Realizar labores de limpieza interna de tuberías con los dispositivos que existan para tal fin.

r) Técnicos

- Realizar los trabajos encargados con la máxima eficiencia en el menos costo posible y con el máximo ahorro de material.

- Al ingresar a su respectivo turno, comprobar el estado de los trabajos en proceso que le competen, con el fin de hacerse cargo de los mismos y proceder a su ejecución.
- Tomar conocimiento de la situación en que recibe los diferentes equipos y del cuadro de ocurrencias del turno anterior.
- Observar exactamente los procedimientos de control administrativo que se hubieran establecidos en el proceso de los trabajos.
- Asumir trabajos de mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones, en relación a su especialidad y cumpliendo con las órdenes recibidas.
- Cuando se lo pida, colaborar con el personal técnico externo que se haya contratado para realizar trabajos específicos.
- Hacerse responsable del control y del uso de las herramientas y equipos usados como implemento de su trabajo, cuidando de regresarlos posteriormente al lugar asignado para su depósito.
- Debe proceder al control administrativo del material y de los repuestos usados en función a las reparaciones y al mantenimiento, según las normas establecidas.
- Ejecuta los trabajos de montaje e instalaciones de su competencia que se indique en las órdenes de servicio de eventos.

s) Vendedores

- Efectuar visitas a nuevos clientes potenciales.
- Fidelizar a los clientes actuales.

- Realizar cotizaciones y el seguimiento de sus gestiones comerciales.
- Informar sus gestiones de ventas.
- Incorporar nuevos clientes a la base de datos.
- Visitar empresas y buscar de proyectos donde se pueda cotizar.
- Participar en ferias y seminarios.
- Coordinar capacitaciones a clientes

5.2.3.4. *Definición de turnos*

En el primer año se realizará un solo turno y se espera que al quinto año se trabaje tres turnos para el sector productivo mediante turnos rotativos. Los horarios serán:

- 1^{er} Turno: 06 a 14 hs
- 2^{do} Turno: 14 a 22 hs
- 3^{er} Turno: 22 a 06 hs

Todos los demás sectores trabajarán en un turno de 8 a 16 hs.

Horario: de lunes a viernes

6. Capítulo VI: Estudio económico y financiero

6.1. Ingresos.

6.1.1. Proyección de ventas.

La Tabla 51 muestra los ingresos anuales para los próximos 5 años, considerando que el 40% de la producción tendrá presentación de cilindro de 55 gl, otro 40% será ofrecido al público en baldes de 5 gl y el 20% restante se expenderá en envases de 1 gl. Esta planificación deriva de los resultados de la encuesta, donde se detalla que la mayor parte del mercado prefiere adquirir cilindros y baldes.

Tabla 51
Proyección de ventas

Proyección de ventas								
Año	Fuel oil (gl)	Cilindro x 55 gl (und)	Precio cilindro x 55 gl (S/.)	Balde x 5 gl (und)	Precio balde x 5 gl (S/.)	Envase x 1 gl (und)	Precio envase x 1 gl (S/.)	Total anual (S/.)
2019	124,930.00	909	321.23	9,995	29.65	24,986	6.18	742,725.43
2020	187,395.00	1,363	327.66	14,992	30.25	37,479	6.30	1,136,190.96
2021	249,860.00	1,818	334.08	19,989	30.84	49,972	6.42	1,544,838.06
2022	312,325.00	2,272	340.51	24,986	31.43	62,465	6.55	1,968,005.00
2023	374,790.00	2,726	346.93	29,984	32.02	74,958	6.67	2,406,051.45

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Egresos.

Los egresos que se considerarán son los de costos de producción y gastos de operación.

6.2.1. Costos de producción.

Los costos de producción que intervienen en la producción de fuel oil son los de mano de obra directa, materia prima directa y costos indirectos de producción,

tales como los de materia prima indirecta, equipo de protección personal, suministros básicos, suministros de limpieza y otros.

6.2.1.1. *Mano de obra directa.*

En el primer año de operación la empresa sólo operará con un turno, en el segundo año se trabajará con 2 turnos y a partir del cuarto año se producirá en 3 turnos.

En las Tablas 52, 53 y 54 se detallan los puestos, cantidad de trabajadores y turnos con los que se operará.

Tabla 52
Egresos de mano de obra directa (año 2019)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de producción	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Operario	3	1	3,000.00	249.90	330.00	1590	270.00	4,008.90	48,106.80
Jefe de calidad	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Supervisor SSOMA	1	1	1,100.00	91.63	121.00	58.30	99.00	1,469.93	17,639.16
Jefe de almacén	1	1	1,100.00	91.63	121.00	58.30	99.00	1,469.93	17,639.16
Total de egresos anuales de mano de obra directa									131,491.92

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53
Egresos de mano de obra directa (años 2020 y 2021)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de producción	1	2	3,000.00	249.90	330.00	159.00	270.00	4,008.90	48,106.8
Operario	3	2	6,000.00	499.80	660.00	318.00	540.00	8,017.80	96,213.6
Jefe de calidad	1	2	3,000.00	249.90	330.00	159.00	270.00	4,008.90	48,106.8
Supervisor SSOMA	1	2	2,200.00	183.26	242.00	116.60	198.00	2,939.86	35,278.32
Jefe de almacén	1	2	2,200.00	183.26	242.00	116.60	198.00	2,939.86	35,278.32
Total de egresos anuales de mano de obra directa									262,983.84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54
Egresos de mano de obra directa (años 2022 y 2023)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de producción	1	3	4,500.00	374.85	495	238.5	405	6013.35	72160.2
Operario	3	3	9,000.00	749.7	990	477	810	12026.7	144320.4
Jefe de calidad	1	3	4,500.00	374.85	495	238.5	405	6013.35	72160.2
Supervisor SSOMA	1	3	3,300.00	274.89	363	174.9	297	4409.79	52917.48
Jefe de almacén	1	3	3,300.00	274.89	363	174.9	297	4409.79	52917.48
Total de egresos anuales de mano de obra directa									394475.76

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2. *Materia prima directa.*

La materia prima principal que usa el proceso son los residuos plásticos cuyo costo, como se indicó, es de S/5.00 por TM, cabe mencionar que también debe considerarse el costo destinado a su recojo desde los centros de acopio, asimismo como insumo principal de la producción de fuel oil se tiene la zeolita, cuyo precio es de S/0.40. En la Tabla 55 se muestra los egresos totales para los primeros 5 años y la Tabla 56 detalla los costos destinados a combustible, asimismo el Anexo 3 muestra el cálculo de éste.

Tabla 55

Egresos de materia prima directa

Año	Residuos plásticos (TM)	Zeolita (kg)	Total anual (S/.)
2019	821.25	29,380.00	15,858.25
2020	1,642.50	44,070.00	25,840.50
2021	1,642.50	58,760.00	31,716.50
2022	2,463.75	73,450.00	41,698.75
2023	2,463.75	88,140.00	47,574.75

Fuente: Centro de acopio de Cerro Colorado/ Gongyi Meiqi Industry&Trade Co.

Tabla 56

Egresos de transporte de materia prima

Año	Costo anual de combustible (S/.)
2019	9,360.00
2020	18,720.00
2021	18,720.00
2022	28,080.00
2023	28,080.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3. Costos indirectos.

Los costos de producción indirectos se refieren a los que intervienen en el proceso productivo, sin embargo no se incorporan físicamente al producto.

6.2.1.3.1. Materia prima indirecta.

Se considerarán los costos de los de envases y etiquetas. Las Tablas 57 y 58 detallan estos costos:

Tabla 57

Egresos de materia prima indirecta- envases

Año	Cilindros 55 gl x 100 und (und)	Precio cilindro 55 gl x 100 und (S/.)	Balde 5 gl x 1000 und (und)	Precio balde 5 gl x 1000 und (S/.)	Envase 1 gl x 1000 und (und)	Precio envase 1 gl x 1000 und (S/.)	Total anual (S/.)
2019	10	4,000.00	10	6,500.00	25	2,000.00	155,000.00
2020	14	4,000.00	15	6,500.00	38	2,000.00	229,500.00
2021	19	4,000.00	20	6,500.00	50	2,000.00	306,000.00
2022	23	4,000.00	25	6,500.00	63	2,000.00	380,500.00
2023	28	4,000.00	30	6,500.00	75	2,000.00	457,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58

Egresos de materia prima indirecta- etiquetas

Año	Etiquetas cilindro 55 gl x 100 und (rollo)	Precio etiquetas cilindro 55 gl x 100 und (S/.)	Etiquetas balde 5 gl x 1000 und (rollo)	Precio etiquetas balde 5 gl x 1000 und (S/.)	Etiquetas envase 1 gl x 1000 und (rollo)	Precio etiquetas envase 1 gl x 1000 und (S/.)	Total anual (S/.)
2019	10	35.00	10	300.00	25	215.00	8,725.00
2020	14	35.00	15	300.00	38	215.00	13,160.00
2021	19	35.00	20	300.00	50	215.00	17,415.00
2022	23	35.00	25	300.00	63	215.00	21,850.00
2023	28	35.00	30	300.00	75	215.00	26,105.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3.2. *Equipo de protección personal.*

Así como la cantidad de turnos y operarios aumentará, los costos derivados de los EPP también incrementarán.

En las Tablas 59, 60 y 61 se plasma lo mencionado.

Tabla 59
Egresos de equipo de protección personal (año 2019)

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Casco (und)	6	13.00	78.00
Zapatos (par)	6	45.00	270.00
Respirador para polvo (und)	3	20.00	60.00
Mascarilla facial descartable (caja x 50 und)	6	8.50	51.00
Lentes de seguridad (und)	24	3.00	72.00
Tapones de oído (caja x 200 und)	4	170.00	680.00
Guantes de seguridad para trabajo en caliente (par)	12	10.00	120.00
Guantes de seguridad para mecánico (par)	12	5.00	60.00
Guantes descartables de latex (caja x 100 und)	3	20.00	60.00
Uniforme (pantalón, camisa)	3	60.00	180.00
Total de egresos de equipo de protección personal			1,631.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60
Egresos de equipo de protección personal (años 2020 y 2021)

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Casco (und)	12	13.00	156.00
Zapatos (par)	12	45.00	540.00
Respirador para polvo (und)	6	20.00	120.00
Mascarilla facial descartable (caja x 50 und)	12	8.50	102.00
Lentes de seguridad (und)	48	3.00	144.00
Tapones de oído (caja x 200 und)	8	170.00	1,360.00
Guantes de seguridad para trabajo en caliente (par)	24	10.00	240.00
Guantes de seguridad para mecánico (par)	24	5.00	120.00
Guantes descartables de latex (caja x 100 und)	6	20.00	120.00
Uniforme (pantalón, camisa)	6	60.00	360.00
Total de egresos de equipo de protección personal			3,262.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61
Egresos de equipo de protección personal (años 2022 y 2023)

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Casco (und)	18	13.00	234.00
Zapatos (par)	18	45.00	810.00
Respirador para polvo (und)	9	20.00	180.00
Mascarilla facial descartable (caja x 50 und)	18	8.50	153.00
Lentes de seguridad (und)	72	3.00	216.00
Tapones de oído (caja x 200 und)	12	170.00	2,040.00
Guantes de seguridad para trabajo en caliente (par)	36	10.00	360.00
Guantes de seguridad para mecánico (par)	36	5.00	180.00
Guantes descartables de latex (caja x 100 und)	9	20.00	180.00
Uniforme (pantalón, camisa)	9	60.00	540.00
Total de egresos de equipo de protección personal			4,893.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3.3. *Suministros básicos.*

Los costos de servicios básicos se detallan en la Tabla 62. Cabe mencionar que los costos, teléfono e internet se repartirán equitativamente entre las operaciones productivas y administrativas.

Tabla 62
Egresos de suministros básicos

Descripción	Monto mensual (s/.)	Monto anual (S/.)
Energía eléctrica	1,000.00	12,000.00
Agua y desagüe	800.00	9,600.00
Teléfono	150.00	1,800.00
Internet	150.00	1,800.00
Total de egresos de suministros básicos y otros		25,200.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3.4. *Suministros de limpieza y otros.*

Los costos de suministros de limpieza y otros se plasman en la Tabla 63. Cabe mencionar que estos costos se repartirán equitativamente entre las operaciones productivas y administrativas.

Tabla 63
Egresos de suministros de limpieza y otros

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Detergente x 4.8 kg (und)	6	30.00	180.00
Lejía x 5 l (und)	3	9.00	27.00
Escoba (und)	4	10.00	40.00
Recogedor (und)	4	6.00	24.00
Trapeador (und)	4	8.00	32.00
Papel higiénico jumbo (und)	12	17.00	204.00
Jabón Líquido x 1 gl (und)	4	20.00	80.00
Extintores PQS de 6 kg (und)	6	65.00	390.00
Total de egresos de suministros de limpieza y otros			977.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Gastos de operación.

Los gastos de operación son los administrativos (mano de obra indirecta, útiles de escritorio, servicios básicos, suministros de limpieza y otros), así como la de depreciación y amortización de bienes de la empresa.

6.2.2.1. Gastos administrativos.

6.2.2.1.1. Mano de obra indirecta.

La mano de obra indirecta también aumentará al paso de los años, en el año 2019 se trabajará con 7 puestos, en el 2020 con 10 y en el 2022 la cantidad de puestos será de 13. En las Tablas 64, 65 y 66 se detalla lo mencionado.

Tabla 64
Egresos de mano de obra indirecta (año 2019)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de mantenimiento	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Técnico mecánico	1	1	1,000.00	83.30	110.00	53.00	90.00	1,336.30	16,035.60
Técnico eléctrico	1	1	1,000.00	83.30	110.00	53.00	90.00	1,336.30	16,035.60
Jefe de compras	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Gerente general	1	1	2,500.00	208.25	275.00	132.50	225.00	3,340.75	40,089.00
Jefe de administración	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Jefe comercial	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Total de egresos anuales de mano de obra directa									155,545.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65
Egresos de mano de obra indirecta (años 2020 y 2021)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de mantenimiento	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Técnico mecánico	1	1	1,000.00	83.30	110.00	53.00	90.00	1,336.30	16,035.60
Técnico eléctrico	1	1	1,000.00	83.30	110.00	53.00	90.00	1,336.30	16,035.60
Jefe de compras	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Gerente general	1	1	2,500.00	208.25	275.00	132.50	225.00	3,340.75	40,089.00
Jefe de administración	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Jefe comercial	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Vendedor	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Jefe de contabilidad y finanzas	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Jefe de marketing	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Total de egresos anuales de mano de obra directa									214,877.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66
Egresos de mano de obra indirecta (años 2022 y 2023)

Cargo	Cantidad	Turnos	Remuneración base mensual (S/.)	Prestaciones				Remuneración mensual (S/.)	Remuneración anual (S/.)
				CTS (S/.)	AFP (S/.)	Seguro (S/.)	EsSalud 9% (S/.)		
Jefe de mantenimiento	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Técnico mecánico	2	1	2,000.00	166.60	220.00	106.00	180.00	2,672.60	32,071.20
Técnico eléctrico	2	1	2,000.00	166.60	220.00	106.00	180.00	2,672.60	32,071.20
Jefe de compras	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Gerente general	1	1	2,500.00	208.25	275.00	132.50	225.00	3,340.75	40,089.00
Jefe de administración	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Jefe comercial	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Vendedor	3	1	3,600.00	299.88	396.00	190.80	324.00	4,810.68	57,728.16
Jefe de contabilidad y finanzas	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Jefe de marketing	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Jefe de proyectos	1	1	1,500.00	124.95	165.00	79.50	135.00	2,004.45	24,053.40
Jefe de RRHH	1	1	1,300.00	108.29	143.00	68.90	117.00	1,737.19	20,846.28
Asistente de sistemas	1	1	1,200.00	99.96	132.00	63.60	108.00	1,603.56	19,242.72
Total de egresos anuales de mano de obra directa									349,576.08

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.2. Útiles de escritorio.

La Tabla 67 muestra los útiles de escritorio requeridos por año.

Tabla 67
Egreso de útiles de escritorio

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Papel bond A-4 x 500 hojas (pqt)	10	9.80	98.00
Archivador (und)	10	4.00	40.00
Lapiceros x 12 und (caja)	8	6.00	48.00
Engrapador (und)	6	6.70	40.20
Grapas x 5000 und (caja)	2	2.70	5.40
Perforador (und)	6	5.00	30.00
Pizarra acrílica (und)	2	30.00	60.00
Plumones acrílicos x 3 und (pqt)	4	12.00	48.00
Cuadernos (und)	10	1.50	15.00
Lápices x 5 und (pqt)	3	2.60	7.80
Corrector (und)	10	1.10	11.00
Folder manila x 100 und (pqt)	2	15.00	30.00
Fastener x 50 und (caja)	6	5.00	30.00
Tajador (und)	10	0.50	5.00
Borrador (und)	10	0.50	5.00
Clips x 100 und (caja)	5	0.80	4.00
Resaltadores (und)	20	2.50	50.00
Sellos (und)	10	4.50	45.00
Tampon (und)	10	2.50	25.00
Sobres manila x 100 und (pqt)	1	15.00	15.00
Notas adhesivas x 12 (pqt)	2	18.00	36.00
Tijera (und)	10	1.00	10.00
Cinta adhesiva 12 mm (und)	10	0.70	7.00
Cinta de embalaje 2" x 6 und (pqt)	10	1.80	18.00
Plumon permanente (und)	6	2.50	15.00
Total de egresos de útiles de escritorio			698.40

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.3. Suministros básicos.

En la Tabla 68 se plasman los costos de servicios de luz, agua y desagüe, teléfono e internet destinados a las operaciones administrativas.

Tabla 68
Egresos de suministros básicos de administración

Descripción	Monto mensual (S/.)	Monto anual (S/.)
Energía eléctrica	400.00	4,800.00
Agua y desagüe	300.00	3,600.00
Teléfono	150.00	1,800.00
Internet	150.00	1,800.00
Total de egresos de suministros básicos y otros de administración		12,000.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.4. *Suministros de limpieza y otros.*

La Tabla 69 detalla los costos de suministros de limpieza y otros para operaciones administrativas, que tal como se indicó el ítem 6.2.1.3.4 representan el 50% del costo total.

Tabla 69
Egresos de suministros de limpieza y otros de administración

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Total anual (S/.)
Detergente x 4.8 kg (und)	6	30.00	180.00
Lejía x 5 l (und)	3	9.00	27.00
Escoba (und)	4	10.00	40.00
Recogedor (und)	4	6.00	24.00
Trapeador (und)	4	8.00	32.00
Papel higiénico jumbo (und)	12	17.00	204.00
Jabón Líquido x 1 gl (und)	4	20.00	80.00
Extintores PQS de 6 kg (und)	6	65.00	390.00
Total de egresos de suministros de limpieza y otros de administración			977.00

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. *Depreciación.*

Se debe considerar la depreciación anual de maquinaria y equipo, materiales y equipos auxiliares, muebles y enseres, equipos de procesamiento de datos, vehículos, así como la amortización de intangibles.

Se realizará una distinción entre la depreciación de planta conformada por maquinaria y equipo, materiales y equipos auxiliares y vehículos, y depreciación de oficina, la cual comprende muebles y enseres y equipos de procesamiento de datos. En las Tablas 70, 71, 72, 73, 74 y 75 se detalla lo mencionado.

Tabla 70
Depreciación de maquinaria y equipo

Descripción	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Sistema de alimentación	1	8,744.00	8,744.00	10	874.4
Reactor pirolítico	1	15,897.00	15,897.00	10	1589.7
Cámara de combustión	1	3,955.00	3,955.00	10	395.5
Separador de gas y aceite	1	5,807.00	5,807.00	10	580.7
Tanque de aceite pesado	1	6,254.00	6,254.00	10	625.4
Tanque de amortiguación	1	3,589.00	3,589.00	10	358.9
Condensador	2	9,436.00	18,872.00	10	1887.2
Tanque de fuel oil móvil	2	7,395.00	14,790.00	10	1479
Purificador de gas	1	6,947.00	6,947.00	10	694.7
Intercambiador de calor	1	9,219.00	9,219.00	10	921.9
Tanque de lavado con agua	1	8,259.00	8,259.00	10	825.9
Tanque de rociado de agua	1	8,340.00	8,340.00	10	834
Tanque de adsorción de anillos de cerámica	1	8,529.00	8,529.00	10	852.9
Tanque de adsorción de carbón activado	1	8,492.00	8,492.00	10	849.2
Sistema de descarga	1	4,284.00	4,284.00	10	428.4
Depreciación de maquinaria y equipo					13197.8

Fuente: Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta Decreto Supremo N° 122-94-EF.

Tabla 71
Depreciación de materiales y equipos auxiliares

Descripción	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Balanza	3	400	1,200.00	10	120.00
Stocka	2	1,500.00	3,000.00	10	300.00
Equipo de etiquetado	1	1005	1,005.00	10	100.50
Equipo de tapado	1	260	260.00	10	26.00
Tote (2.4x2.3x1.2)	3	250	750.00	10	75.00
Pallet	12	18	216.00	10	21.60
Carretilla para cilindros	3	150	450.00	10	45.00
Sistema de carga/descarga de cilindros a furgoneta	1	600	600.00	10	60.00
Monitor de gases	1	5,000.00	5,000.00	10	500.00
Botiquín	1	100.00	100.00	10	10.00

Herramientas	1	1,000.00	1,000.00	10	100.00
Equipo de laboratorio	1	2,000.00	2,000.00	10	200.00
Depreciación de materiales y equipos auxiliares					1,558.10

Fuente: Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta Decreto Supremo N° 122-94-EF.

Tabla 72
Depreciación de muebles y enseres

Descripción	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Escritorio	12	80	960.00	10	96.00
Sillas	20	40.00	800.00	10	80.00
Mesa de reunión	1	250	250.00	10	25.00
Librero	1	120	120.00	10	12.00
Mesa de laboratorio	3	250	750.00	10	75.00
Estante	12	100	1,200.00	10	120.00
Depreciación de muebles y enseres					408.00

Fuente: Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta Decreto Supremo N° 122-94-EF.

Tabla 73
Depreciación de equipos de procesamiento de datos

Descripción	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Computadora	8	2,500.00	20,000.00	4	5,000.00
Laptop	4	1,800.00	7,200.00	4	1,800.00
Impresora multifuncional	6	250	1,500.00	4	375.00
Celular	8	250	2,000.00	4	500.00
Depreciación de equipos de procesamiento de datos					7,675.00

Fuente: Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta Decreto Supremo N° 122-94-EF.

Tabla 74
Depreciación de vehículos

Descripción	Cant.	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Montacargas	2	16,000.00	32,000.00	5	6,400.00
Furgoneta 3 tn	1	20,000.00	20,000.00	5	4,000.00
Depreciación de vehículos					10,400.00

Fuente: Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta Decreto Supremo N° 122-94-EF.

Tabla 75
Amortización de intangibles

Descripción	Precio total (S/.)	Años de vida útil	Valor de depreciación por año (S/.)
Constitución de la empresa	2,000.00	5	400.00
Software (Licencias)	1,000.00	5	200.00

Licencia de funcionamiento	816.70	5	163.34
Registros sanitarios	1,000.00	5	200.00
Amortización de intangibles			963.34

Fuente: Informe 118-2009-SUNAT/2B0000.

6.3. Cálculo de costo unitario.

Para hallar el costo por galón producido se calcularon primero los costos de producción considerando los valores de materia prima directa, mano de obra directa y costos indirectos, también los gastos administrativos y de operación.

En las Tablas 76, 77 y 78 se plasman los cálculos correspondientes.

Tabla 76

Costos de producción

Costos de producción	
Materia prima directa	S/. 25,218.25
Mano de obra directa	S/. 131,491.92
Costos indirectos	S/. 191,533.00
Total	S/. 348,243.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77

Gastos de operación

Gastos de producción	
Gastos administrativos	S/. 169,220.72
Total	S/. 169,220.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78

Costo unitario

Costo unitario total	
Costos de producción	S/. 348,243.17
Gastos de producción	S/. 169,220.72
Total	S/. 517,463.89
Producción anual de fuel oil (gl)	S/. 124,930.00
Costo unitario	S/. 4.14

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Determinación del precio de venta.

El margen de utilidad planificado es de 16%, asimismo cabe considerar que el impuesto selectivo al consumo (ISC) corresponde a S/1.00 por cada galón, el cual corresponde al 24% del costo unitario aproximadamente, se considerará un margen de utilidad del 25%.

Tabla 79
Cálculo de precio

Precio	
Costo unitario	S/. 4.14
ISC (S/.1.00/gl)	S/. 1.00
Margen de utilidad (25%)	S/. 1.04
Precio	S/. 6.18

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Inversión.

La inversión del proyecto comprende la inversión en activos tangible (S/1,621,439.00), la inversión en activos intangibles (S/4,816.70) y el capital de trabajo (S/.84,392.19). El tipo de cambio aplicado a la compra del local, \$370,000 es de 3.28. Las Tablas 80, 81 y 82 detallan estos montos.

Tabla 80
Inversión de activos tangibles

Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
Compra de local	1	1213600	1,213,600.00
Adecuación de local	1	100,000.00	100,000.00
Licencia de construcción (1.5%)	1	300.00	300.00
Sistema de alimentación	1	8,744.00	8,744.00
Reactor pirolítico	1	15,897.00	15,897.00
Cámara de combustión	1	3,955.00	3,955.00
Separador de gas y aceite	1	5,807.00	5,807.00
Tanque de aceite pesado	1	6,254.00	6,254.00
Tanque de amortiguación	1	3,589.00	3,589.00

Condensador	2	9,436.00	18,872.00
Tanque de fuel oil móvil	2	7,395.00	14,790.00
Purificador de gas	1	6,947.00	6,947.00
Intercambiador de calor	1	9,219.00	9,219.00
Tanque de lavado con agua	1	8,259.00	8,259.00
Tanque de rociado de agua	1	8,340.00	8,340.00
Tanque de adsorción de anillos de cerámica	1	8,529.00	8,529.00
Tanque de adsorción de carbón activado	1	8,492.00	8,492.00
Sistema de descarga	1	4,284.00	4,284.00
Estructura metalmecánica	1	30,000.00	30,000.00
Sistema eléctrico	1	24,000.00	24,000.00
Sistema hidráulico	1	18,000.00	18,000.00
Balanza	3	400.00	1,200.00
Stocka	2	1,500.00	3,000.00
Equipo de etiquetado	1	1,005.00	1,005.00
Equipo de tapado	1	260.00	260.00
Tote (2.4x2.3x1.2)	3	250.00	750.00
Pallet	12	18.00	216.00
Carretilla para cilindros	3	150.00	450.00
Sistema de carga y descarga de cilindros a furgoneta	1	600.00	600.00
Monitor de gases	1	5,000.00	5,000.00
Botiquín	1	100.00	100.00
Herramientas	1	1,000.00	1,000.00
Equipo de laboratorio	1	2,000.00	2,000.00
Escritorio	12	80.00	960.00
Sillas	20	40.00	800.00
Mesa de reunión	1	250.00	250.00
Librero	1	120.00	120.00
Mesa de laboratorio	3	250.00	750.00
Estante	12	100.00	1,200.00
Computadora	8	2,500.00	20,000.00
Laptop	4	1,800.00	7,200.00
Impresora multifuncional	6	250.00	1,500.00
Celular	8	250.00	2,000.00
Montacargas	2	16,000.00	32,000.00
Furgoneta 3 TM	1	20,000.00	20,000.00
Total			1,621,439.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81
Inversión de activos intangibles

Descripción	Precio total (S/.)
Constitución de la empresa	2,000.00
Software (Licencias)	1,000.00

Licencia de funcionamiento	816.70
Registros sanitarios	1,000.00
Total	4,816.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82
Capital de trabajo

Capital de trabajo	
Materia prima directa (1 trimestre)	S/. 6,304.56
Materia prima indirecta (1 trimestre)	S/. 40,931.25
Mano de obra directa (1 trimestre)	S/. 32,872.98
Equipo de protección personal (1 año)	S/. 1,631.00
Útiles de escritorio (1 año)	S/. 698.40
Suministros de limpieza y otros (1 año)	S/. 1,954.00
Capital de trabajo	S/. 84,392.19

Fuente: Elaboración propia.

6.6. Financiamiento.

El proyecto será financiado en un 59% por capital propio y un 41% por capital prestado, la entidad bancaria que otorgará el préstamo es el Banco de Crédito del Perú, en un plazo de 5 años, mientras que la tasa aplicada al capital propio es de 5.5%, otorgado por el Banco Scotiabank a cuotas fijas.

La Tabla 83 detalla los porcentajes y valores de aportación según la fuente:

Tabla 83
Financiamiento

Fuente	% aportación	Valor
Capital propio	59%	S/. 1,010,647.89
Capital prestado	41%	S/. 700,000.00
Total	100%	S/. 1,710,647.89

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 84 se plasman las características del préstamo y la Tabla 85 refleja el interés de capital propio.

Tabla 84
Características del préstamo

Monto	S/. 700,000.00	TEF	1.14%	Frecuencia	Mensual	Total pago	S/. 970,312.73
TEA	13.40%	Tipo cuota	Plazo fijo	Plazo total (días)	1800	Fecha desembolso	01/01/2019
N° cuotas	60	TCEA	13.40%	Total intereses	S/. 270,312.73	Fecha vencimiento	06/12/2023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85
Interés de capital propio

Monto	S/. 1,010,647.89	Frecuencia	Mensual	Total pago	S/. 1,288,576.06
TEA	5.5%	Plazo total (días)	1800	Fecha desembolso	01/01/2019
N° cuotas	60	Total intereses	S/. 277,928.17	Fecha vencimiento	06/12/2023

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 86 muestra la amortización del préstamo:

Tabla 86
Amortización de préstamo

Cuota	Fecha	Saldo (S/.)	Amortización (S/.)	Pago de interés (S/.)	Cuota mensual (S/.)	Total amortización (S/.)	Total pago de interés (S/.)	Total cuota mensual (S/.)
0	01/01/2019	700,000.00						
1	31/01/2019	691,808.12	-8,191.88	-7,980.00	-16,171.88			
2	02/03/2019	683,522.85	-8,285.27	-7,886.61	-16,171.88			
3	01/04/2019	675,143.14	-8,379.72	-7,792.16	-16,171.88			
4	01/05/2019	666,667.89	-8,475.25	-7,696.63	-16,171.88			
5	31/05/2019	658,096.02	-8,571.86	-7,600.01	-16,171.88			
6	30/06/2019	649,426.44	-8,669.58	-7,502.29	-16,171.88	-104,706.45	-89,356.10	-194,062.55
7	30/07/2019	640,658.02	-8,768.42	-7,403.46	-16,171.88			
8	29/08/2019	631,789.65	-8,868.38	-7,303.50	-16,171.88			
9	28/09/2019	622,820.17	-8,969.48	-7,202.40	-16,171.88			
10	28/10/2019	613,748.44	-9,071.73	-7,100.15	-16,171.88			
11	27/11/2019	604,573.29	-9,175.15	-6,996.73	-16,171.88			
12	27/12/2019	595,293.55	-9,279.74	-6,892.14	-16,171.88			
13	26/01/2020	585,908.02	-9,385.53	-6,786.35	-16,171.88			
14	25/02/2020	576,415.49	-9,492.53	-6,679.35	-16,171.88			
15	26/03/2020	566,814.75	-9,600.74	-6,571.14	-16,171.88			
16	25/04/2020	557,104.56	-9,710.19	-6,461.69	-16,171.88			
17	25/05/2020	547,283.67	-9,820.89	-6,350.99	-16,171.88			
18	24/06/2020	537,350.82	-9,932.85	-6,239.03	-16,171.88	-119,963.42	-74,099.13	-194,062.55
19	24/07/2020	527,304.75	-10,046.08	-6,125.80	-16,171.88			
20	23/08/2020	517,144.14	-10,160.60	-6,011.27	-16,171.88			
21	22/09/2020	506,867.70	-10,276.44	-5,895.44	-16,171.88			
22	22/10/2020	496,474.12	-10,393.59	-5,778.29	-16,171.88			

23	21/11/2020	485,962.04	-10,512.07	-5,659.80	-16,171.88			
24	21/12/2020	475,330.13	-10,631.91	-5,539.97	-16,171.88			
25	20/01/2021	464,577.02	-10,753.12	-5,418.76	-16,171.88			
26	19/02/2021	453,701.32	-10,875.70	-5,296.18	-16,171.88			
27	21/03/2021	442,701.63	-10,999.68	-5,172.20	-16,171.88			
28	20/04/2021	431,576.55	-11,125.08	-5,046.80	-16,171.88			
29	20/05/2021	420,324.65	-11,251.91	-4,919.97	-16,171.88			
30	19/06/2021	408,944.47	-11,380.18	-4,791.70	-16,171.88			
31	19/07/2021	397,434.56	-11,509.91	-4,661.97	-16,171.88	-137,443.50	-56,619.04	-194,062.55
32	18/08/2021	385,793.43	-11,641.12	-4,530.75	-16,171.88			
33	17/09/2021	374,019.60	-11,773.83	-4,398.05	-16,171.88			
34	17/10/2021	362,111.54	-11,908.06	-4,263.82	-16,171.88			
35	16/11/2021	350,067.73	-12,043.81	-4,128.07	-16,171.88			
36	16/12/2021	337,886.63	-12,181.11	-3,990.77	-16,171.88			
37	15/01/2022	325,566.66	-12,319.97	-3,851.91	-16,171.88			
38	14/02/2022	313,106.24	-12,460.42	-3,711.46	-16,171.88			
39	16/03/2022	300,503.77	-12,602.47	-3,569.41	-16,171.88			
40	15/04/2022	287,757.63	-12,746.14	-3,425.74	-16,171.88			
41	15/05/2022	274,866.19	-12,891.44	-3,280.44	-16,171.88			
42	14/06/2022	261,827.79	-13,038.40	-3,133.47	-16,171.88	-157,470.65	-36,591.90	-194,062.55
43	14/07/2022	248,640.75	-13,187.04	-2,984.84	-16,171.88			
44	13/08/2022	235,303.37	-13,337.37	-2,834.50	-16,171.88			
45	12/09/2022	221,813.95	-13,489.42	-2,682.46	-16,171.88			
46	12/10/2022	208,170.75	-13,643.20	-2,528.68	-16,171.88			
47	11/11/2022	194,372.02	-13,798.73	-2,373.15	-16,171.88			
48	11/12/2022	180,415.98	-13,956.04	-2,215.84	-16,171.88			
49	10/01/2023	166,300.84	-14,115.14	-2,056.74	-16,171.88			
50	09/02/2023	152,024.79	-14,276.05	-1,895.83	-16,171.88			
51	11/03/2023	137,586.00	-14,438.80	-1,733.08	-16,171.88			
52	10/04/2023	122,982.60	-14,603.40	-1,568.48	-16,171.88			
53	10/05/2023	108,212.72	-14,769.88	-1,402.00	-16,171.88			
54	09/06/2023	93,274.47	-14,938.25	-1,233.63	-16,171.88	-180,415.98	-13,646.57	-194,062.55
55	09/07/2023	78,165.92	-15,108.55	-1,063.33	-16,171.88			
56	08/08/2023	62,885.13	-15,280.79	-891.09	-16,171.88			
57	07/09/2023	47,430.14	-15,454.99	-716.89	-16,171.88			
58	07/10/2023	31,798.97	-15,631.18	-540.70	-16,171.88			
59	06/11/2023	15,989.60	-15,809.37	-362.51	-16,171.88			
60	06/12/2023	0.00	-15,989.60	-182.28	-16,171.88			

Fuente: Elaboración propia.

La cuota de amortización anual es de S/.194,062.55.

6.7. Costos fijos y costos variables.

Una vez calculados los costos según su identificación (directos e indirectos), en las Tablas 87 y 88 se hará la distinción de según el volumen de producción.

Tabla 87
Costos fijos

Costos fijos	Monto (S/.)
Mano de obra directa	131,491.92
Mano de obra indirecta	155,545.32
EPP's	1,631.00
Suministros de limpieza y otros planta	977.00
Útiles de escritorio	698.40
Suministros básicos oficina	12,000.00
Suministros básicos planta (teléfono e internet)	3,600.00
Suministros de limpieza y otros oficina	977.00
Depreciación	33,238.90
Amortización	963.34
Total	341,122.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88
Costos variables

Costos variables	Monto (S/.)
Materia prima directa	25,218.25
Materia prima indirecta	163,725.00
Suministros básicos planta (luz y agua)	21,600.00
Total	210,543.25

Fuente: Elaboración propia.

6.8. Cálculo del WACC.

Para el cálculo del WACC se considerará la siguiente fórmula:

$$WACC = \frac{E}{E + D} \times Ke + \frac{D}{E + D} \times Kd \times (1 - T)$$

Con los datos detallados en la Tabla 89 se obtuvo el valor deseado, el cual servirá como tasa de descuento para el cálculo del VANE y VANF.

Tabla 89

Cálculo del WACC

E	S/. 1,010,647.89
D	S/. 700,000.00
Ke	6%
Kd	13.40%
T	29.5%
WACC	0.071151191

Fuente: Elaboración propia.

6.9. Flujo de caja.

La Tabla 90 muestra el flujo de ingresos y egresos de caja en un periodo de 5 años (2019-2023):+////

Tabla 90
Flujo de caja 2019-2028

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
Ingresos																						
Cantidad de fuel oil (gl)		124,930.00	187,395.00	249,860.00	312,325.00	374,790.00	374,790.00	374,790.00	374,790.00	374,790.00	374,790.00											
Precio	S/.	6.18	S/.	6.30	S/.	6.42	S/.	6.55	S/.	6.67	S/.	6.80	S/.	6.92	S/.	7.04	S/.	7.17	S/.	7.29		
Total ingresos	S/.	771,759.86	S/.	1,180,792.59	S/.	1,605,260.51	S/.	2,045,163.64	S/.	2,500,501.95	S/.	2,546,807.55	S/.	2,593,113.14	S/.	2,639,418.73	S/.	2,685,724.32	S/.	2,732,029.91		
Egresos																						
Materia prima directa	S/.	-25,218.25	S/.	-44,560.50	S/.	-50,436.50	S/.	-69,778.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75		
Mano de obra directa	S/.	-131,491.92	S/.	-262,983.84	S/.	-262,983.84	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76		
Costos indirectos	S/.	-191,533.00	S/.	-272,099.00	S/.	-352,854.00	S/.	-433,420.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00		
Total costos de producción	S/.	-348,243.17	S/.	-579,643.34	S/.	-666,274.34	S/.	-897,674.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51		
Gastos administrativos	S/.	-169,220.72	S/.	-228,552.44	S/.	-228,552.44	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48		
Total gastos de operación	S/.	-169,220.72	S/.	-228,552.44	S/.	-228,552.44	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48		
Total egresos	S/.	-517,463.89	S/.	-808,195.78	S/.	-894,826.78	S/.	-1,260,925.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99		
Utilidad antes de impuestos	S/.	254,295.97	S/.	372,596.81	S/.	710,433.73	S/.	784,237.65	S/.	1,152,944.96	S/.	1,199,250.56	S/.	1,245,556.15	S/.	1,291,861.74	S/.	1,338,167.33	S/.	1,384,472.92		
Impuesto a la renta (29.5%)	S/.	-75,017.31	S/.	-109,916.06	S/.	-209,577.95	S/.	-231,350.11	S/.	-340,118.76	S/.	-353,778.91	S/.	-367,439.06	S/.	-381,099.21	S/.	-394,759.36	S/.	-408,419.51		
Impuesto selectivo al consumo (S/./gl)	S/.	-124,930.00	S/.	-187,395.00	S/.	-249,860.00	S/.	-312,325.00	S/.	-374,790.00	S/.	-374,790.00	S/.	-374,790.00	S/.	-374,790.00	S/.	-374,790.00	S/.	-374,790.00		
Utilidad neta	S/.	54,348.66	S/.	75,285.75	S/.	250,995.78	S/.	240,562.54	S/.	438,036.20	S/.	470,681.64	S/.	503,327.08	S/.	535,972.53	S/.	568,617.97	S/.	601,263.41		
Inversión																						
Inversión fija tangible	S/.	-1,621,439.00																				
Valor de recupero fijo tangible																			S/.	1,387,100.00		
Inversión fija intangible	S/.	-4,816.70																				
Inversión en capital de trabajo	S/.	-84,392.19																				
Flujo de caja económico	S/.	-1,710,647.89	S/.	54,348.66	S/.	75,285.75	S/.	250,995.78	S/.	240,562.54	S/.	438,036.20	S/.	470,681.64	S/.	503,327.08	S/.	535,972.53	S/.	568,617.97	S/.	1,988,363.41
Préstamo	S/.	700,000.00																				
Pago de capital	S/.	-104,706.45	S/.	-119,963.42	S/.	-137,443.50	S/.	-157,470.65	S/.	-180,415.98	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00		
Interés	S/.	-89,356.10	S/.	-74,099.13	S/.	-56,619.04	S/.	-36,591.90	S/.	-13,646.57	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00		
Flujo de financiamiento	S/.	700,000.00	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00		
Flujo de caja financiero	S/.	-1,010,647.89	S/.	-139,713.89	S/.	-118,776.80	S/.	56,933.24	S/.	46,499.99	S/.	243,973.65	S/.	470,681.64	S/.	503,327.08	S/.	535,972.53	S/.	568,617.97	S/.	1,988,363.41

Fuente: Elaboración propia.

6.9.1. *Indicadores económicos.*

El Valor Actual Neto Económico es de S/1,341,577.22 y la Tasa Interna de Retorno Económica es de 16.29%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 91
Indicadores económicos

VANE	S/ 1,341,577.22
TIRE	16.29%

Fuente: Elaboración propia.

6.9.2. *Indicadores financieros.*

El Valor Actual Financiero es de S/1,248,329.06 y la Tasa Interna de Retorno Financiera es de 17.13%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 92
Indicadores financieros

VANF	S/ 1,248,329.06
TIRF	17.13%

Fuente: Elaboración propia.

6.9.3. *Indicadores B/C y PRI.*

La relación B/C es mayor a 1, lo que significa que el proyecto es rentable. El Periodo de Recuperación de la Inversión es de 4 años, 2 meses y 5 días.

Tabla 93
B/C y PRI

B/C	1.04
PRI	4 años, 2 meses y 5 días

Fuente: Elaboración propia.

6.10. Análisis de sensibilidad.

6.10.1. Escenario optimista.

El escenario optimista refleja un aumento de ventas en un 5%, producto de un incremento en la disponibilidad de materia prima.

Tabla 94
Flujo de caja- escenario optimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
Ingresos																						
Cantidad de fuel oil (gl)		131,176.50	196,764.75	262,353.00	327,941.25	393,529.50	393,529.50	393,529.50	393,529.50	393,529.50	393,529.50											
Precio	S/.	6.18	S/.	6.30	S/.	6.42	S/.	6.55	S/.	6.67	S/.	6.80	S/.	6.92	S/.	7.04	S/.	7.17	S/.	7.29		
Total ingresos	S/.	810,347.86	S/.	1,239,832.22	S/.	1,685,523.54	S/.	2,147,421.82	S/.	2,625,527.05	S/.	2,674,147.92	S/.	2,722,768.79	S/.	2,771,389.67	S/.	2,820,010.54	S/.	2,868,631.41		
Egresos																						
Materia prima directa	S/.	-25,218.25	S/.	-44,560.50	S/.	-50,436.50	S/.	-69,778.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75	S/.	-75,654.75
Mano de obra directa	S/.	-131,491.92	S/.	-262,983.84	S/.	-262,983.84	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76	S/.	-394,475.76
Costos indirectos	S/.	-191,533.00	S/.	-272,099.00	S/.	-352,854.00	S/.	-433,420.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00	S/.	-514,175.00
Total costos de producción	S/.	-348,243.17	S/.	-579,643.34	S/.	-666,274.34	S/.	-897,674.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51	S/.	-984,305.51
Gastos administrativos	S/.	-169,220.72	S/.	-228,552.44	S/.	-228,552.44	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48
Total gastos de operación	S/.	-169,220.72	S/.	-228,552.44	S/.	-228,552.44	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48	S/.	-363,251.48
Total egresos	S/.	-517,463.89	S/.	-808,195.78	S/.	-894,826.78	S/.	-1,260,925.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99	S/.	-1,347,556.99
Utilidad antes de impuestos	S/.	292,883.97	S/.	431,636.44	S/.	790,696.76	S/.	886,495.83	S/.	1,277,970.06	S/.	1,326,590.93	S/.	1,375,211.80	S/.	1,423,832.68	S/.	1,472,453.55	S/.	1,521,074.42		
Impuesto a la renta (29.5%)	S/.	-86,400.77	S/.	-127,332.75	S/.	-233,255.54	S/.	-261,516.27	S/.	-377,001.17	S/.	-391,344.33	S/.	-405,687.48	S/.	-420,030.64	S/.	-434,373.80	S/.	-448,716.95		
Impuesto selectivo al consumo (S/.l/gl)	S/.	-131,176.50	S/.	-196,764.75	S/.	-262,353.00	S/.	-327,941.25	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50	S/.	-393,529.50
Utilidad neta	S/.	75,306.70	S/.	107,538.94	S/.	295,088.22	S/.	297,038.31	S/.	507,439.39	S/.	541,717.11	S/.	575,994.82	S/.	610,272.54	S/.	644,550.25	S/.	678,827.97		
Inversión																						
Inversión fija tangible	S/.	-1,621,439.00																				
Valor de recupero fijo tangible																					S/.	1,387,100.00
Inversión fija intangible	S/.	-4,816.70																				
Inversión en capital de trabajo	S/.	-84,392.19																				
Flujo de caja económico	S/.	-1,710,647.89	S/.	75,306.70	S/.	107,538.94	S/.	295,088.22	S/.	297,038.31	S/.	507,439.39	S/.	541,717.11	S/.	575,994.82	S/.	610,272.54	S/.	644,550.25	S/.	2,065,927.97
Préstamo	S/.	700,000.00																				
Amortización	S/.	-104,706.45	S/.	-119,963.42	S/.	-137,443.50	S/.	-157,470.65	S/.	-180,415.98	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00
Interés	S/.	-89,356.10	S/.	-74,099.13	S/.	-56,619.04	S/.	-36,591.90	S/.	-13,646.57	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00
Flujo de financiamiento	S/.	700,000.00	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	-194,062.55	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00	S/.	0.00
Flujo de caja financiero	S/.	-1,010,647.89	S/.	-118,755.85	S/.	-86,523.61	S/.	101,025.67	S/.	102,975.76	S/.	313,376.85	S/.	541,717.11	S/.	575,994.82	S/.	610,272.54	S/.	644,550.25	S/.	2,065,927.97

Fuente: Elaboración propia.

6.10.1.1. *Indicadores económicos.*

El Valor Actual Neto Económico es de S/.1,731,978.16 y la Tasa Interna de Retorno Económica es de 18.73%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 95
Indicadores económicos

VANE	S/. 1,731,978.16
TIRE	18.73%

Fuente: Elaboración propia.

6.10.1.2. *Indicadores Financieros.*

El Valor Actual Financiero es de S/.1,638,730.00 y la Tasa Interna de Retorno Financiera es de 20.10%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 96
Indicadores financieros

VANF	S/. 1,638,730.00
TIRF	20.107%

Fuente: Elaboración propia.

6.10.1.3. *Indicadores B/C y PRI*

La relación B/C es mayor a 1, lo que significa que el proyecto es rentable. El Periodo de Recuperación de la Inversión es de 6 años, 4 meses y 26 días.

Tabla 97
B/C y PRI

B/C	1.07
PRI	6 años, 4 meses y 26 días

Fuente: Elaboración propia.

6.10.2. Escenario pesimista.

El escenario pesimista refleja una disminución de ventas en un 5%, producto de escasez de materia prima a causa de la nueva normativa, un incremento de un 30% en el precio de la materia prima (residuos plásticos) por la alta demanda y una disminución del precio en 5% para competir en el mercado si el GNV gana participación.

Tabla 98
Flujo de caja- escenario pesimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Cantidad de fuel oil (gl)		118,683.50	178,025.25	237,367.00	296,708.75	356,050.50	356,050.50	356,050.50	356,050.50	356,050.50	356,050.50
Precio		S/. 5.87	S/. 5.99	S/. 6.10	S/. 6.22	S/. 6.34	S/. 6.46	S/. 6.57	S/. 6.69	S/. 6.81	S/. 6.93
Total ingresos		S/. 696,513.28	S/. 1,065,665.31	S/. 1,448,747.61	S/. 1,845,760.18	S/. 2,256,703.01	S/. 2,298,493.81	S/. 2,340,284.61	S/. 2,382,075.40	S/. 2,423,866.20	S/. 2,465,657.00
Egresos											
Materia prima directa		S/. -26,450.13	S/. -47,024.25	S/. -52,900.25	S/. -73,474.38	S/. -79,350.38	S/. -79,350.38	S/. -79,350.38	S/. -79,350.38	S/. -79,350.38	S/. -79,350.38
Mano de obra directa		S/. -131,491.92	S/. -262,983.84	S/. -262,983.84	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76	S/. -394,475.76
Costos indirectos		S/. -191,533.00	S/. -272,099.00	S/. -352,854.00	S/. -433,420.00	S/. -514,175.00	S/. -514,175.00	S/. -514,175.00	S/. -514,175.00	S/. -514,175.00	S/. -514,175.00
Total costos de producción		S/. -349,475.05	S/. -582,107.09	S/. -668,738.09	S/. -901,370.14	S/. -988,001.14	S/. -988,001.14	S/. -988,001.14	S/. -988,001.14	S/. -988,001.14	S/. -988,001.14
Gastos administrativos		S/. -169,220.72	S/. -228,552.44	S/. -228,552.44	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48
Total gastos de operación		S/. -169,220.72	S/. -228,552.44	S/. -228,552.44	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48	S/. -363,251.48
Total egresos		S/. -518,695.77	S/. -810,659.53	S/. -897,290.53	S/. -1,264,621.62	S/. -1,351,252.62	S/. -1,351,252.62	S/. -1,351,252.62	S/. -1,351,252.62	S/. -1,351,252.62	S/. -1,351,252.62
Utilidad antes de impuestos		S/. 177,817.51	S/. 255,005.78	S/. 551,457.08	S/. 581,138.57	S/. 905,450.40	S/. 947,241.20	S/. 989,031.99	S/. 1,030,822.79	S/. 1,072,613.59	S/. 1,114,404.38
Impuesto a la renta (29.5%)		S/. -52,456.17	S/. -75,226.71	S/. -162,679.84	S/. -171,435.88	S/. -267,107.87	S/. -279,436.15	S/. -291,764.44	S/. -304,092.72	S/. -316,421.01	S/. -328,749.29
Impuesto selectivo al consumo (S/.l/gl)		S/. -118,683.50	S/. -178,025.25	S/. -237,367.00	S/. -296,708.75	S/. -356,050.50	S/. -356,050.50	S/. -356,050.50	S/. -356,050.50	S/. -356,050.50	S/. -356,050.50
Utilidad neta		S/. 6,677.85	S/. 1,753.83	S/. 151,410.24	S/. 112,993.94	S/. 282,292.03	S/. 311,754.54	S/. 341,217.05	S/. 370,679.57	S/. 400,142.08	S/. 429,604.59
Inversión											
Inversión fija tangible	S/. -1,621,439.00										
Valor de recupero fijo tangible											S/. 1,387,100.00
Inversión fija intangible	S/. -4,816.70										
Inversión en capital de trabajo	S/. -84,700.16										
Flujo de caja económico	S/. -1,710,955.86	S/. 6,677.85	S/. 1,753.83	S/. 151,410.24	S/. 112,993.94	S/. 282,292.03	S/. 311,754.54	S/. 341,217.05	S/. 370,679.57	S/. 400,142.08	S/. 1,816,704.59
Préstamo	S/. 700,000.00										
Amortización		S/. -104,706.45	S/. -119,963.42	S/. -137,443.50	S/. -157,470.65	S/. -180,415.98	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Interés		S/. -89,356.10	S/. -74,099.13	S/. -56,619.04	S/. -36,591.90	S/. -13,646.57	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Flujo de financiamiento	S/. 700,000.00	S/. -194,062.55	S/. -194,062.55	S/. -194,062.55	S/. -194,062.55	S/. -194,062.55	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Flujo de caja financiero	S/. -1,010,955.86	S/. -187,384.70	S/. -192,308.72	S/. -42,652.30	S/. -81,068.61	S/. 88,229.48	S/. 311,754.54	S/. 341,217.05	S/. 370,679.57	S/. 400,142.08	S/. 1,816,704.59

Fuente: Elaboración propia.

6.10.2.1. *Indicadores económicos.*

El Valor Actual Neto Económico es de S/.466,415.68 y la Tasa Interna de Retorno Económica es de 10.46%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 99
Indicadores económicos

VANE	S/. 466,415.68
TIRE	10.46%

Fuente: Elaboración propia.

6.10.2.2. *Indicadores Financieros.*

El Valor Actual Financiero es de S/.373,167.53 y la Tasa Interna de Retorno Financiera es de 10.20%, lo que significa que el proyecto es rentable y debería ejecutarse.

Tabla 100
Indicadores financieros

VANF	S/. 373,167.53
TIRF	10.20%

Fuente: Elaboración propia.

6.10.2.3. *Indicadores B/C y PRI.*

La relación B/C es menor a 1, lo que significa que el proyecto no es rentable en este escenario. El Periodo de Recuperación de la Inversión es de 8 años, 10 meses y 7 días.

Tabla 101
B/C y PRI

B/C	0.98
PRI	8 años, 10 meses y 7 días

Fuente: Elaboración propia.

7. Capítulo VII: Estudio de impacto ambiental

7.1. Aspectos e impactos ambientales.

Los aspectos e impactos ambientales identificados se muestran en la Tabla 102.

Tabla 102

Aspectos e impactos ambientales y medidas de control

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control
Generación de residuos sólidos en el proceso de descarga del reactor pirolítico.	Contaminación del suelo	Los residuos pueden ser recogidos por las compactadoras de la municipalidad para su desecho.
Generación de polvo en el proceso de descarga del reactor pirolítico.	Contaminación del aire	Se usará instrumentos que permitan aminorar la cantidad de polvo liberado al ambiente como mangas que encapsulen estas partículas y las dirijan a los cilindros destinados al depósito de residuos sólidos
Generación de residuos sólidos en el proceso de almacenaje de residuos del proceso pirolítico.	Contaminación del suelo	El almacenaje de estos residuos se hará en cilindros cerrados.
Generación de residuos líquidos en proceso de descarga de tanques de aceite pesado y fuel oil.	Contaminación del suelo	Se hará uso de paño absorbente para hidrocarburos.
Generación de ruido en el proceso de alimentación del reactor pirolítico.	Contaminación del aire	Se realizará monitoreos para el control de la emisión de ruidos y mantener estos dentro del límite permisible.
Emisión de gases tóxicos derivados del proceso pirolítico.	Contaminación del aire	Se hará uso de un monitor de gases el cual está colocado en la chimenea al final del proceso de purificación de aire, el cual permitirá controlar que los gases se encuentren dentro del límite permisible.

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Programa de monitoreo.

Se realizará monitorio tanto de los niveles de gases tóxicos en el aire como de los niveles de ruido, el monitor de gases estará conectado via red con la oficina de SSOMA, se recibirá un reporte semanal de los niveles de gases para su control y mantenimiento.

Asimismo, se medirá constantemente el nivel de ruido de emitido por la planta pirolítica para controlar que no supere los límites permisibles.

8. Capítulo VIII: Seguridad y salud ocupacional

8.1. Matriz IPERC

La prevención y gestión de riesgos laborales son actividades que se realizan en la empresa para detectar los riesgos y adoptar una serie de medidas de control para minimizar la probabilidad de accidentarse o de adquirir una enfermedad ocupacional.

Una de las técnicas más importantes para la prevención y gestión de riesgos laborales es la matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control).

El desarrollo de este capítulo está basado en el uso de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo, la cual exige que el empleador conozca cómo prevenir sus riesgos laborales y a su vez debe fomentar entre todos sus colaboradores una cultura preventiva de seguridad.

Las Tablas 103, 104, 105, 106, 107, 108 y 109 especifican los valores a considerar en la matriz IPERC para el cálculo del nivel de riesgo, mientras que las Tablas 110 y 111 muestran las matrices IPERC tanto para puestos operativos como administrativos:

Tabla 103

Ponderación de nivel de control

Ponderación	Nivel de control
2	El trabajador está capacitado, medios de trabajo pertinentes, control de peligros apropiado y utilizan medidas de prevención.
5	Trabajador poco capacitado, medios de trabajo poco pertinentes, control de peligros mediano, pero adopta medidas de prevención.
7	Trabajador parcialmente capacitado, medios de trabajo deficientes, poco control de peligro y sin medidas de prevención.

10	Trabajador no capacitado, sin medios de trabajo pertinentes y sin control de peligros.
----	--

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 104

Ponderación de nivel de exposición

Ponderación	Nivel de exposición	Significado
1	Esporádico	Al menos 1 vez al año
2	Ocasional	Al menos 1 vez al mes
3	Frecuente	Al menos 1 vez al día
4	Continuo	Permanentemente en la jornada laboral

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 105

Ponderación de nivel de probabilidad

Ponderación	Nivel de probabilidad
40 a 28	Muy alto
21 a 14	Alto
10 a 6	Medio
5 a 2	Bajo

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 106

Ponderación de nivel de probabilidad

		Nivel de exposición				
		4	3	2	1	
Nivel de control	10	40	30	20	10	40 a 28
	7	28	21	14	7	21 a 14
	5	20	15	10	5	10 a 6
	2	8	6	4	2	5 a 2

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 107

Ponderación de nivel de consecuencia

Ponderación	Calificación	Daños a la persona	Daños materiales
1	Leve	Lesiones menores a la persona, daño o enfermedad que se puede curar con primeros auxilios.	El daño en la maquinaria o equipo puede ser reparado sin detener el proceso.
3	Grave	Si se produce un daño o lesión considerable, si se produce una incapacidad temporal.	El daño en la maquinaria o equipo puede ser reparado pero se ha de detener el proceso.

6	Muy grave	Si se produce un daño o lesión grave, si se produce una incapacidad permanente.	El daño en la maquinaria o equipo puede ser reparado pero su costo de reparación es alto.
10	Mortal	Si se produce mortalidad, 1 muerto o más.	Destrucción a la propiedad.

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 108
Ponderación de nivel de riesgo

		Nivel de probabilidad								
		40 a 28		21 a 14		10 a 6		5 a 2		
Nivel de consecuencias	10	400	280	210	140	100	60	50	20	400 a 126
	6	240	168	126	84	60	36	30	12	120 a 30
	3	120	84	63	42	30	18	15	6	28 a 10
	1	40	28	21	14	10	6	5	2	9 a 2

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 109
Ponderación de nivel de riesgo

Ponderación	Nivel de riesgo	Significado
400 a 126	Intolerable	Situación crítica que merece una corrección urgente, no se debe comenzar el trabajo hasta que no se haya controlado ese riesgo.
120 a 30	Importante	No se puede comenzar el trabajo hasta haber establecido medidas de control, en caso de estar trabajando la solución debe ser lo más antes posible.
28 a 10	Tolerable	Control de riesgos dentro de un plazo determinado. Hacer comprobaciones periódicas de las medidas de prevención y su eficacia.
9 a 2	Trivial	Se requiere comprobaciones periódicas para verificar las medidas de control por mínimas que sean.

Fuente: Adaptación del Decreto Supremo N.005-2012-TR(2012).

Tabla 110
Matriz IPERC para puestos operativos

Puestos de trabajo	Actividad	Peligro	Riesgo	N. Control	N. Exposición	N. Probabilidad	N. Consecuencia	N. Riesgo	Tipo de riesgo	Establecimiento de controles
Jefe de calidad, supervisor SSOMA, jefe de producción, operarios, jefe	Carga de residuos plásticos en centros de acopio/ descarga de residuos plásticos en almacén	Exposición a movimientos repetitivos	Enfermedades lumbares, estrés laboral	2	4	8	1	8	Trivial	Uso de dispositivos para facilitar movimiento, capacitación sobre manejo adecuado de cargas.

de mantenimiento, técnicos, jefe de proyectos, jefe de compras, jefe de almacén, vendedores	Traslado de materia prima e insumos a planta pirolítica/traslado de producto terminado a almacén	Movimiento de objetos pesados	Enfermedades lumbares, estrés laboral	2	4	8	1	8	Trivial	Uso de dispositivos para facilitar movimiento, capacitación sobre manejo adecuado de cargas.
	Alimentación de reactor pirolítico	Sobreesfuerzo al descargar materia prima e insumos	Enfermedades lumbares, estrés laboral	2	4	8	1	8	Trivial	Uso de dispositivos para facilitar movimiento, capacitación sobre manejo adecuado de cargas.
	Alimentación de reactor pirolítico/ descarga de reactor pirolítico	Exposición a objetos punzocortantes o metales oxidados	Cortes/golpes a distintas partes del cuerpo	2	4	8	3	24	Tolerable	Instalación de guardas protectoras, botones de emergencia. Uso correcto de EPP.
	Proceso pirolítico	Fallas mecánicas/ fuga de gas	Incendio y/o explosión	5	4	20	6	120	Importante	Instalación de dispositivos de control de condiciones de funcionamiento de equipos, constante supervisión.
	Proceso pirolítico	Manipulación del equipo durante su funcionamiento	Cortes/golpes a distintas partes del cuerpo, amputaciones, lesiones.	2	4	8	6	48	Importante	Instalación de guardas protectoras, botones de emergencia. Uso correcto de EPP.
	Proceso pirolítico	Exposición a altas temperaturas	Quemaduras, lesiones	2	4	8	3	24	Tolerable	Uso correcto de EPP.
	Proceso pirolítico	Exposición a cenizas, polvo, productos químicos y gases	Inhalación de distintas partículas, enfermedades respiratorias	2	4	8	1	8	Trivial	Uso de dispositivos mecánicos para evitar la polución, utilización correcta de EPP.
	Proceso pirolítico	Derrame de tanques contenedores de combustible	Incendio y/o explosión	5	4	20	6	120	Importante	Uso de arena para controlar derrames, capacitación en uso de extintores.
Carga/ descarga de producto terminado en instalaciones de clientes	Sobreesfuerzo al cargar/ descargar producto terminado	Enfermedades lumbares, estrés laboral	2	4	8	1	8	Trivial	Uso de dispositivos para facilitar movimiento, capacitación sobre manejo adecuado de cargas.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 111
Matriz IPERC para puestos administrativos


Puestos de trabajo	Peligro	Riesgo	N. Control	N. Exposición	N. Probabilidad	N. Consecuencia	N. Riesgo	Tipo de riesgo	Establecimiento de controles
Gerente general, jefe de administración, jefe de RRHH, jefe de contabilidad y finanzas, asistente de sistemas, jefe comercial, jefe de marketing.	Objetos en el suelo	Caída al mismo nivel	2	2	4	3	12	Tolerable	Orden y limpieza en zona de trabajo.
	Líquidos en el suelo	Caída al mismo nivel	2	2	4	3	12	Tolerable	Orden y limpieza en zona de trabajo.
	Exposición a líneas eléctricas/ puntos energizados en baja tensión	Descarga/ contacto con energía eléctrica en baja tensión	5	3	15	6	90	Importante	Condiciones adecuadas de instalaciones eléctricas.
	Exposición a niveles bajos de iluminación	Daños o lesiones oculares	2	2	4	1	4	Trivial	Continuo mantenimiento a puntos de luz en las oficinas.
	Exposición a movimientos repetitivos	Enfermedades lumbares, estrés laboral	5	4	20	1	20	Tolerable	Uso de sillas ergonómicas, pausas activas.
	Posturas inadecuadas	Enfermedades lumbares, estrés laboral	5	4	20	1	20	Tolerable	Uso de sillas ergonómicas, pausas activas.
	Sobrecarga de trabajo	Fatiga/ estrés	2	2	4	3	12	Tolerable	Uso de sillas ergonómicas, pausas activas.






Fuente: Elaboración propia.

8.2. Equipo de Protección Personal.

Los trabajadores del área de producción deben utilizar los siguientes Equipo de Protección Personal (EPP) de manera obligatoria para prevenir y evitar daños a la salud:

Tabla 112
Equipo de protección personal



Equipo de protección personal	Descripción de su utilización
Casco de seguridad	
	Proteger o al menos reducir la gravedad de los daños, en la cabeza y cervical, causados por golpes.






Zapatos de seguridad		Resguardar a los trabajadores de diferentes riesgos principalmente destinados a la protección de los dedos de los pies, así como la contaminación con agentes químicos, las descargas eléctricas, las caídas y otros riesgos.
Mascarilla facial		Proteger al trabajador contra los contaminantes aerotransportados.
Lentes de seguridad		Proteger los ojos de partículas que están suspendidas en el aire, de salpicaduras de alguna sustancia química.
Protectores auditivos		Reducir los efectos peligrosos del ruido en la audición con el fin de evitar el daño auditivo.
Guantes de seguridad		Salvaguardar las manos contra diversos riesgos que pueden darse en el desarrollo de una actividad.



Fuente: Elaboración propia.

8.3. Señalización.

Tabla 113
Señalización de seguridad


Señales de seguridad			
Significado de la señal	Señal de seguridad	Significado de la señal	Señal de seguridad
Señales contra incendios		Señales de emergencia y evacuación	
Extintor		Zona segura en caso de sismos	

<p>Alarma contra incendios</p> 	<p>Salida</p> 		
<p>Señales de prohibición</p>		<p>Señales de advertencia</p>	
<p>Prohibido hacer fuego</p> 	<p>Atención riesgo eléctrico</p> 		
<p>Prohibido fumar</p> 	<p>Peligro inflamable</p> 		
<p>Prohibido el ingreso con alimentos</p> 	<p>Cuidado superficie caliente</p> 		
<p>Prohibido el ingreso</p> 	<p>Cuidado tránsito de montacargas</p> 		
<p>Señales de obligación</p>			
<p>Uso obligatorio de casco de seguridad</p> 	<p>Uso obligatorio de protección auditiva</p> 		
<p>Uso obligatorio de botas de seguridad</p> 	<p>Uso obligatorio de guantes de seguridad</p> 		
<p>Uso obligatorio de protección ocular</p> 	<p>Uso obligatorio de mascarilla</p> 		
<p>Señales de información</p>			

Servicios higiénicos		Comedor	
----------------------	---	---------	---

Fuente: Adaptación Norma Técnica Peruana 399.010-12004 (2004).

Tabla 114
Señalización de materiales de riesgo (NFPA)

Señalización de Materiales de Riesgo (NFPA)		
Petróleo residual		Riesgo a la salud 0: material normal Riesgo de inflamabilidad 2: combustible Riesgo de reactividad 0: estable
UN-1268		

Fuente: National Fire Protection Association (NFPA)

8.4. Mapa de riesgos.



Figura 65. Mapa de riesgos.
Fuente: Elaboración propia.

9. Conclusiones

- El presupuesto de inversión inicial propuesto es S/1,710,647.89 de los cuales S/1,010,647.89 serán aportados por los socios y el resto S/700,000.00 serán obtenidos a través de un préstamo bancario con un 13.4 % de tasa anual, siendo la cuota anual de S/194,062.55 durante 5 años. Se calculó un costo unitario de S/4.14 y el precio determinado es de S/6.18. Los indicadores financieros y económicos indican que el proyecto es medianamente riesgoso ya que el VANF sería de S/1,248,329.06 y el VANE de S/1,341,577.22, mientras que el TIRF tiene un valor de 17.13% y el TIRE un valor de 16.29%, asimismo, se determinó que la relación B/C sería de 1.04 y el proyecto tendría un periodo de recuperación del capital de 4 años, 2 meses y 5 días, mientras que en el escenario pesimista la relación B/C es de 0.98.
- En base al estudio de mercado, el estudio técnico, el estudio organizacional y el estudio de impacto ambiental se concluye que el proyecto de inversión de producción y comercialización de fuel oil a partir de pirólisis catalítica de residuos plásticos es totalmente viable.
- Como resultado del estudio de mercado se concluye que el nivel de oferta es inferior al de la demanda, lo cual genera una demanda insatisfecha actual de 97.17 MBPD y se pronostica que en el año 2023 se alcance 384.53 MBPD. Asimismo, se planteó que las presentaciones que se ofrecerán al mercado son de envases de 1 gl., baldes de 5 gl y cilindros de 55 gl, a un precio de S/6.18 por galón al inicio de las operaciones, después de eso incrementará en un 1%.

- Al realizar el estudio técnico se realizó una distinción entre las operaciones concernientes a la producción de fuel oil y las referentes al proceso pirolítico, el cual es realizado únicamente por las máquinas sin intervención de operarios. Se determinó que la planta tendría 12 áreas las cuales serían: planta pirolítica, sistema de enfriamiento, planta de etiquetado, llenado y tapado, almacén de materia prima, almacén de insumos y repuestos, almacén de producto terminado, almacén administrativo y de seguridad, almacén de residuos sólidos, taller de mantenimiento, laboratorio, oficinas administrativas, oficinas operativas, garita, comedor, servicios higiénicos y vestuarios. El área total de la planta es de 1000 m². Asimismo se planificó que la producción incremente cada año en un 50%, por lo que durante el primer año sólo se contará con 3 operarios que trabajarán un turno, a partir del segundo año se aperturará un segundo turno y finalmente desde el cuarto año se operará con 3 turnos. La cantidad de fuel oil a producir en el primer año de operación será de 480.50 gl/día con una participación de mercado de 3.51%.
- Concerniente al nivel organizacional se determina que la empresa debe presentar 18 puestos de trabajo independientemente del directorio, los cuales son gerente general, jefe de administración, jefe de calidad, jefe de planta y jefe comercial como primer nivel de jerarquía. El segundo nivel consta de jefe de RRHH, jefe de contabilidad y finanzas, asistente de sistemas, supervisor SSOMA, jefe de producción, jefe de mantenimiento, jefe de proyectos, jefe de compras y jefe de marketing. En el tercer nivel se tiene a operarios, técnicos de mantenimiento, jefe

de almacén y vendedores. La empresa es una persona jurídica cuya denominación social es “PlastiFuel S.A.C.”.

- Respecto al análisis medioambiental se determinó que se debe tener especial cuidado con la calidad del aire producto del proceso productivo, por lo que se requiere del uso de un monitor de gases que permita controlar los gases que son emitidos al aire.
- Producto de la evaluación de seguridad y salud ocupacional se desarrolló una matriz IPERC en la que se plasman los posibles riesgos y peligros, asimismo, se presentan las medidas de seguridad y se muestra un mapa de riesgos de la planta para preservar la integridad física de los colaboradores.

10. Recomendaciones

- Se recomienda basarse en esta tesis para el desarrollo de un proyecto real, se ha demostrado que presenta beneficios económicos, así como medioambientales y sociales. Además, esta tesis busca promover el progreso de la industria de la valorización de residuos, de modo que la sociedad pueda ver en ella una fuente de desarrollo.
- Se recomienda mantener actualizados los niveles de oferta y demanda conforme pasen los años de vida del proyecto para aproximarse en lo posible a la realidad, así como para conocer la demanda insatisfecha y ajustar el nivel de producción.
- Se recomienda la implementación de medidas de mitigación y seguridad desde el inicio de operaciones de la empresa, tanto para evitar accidentes de cualquier magnitud, como para crear una cultura ambiental con la cual todos sus miembros se identifiquen.
- La efectividad de las medidas de seguridad depende de la capacitación y concientización del personal, se recomienda tener especial atención en este aspecto.
- Finalmente se recomienda promover la concientización de la sociedad respecto a la realidad medioambiental, crear una cultura basada en la idea de cómo pequeñas acciones significan mucho, trabajar de la mano con las municipalidades para disminuir la contaminación e incrementar la cultura del reciclaje.

11. Bibliografía

- Agile Process Chemicals LLP. (2017). *Pyrolysis Oil*. Obtenido de <http://pyrolysisplant.com/pyrolysis-oil/>
- Almeida, D., & Marques, M. (2016). Thermal and catalytic pyrolysis of plastic waste. *Polímeros*, 26 (1), 44-51. doi:10.1590/0104-1428.2100
- Calderón Sáenz, F. (2016). *La producción de combustibles vehiculares a partir de plásticos de desecho*. Obtenido de <http://www.drcaideronlabs.com/Procesos/Pirolisis/Proceso%20de%20Pirolisis.pdf>
- Chen, D., Yin, L., Wang, H., & He, P. (2014). Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review. *Waste Management*, 34(12), 2466-2486. doi:10.1016/j.wasman.2014.08.004
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2005). *Inventario de Emisiones Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Arequipa*. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe%20Inventario%20Integrado%20Arequipa.pdf
- Doing Group. (s.f.). *The Doing Group– Collaborative performance group*. Obtenido de <http://es.doinggroup.com/>
- INEI. (2011). *Arequipa: compendio estadístico regional 2011*. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B831309A5896011605257A8D0080B4AF/\\$FILE/Arequipa_Compendio_Estad%3%ACstica_2011.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B831309A5896011605257A8D0080B4AF/$FILE/Arequipa_Compendio_Estad%3%ACstica_2011.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). *Estadísticas Sectoriales*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sector-statistics/>
- Jamradloedluk, J., & Lertsatith, C. (2014). Characterization and Utilization of Char Derived from Fast Pyrolysis of Plastic Wastes. *Procedia Engineering*, 69, 1437 – 1442. doi:10.1016/j.proeng.2014.03.139
- Kunwar, B., Cheng, H., Chandrashekar, S., & Sharma, B. (2015). Plastics to fuel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54(2016), 421–428. doi:10.1016/j.rser.2015.10.015
- Miandad, R., Barakat, M., Aburizaizaa, A. S., Rehan, M., & Nizami, A.-S. (2016). Catalytic Pyrolysis of Plastic Waste: A Review. *Process Safety and Environmental Protection*, 102(2016), 822–838. doi:10.1016/j.psep.2016.06.022
- Ministerio de Producción. (2014). *Directorio Nacional de Grandes Empresas del Sector Manufactura*. Obtenido de <http://oge.iee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oeedirectorio/directorio-grandes-empresas>

- Ministerio de Producción. (2014). *Directorio Nacional MIPYME del Sector Manufactura*. Obtenido de <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oe-directorio/directorio-mipyme>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú- Gestión 2012*. Obtenido de <http://redrress.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Indicador: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento*. Obtenido de <http://sinia.minam.gob.pe/indicador/1601>
- Miskolczi, N., Angyal, A., Bartha, L., & Valkai, I. (2009). Fuels by pyrolysis of waste plastics from agricultural and packaging sectors in a pilot scale reactor. *Fuel Processing Technology, 90*(7-8), 1032-1040. doi:10.1016/j.fuproc.2009.04.019
- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2016). *Proyecto del Plan de Desarrollo Local Concertado Arequipa 2016-2021*. Obtenido de <http://muniarequipa.gob.pe/descargas/transparencia/pdlc/proyecto.pdf>
- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2017). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa 2017-2028*. Obtenido de <http://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/gestionmanejoresiduos/PIGARS%202017-2028/PIGARS%20final%202022%20de%20Diciembre.pdf>
- Oficina de Estadística e Informática. (2017). *Población total, por edades puntuales, grupos quinquenales y edades especiales, según provincias, distritos y establecimientos. Departamento Arequipa, 2017*. Obtenido de <http://www.saludarequipa.gob.pe/oei/archivos/2.%20Poblacion/2017/POBLACION%20ESTABLECIMIENTOS.xls>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). (2015). *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). (2017-2018). *SCOP-DOCS*. Obtenido de Perú: Demanda Nacional de Combustibles Líquidos por Departamento: http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/Paginas/SCOP-DOCS/scop_docs.htm
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). (2018). *Registros Hábiles De Plantas De Abastecimiento De Combustibles Líquidos Y OPDH (actualizado al 05 de setiembre de 2018)*. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/hidrocarburos/RegistroHidrocarburo/Registro-

Hidrocarburos/RH/Plantas%20de%20Abastecimiento%20de%20Combustibles%20Liquidos%20y%20OPDH.xls

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin). (2018). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de hidrocarburos 2017-II*. Obtenido de http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Reportes_de_Mercado/RSMMH-II-2017.pdf
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin). (s.f.). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de hidrocarburos*.
- Panda, A., Singh, R., & Mishra, D. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products-- A world prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*, 233-248. doi:10.1016/j.rser.2009.07.005
- PetroPerú. (2018). *Informe de Resultados 2017*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/inversionistas/wp-content/uploads/2017/10/earning-release-IVT17.pdf>
- PetroPerú. (s.f.). *Petróleos industriales*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/petroleos-industriales/>
- Poblete, E. A. (2013). *Pirólisis catalítica de desechos plásticos mediante zeolitas modificadas con cobre*. (tesis de pregrado), Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Redacción Gestión. (10 de Mayo de 2018). Gobierno eleva ISC a los combustibles más contaminantes y reduce a los menos nocivos. *Gestión*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/gobierno-eleva-isc-combustibles-contaminantes-reduce-nocivos-233345>
- Ríos, P. (2011). *Proyecto de Biocombustible: Planta de Pirólisis*. (tesis de pregrado), Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL). (s.f.). México. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd61/tecnadmvo/cap6.pdf>
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., & Yoshikawa, K. (2014). Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. *Energy Procedia*, *47*, 180–188. doi:10.1016/j.egypro.2014.01.212
- Whyte, H. E., Loubar, K., Awad, S., & Tazerout, M. (2015). Pyrolytic oil production by catalytic pyrolysis of refuse-derived fuels: Investigation of low cost catalysts. *Fuel Processing Technology*, *140*, 32-38. doi:10.1016/j.fuproc.2015.08.022
- Williams, P. T. (s.f.). Yield and Composition of Gases and Oils/Waxes from the Feedstock Recycling of Waste Plastic.

Williams, P. T., & Williams, E. A. (1998). Interaction of Plastics in Mixed-Plastics Pyrolysis. *Energy Fuels*, 13(1), 188–196. doi:10.1021/ef980163x

12. Anexos

ANEXO 1: Cuadro de ponderación para análisis de alternativas.

	Tiempo	Costo	Concentración de beneficiarios	Impacto	Viabilidad
Tiempo		1	1	1	1
Costo	1		1	1	1
Concentración de beneficiarios	0	1		1	1
Impacto	1	1	1		1
Viabilidad	0	1	0	0	
Total	2	4	3	3	4

ANEXO 2: Cuadro de ponderación para ranking de factores con escala ponderada.

	Fuentes de abastecimiento	Localización de clientes	Terrenos y construcción	Servicios básicos	Cuestiones de impacto ambiental
Fuentes de abastecimiento		0	0	0	0
Localización de clientes	1		1	0	1
Terrenos y construcción	1	1		1	1
Servicios básicos	1	1	1		1
Cuestiones de impacto ambiental	1	0	1	0	
Total	4	2	3	1	3

ANEXO 3: Cálculo de combustible (recojo de residuos plásticos y entrega de producto).

Origen	Destino	Distancia (km)
Parque Industrial de Río Seco	Zamácola	3.7
Zamácola	Cerro Colorado	4.3
Cerro Colorado	Vía de Evitamiento	3.2
Vía de Evitamiento	Semirural Pachacutec	3.1
Semirural Pachacutec	Variante de Uchumayo	4.7
Variante de Uchumayo	Uchumayo	7.5
Uchumayo	Tiabaya	6.8
Tiabaya	Sachaca	3.2
Sachaca	Arequipa	7.1
Arequipa	Parque Industrial de Arequipa	2.2
Parque Industrial de Arequipa	Jacobo Hunter	5.0
Jacobo Hunter	Socabaya	4.1
Socabaya	Characato	6.8
Characato	Sabandía	6.3
Sabandía	Jose Luis Bustamante y Rivero	8.3
Jose Luis Bustamante y Rivero	Parque Industrial de APIMA	3.9
Parque Industrial de APIMA	Paucarpata	4.8
Paucarpata	Mariano Melgar	5.8
Mariano Melgar	Miraflores	4.2
Miraflores	Alto Selva Alegre	5.3
Alto Selva Alegre	Cayma	8.6
Cayma	Yura	9.4
Yura	Parque Industrial de Río Seco	8.3
Total		126.6

Considerando que el consumo promedio de una furgoneta es de 45 km/gl y que la distancia recorrida corresponde al recojo de 2.25 TM.

Distancia/lote (km)	Distancia/año (km)	gl/año	Costo combustible (S.)	Costo por tráfico y otros (10%) (S.)	Costo de combustible/año (S.)
126.6	30384	675.20	8507.52	850.75	9,358.27