

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
DIÉSEL SINTÉTICO A PARTIR DE DESECHOS PLÁSTICOS Y  
NEUMÁTICOS EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**Proyecto de grado presentado para la obtención del grado de Ingeniero Industrial**

**POR: RUBEN RICHARD HUANCA CHURA**

**TUTOR: ING. ALDO VARGAS PACHECO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**Octubre, 2019**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de grado:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
DIÉSEL SINTÉTICO A PARTIR DE DESECHOS PLÁSTICOS Y  
NEUMÁTICOS EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**Presentado por:** Univ. Ruben Richard Huanca Chura

Para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

**Nota numeral:** \_\_\_\_\_

**Nota literal:** \_\_\_\_\_

**Ha sido:** \_\_\_\_\_

**Director de la carrera de Ingeniería Industrial**

**Presidente:**

Ing. M.Sc. Franz J. Zenteno Benitez \_\_\_\_\_

**Miembros del tribunal de grado:**

Ing. Aldo Vargas Pacheco (asesor) \_\_\_\_\_

Ing. Carla Kaune Sarabia \_\_\_\_\_

Ing. Lucio Grover Sánchez Eid \_\_\_\_\_

Ing. Jorge Velasco Tudela \_\_\_\_\_

Ing. Ramiro M. Dipp Idiáquez \_\_\_\_\_

**DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto a mis padres y familia, que siempre estuvieron apoyándome de forma incondicional en todo momento.*

*A los docentes y compañeros, por inspirarme y acompañarme en mi formación profesional.*

### **AGRADECIMIENTO**

*Un agradecimiento a mi querida Facultad de Ingeniería por acogerme y formarme, fue como una segunda casa.*

*Al Ing. Aldo Vargas, por brindarme asesoría necesaria para la elaboración de este proyecto de grado, con aportes, observaciones, correcciones, sugerencias y su tiempo.*

*A la Ing. Carla Kaune, Ing. Grover Sanchez, Ing. Jorge Velasco, Ing. Ramiro Dipp por su colaboración y tiempo en la elaboración del proyecto.*

*Al plantel docente de la carrera de Ingeniería Industrial, por el apoyo y formación, durante mi estadía en las aulas.*

*Finalmente a todos mis amigos con los que alguna vez compartimos aulas, por su apoyo, a los que tendré el honor de llamarlos colegas.*

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO I.....                                     | 1  |
| 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....                   | 1  |
| 1.1. Introducción.....                              | 1  |
| 1.2.    Antecedentes generales .....                | 2  |
| 1.3.    Planteamiento del problema.....             | 2  |
| 1.4. Objetivos .....                                | 6  |
| 1.4.1 Objetivo General.....                         | 6  |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....                   | 6  |
| 1.5. Justificación del proyecto.....                | 6  |
| CAPITULO II .....                                   | 7  |
| 2. DIAGNÓSTICO DEL MERCADO.....                     | 7  |
| 2.1 El diésel sintético.....                        | 7  |
| 2.1.1 Naturaleza y características del diésel ..... | 7  |
| 2.1.1.1 Número de cetanos o cetanaje.....           | 7  |
| 2.1.1.2 Punto de inflamación.....                   | 8  |
| 2.1.1.3 Azufre.....                                 | 8  |
| 2.1.1.5. Aromáticos .....                           | 8  |
| 2.1.2 Especificaciones del diésel en Bolivia.....   | 9  |
| 2.1.3 Características del diésel sintético .....    | 9  |
| 2.1.4 Ventajas .....                                | 11 |
| 2.1.5 Desventajas .....                             | 12 |
| 2.2. Demanda y oferta de carburantes líquidos ..... | 12 |
| 2.2.1 Oferta y demanda del diésel.....              | 15 |
| 2.2.2. Precio .....                                 | 18 |
| 2.2.3 Proyecciones .....                            | 18 |
| 2.3. Análisis del mercado .....                     | 21 |
| 2.3.1 Consumo de combustible.....                   | 21 |
| 2.3.1.1 Consumo por sector.....                     | 21 |
| 2.3.1.2 Consumo por región.....                     | 22 |
| 2.3.2. Mercado potencial.....                       | 23 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.3. Mercado objetivo .....   | 23 |
| 2.4. El mercado de los neumáticos fuera de uso .....                          | 25 |
| 2.4.1. Disponibilidad de neumáticos fuera de uso .....                        | 26 |
| 2.4.1.1. Crecimiento del parque automotor en Bolivia .....                    | 26 |
| 2.4.1.2. Vida útil de los neumáticos .....                                    | 29 |
| 2.4.1.3. Peso de neumáticos .....   | 31 |
| 2.4.1.4. Generación de neumáticos fuera de uso.....                           | 31 |
| 2.4.1.5. Recauchutaje .....   | 32 |
| 2.4.1.6. Generación de neumáticos fuera de uso.....                           | 34 |
| 2.4.1.7. Generación de neumáticos fuera de uso en el departamento de La Paz.. | 36 |
| 2.4.2. Proyección de la generación de neumáticos fuera de uso.....            | 38 |
| 2.5. El Mercado de los residuos plásticos .....                               | 39 |
| 2.6. Leyes normativas y reglamentaciones.....                                 | 42 |
| CAPÍTULO III .....  | 44 |
| 3. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN.....   | 44 |
| 3.1. Tamaño del proyecto .....  | 44 |
| 3.1.1. Volumen de producción.....   | 44 |
| 3.2. Localización .....   | 46 |
| 3.2.1. Macro localización.....  | 46 |
| 3.2.2. Micro localización .....   | 47 |
| 3.2.3. Método de evaluación.....  | 47 |
| CAPÍTULO IV .....   | 50 |
| 4. INGENIERÍA DE PROYECTO .....   | 50 |
| 4.1. La materia prima.....  | 50 |
| 4.1.2. Los Neumáticos.....  | 50 |
| 4.1.2.1. Características de los neumáticos .....                              | 50 |
| 4.1.2. Los Plásticos .....  | 54 |
| 4.1.2.1 Características de los plásticos.....                                 | 54 |
| 4.1.3. Modelo de acopio de materia prima.....                                 | 56 |
| 4.2. El proceso productivo.....   | 57 |
| 4.2.1 Etapas del proceso .....  | 58 |
| 4.2.2. Cálculos del proceso .....   | 66 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2.3. Balance másico .....                      | 71  |
| 4.2.4. Balance de línea .....                    | 73  |
| 4.2.5. Tratamiento de residuos.....              | 75  |
| 4.2.6. Análisis de maquinaria.....               | 78  |
| 4.2.6. Balance energético y uso de agua .....    | 80  |
| 4.3. Seguridad industrial.....                   | 82  |
| 4.3.1. Riesgos.....                              | 82  |
| 4.3.2. Medidas.....                              | 83  |
| 4.4. Diseño de planta .....                      | 83  |
| 4.4.4. Cómputos métricos .....                   | 86  |
| 4.4.5. Presupuesto .....                         | 86  |
| 4.4.6. Plan de ejecución .....                   | 87  |
| 4.5. Comercialización del Diésel Sintético ..... | 88  |
| 4.5.1 Canales de distribución .....              | 88  |
| 4.5.2. Publicidad.....                           | 89  |
| 4.6. Organización del proyecto.....              | 90  |
| 4.6.1. Tipo de organización .....                | 90  |
| 4.6.2 Sector económico al que pertenece.....     | 90  |
| 4.6.3. Estructura organizacional .....           | 90  |
| 4.6.4. Funciones y responsabilidades.....        | 91  |
| 4.7. Gastos de organización.....                 | 92  |
| CAPÍTULO V .....                                 | 94  |
| 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....          | 94  |
| CAPITULO V I.....                                | 102 |
| 6. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO .....            | 102 |
| 6.1 Inversión .....                              | 102 |
| 6.1.1 Activos fijos.....                         | 102 |
| 6.1.1.1 Terreno .....                            | 102 |
| 6.1.1.2 Maquinaria .....                         | 102 |
| 6.1.1.3. Muebles y enseres .....                 | 103 |
| 6.1.1.4 Edificaciones.....                       | 104 |
| 6.1.1.5. Total activos fijos.....                | 104 |



|  |     |
|--|-----|
| 6.1.1.6. Depreciación activos fijos .....                          | 105 |
| 6.1.2 Activos diferidos .....                                      | 105 |
| 6.1.2.1. Amortización de activos diferidos .....                   | 106 |
| 6.1.3. Capital de trabajo .....                                    | 106 |
| 6.1.4. Total inversión .....                                       | 107 |
| 6.2 Costos .....   | 107 |
| 6.2.1 Costos Fijos.....  | 107 |
| 6.2.1.1. Costo laboral .....                                       | 107 |
| 6.2.1.2. Costo fijo total.....                                     | 109 |
| 6.2.2 Costos variables .....                                       | 109 |
| 6.2.3. Costo total .....   | 111 |
| 6.4 Ingresos .....   | 111 |
| 6.4.1. Precio .....  | 111 |
| 6.4.2. Cantidad .....  | 112 |
| 6.5. Impuestos.....  | 113 |
| 6.5. Flujo de caja .....   | 113 |
| 6.6 Evaluación económica financiera.....                           | 118 |
| 6.7. Análisis de sensibilidad .....                                | 121 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                | 123 |
| CONCLUSIONES.....  | 123 |
| RECOMENDACIONES .....  | 124 |
| Bibliografía .....   | 125 |
| ANEXOS .....   | 128 |
| ANEXO 1: PROGRAMAS PARA EL ACOPIO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....         | 128 |
| ANEXO 2: ESPECIFICACIÓN DE MAQUINARIA .....                        | 133 |
| ANEXO 3: CÓMPUTOS MÉTRICOS Y PRECIOS UNITARIOS EDIFICACIONES ..... | 139 |
| ANEXO 4: MANUAL DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES .....             | 146 |
| ANEXO 5. CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO .....                     | 159 |

### Contenido De Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Especificaciones del diésel en Bolivia.....   | 9  |
| Tabla 2: Propiedades del diésel equivalente .....  | 10 |
| Tabla 3: Demanda, producción e importación de diésel.....  | 16 |
| Tabla 4: Variación del precio del diésel.....  | 18 |
| Tabla 5: Parque automotor, según departamento, 2016-2017.....                                    | 24 |
| Tabla 6: Parque automotor según el tipo de combustible .....                                     | 24 |
| Tabla 7: Cantidad de vehículos según el tipo de servicio .....                                   | 26 |
| Tabla 8: Cantidad de vehículos en el servicio particular .....                                   | 27 |
| Tabla 9: Cantidad de vehículos en el servicio público.....                                       | 28 |
| Tabla 10: Cantidad de vehículos en el servicio oficial .....                                     | 29 |
| Tabla 11: Índice de cambio de neumáticos según el tipo y el servicio al que pertenece .          | 30 |
| Tabla 12: Peso promedio de neumáticos según el tipo de vehículo.....                             | 31 |
| Tabla 13: Generación de neumáticos fuera de uso.....   | 32 |
| Tabla 14: Años de vida útil para neumáticos de camiones y buses .....                            | 33 |
| Tabla 15: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio<br>privado.....  | 33 |
| Tabla 16: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio público<br>..... | 34 |
| Tabla 17: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio oficial<br>..... | 34 |
| Tabla 18: Generación de neumáticos fuera de uso a nivel nacional 2018 .....                      | 35 |
| Tabla 19: Cantidad de vehículos en el departamento de La Paz 2018.....                           | 37 |
| Tabla 20: Generación de neumáticos fuera de uso en La Paz 2018.....                              | 38 |
| Tabla 21: Proyección de la generación de neumáticos fuera de uso a nivel nacional .....          | 38 |
| Tabla 22: Generación de residuos sólidos por municipio .....                                     | 39 |
| Tabla 23: Generación de desechos plásticos por municipio .....                                   | 41 |
| Tabla 24: Producción a partir de desechos plásticos.....   | 45 |
| Tabla 25: Producción a partir de neumáticos .....  | 45 |
| Tabla 26: Capacidad de producción .....  | 45 |
| Tabla 27: Análisis de ubicación por puntos .....   | 48 |
| Tabla 28: Características de los Neumáticos .....  | 53 |
| Tabla 29: Requerimiento de materia prima.....  | 73 |
| Tabla 30: Producción de diésel sintético.....  | 73 |
| Tabla 31: Generación de residuos sólidos.....  | 74 |
| Tabla 32: Generación de gases no condensables (off gas).....                                     | 75 |
| Tabla 33: Producción de hidrocarburos ligeros .....  | 75 |
| Tabla 34: Equipos de seguridad industrial .....  | 83 |
| Tabla 35: Gastos de constitución .....   | 92 |
| Tabla 36: Ponderación de los impactos ambientales.....   | 96 |
| Tabla 37: Clasificación de importancia de impacto ambiental .....                                | 97 |
| Tabla 38: Acciones del proyecto en la fase de construcción e instalación .....                   | 97 |
| Tabla 39: Acciones del proyecto en la fase de puesta en marcha y operación .....                 | 98 |
| Tabla 40: Asignación de categoría por la ponderación del impacto .....                           | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 41: Matriz de evaluación de impactos ambientales etapa de construcción..... | 99  |
| Tabla 42: Matriz de evaluación de impactos ambientales etapa de operación .....   | 100 |
| Tabla 43: Equipos y maquinaria .....  | 103 |
| Tabla 44: Muebles y enseres .....   | 104 |
| Tabla 45: Costos de edificaciones .....   | 104 |
| Tabla 46: Desglose de activos fijos.....  | 105 |
| Tabla 47: Depreciación activos fijos.....   | 105 |
| Tabla 48: Activos diferidos .....   | 106 |
| Tabla 49: Amortización activos diferidos .....                                    | 106 |
| Tabla 50: Capital de trabajo .....  | 107 |
| Tabla 51: Total inversión .....   | 107 |
| Tabla 52: Desglose de sueldos y salarios mensuales .....                          | 108 |
| Tabla 53: Costo laboral anual .....   | 108 |
| Tabla 54: Costos fijos anual.....   | 109 |
| Tabla 55: Insumos principales y secundarios .....                                 | 109 |
| Tabla 56: Otros insumos necesarios para el proceso .....                          | 110 |
| Tabla 57: Precio de diésel a nivel nacional e internacional .....                 | 111 |
| Tabla 58: Ingreso promedio .....  | 112 |
| Tabla 59: IVA a pagar.....  | 113 |
| Tabla 60: Tasas de interés entidades financieras en Bolivia.....                  | 114 |
| Tabla 61: Cuotas de pago.....   | 115 |
| Tabla 62: Flujo de caja para el proyecto puro.....                                | 116 |
| Tabla 63: Flujo de caja del proyecto financiado .....                             | 117 |
| Tabla 64: Indicadores financieros proyecto puro.....                              | 118 |
| Tabla 65: Indicadores financiero proyecto financiado.....                         | 119 |
| Tabla 66: Análisis de sensibilidad del VAN.....                                   | 121 |
| Tabla 67: Análisis de sensibilidad del TIR .....                                  | 122 |
| Tabla 68: Presupuesto para edificaciones .....                                    | 144 |

**Contenido de figuras**

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1: Producción de petróleo anual y diario .....                                 | 13  |
| Figura 2: Ventas mercado interno de carburantes.....                                  | 14  |
| Figura 3: Balance de oferta y demanda anual de hidrocarburos líquidos .....           | 15  |
| Figura 4: Balance entre la demanda y oferta del diésel .....                          | 17  |
| Figura 5: Proyección de la demanda .....  | 19  |
| Figura 6: Proyección de la producción nacional de diésel.....                         | 20  |
| Figura 7: Relación entre la producción nacional y demanda de diésel proyectado .....  | 20  |
| Figura 8: Consumo de diésel promedio mensual por sector en porcentaje (año 2015) ...  | 21  |
| Figura 9: Consumo de diésel por departamento en Bolivia (2015) .....                  | 22  |
| Figura 10: Participación del uso de combustibles en el parque automotor (2017) .....  | 25  |
| Figura 11: Disposición final de neumáticos.....                                       | 36  |
| Figura 12: Generación de residuos sólidos por municipio.....                          | 40  |
| Figura 13: Composición media de los residuos sólidos en Bolivia .....                 | 41  |
| Figura 14: plano de la ciudad de El Alto.....   | 49  |
| Figura 15: Partes de un neumático .....   | 50  |
| Figura 16: Peso promedio de los neumáticos.....                                       | 53  |
| Figura 17: Diagrama del proceso productivo para neumáticos y residuos plásticos ..... | 65  |
| Figura 18: Lay out de la planta .....   | 84  |
| Figura 19: Canales de distribución.....   | 89  |
| Figura 20: Organigrama propuesto .....  | 91  |
| Figura 21: Clasificación de los proyectos para su evaluación .....                    | 101 |

## RESUMEN

El presente estudio de factibilidad tiene como objetivo demostrar la factibilidad técnica y económica de implementar una planta de producción de diésel sintético a partir de desechos plásticos y neumáticos en el departamento de La Paz.

Los resultados del diagnóstico de mercado indican que Bolivia importa cerca del 54% del diésel que consume, siendo baja la producción del mismo, esto debido a la baja producción de petróleo, ya que la actividad petrolera en el país es intensiva en la producción de gas natural, entre los sectores de mayor consumo están la petrolera con cerca del 25%, que usa este combustible para inversiones en exploración y perforación, seguido del transporte y construcción. Si se hace un análisis de consumo por departamento, Santa Cruz es el que más consume cerca del 38,43% de la demanda seguida por los departamentos de La Paz y Cochabamba.

En el análisis de la disponibilidad de materia prima tanto en neumáticos como en plásticos, se determinó que en Bolivia se genera alrededor de 35 768 toneladas de neumáticos fuera de uso al año y 144 242 toneladas de residuos plásticos al año, de los cuales son necesarios 7 300 toneladas de cada uno para producir 51 337 barriles de diésel al año.

Al analizar el tamaño y localización de la planta se determinó que la mejor ubicación es en la carretera a Oruro en la zona de Ventilla ya que cuenta con los servicios necesarios y comunicación con otros departamentos de los cuales la planta puede abastecerse de materia prima.

Mediante una evaluación de impacto ambiental se determinó que el proyecto pertenece a la categoría dos, que requiere una evaluación analítica específica según la Ley 1333.

Mediante una evaluación económica a una tasa de descuento del 8% se obtuvo que el VAN del proyecto es de \$us. 994 865,69, TIR del 15% y una relación beneficio costo de 1,22 lo que demuestra la rentabilidad del proyecto. Mediante un análisis de sensibilidad el proyecto es poco sensible a la variación de los costos y sensible a la variación en los ingresos por ventas.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

#### 1.1. Introducción

La principal fuente de energía en el mundo proviene del petróleo, el 80% de la energía que se usa a nivel global provienen de los derivados del mismo (Fernández, 2018). Por otro lado existe cierta incertidumbre sobre el abastecimiento de este a largo plazo ya que no es considerado un recurso renovable, las reservas internacionales de petróleo según proyecciones deberían poder abastecer los próximos 56 años (RT, 2013).

Por otro lado existe la preocupación sobre la contaminación ambiental causado por las emisiones generados por el uso de los combustibles derivados del petróleo, según estudios se sabe que el dióxido de carbono es el responsable del 81,2% del efecto invernadero (Alonso, 2018).

Bolivia no es ajena al uso de petróleo y sus derivados como principal fuente de energía, a pesar de ser considerada un país petrolero su producción es intensiva en la producción de gas natural, siendo mínima la producción de hidrocarburos líquidos, provocando que la oferta de los mismos no abastezca la demanda, generando importaciones para cubrir la diferencia, como es el caso del diésel y gasolina de los cuales se importa más del 50% y 20% del consumo respectivamente.

Hoy en día existen sustitutos para estos combustibles, más ecológicos y amigables con el medio ambiente, como el biodiesel producido a base de aceites vegetales y animales que ya está siendo usado y producido por varios países latinoamericanos como Argentina, Brasil y Colombia, pero en nuestro país aún no se produce este combustible.

La actividad petrolera en el país se concentra principalmente en los departamentos de Santa Cruz, Tarija, Sucre y Cochabamba, La Paz es considerado un departamento no productor de petróleo a pesar de exploraciones que se realizan en el norte del departamento, aun no se tiene resultados certeros sobre la existencia de reservas de los mismos.

### **1.2. Antecedentes generales**

El uso de diésel comenzó a principios del siglo pasado cuando sustituyó al carbón por su superioridad calorífica. Fue Rudolf Diésel su descubridor, cuando estudiaba combustibles alternos para los motores de combustión interna (Quintana, s.f.).

Desde su descubrimiento el diésel es una de las fuentes de energía más usadas en el mundo tanto en el parque automotor como en la industria, construcción, minería y otros. Esto se debe a su baja inflamabilidad comparado con la gasolina, también posee un mayor poder calorífico, siendo mayor su eficiencia. Bolivia no está exento en el uso del diésel como fuente de energía para los diferentes sectores ya mencionados alcanzando un consumo anual de 11,49 millones de barriles el 2017.

### **1.3. Planteamiento del problema**

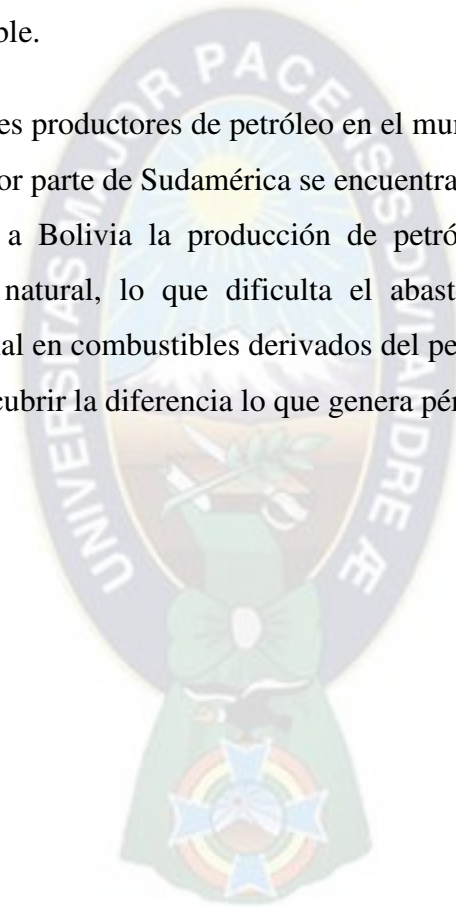
Los residuos sólidos en Bolivia siempre presentaron un problema en cuando a su disposición final, ya que nuestro país solo recicla el 10% de los residuos generados, provocando que el resto termine en los rellenos o en el medio ambiente, que genera daños a la salud, principalmente daños a la flora y fauna; estos residuos, en especial los plásticos tienen un periodo largo de degradación que alcanza hasta los 200 años, en el caso de los neumáticos, si son desechados en el medio, su degradación demora alrededor de 500 años, por su forma y tamaño son propicios para la crianza de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue, la malaria, la fiebre amarilla



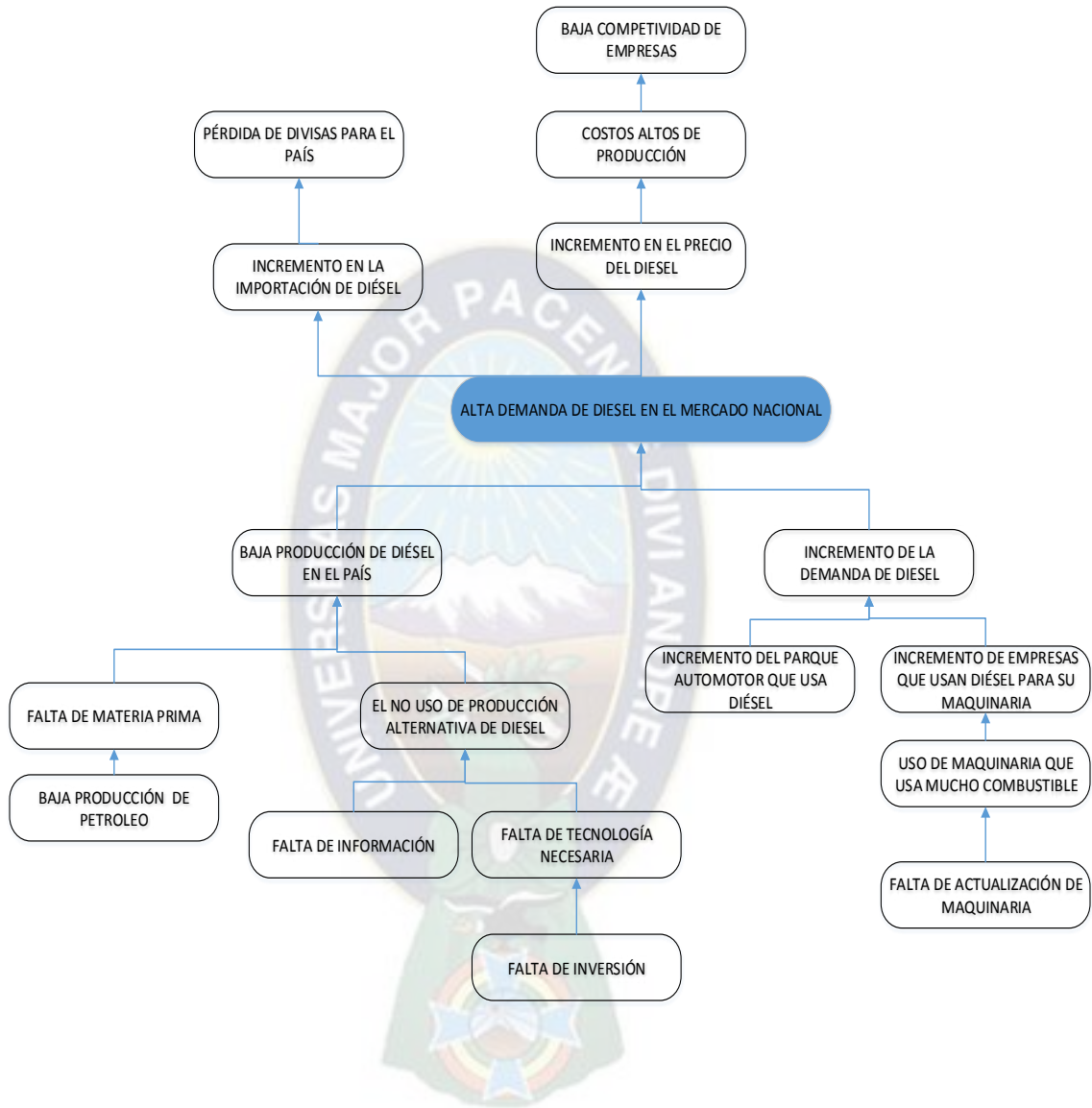
entre otros, por otra parte la quema de estos neumáticos genera gases tóxicos tales como el monóxido de carbono, si son inhalados provoca daños en la salud.

Otro problema grande tanto en Bolivia como el mundo es la dependencia de combustibles derivados del petróleo, usados en los diferentes sectores tales como; el transporte, la industria, la minería, la agroindustria, entre otros, siendo el petróleo un recurso no renovable.

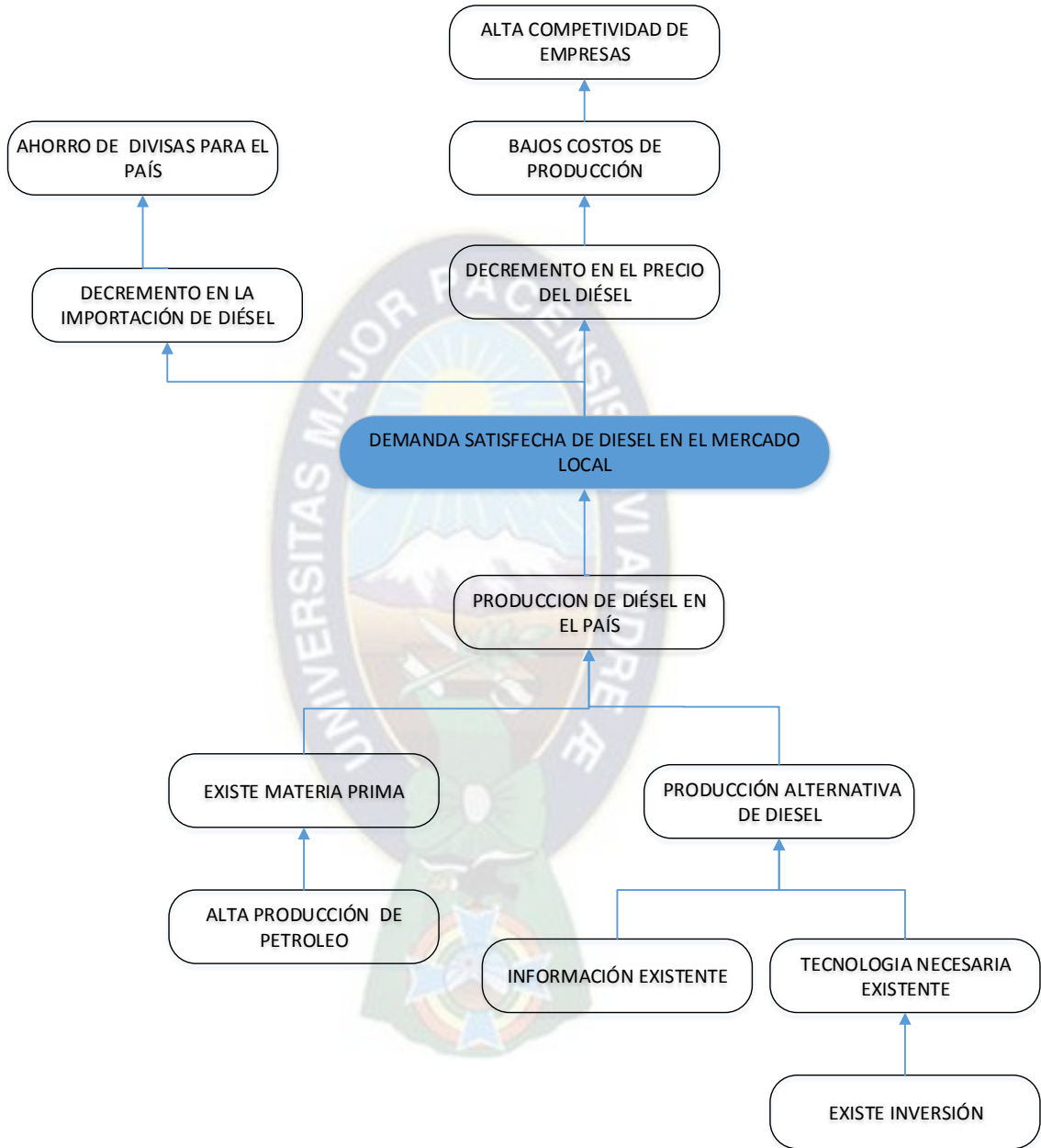
Los mayores productores de petróleo en el mundo son Rusia, Arabia Saudita y Estados Unidos, por parte de Sudamérica se encuentra Venezuela ocupando el décimo lugar, en cuando a Bolivia la producción de petróleo pesado es mínima, siendo intensiva en gas natural, lo que dificulta el abastecimiento de la demanda con producción nacional en combustibles derivados del petróleo, por lo que se recurre a la importación para cubrir la diferencia lo que genera pérdidas al estado en divisas.



### ÁRBOL DE PROBLEMAS



### ÁRBOL DE OBJETIVOS



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Demostrar la factibilidad de implementar una planta de producción de diésel sintético a partir de desechos plásticos y neumáticos, para beneficiar al desarrollo sostenible y la economía regional y nacional.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Efectuar un diagnóstico de mercado interno
- Diseñar una planta para la producción de diésel sintético
- Realizar un estudio de factibilidad

## **1.5. Justificación del proyecto**

La finalidad de este proyecto es demostrar la viabilidad de implementar una planta de producción de diésel sintético en el departamento de La Paz, mediante el uso de residuos sólidos tales como los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso, fomentando el uso de energías alternativas y la valoración de los residuos sólidos, lo que incidirá en la reducción de importaciones realizadas para satisfacer la demanda del diésel.

El proyecto tendrá un impacto en la sociedad, específicamente en las ciudades de El Alto y La Paz, ya que se generarán empleos y ayudará con la gestión de residuos sólidos generados en estas ciudades, además de ayudar en el crecimiento de la economía regional, generando una mejor calidad de vida.

## CAPITULO II

### 2. DIAGNÓSTICO DEL MERCADO

#### 2.1 El diésel sintético

##### 2.1.1 Naturaleza y características del diésel

El diésel es un combustible líquido derivado del petróleo, obtenido como producto intermedio en la columna de destilación del mismo, es utilizado en los motores de encendido por compresión. Este combustible se compone de un 75% por hidrocarburos saturados (isoparafinas y cicloparafinas), el resto son hidrocarburos aromáticos (alcalobencenos y naftalenos). Su fórmula química es  $C_{12}H_{26}$ , los hidrocarburos presentes en el diésel son poco volátiles (MENNA, 2018).

El diésel tiene una densidad de 850 kg/m<sup>3</sup> y un poder calorífico de 8.800 kcal/kg, se caracteriza por ser aceitoso el cual permite lubricar las partes del motor.

##### 2.1.1.1 Número de cetanos o cetanaje

El índice o número de cetanos al contrario que el número de octanos usado para medir la calidad de combustión o ignición de la gasolina, es un índice utilizado para caracterizar la volatilidad y facilidad de inflamación del combustible usado en los motores de diésel (sabelotodo.org, 2019).

El número de cetanos tiene una relación con el tiempo transcurrido entre la inyección del combustible y el inicio de su combustión. Se considera una combustión de calidad cuando se genera una ignición rápida con un quemado total y uniforme del combustible. Cuando mayor sea el índice de cetanos, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de la ignición, por el contrario un bajo número de cetanos precisa de un tiempo mayor para la ignición, si el índice de cetanos es muy bajo la combustión

es inadecuada y genera un ruido excesivo, con un aumento en la emisiones, reducción del rendimiento del vehículo y un aumento en la fatiga del motor (Herrería, 2019).

#### **2.1.1.2 Punto de inflamación**

El punto de inflamación es la temperatura en la cual el líquido se quema, esta temperatura varía con la presión atmosférica, en el caso del diésel su punto de inflamabilidad es de 52°C a 96°C (DENIOS, 2013).

#### **2.1.1.3 Azufre**

El azufre presente en el diésel contribuye significativamente a las emisiones de partículas. Por lo cual la reducción de esta sustancia a 0,05% es una tendencia mundial, la relación entre la presencia de azufre en el diésel y la emisiones de partículas y el dióxido de azufre SO<sub>2</sub> está establecida (Emily, 2019).

#### **2.1.1.4 Densidad y viscosidad**

La viscosidad y densidad está relacionada con el rendimiento del motor. Las variaciones en la viscosidad y la densidad provocan variaciones en la potencia del motor, consecuencia de la cual se generan las emisiones y el consumo del diésel (Emily, 2019).

#### **2.1.1.5. Aromáticos**

Son las moléculas presentes en los combustibles que contienen al menos una molécula de benceno, el contenido de aromáticos influye en la combustión y la formación de partículas (Emily, 2019).

### 2.1.2 Especificaciones del diésel en Bolivia

Existen normativas sobre el límite de elementos y sustancias presentes en el diésel, las cuales deben ser cumplidas para su comercialización. La Tabla 1 muestra las características que debe poseer este combustible para poder ser vendido y utilizado en Bolivia. Existen especificaciones tanto en la región occidental, como para la región oriental.

*Tabla 1: Especificaciones del diésel en Bolivia*

| CARACTERÍSTICAS                      | ORIENTE    |      | OCCIDENTE  |          | UNIDAD |
|--------------------------------------|------------|------|------------|----------|--------|
|                                      | MIN.       | MAX  | MIN.       | MAX      |        |
| Gravedad específica a 15 °C          | 0,79       | 0,88 | 0,8        | 0,88     |        |
| Corrosión lámina de cobre (3h/100°C) |            | 3    |            | 3        |        |
| Azufre total                         |            | 0,5  |            | 0,5      | % peso |
| Punto de escurrimiento               |            |      |            | -1,1(30) | °C(°F) |
| Punto de inflamación                 | 38(100,4)  |      | 38(100,4)  |          | °C(°F) |
| Apariencia                           | Cristalina |      | cristalina |          |        |
| Viscosidad cinemática a 40°C         | 1,7        | 5,5  | 1,7        | 5,5      | cSt    |
| Índice de cetano                     | 45         |      | 45         |          |        |
| Número de cetanos                    | 42         |      | 42         |          |        |
| Ceniza                               |            | 0,02 |            | 0,02     | % peso |
| Agua y sedimentos                    |            | 0,05 |            | 0,05     | % peso |
| Residuo carbonoso                    |            | 0,3  |            | 0,3      | % peso |

*Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos*

Se considera región oriental a los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando y las zonas tropicales de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija, el resto de los departamentos se considera occidente.

### 2.1.3 Características del diésel sintético

El diésel sintético producto de la pirolisis tiene características similares a las del diésel derivado del petróleo, contiene el mismo poder calorífico pero en emisiones significativamente reducidas, por otro lado las densidades son iguales, como en las



otras características. De igual manera que el biodiesel puede ser mezclado en proporciones de 10% con diésel derivado del petróleo para ser usado directamente en los motores de encendido por presión. (Escudero Escudero, 2011)

Sin embargo después de la operación de refinación, este diésel puede alcanzar las mismas especificaciones que el diésel derivado del petróleo, la tabla 2 muestra las propiedades del diésel después de la operación de pirolisis (Escudero Escudero, 2011).

*Tabla 2: Propiedades del diésel equivalente*

| <b>Requisitos</b>                      | <b>Unidad</b> | <b>Diésel directo de pirolisis</b> |
|--|---------------|------------------------------------|
| <b>Punto de inflamación</b>            | °C            | 45                                 |
| <b>Agua y sedimento</b>                | %V/V          | --                                 |
| <b>Residuo carbonoso, 10 % residuo</b> | %M/M          | 0,2                                |
| <b>Cenizas</b>                         | %M/M          | 0,007                              |
| <b>Viscosidad cinemática a 40 °C</b>   | CSt           | 2,5                                |
| <b>Azufre</b>                          | Ppm           | 2                                  |
| <b>Corrosión lamina de cobre</b>       | N°            | 1                                  |
| <b>Numero de cetano</b>                | N°            | 43                                 |

*Fuente: Escudero, F. (2011). Evaluación de pre factibilidad de una planta de elaboración de diésel sintético a partir de desechos plásticos y neumáticos*

Según la tabla 2 el diésel sintético directo de pirolisis cumple con la mayoría de las especificaciones necesarias para su comercialización:

- El porcentaje de azufre es menor comparado con el diésel derivado del petróleo.
- La cantidad de cenizas está por debajo de la exigencia que es 0,02% en peso y la obtenida en el proceso de pirolisis es de 0,007% menor a la del diésel derivado del petróleo.
- La viscosidad está dentro de las exigencias que es de 1,7 a 5,5 cSt para el occidente.



- La corrosión de lámina de cobre está dentro de lo exigido que es 3.
- Los residuos carbonos también están dentro de las especificaciones del país que tiene un máximo de 0,3 % en peso.
- El punto de inflamación está cerca de lo mínimo exigido que es de 38°C
- El número de cetanos apenas cumple con lo mínimo exigido que es 42 en Bolivia

Una vez que pase por la operación de refinación podrá cumplir con las exigencias del mercado y podrá ser comercializado.

#### **2.1.4 Ventajas**

La diferencia principal del diésel sintético y el diésel derivado del petróleo son el número de cetanos y el punto de inflamación que está en lo mínimo exigido.

La producción y uso de diésel sintético tiene muchos beneficios como es el caso del biodiesel, pero al ser un producto nuevo no se conocen con detalle las ventajas que este podría tener. Aun así se puede inferir por las características presentadas anteriormente como ser:

- El diésel sintético no contiene mucho azufre, lo que lo convierte en un combustible más amigable con el medio ambiente.
- La producción de diésel sintético no necesita mucha energía ya que se autoabastece con los gases de pirolisis.
- Las características del motor de diésel no varían por el uso de diésel sintético, haciendo que los cambios sean imperceptibles para el conductor.

- No son necesarios los cambios en el almacenamiento, distribución para la venta de diésel sintético ya que posee las mismas características del diésel derivado del petróleo.
- La producción de diésel sintético trata temas de reutilización y revalorización de residuos sólidos inorgánicos que afectan el medio ambiente, aumentando espacios en los rellenos sanitarios y evitando la contaminación del aire, agua y el suelo causados por los mismos.

### **2.1.5 Desventajas**

Si bien el diésel sintético tiene bastantes ventajas, también presenta algunas desventajas tanto en el uso por el consumidor final como en el proceso de producción.

- El número de cetanos está en lo mínimo exigido por nuestro país, esto para el diésel sintético sin refinar.
- El punto de inflamación también se encuentra cerca de lo mínimo exigido, dificultando el manejo y almacenamiento del mismo, pero como posee las mismas características del diésel derivado del petróleo, las normativas para su manipulación son las mismas.
- Al ser un producto nuevo no se conoce si el mercado lo aceptará como un sustituto del diésel derivado del petróleo
- La no existencia de normativas para este tipo de combustible, por lo que es necesario la creación de la misma en cooperación con la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Ministerio de Hidrocarburos.

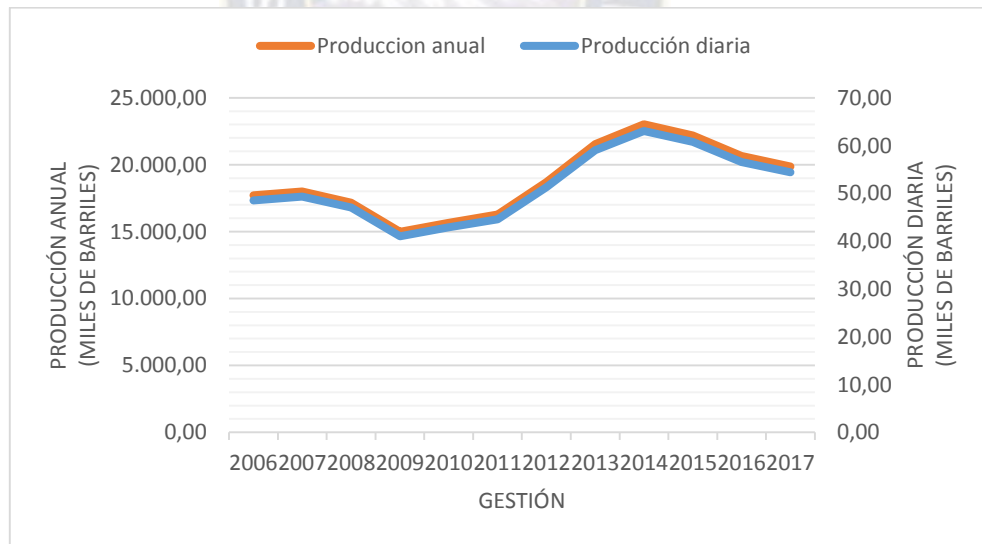
### **2.2. Demanda y oferta de carburantes líquidos**

La producción de los hidrocarburos en Bolivia en su gran mayoría es el gas natural, por lo cual el país ha tenido problemas en el abastecimiento de carburantes líquidos para alcanzar un punto de equilibrio entre la oferta y la demanda (Jemio, 2015).

Por las características de los hidrocarburos en Bolivia, la producción de carburantes líquidos ha sido muy baja comparada con el gas natural en 2014 la producción de esto alcanzo el pico más alto de 23,02 millones de barriles lo que equivale a 63,9 mil barriles diarios el cual pone a Bolivia en un país marginal en producción de petróleo a nivel internacional (Jemio, 2015).

La producción de hidrocarburos líquidos registró descensos entre 2007 a 2010, y aumentos entre 2010 y 2014 donde se registró la mayor producción de esta en 23.03 millones de barriles, teniendo otra caída en la producción desde entonces llegando a 17,2 millones de barriles en 2017. La tasa de crecimiento promedio entre este periodo es 1,2% anual.

Figura 1: Producción de petróleo anual y diario

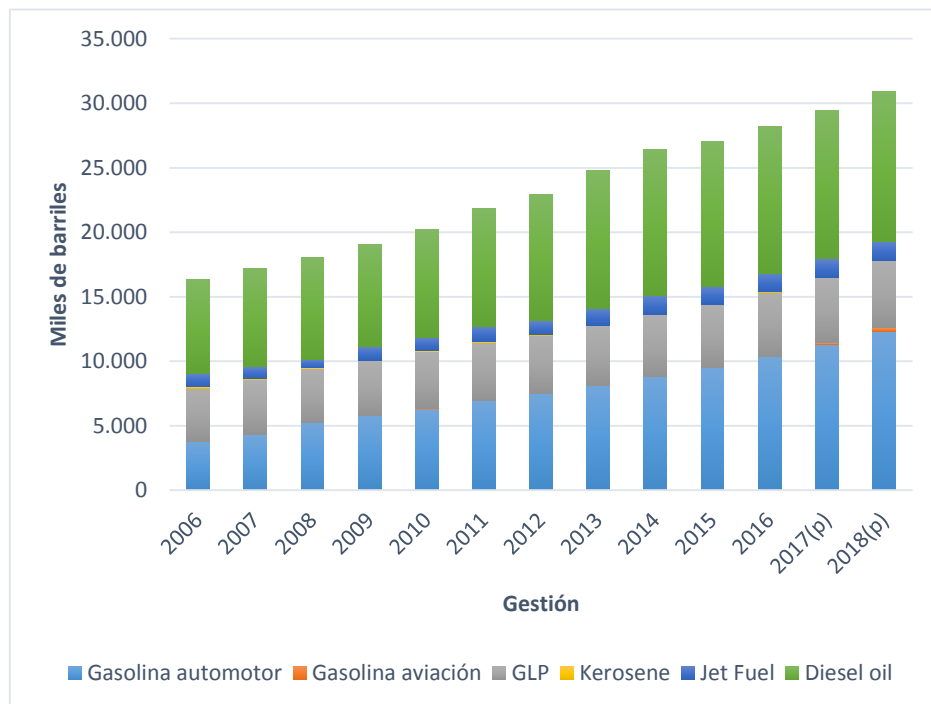


Fuente: Agencia Nacional de hidrocarburos

La demanda de carburantes líquidos entre 2006 y 2016 tuvo un aumento promedio del 5,6%, muy por encima de la producción nacional, durante este periodo la demanda subió de 16,34 millones de barriles en 2006 a 28,19 millones de barriles para el 2016, dentro de estos carburantes existe un gran aumento en la demanda del diésel

los cuales aumentaron de 7,28 millones de barriles en 2006 a 11,38 millones de barriles en 2016, mientras que la gasolina subió de 3,75 millones de barriles a 10,38 millones de barriles para el 2016.

Figura 2: Ventas mercado interno de carburantes

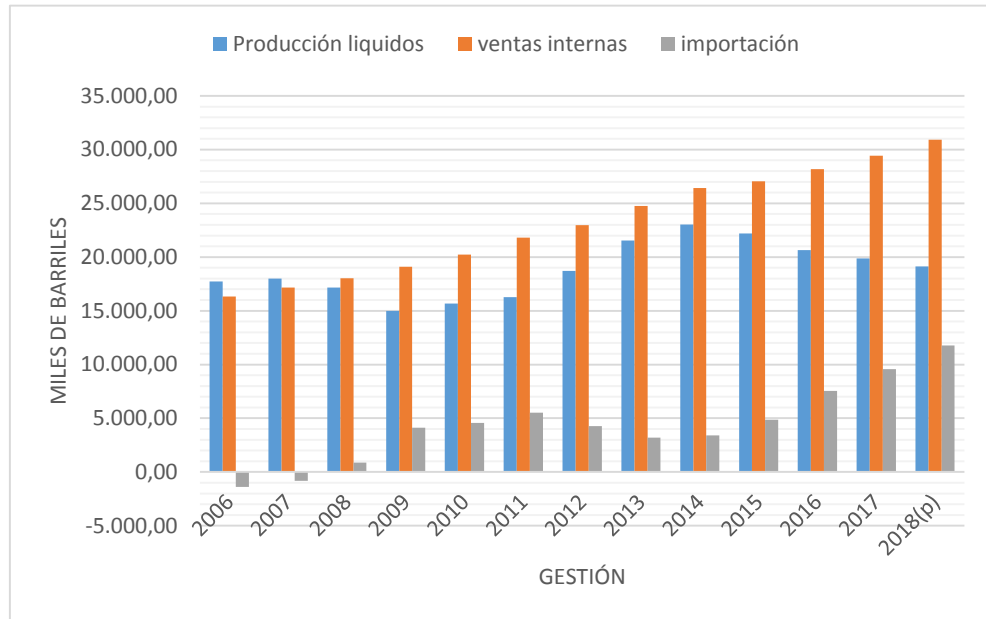


Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Según el análisis hecho, se ha generado una gran brecha entre la demanda y la producción de carburantes líquidos, la demanda de carburante en 2017 alcanzó los 29,44 millones de barriles que esta por muy encima de la producción que registro un 19,87 millones de barriles, esta brecha se cubrió mediante la importación de estos carburantes que llegaron a un valor de 9,57 millones de barriles en 2017.

Las importaciones de carburantes crecieron entre 2006 y 2017 a una tasa promedio anual de 13,6%, pasando de 4,10 millones de barriles en 2009 a 9,57 millones de barriles en 2017.

Figura 3: Balance de oferta y demanda anual de hidrocarburos líquidos



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

El incremento en las importaciones está muy relacionado con la baja producción del crudo pesado y el crecimiento natural de la demanda del mercado nacional.

### 2.2.1 Oferta y demanda del diésel

La producción del diésel en Bolivia es muy baja debido a que se produce petróleo en cantidades menores, el cual no abastece la demanda nacional, importando la diferencia para abastecer la misma, el consumo de diésel en Bolivia tiene una tasa promedio de crecimiento del 4,5% anual, mientras que la producción tiene una tasa de crecimiento del 0,9% anual, haciendo que la diferencia entre demanda y producción sea mayor con el transcurso de los años.

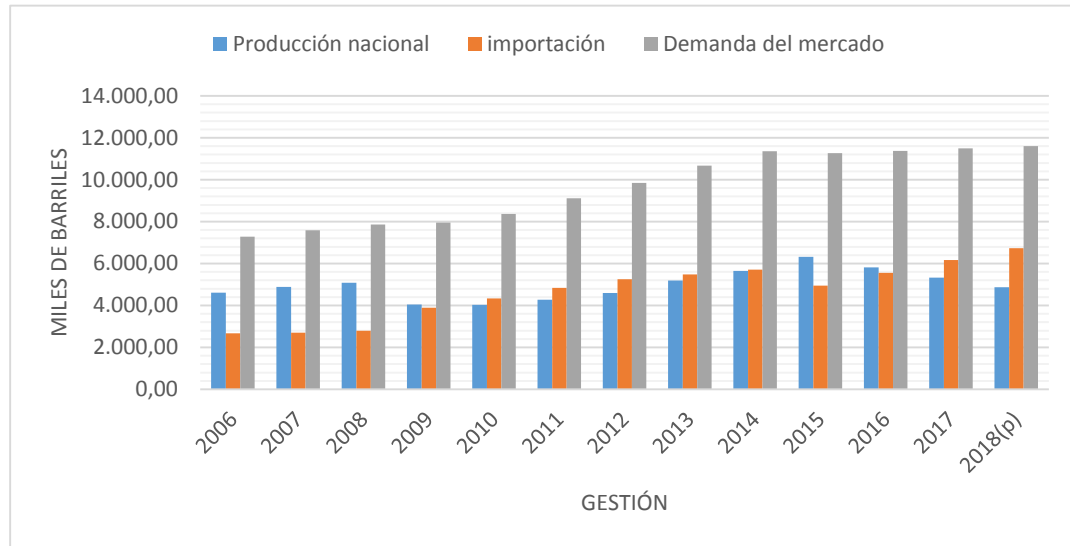
*Tabla 3: Demanda, producción e importación de diésel*

| <b>AÑO</b>  | <b>PRODUCCIÓN<br/>(En miles de<br/>barriles/ año)</b> | <b>DEMANDA<br/>DEL<br/>MERCADO<br/>(En miles de<br/>barriles/<br/>año)</b> | <b>IMPORTACIÓN<br/>(En miles de<br/>barriles/ año)</b> |
|-------------|---|--|--|
| <b>2006</b> | 4.614,63  | 7.280,00   | 2.665,37   |
| <b>2007</b> | 4.880,17  | 7.590,00   | 2.709,83   |
| <b>2008</b> | 5.077,25  | 7.870,00   | 2.792,75   |
| <b>2009</b> | 4.052,61  | 7.950,00   | 3.897,39   |
| <b>2010</b> | 4.035,29  | 8.370,00   | 4.334,71   |
| <b>2011</b> | 4.274,50  | 9.110,00   | 4.835,50   |
| <b>2012</b> | 4.590,88  | 9.840,00   | 5.249,12   |
| <b>2013</b> | 5.192,11  | 10.670,00  | 5.477,89   |
| <b>2014</b> | 5.646,32  | 11.360,00  | 5.713,68   |
| <b>2015</b> | 6.322,64  | 11.270,00  | 4.947,36   |
| <b>2016</b> | 5.820,57  | 11.380,00  | 5.559,43   |
| <b>2017</b> | 5.326,58  | 11.491,07  | 6.164,49   |
| <b>2018</b> | 4.874,51  | 11.603,23  | 6.728,72   |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

La producción de diésel no tuvo un incremento considerable desde 2006 con 4,61 millones de barriles, teniendo subidas y caídas, tal como lo muestra la tabla 3, la mayor producción se registró en 2015 que alcanzó a 6,32 millones de barriles, registrando un descenso en la producción desde entonces a 5,32 millones de barriles el 2017. En el caso de la demanda, esta aumentó de 7,280 millones de barriles el 2006 a 11,49 millones de barriles el 2017.

Figura 4: Balance entre la demanda y oferta del diésel



Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Existe un incremento en la importación del diésel, el cual tiene un crecimiento promedio anual del 8%, este aumentó de 2,66 millones de barriles el 2006 a 6,16 millones de barriles el 2017.

YPFB REFINACIÓN, ORO NEGRO son las únicas empresas que refinan petróleo crudo en Bolivia. Aun así, la producción nacional de diésel apenas alcanza a abastecer poco más del 46,35% de la demanda total actual que representa 11,6 millones de barriles por año, la producción de diésel no ha variado mucho, esto se debe a la poca producción de petróleo pesado. Por el contrario, el consumo de diésel ha aumentado notablemente, lo que se traduce en que la gran mayoría del consumo interno se satisfaga con importaciones. Cerca de un 54% del consumo de diésel que representa 6,16 millones de barriles por año en Bolivia es proveniente de importaciones, principalmente desde Argentina, Estados Unidos, Chile, Perú, Singapur y otros (Multimedia infopública S.a., 2017).

### 2.2.2. Precio

El precio de los combustibles en Bolivia es uno de los más bajos en Latinoamérica, esto se debe a la subvención que recibe este por parte del gobierno, este precio en el mercado interno se ha mantenido constante, mientras que el precio internacional ha ido variando, llegando a casi triplicar el precio subvencionado en el caso del diésel, generando pérdidas para el estado.

*Tabla 4: Variación del precio del diésel*

|             | <b>Precio internacional en Bs/l</b> | <b>Precio con subvención en Bs/l</b> |
|-------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>2010</b> | 7,26                                | 3,72                                 |
| <b>2011</b> | 9,23                                | 3,72                                 |
| <b>2012</b> | 9,55                                | 3,72                                 |
| <b>2013</b> | 9,34                                | 3,72                                 |
| <b>2014</b> | 8,88                                | 3,72                                 |
| <b>2015</b> | 8,88                                | 3,72                                 |
| <b>2016</b> | 8,88                                | 3,72                                 |
| <b>2017</b> | 8,88                                | 3,72                                 |
| <b>2018</b> | 8,88                                | 3,72                                 |
| <b>2019</b> | 8,88                                | 3,72                                 |

Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos

El precio de diésel subvencionado no ha variado durante los 10 años anteriores manteniéndose a un valor de 3,72 Bs por litro, en cambio el precio internacional tiene variaciones con un valor de 7,26 Bs el litro en 2010, llegando a su precio más alto el 2012 con un 9,55 Bs por litro bajando el 2014 a un valor de 8,88 Bs por litro manteniendo ese precio desde entonces tal como se muestra en la tabla 4.

### 2.2.3 Proyecciones

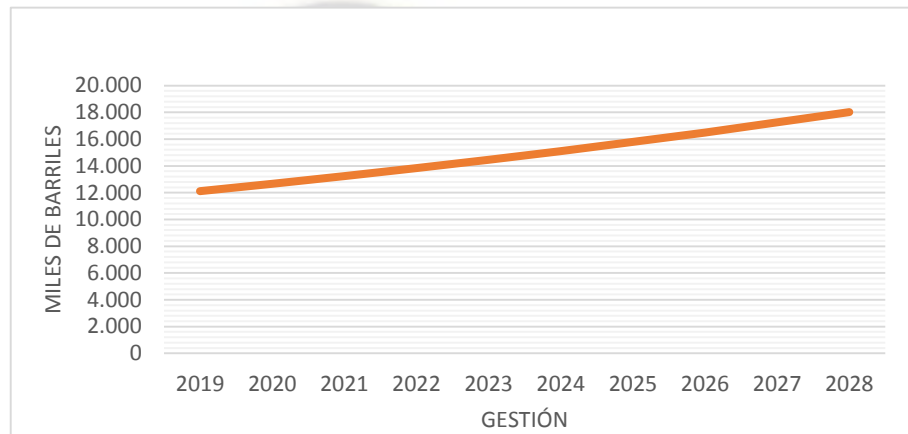
Según un estudio realizado por la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), las proyecciones para el consumo nacional de combustible presentan una tendencia



general al alza. Se espera el crecimiento de la demanda de la gasolina en 8,5 % y la del diésel un 4,5% anual.

Realizando una proyección usando la tasa de crecimiento tenemos lo siguiente:

*Figura 5: Proyección de la demanda*

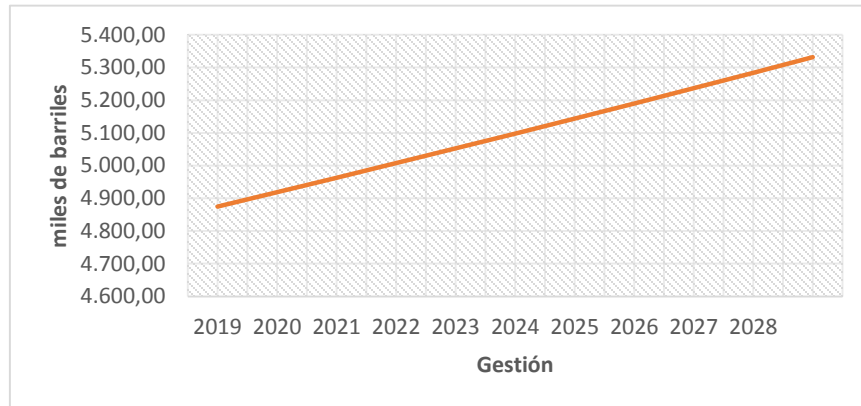


*Fuente: Elaboración con datos de la tabla 3*

La demanda de diésel tiene una tendencia lineal aumentando un 80% la demanda actual en los próximos 9 años.

Para la proyección de la oferta nacional también se toma la tasa de crecimiento promedio de la producción de diésel desde el 2006, el cual equivale a 0,9% anual.

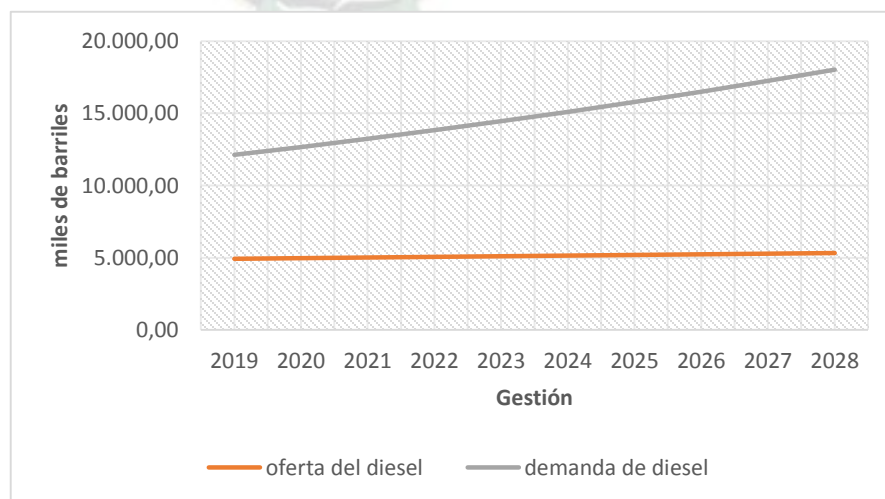
Figura 6: Proyección de la producción nacional de diésel



Fuente: Elaboración en base a datos de la tabla 3.

Según esta proyección la producción de diésel en el país llegará cerca de los 5.4 millones de barriles en 2028, muy por debajo de la demanda actual, por ende menor a la demanda en el futuro, la cual dejará una brecha mayor entre la demanda y producción incentivando una mayor importación de este combustible si no se genera un sustituto para el mismo, esta relación proyectada se muestra en la figura 7.

Figura 7: Relación entre la producción nacional y demanda de diésel proyectado



Fuente: elaborado en base a las figuras 5 y 6

## 2.3. Análisis del mercado

### 2.3.1 Consumo de combustible

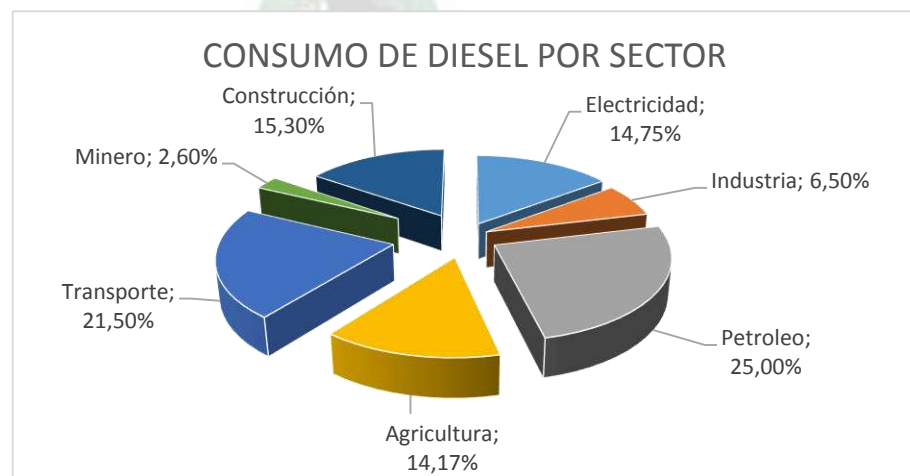
El diésel es una de las primeras fuentes de energía tanto en Bolivia como en el mundo. Su consumo total en Bolivia alcanzó los 11,49 millones de barriles en el año 2017, y según proyecciones, se espera que este número crezca un 4,5% cada año hasta el 2030, triplicando el uso de este combustible.

La ANH realiza anualmente un informe estadístico del consumo de combustibles en el país, dividiendo sectores industriales y por región. El último informe data del año 2015, base con la cual se trabajará.

#### 2.3.1.1 Consumo por sector

El diésel es usado en diversas áreas tanto en vehículos como maquinaria o generación de electricidad, los principales sectores que utilizan el diésel en Bolivia son: la petrolera, transporte, construcción, agricultura, industria y la minería, los cuales se detallan en la figura 8.

Figura 8: Consumo de diésel promedio mensual por sector en porcentaje (año 2015)



Fuente: agencia nacional de hidrocarburos, datos estadísticos 2015

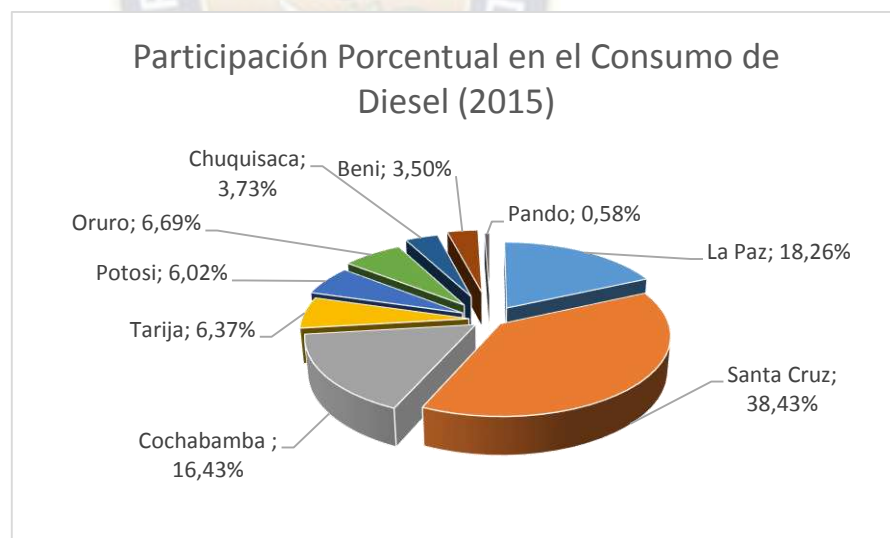
El sector petrolero es el que mayor diésel demanda con un 25%, seguido por el transporte con un 21,5%, la construcción con 15,3%, la electricidad con el 14,75%, y en quinto lugar la agricultura con el 14,17%.

El consumo por el sector petrolero se basa en las inversiones que realiza el sector, en movimiento y desplazamiento de maquinaria.

### 2.3.1.2 Consumo por región

El consumo de diésel por región depende de la cantidad de habitantes, el número de vehículos en el parque automotor que usa diésel, la actividad industrial, minera, petrolera, entre otros.

Figura 9: Consumo de diésel por departamento en Bolivia (2015)



Fuente: Boletín Estadístico Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Enero – Junio 2015)

La región de Santa Cruz es la que tiene un mayor consumo de diésel con un 38,43%, debido a la actividad petrolera y agroindustrial presente, seguido por La Paz

con un 18,26% y Cochabamba 16,43%, siendo el eje central del país por ende los departamentos con mayor población.

### **2.3.2. Mercado potencial**

El diésel sintético es equivalente a diésel de origen fósil, por lo que se podría entrar en cualquier sector que utiliza este combustible, pero existen sectores que son más atractivos y accesibles en cuando a la ubicación y niveles de consumo.

Debido a que la planta se instalará en el departamento de La Paz, específicamente cerca de las ciudades de La Paz y El Alto, se buscará trabajar con sectores presentes en las mismas, debido a los costos que conllevan el transporte y logística al cubrir radios más grandes, por lo cual se descartará sectores que estén fuera de la ciudad como es el caso del sector minero y petrolero. Se descartará también las ventas a canales minoristas debido a las inversiones que conlleva crear puntos de servicio.

Dentro de los mercados potenciales se encuentran los sectores de transporte, industria y construcción que abarcan el 42% del consumo de diésel en el país.

### **2.3.3. Mercado objetivo**

Según normativas, YPFB es la responsable de la comercialización de todos los combustibles en el país por lo cual, para llegar a los sectores potenciales tales como la industria, el transporte y la construcción, debemos pasar antes por YPFB, siendo nuestro mercado objetivo la misma, la cual se encargara de la distribución del producto.

La comercialización del diésel sintético se realizará dentro del área urbana dada la localización de la planta, el mercado en este departamento es la segunda más importante luego del departamento de Santa Cruz reconocido por su actividad petrolera y agroindustrial.

Se calcularon los niveles de consumo de combustible diésel de los diferentes tipos de vehículos según la cantidad y el porcentaje que consume diésel.

Tabla 5: Parque automotor, según departamento, 2016-2017

| Tipo de servicio | 2016                |                          | 2017                |                          | Variación porcentual |
|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|
|                  | Número de vehículos | Participación porcentual | Número de vehículos | Participación porcentual |                      |
| Chuquisaca       | 67.022              | 3,9%                     | 70.480              | 3,9%                     | 5,2%                 |
| La Paz           | 407.621             | 23,8%                    | 427.922             | 23,8%                    | 5,0%                 |
| Cochabamba       | 363.603             | 21,8%                    | 386.952             | 21,5%                    | 6,4%                 |
| Oruro            | 93.766              | 5,5%                     | 94.799              | 5,3%                     | 1,1%                 |
| Potosí           | 61.056              | 3,6%                     | 64.221              | 3,6%                     | 5,2%                 |
| Tarija           | 95.711              | 5,6%                     | 102.203             | 5,7%                     | 6,8%                 |
| Santa Cruz       | 577.553             | 33,8%                    | 605.540             | 33,6%                    | 4,8%                 |
| Beni             | 41.051              | 2,4%                     | 44.193              | 2,5%                     | 7,7%                 |
| Pando            | 3.622               | 0,2%                     | 4.044               | 0,2%                     | 11,7%                |
| <b>Total</b>     | <b>1.711.005</b>    | <b>100%</b>              | <b>1.800.354</b>    | <b>100%</b>              | <b>5,2%</b>          |

Fuente: registro único para la administración tributaria municipal (RUAT) instituto Nacional de Estadística.

Los departamentos con mayor cantidad en el parque automotor son los de Santa Cruz, La Paz y Cochabamba, esto se debe a la cantidad de población presentes en los mismos.

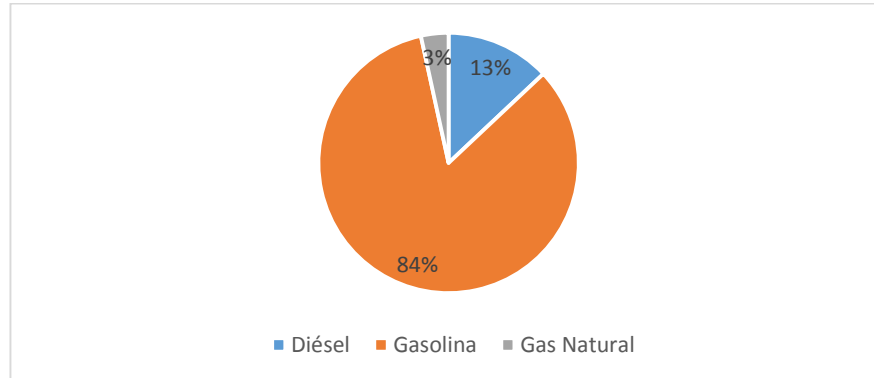
Tabla 6: Parque automotor según el tipo de combustible

| Tipo de servicio | 2016                |                          | 2017                |                          | Variación porcentual |
|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|
|                  | Número de vehículos | Participación porcentual | Número de vehículos | Participación porcentual |                      |
| Alcohol          | 48                  | 0,0%                     | 46                  | 0,0%                     | (4,2%)               |
| Diésel           | 230.668             | 13,5%                    | 231.659             | 12,9%                    | 0,4%                 |
| Gas natural      | 61.373              | 3,6%                     | 61.272              | 3,4%                     | (0,2)%               |
| Gasolina         | 1.418.859           | 82,9%                    | 1.507.312           | 83,7%                    | 6,2%                 |
| Eléctrico        | 38                  | 0,0%                     | 47                  | 0,0%                     | 23,7%                |
| Sin especificar  | 19                  | 0,0%                     | 18                  | 0,0%                     | (5,3%)               |
| <b>Total</b>     | <b>1.711.005</b>    | <b>100%</b>              | <b>1.800.354</b>    | <b>100%</b>              | <b>5,2%</b>          |

Fuente: Registro único para la administración tributaria municipal (RUAT) instituto nacional de estadística.

Los principales combustibles usados en el parque automotor en Bolivia son la gasolina con un 84%, seguido del diésel con un 13% y el gas natural con un 3% según muestra la figura 10.

*Figura 10: Participación del uso de combustibles en el parque automotor (2017)*



*Fuente: registro único para la administración tributaria municipal (RUAT) instituto nacional de estadística.*

Dada la localización de la planta a implementar, se abarcaría menos del 0,4% de la demanda nacional.

#### **2.4. El mercado de los neumáticos fuera de uso**

Los neumáticos comercializados en el país provienen en su totalidad de importaciones de países tales como China, Japón, Brasil, Estados Unidos, entre otros. La comercialización de estos es compleja e informal debido a la gran cantidad de países de las que provienen estas, por lo cual su venta se realiza tanto por las distribuidoras como por personas naturales que comercializan el producto en ferias o pequeños locales. De estos llegan a los usuarios finales dueños de vehículos que después de haber cumplido su periodo de uso estos los desechan en los puntos de comercialización o en los talleres automotrices donde realizan el recambio, en el caso de los camiones y buses estos recauchutan sus neumáticos aumentando su periodo de vida en unos 6 meses, para su posterior recambio.



### 2.4.1. Disponibilidad de neumáticos fuera de uso

La demanda y comercialización de neumáticos ha tenido un gran aumento en los últimos años, el cual podría compararse con la cantidad de recambios de estos, es decir la cantidad de neumáticos fuera de uso, los cuales se relacionan directamente con la tasa de crecimiento del parque automotor el cual creció un 5,6% desde 2016 a 2017.

#### 2.4.1.1. Crecimiento del parque automotor en Bolivia

En la gestión 2011 la cantidad de vehículos registrados alcanzo a 1 082 984 unidades, llegando a 1 910 072 unidades el 2018, aumentando su número a casi al doble en este periodo con un crecimiento promedio de 8,5% anual.

Los vehículos en Bolivia se clasifican según el tipo de servicio que este presta, en los que se encuentra el particular, público y oficial, el cual se detalla en la tabla 7.

*Tabla 7: Cantidad de vehículos según el tipo de servicio*

| Tipo de vehículo  | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Particular</b> | 972.276   | 1.096.684 | 1.213.762 | 1.335.447 | 1.448.965 | 1.573.529 | 1.670.659 | 1.771.952 |
| <b>Público</b>    | 95.081    | 90.237    | 89.682    | 93.421    | 96.136    | 105.630   | 97.016    | 104.310   |
| <b>Oficial</b>    | 15.627    | 19.830    | 22.805    | 27.560    | 29.436    | 31.846    | 32.679    | 33.810    |
| <b>Total</b>      | 1.082.984 | 1.206.751 | 1.326.249 | 1.456.428 | 1.574.537 | 1.711.005 | 1.800.354 | 1.910.072 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

El 92,8% de los vehículos en el país está registrado como servicio particular, seguido del servicio público con una participación de 5,5%, mientras que el servicio oficial se queda con el 1,8%.



### Servicio particular

Representa la mayoría de los vehículos registrados en el país, aunque no todos son usados como servicio particular, dentro de esta clasificación existen diferentes tipos de vehículos que se detalla en la tabla 8.

*Tabla 8: Cantidad de vehículos en el servicio particular*

| Tipo de vehículo        | 2011    | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      |
|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Automóvil</b>        | 204.008 | 217.492   | 234.775   | 253.311   | 269.605   | 286.396   | 301.051   | 314.659   |
| <b>Bus</b>              | 3.813   | 4.292     | 4.655     | 4.984     | 5.285     | 5.653     | 6.150     | 6.424     |
| <b>Camión</b>           | 73.672  | 77.797    | 81.837    | 85.822    | 88.894    | 93.804    | 96.398    | 98.858    |
| <b>Camioneta</b>        | 104.035 | 114.889   | 126.372   | 138.973   | 150.170   | 163.979   | 170.713   | 178.878   |
| <b>Furgón</b>           | 2.986   | 4.927     | 7.012     | 8.237     | 9.367     | 10.956    | 12.120    | 13.135    |
| <b>Jeep</b>             | 49.470  | 51.015    | 52.757    | 54.792    | 56.550    | 58.869    | 59.372    | 60.588    |
| <b>Microbús</b>         | 8.349   | 9.483     | 10.010    | 10.373    | 10.766    | 11.096    | 11.651    | 11.943    |
| <b>Minibús</b>          | 46.493  | 56.472    | 64.349    | 68.407    | 73.580    | 81.596    | 89.882    | 95.707    |
| <b>Moto</b>             | 98.092  | 157.855   | 211.253   | 268.780   | 323.539   | 377.365   | 424.103   | 474.004   |
| <b>Quadra track</b>     | 905     | 1.378     | 1.964     | 2.673     | 3.350     | 3.852     | 4.245     | 4.526     |
| <b>Torpedo</b>          | 85      | 86        | 80        | 78        | 75        | 74        | 105       | 77        |
| <b>Tracto-camión</b>    | 6.678   | 7.410     | 8.368     | 9.084     | 9.450     | 10.191    | 11.052    | 11.437    |
| <b>Trimovil -camión</b> | 9       | 11        | 12        | 14        | 14        | 14        | 14        | 14        |
| <b>Vagoneta</b>         | 373.681 | 393.577   | 410.318   | 429.919   | 448.320   | 469.684   | 483.803   | 501.702   |
| <b>Total</b>            | 972.276 | 1.096.684 | 1.213.762 | 1.335.447 | 1.448.965 | 1.573.529 | 1.670.659 | 1.771.952 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

Los vehículos de este servicio incrementaron de 972 276 unidades el 2011 a 1 771 952 unidades el 2018 con una tasa de crecimiento promedio de 8,9%.

### Servicio público

Representa los vehículos destinados al transporte público, estos a su vez al igual que los de servicio privado están conformados por los diferentes tipos de vehículos detallados en la tabla 9.

*Tabla 9: Cantidad de vehículos en el servicio público*

| Tipo de vehículo     | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016    | 2017   | 2018    |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| <b>Automóvil</b>     | 14.147 | 13.576 | 13.175 | 13.426 | 13.363 | 16.594  | 11.385 | 11.597  |
| <b>Bus</b>           | 3.554  | 3.502  | 3.555  | 3.789  | 4.114  | 4.635   | 4.355  | 4.735   |
| <b>Camión</b>        | 23.283 | 23.340 | 22.802 | 23.195 | 23.735 | 26.256  | 23.373 | 24.302  |
| <b>Camioneta</b>     | 1.990  | 1.997  | 1.962  | 2.094  | 2.221  | 2.603   | 2.352  | 2.742   |
| <b>Furgón</b>        | 62     | 72     | 116    | 148    | 177    | 253     | 329    | 440     |
| <b>Jeep</b>          | 113    | 112    | 112    | 128    | 130    | 177     | 139    | 155     |
| <b>Microbús</b>      | 10.426 | 9.434  | 9.034  | 8.848  | 8.527  | 8.414   | 7.964  | 7.723   |
| <b>Minibús</b>       | 14.691 | 10.798 | 9.608  | 10.504 | 11.266 | 12.455  | 13.187 | 16.128  |
| <b>Moto</b>          | 685    | 726    | 1.059  | 1.136  | 1.287  | 1.578   | 1.774  | 2.900   |
| <b>Quadra track</b>  | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 1       | 3      | 3       |
| <b>Torpedo</b>       | 10     | 11     | 10     | 10     | 9      | 9       | 10     | 10      |
| <b>Tracto-camión</b> | 5.178  | 6.513  | 8.677  | 10.474 | 11.691 | 12.436  | 13.005 | 13.537  |
| <b>Vagoneta</b>      | 20.942 | 20.156 | 19.572 | 19.668 | 19.615 | 20.219  | 19.140 | 20.038  |
| <b>Total</b>         | 95.081 | 90.237 | 89.682 | 93.421 | 96.136 | 105.630 | 97.016 | 104.310 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Los vehículos del servicio público tuvieron un crecimiento de 95 081 el 2011 a 104 310 unidades al 2018, con tasa de crecimiento promedio de 1,5%, menor al crecimiento del registro en el servicio particular.

### **Servicio oficial**

Representa los vehículos usados por las instituciones públicas, alcaldías, gobernaciones, entre otros. Al igual que las otras clasificaciones, dentro de esta se encuentran diferentes tipos de vehículos detallados en la tabla 10.

*Tabla 10: Cantidad de vehículos en el servicio oficial*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Automóvil</b>        | 584         | 656         | 695         | 722         | 722         | 743         | 734         | 744         |
| <b>Bus</b>              | 165         | 192         | 292         | 401         | 475         | 575         | 574         | 618         |
| <b>Camión</b>           | 1.733       | 2.298       | 2.666       | 3.271       | 3.501       | 3.869       | 3.848       | 4.006       |
| <b>Camioneta</b>        | 3.450       | 4.241       | 5.047       | 5.888       | 6.176       | 6.629       | 6.777       | 7.016       |
| <b>Furgón</b>           | 54          | 75          | 89          | 125         | 142         | 151         | 163         | 171         |
| <b>Jeep</b>             | 1.396       | 1.456       | 1.562       | 1.709       | 1.741       | 1.825       | 1.811       | 1.866       |
| <b>Microbús</b>         | 34          | 34          | 34          | 35          | 37          | 74          | 48          | 48          |
| <b>Minibús</b>          | 152         | 181         | 218         | 245         | 278         | 307         | 312         | 323         |
| <b>Moto</b>             | 5.447       | 7.482       | 8.905       | 10.663      | 11.395      | 12.276      | 12.683      | 13.010      |
| <b>Quadra track</b>     | 128         | 194         | 252         | 322         | 360         | 386         | 435         | 473         |
| <b>Torpedo</b>          | 1           | 1           | 1           | 41          | 15          | 15          | 15          | 15          |
| <b>Tracto-camión</b>    | 21          | 40          | 64          | 84          | 101         | 129         | 138         | 149         |
| <b>Trimovil- camión</b> | 2           | 3           | 3           | 4           | 4           | 4           | 4           | 4           |
| <b>Vagoneta</b>         | 2.460       | 2.977       | 2.977       | 4.050       | 4.489       | 4.863       | 5.137       | 5.367       |
| <b>Total</b>            | 15.627      | 19.830      | 22.805      | 27.560      | 29.436      | 31.846      | 32.679      | 33.810      |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

Los vehículos de tipo oficial son los de mayor crecimiento con 12% de crecimiento promedio, aumentando su número de 15 627 el 2011 a 33 810 el 2018.

#### **2.4.1.2. Vida útil de los neumáticos**

La durabilidad de los neumáticos nuevos, según expertos e importadores tienen una vida útil de fábrica de 5 años, pero en el caso de Bolivia por la condición de sus carreteras su durabilidad llega casi hasta la mitad, esta durabilidad se puede medir por la cantidad de kilómetros recorridos los cuales pueden variar desde los seis meses hasta los 2 años en promedio (Acevedo, 2016).

Estudios realizados por la empresa C y V Medio Ambiente Ltda, los cuales fueron capaces de calcular los índices de generación de neumáticos fuera de uso en Chile, al ser las condiciones de las carreteras similares a las de este país, se usarán estos índices, los cuales se calculan en base al tipo de vehículo:

- Vehículos livianos: 0,8 por año.
- Vehículos de transporte público: 4 por año.
- Vehículos de carga: 4 por año.

Una gran parte de los vehículos registrados como particulares, prestan servicios como transporte público, por lo tanto se debe analizar la vida útil de los neumáticos para cada tipo de vehículo.

Se asumirá que todos los vehículos registrados como particular y sean vehículos livianos, cambian 0,8 neumáticos por año, las motos 1 por año, los quadra track 0,8 y el resto 4 por año.

Para el caso de vehículos de servicio público y oficial estos por su uso continuo, se asumirá que cambian 4 neumáticos al año.

*Tabla 11: Índice de cambio de neumáticos según el tipo y el servicio al que pertenece*

| Tipo de vehículo       | Tipo de servicio |         |         |
|------------------------|------------------|---------|---------|
|                        | Particular       | Público | Oficial |
| <b>Automóvil</b>       | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Bus</b>             | 4                | 4       | 4       |
| <b>Camión</b>          | 4                | 4       | 4       |
| <b>Camioneta</b>       | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Furgón</b>          | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Jeep</b>            | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Microbús</b>        | 4                | 4       | 4       |
| <b>Minibús</b>         | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Moto</b>            | 1                | 2       | 2       |
| <b>Quadra track</b>    | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Torpedo</b>         | 0,8              | 4       | 4       |
| <b>Tracto-camión</b>   | 4                | 4       | 4       |
| <b>Trimovil-camión</b> | 4                | 4       | 4       |
| <b>Vagoneta</b>        | 0,8              | 4       | 4       |

*Fuente: C y V Medio Ambiente Ltda.*

### 2.4.1.3. Peso de neumáticos

Los neumáticos de vehículos livianos varía según el tamaño del radio esta comprende entre 7 a 15 kg cuando esta nuevo, sufre pérdida de peso por el desgaste, para el cálculo de masa se tomará un promedio de 8 kg por neumático para este tipo de vehículos.

Para el caso de los camiones, buses estos varían desde los 30Kg hasta los 80kg, se asumirá un peso de 30 kg para los microbuses, esto debido a su menor tamaño, 60 kg para los tracto-camiones ya que poseen un gran tamaño, y el resto 40 kg.

*Tabla 12: Peso promedio de neumáticos según el tipo de vehículo*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Peso neumático</b> |
|-------------------------|-----------------------|
| <b>Automóvil</b>        | 8kg                   |
| <b>Bus</b>              | 40kg                  |
| <b>Camión</b>           | 40kg                  |
| <b>Camioneta</b>        | 8kg                   |
| <b>Furgón</b>           | 8kg                   |
| <b>Jeep</b>             | 8kg                   |
| <b>Microbús</b>         | 30kg                  |
| <b>Minibús</b>          | 9kg                   |
| <b>Moto</b>             | 6kg                   |
| <b>Quadra track</b>     | 6kg                   |
| <b>Torpedo</b>          | 8kg                   |
| <b>Tracto- camión</b>   | 60kg                  |
| <b>Trimovil- camión</b> | 40kg                  |
| <b>Vagoneta</b>         | 8kg                   |

Fuente: CONAE dirección de transporte

### 2.4.1.4. Generación de neumáticos fuera de uso

Con el uso de las tablas 8, 9, 10 y 11 se calcula la cantidad generada de neumáticos fuera de uso para la gestión 2018, esta se detalla en la tabla 13.

*Tabla 13: Generación de neumáticos fuera de uso*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Servicio privado</b> | <b>Servicio público</b> | <b>Servicio oficial</b> |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Automóvil</b>        | 251.727                 | 46.388                  | 2.976                   |
| <b>Bus</b>              | 25.696                  | 18.940                  | 2.472                   |
| <b>Camión</b>           | 395.432                 | 97.208                  | 16.024                  |
| <b>Camioneta</b>        | 143.102                 | 10.968                  | 28.064                  |
| <b>Furgón</b>           | 10.508                  | 1.760                   | 684                     |
| <b>Jeep</b>             | 48.470                  | 620                     | 7.464                   |
| <b>Microbús</b>         | 47.772                  | 30.892                  | 192                     |
| <b>Minibús</b>          | 76.566                  | 64.512                  | 1.292                   |
| <b>Moto</b>             | 474.004                 | 5.800                   | 26.020                  |
| <b>Quadra track</b>     | 3.621                   | 12                      | 1.892                   |
| <b>Torpedo</b>          | 62                      | 40                      | 60                      |
| <b>Tracto-camión</b>    | 45.748                  | 54.148                  | 596                     |
| <b>Trimovil-camión</b>  | 56                      | 0                       | 16                      |
| <b>Vagoneta</b>         | 401.362                 | 80.152                  | 21.468                  |
| <b>Sub total</b>        | 1.924.126               | 411.440                 | 109.220                 |
| <b>Total</b>            |                         |                         | 2.444.786               |

*Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 8, 9, 10 y 11*

Se generan alrededor de 2 444 786 neumáticos fuera de uso, pero un porcentaje de esta cifra se destina al recauchutado de neumáticos.

#### **2.4.1.5. Recauchutaje**

Las personas dueñas de buses y camiones recauchutan sus neumáticos, esto para aumentar su vida útil, este proceso se puede llevar a cabo en promedio de dos veces, en tanto a los usuario de vehículos livianos, estos realizan sus recambios en las distribuidoras o talleres automotrices, en su mayoría deja el NFU en los mismos.

Para el caso de los buses y cambiones que representan el 9,9% de los vehículos en el país y cerca del 75% del volumen en neumáticos fuera de uso, de estos cerca del 50% llevan a un centro de recauchutaje para alargar la vida útil de sus neumáticos que en general se alarga en unos 6 meses, para este proyecto se tomará que los usuarios de

estos vehículos recauchutan sus neumáticos dos veces lo que equivale a un año más de vida.

Tabla 14: Años de vida útil para neumáticos de camiones y buses

|                         | Vida útil neumáticos | Vida útil con el recauchutaje |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------|
| <b>Camiones y buses</b> | 1 año                | 2 años                        |

Fuente: Elaborado en base datos del periódico El Día publicado el 2017

Suponiendo que en el transcurso de esos dos años el usuario de estos neumáticos cambia los cuatro neumáticos, se tiene el siguiente factor que nos ayudará en el cálculo de neumáticos fuera de uso para estos vehículos

$$Vida\ util\ neumaticos\ camiones\ y\ buses = \frac{2\ NFU}{año}$$

Según estos valores se puede calcular la cantidad de NFU para estos vehículos:

Para los de servicio privado

Tabla 15: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio privado

|                        | Número de vehículos | Vehículos que recauchutan sus neumáticos | Neumáticos fuera de uso con recauchutaje | Neumáticos fuera de uso sin recauchutaje | Total neumáticos fuera de uso |
|------------------------|---------------------|--|--|--|-------------------------------|
| <b>Bus</b>             | 6.424               | 3.212                                    | 6.424                                    | 12.848                                   | 19.272                        |
| <b>Camión</b>          | 98.858              | 49.429                                   | 98.858                                   | 197.716                                  | 296.574                       |
| <b>Microbús</b>        | 11.943              | 5.971,5                                  | 11.943                                   | 23886                                    | 35.829                        |
| <b>Tracto-camión</b>   | 11.437              | 5.718,5                                  | 11.437                                   | 22874                                    | 34.311                        |
| <b>Trimovil-camión</b> | 14                  | 7  | 14                                       | 28                                       | 42                            |

Fuente: Elaborado en base a los datos de la tabla 8 y 11



Para los de servicio público

*Tabla 16: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio público*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Número de vehículos</b> | <b>Vehículos que recauchutan sus neumáticos</b> | <b>Neumáticos fuera de uso con recauchutaje</b> | <b>Neumáticos fuera de uso sin recauchutaje</b> | <b>Total neumáticos fuera de uso</b> |
|-------------------------|----------------------------|---|---|---|--------------------------------------|
| <b>Bus</b>              | 4.735                      | 2.368   | 4.735   | 9.470   | 14.205                               |
| <b>Camión</b>           | 24.302                     | 12.151  | 24.302  | 48.604  | 72.906                               |
| <b>Microbús</b>         | 7.723                      | 3.862   | 7.723   | 15.446  | 23.169                               |
| <b>Tracto-camión</b>    | 13.537                     | 6.769   | 13.537  | 27.074  | 40.611                               |

*Fuente: Elaborado en base a los datos de las tablas 9 y 11*

Para los de servicio oficial

*Tabla 17: Generación de neumáticos fuera de uso con recauchutaje en el servicio oficial*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Número de vehículos</b> | <b>Vehículos que recauchutan sus neumáticos</b> | <b>Neumáticos fuera de uso con recauchutaje</b> | <b>Neumáticos fuera de uso sin recauchutaje</b> | <b>Total neumáticos fuera de uso</b> |
|-------------------------|----------------------------|---|---|---|--------------------------------------|
| <b>Bus</b>              | 618                        | 309   | 618   | 1236  | 1854                                 |
| <b>Camión</b>           | 4006                       | 2003  | 4006  | 8012  | 12018                                |
| <b>Microbús</b>         | 48                         | 24  | 48  | 96  | 144                                  |
| <b>Tracto-camión</b>    | 149                        | 74,5  | 149   | 298   | 447                                  |
| <b>Trimovil-camión</b>  | 4                          | 2   | 4   | 8   | 12                                   |

*Fuente: Elaborado en base a los datos de las tablas 10 y 11*

#### **2.4.1.6. Generación de neumáticos fuera de uso en peso**

En base las tablas 12, 13, 15, 16 y 17 se pueden calcular la generación de neumáticos fuera de uso en unidad de peso.



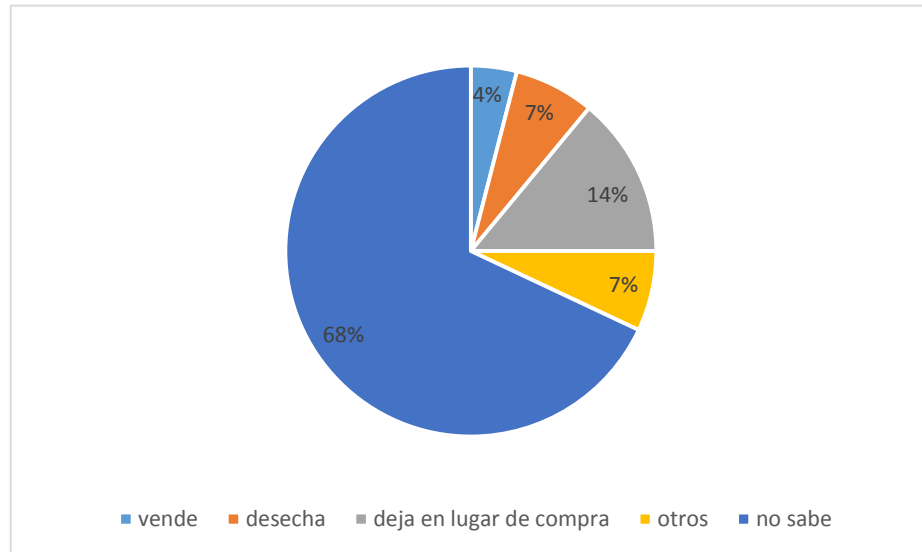
*Tabla 18: Generación de neumáticos fuera de uso a nivel nacional 2018*

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Servicio privado (ton/año)</b> | <b>Servicio público (ton/año)</b> | <b>Servicio oficial (ton/año)</b> | <b>Total (ton/año)</b> |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>Automóvil</b>        | 2.013,82                          | 371,10                            | 23,81                             | 2.408,73               |
| <b>Bus</b>              | 770,88                            | 568,20                            | 74,16                             | 1.413,24               |
| <b>Camión</b>           | 11.862,96                         | 2.916,24                          | 480,72                            | 15.259,92              |
| <b>Camioneta</b>        | 1.144,82                          | 87,74                             | 224,51                            | 1.457,08               |
| <b>Furgón</b>           | 84,06                             | 14,08                             | 5,47                              | 103,62                 |
| <b>Jeep</b>             | 387,76                            | 4,96                              | 59,71                             | 452,44                 |
| <b>Microbús</b>         | 1.074,87                          | 695,07                            | 4,32                              | 1.774,26               |
| <b>Minibús</b>          | 689,09                            | 580,61                            | 11,63                             | 1.281,33               |
| <b>Moto</b>             | 2.844,02                          | 34,80                             | 156,12                            | 3.034,94               |
| <b>Quadra track</b>     | 21,72                             | 0,07                              | 11,35                             | 33,15                  |
| <b>Torpedo</b>          | 0,49                              | 0,32                              | 0,48                              | 1,29                   |
| <b>Tracto-camión</b>    | 2.058,66                          | 2.436,66                          | 26,82                             | 4.522,14               |
| <b>Trimovil-camión</b>  | 1,68                              | 0,00                              | 0,48                              | 2,16                   |
| <b>Vagoneta</b>         | 3.210,89                          | 641,22                            | 171,74                            | 4.023,85               |
| <b>total</b>            | 26.165,74                         | 8.351,07                          | 1.251,33                          | 35.768,14              |

*Fuente: Elaborado en base a datos de las tablas 12, 13, 15, 16 y 17*

Se generan 35 768 toneladas de neumáticos fuera de uso en el país al año, el cual según su disposición final se detalla en la figura 11:

Figura 11: Disposición final de neumáticos



Fuente: Sociedad de Gestión Ambiental Boliviana SGAB – ciudades focales 2014

El 66% no sabe qué hacer con sus neumáticos fuera de uso, un 14% deja sus neumáticos en desuso en el lugar de compra, un 7% la desecha, un 4% los vende a los puntos de venta de llantas usadas o como materia prima para hacer diferentes objetos y un 2% los deja en su casa.

#### **2.4.1.7. Generación de neumáticos fuera de uso en el departamento de La Paz**

##### **2.4.1.7.1. Cantidad de vehículos en el departamento de la paz**

La Paz cuenta con un registro de vehículos de 449 945 unidades para el 2018

*Tabla 19: Cantidad de vehículos en el departamento de La Paz 2018*

| Tipo de vehículo       | Tipo de servicio |         |         | Total   |
|------------------------|------------------|---------|---------|---------|
|                        | Particular       | Público | Oficial |         |
| <b>Automóvil</b>       | 82.242           | 1.299   | 464     | 84.005  |
| <b>Bus</b>             | 2.840            | 626     | 422     | 3.888   |
| <b>Camión</b>          | 26.229           | 3.078   | 1.332   | 30.639  |
| <b>Camioneta</b>       | 38.736           | 459     | 2.955   | 42.150  |
| <b>Furgon</b>          | 6.913            | 45      | 89      | 7.047   |
| <b>Jeep</b>            | 14.515           | 13      | 829     | 15.357  |
| <b>Microbús</b>        | 3.102            | 511     | 6       | 3.619   |
| <b>Minibús</b>         | 67.232           | 2.932   | 175     | 70.339  |
| <b>Moto</b>            | 45.404           | 5       | 4.952   | 50.361  |
| <b>Quadra track</b>    | 1.248            | 0       | 248     | 1.496   |
| <b>Torpedo</b>         | 26               | 0       | 0       | 26      |
| <b>Tracto-camión</b>   | 4.777            | 1.145   | 48      | 5.970   |
| <b>Trimovil-camión</b> | 3                | 0       | 2       | 5       |
| <b>Vagoneta</b>        | 131.765          | 740     | 2.538   | 135.043 |
| <b>Total</b>           |                  |         |         | 449.945 |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

El índice de cambios y de recauchutajes es lo mismo que a nivel nacional. Reduciendo el recauchutaje y calculando el peso de los NFUs se obtiene:

Tabla 20: Generación de neumáticos fuera de uso en La Paz 2018

| Tipo de vehículo | Generación de neumáticos fuera de uso | Neumáticos fuera de uso en ton |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Automóvil        | 72.846                                | 582,76                         |
| Bus              | 11.664                                | 466,56                         |
| Camión           | 91.917                                | 3.676,68                       |
| Camioneta        | 44.645                                | 357,16                         |
| Furgón           | 6.066                                 | 48,53                          |
| Jeep             | 14.980                                | 119,84                         |
| Microbús         | 10.857                                | 325,71                         |
| Minibús          | 66.214                                | 595,92                         |
| Moto             | 55.318                                | 331,91                         |
| Quadra track     | 1.990                                 | 11,94                          |
| Torpedo          | 21                                    | 0,17                           |
| Tracto-camión    | 17.910                                | 1.074,60                       |
| Trimovil-camión  | 15                                    | 0,60                           |
| Vagoneta         | 118.524                               | 948,19                         |
| <b>total</b>     | <b>512.967</b>                        | <b>8.540,58</b>                |

Fuente: Elaborado en base a los datos de las tablas 11, 12 y 19

Solo en el departamento de La Paz se generan 8 540,58 toneladas de neumáticos fuera de uso.

#### 2.4.2. Proyección de la generación de neumáticos fuera de uso

La tasa de crecimiento de los neumáticos fuera de uso está relacionado con el crecimiento del parque automotor que es 8,5%.

Tabla 21: Proyección de la generación de neumáticos fuera de uso a nivel nacional

| Año                          | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026     |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <b>NFU generado (en ton)</b> | 38.794,96 | 42.078,08 | 45.639,05 | 49.501,37 | 53.690,55 | 58.234,26 | 63.162,48 | 68.507,7 |

Fuente: Elaborado en base a la tabla 18

Según la tabla 21 la generación de los neumáticos fuera de uso alcanzará a más del doble de la gestión 2018 (ver tabla 18) el 2026.

## 2.5. El Mercado de los residuos plásticos

Los residuos plásticos son un problema tanto a nivel mundial como en nuestro país, de toda la producción de desechos sólidos solo se recicla el 10 % de los desechos inorgánicos (en su mayoría plásticos PET y otros) y un porcentaje menor en los desechos orgánicos, el resto generalmente se lo envía a los diferentes rellenos sanitarios. Aunque se considere al plástico un residuo no peligroso su aumento e inadecuada gestión en la disposición final provoca daños en el medio ambiente.

La tabla 22, expone la cantidad de residuos sólidos generados en Bolivia durante el año 2017 por los principales municipios.

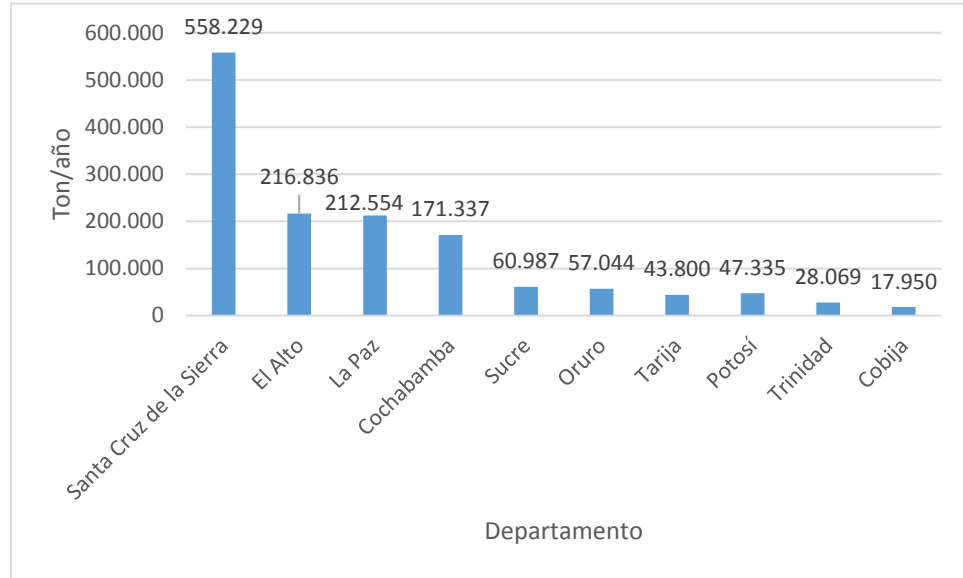
*Tabla 22: Generación de residuos sólidos por municipio*

| <b>Ciudad</b>           | <b>Población urbana</b> | <b>Generación municipal (ton/año)</b> |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Santa Cruz de la Sierra | 1.624.885               | 558.229                               |
| El Alto                 | 956.912                 | 216.836                               |
| La Paz                  | 833.104                 | 212.554                               |
| Cochabamba              | 617.976                 | 171.337                               |
| Sucre                   | 276.079                 | 60.987                                |
| Oruro                   | 231.949                 | 57.044                                |
| Tarija                  | 186.714                 | 43.800                                |
| Potosí                  | 153.484                 | 47.335                                |
| Trinidad                | 95.278                  | 28.069                                |
| Cobija                  | 38.722                  | 17.950                                |
| <b>Total</b>            | <b>5.015.103</b>        | <b>1.414.141</b>                      |

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística – empresa municipal de aseo 2017*

Estos residuos según el ministerio de medio ambiente tienen un crecimiento anual de 6%.

Figura 12: Generación de residuos sólidos por municipio

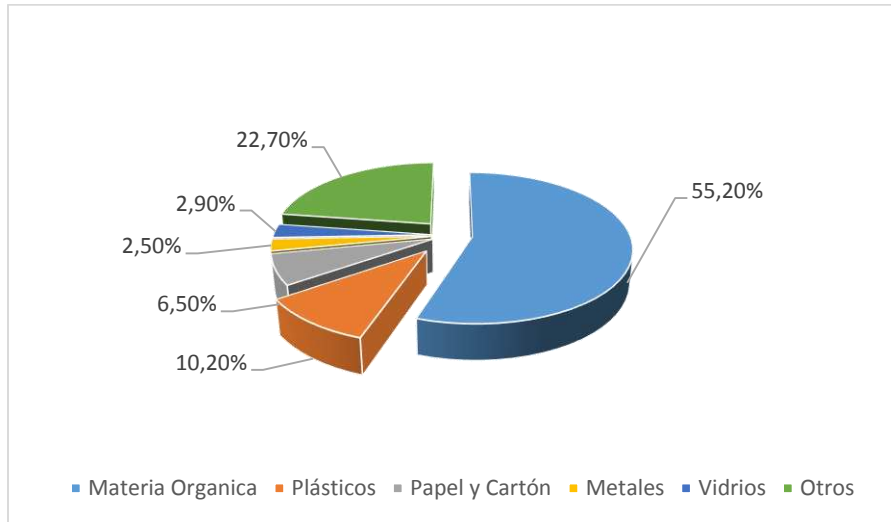


Fuente: Instituto Nacional de Estadística – empresa municipal de aseo 2017

Como se observa en la figura 12, los municipios con mayor población son los que generan una mayor cantidad de residuos sólidos como es el caso de los municipios de Santa Cruz de la Sierra, El Alto, La Paz y Cochabamba.

Los residuos sólidos en Bolivia están compuestos generalmente por; material orgánico, plásticos, papel, cartón, metales y vidrios entre otros. En la figura 18 se detalla la composición de los residuos sólidos.

Figura 13: Composición media de los residuos sólidos en Bolivia



Fuente: Entidades Municipales de aseo Urbano Bolivia 2010  
Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en Bolivia

En base a esta composición se puede calcular la cantidad generada de desechos plásticos por municipio:

Tabla 23: Generación de desechos plásticos por municipio

| Ciudad                  | Generación de plásticos (Ton/año) |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Santa Cruz de la Sierra | 56.939                            |
| El Alto                 | 22.117                            |
| La Paz                  | 21.681                            |
| Cochabamba              | 17.476                            |
| Sucre                   | 6.221                             |
| Oruro                   | 5.818                             |
| Tarija                  | 4.468                             |
| Potosí                  | 4.828                             |
| Trinidad                | 2.863                             |
| Cobija                  | 1.831                             |
| <b>Total</b>            | <b>144.242</b>                    |

Fuente: Elaborado en base a la tabla 22 y la figura 13

De los cuales no se tomará en cuenta el PET y el PVC ya que exige un mayor tratamiento para la producción de diésel sintético.

## **2.6. Leyes normativas y reglamentaciones**

Como el diésel sintético es nuevo en Bolivia no existe normativas o legislaciones para este tipo de combustible para lo cual se debe trabajar juntamente con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el Ministerio de Hidrocarburos para su generación.

Según la ley de hidrocarburos del 17 de mayo de 2005, capítulo II en el artículo 5 establece que la propiedad de todos los hidrocarburos en boca de pozo pertenece al estado. Esta ley no afecta a nuestro producto debido a que el diésel sintético no es un derivado del petróleo y aún no existen leyes que lo regulen.

El Decreto Supremo N° 29158, 13 de junio de 2007 en el capítulo II artículo 12 establece el registro obligatorio para la comercialización de combustibles. Para fines del proyecto se deberá registrar los mismos en la Superintendencia de Hidrocarburos.

El reglamento para construcción y operación de plantas de almacenaje de combustible líquido, de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, establece las especificaciones técnicas y normativas que se deben cumplir para el almacenamiento de combustibles líquidos.

Para poder comenzar a comercializar cualquier tipo de combustible es necesario inscribir las instalaciones en la ANH.

Que el Parágrafo II del Artículo 2 del Decreto Supremo N° 28701, de 1 de mayo de 2006, dispone que YPFB, a nombre y en representación del Estado, en ejercicio pleno de la propiedad de todos los hidrocarburos producidos en el país, asume su comercialización, definiendo las condiciones, volúmenes y precios tanto para el mercado interno, como para la exportación y la industrialización.



Las normativas que se deben cumplir para el transporte, el almacenamiento y las operaciones del diésel están detalladas en el Decreto Supremo N° 28865, 20 de septiembre de 2006.

El diésel sintético al ser un producto nuevo se debe adecuar a las normativas existentes para los combustibles derivados del petróleo, ya que este no es un hidrocarburo.



## CAPÍTULO III

### 3. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

#### 3.1. Tamaño del proyecto

El tamaño de la empresa en formación se define según los siguientes factores:

- Factor económico, es un factor limitante debido al alto costo de inversión.
- Disponibilidad de la materia prima; la disponibilidad es limitada en cuando a los neumáticos, si solo se toma el departamento de La Paz que equivale cerca de 8.500 toneladas por año (ver la tabla 16), en el de los residuos plásticos se tiene en grandes cantidades, tomando solo las ciudades de La Paz y El Alto se tiene disponibilidad de más de 40 mil toneladas al año (ver tabla 23).
- Demanda del mercado, se tomará el 0,4% de la demanda nacional anual.

#### 3.1.1. Volumen de producción

##### Capacidad instalada

Esto depende del proceso más lento, el cual es el reactor de pirolisis que tiene una capacidad de 30 toneladas por día para cada línea.

##### Capacidad utilizada

La planta contará con dos líneas de producción de diésel sintético, una a partir de residuos plásticos y otra de neumáticos fuera de uso, para fines de este proyecto se utilizará maquinaria que procese 20 toneladas de residuos por día para cada línea de producción, la planta trabajará las 24 horas con tres turnos durante los 7 días de la semana.

Las tablas que siguen, muestran los niveles de producción mensual y anual por cada línea de producción, ya sea a partir de plásticos o neumáticos.

*Tabla 24: Producción a partir de desechos plásticos*

|                  | Día           | Mes            | Año               |
|------------------|---------------|----------------|-------------------|
| Plástico         | 20 ton        | 600 ton        | 7.300 ton         |
| Diésel Sintético | 89,3 barriles | 2.679 barriles | 32.594,5 barriles |

*Fuente: Planta de biocombustible: planta de pirólisis; Pedro Rios*

*Tabla 25: Producción a partir de neumáticos*

|                  | Día            | Mes              | Año                |
|------------------|----------------|------------------|--------------------|
| Neumáticos       | 20 ton         | 600 ton          | 7.300 ton          |
| Diésel Sintético | 51,35 barriles | 1.540,5 barriles | 18.742,75 barriles |

*Fuente: Planta de biocombustible: planta de pirólisis; Pedro Rios*

En las tablas 24 y 25 se muestran tanto la materia prima necesaria como la producción de diésel sintético.

*Tabla 26: Capacidad de producción*

| <b>CAPACIDAD DE LA PLANTA</b> | <b>CANTIDAD (en barriles)</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Diésel sintético anual        | 51.337,25                     |
| Diésel sintético diario       | 140,65                        |

*Fuente: Elaborado en base a las tablas 24 y 25*

Se espera producir cerca de 51 337,25 barriles de diésel sintético al año, en conjunto con ambas líneas de producción, utilizando 7.300 toneladas de cada materia prima. Este nivel de producción corresponde al 0,4% del consumo total nacional (ver figura 4).

### **3.2. Localización**

Los factores a tomar en cuenta para la localización de la planta tienen que ver más que todo con la disponibilidad de materia prima, el mercado, la mano de obra, los medios de transporte y las normativas presentes en el municipio.

#### **3.2.1. Macro localización**

Es necesario conocer diferentes factores que determinan la macro localización, para fines de este proyecto que trata de establecer esta planta en el departamento de La Paz, se estudiará esos factores solo dentro del departamento.

- La ubicación de los consumidores, en este caso son el sector transporte, industria y construcción que se ubican en su mayoría en las ciudades de La Paz y El Alto.
- Localización de la materia prima, se puede encontrar en su mayoría en las ciudades de La Paz y El Alto, tanto los residuos plásticos como neumáticos fuera de uso.
- Vías de comunicación y medios de transporte; si se quiere abastecer de materia prima de otros municipios y departamentos es necesaria que la ubicación este en una carretera que comunique con los mismos.
- Infraestructura de servicios públicos, estos se los pueden encontrar cerca o dentro de las zonas urbanas.
- Normas y regulación, tanto la ciudad de La Paz como El Alto está sujeto a normativas como es el LUSU (Ley de Uso de Suelo Urbano), que define los límites de la extensión urbana, uso de suelo y licencia ambiental entre otros.
- Condiciones climáticas, tanto la ciudad de La Paz como El Alto cuenta con climas templados bajos en humedad relativa que es adecuado para este proyecto.

### **3.2.2. Micro localización**

Es necesario tomar en cuenta factores en el proceso productivo y los ingresos como ser:

- Disponibilidad y costo: de materia prima, mano de obra servicios de comunicación; para el caso de la materia prima y mano de obra existe disponibilidad tanto en la ciudad de La Paz como el Alto, en cuanto a las vías de comunicación como se mencionó anteriormente es necesario la comunicación con los otros departamentos para posibles expansiones.
- En cuanto a competencia, Bolivia importa más de lo que produce en diésel.
- Los costos de transporte de insumos están asociados a la distancia de los mismos.

### **3.2.3. Método de evaluación**

Para definir la localización de la planta de diésel sintético de manera precisa se aplicará el Método de Evaluación Multicriterio por puntos. Este método consiste en tomar factores importantes para el proyecto y asignarle valores ponderados de peso relativo, la suma de las calificaciones ponderadas decide sobre la ubicación de la planta, a continuación se muestra la evaluación tomando tres lugares y los factores importantes para el proyecto:

Tabla 27: Análisis de ubicación por puntos

| Factor                  | Peso asignado | CARRETERA A ORURO VENTILLA |                        | PARQUE INDUSTRIAL DE KALLUTACA |                        | PATACAMAYA   |                        |
|-------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|
|                         |               | Calificación               | Calificación ponderada | Calificación                   | Calificación ponderada | Calificación | Calificación ponderada |
| Materia prima           | 25%           | 9                          | 2,25                   | 9                              | 2,25                   | 6            | 1,5                    |
| Mano de obra            | 10%           | 8                          | 0,8                    | 8                              | 0,8                    | 7            | 0,7                    |
| Mercado objetivo        | 25%           | 9                          | 2,25                   | 9                              | 2,25                   | 6            | 1,5                    |
| Servicios               | 20%           | 8                          | 1,6                    | 4                              | 0,8                    | 6            | 1,2                    |
| Costo del terreno       | 10%           | 6                          | 0,6                    | 7                              | 0,7                    | 9            | 0,9                    |
| Mano de obra calificada | 10%           | 8                          | 0,8                    | 8                              | 0,8                    | 7            | 0,7                    |
|                         |               |                            | 8,3                    |                                | 7,6                    |              | 6,5                    |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa el que tiene mayor peso es Ventilla ya que cumple con la mayoría de las exigencias para el proyecto.

Los costos del terreno en la carretera a Oruro son 23 \$us por metro cuadrado, mientras que en el parque industrial de Kallutaca el valor es de 12 \$us y 10 \$us en Patacamaya.

Figura 14: plano de la ciudad de El Alto



Fuente: Google map



## CAPÍTULO IV

### 4. INGENIERÍA DE PROYECTO

#### 4.1. La materia prima

Uno de los principales problemas para este proyecto es la recolección de materia prima debido a que se trabajará con desechos sólidos y como tal no existe un mercado para los mismos.

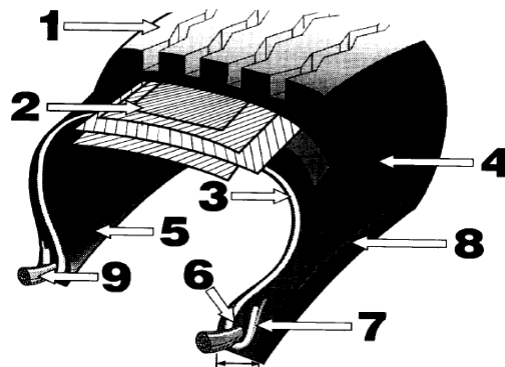
#### 4.1.2. Los Neumáticos

Los neumáticos son artefactos circulares hechos en su mayor parte de caucho o goma, que se usa generalmente en automóviles, camiones, aviones, motos, bicicletas y otros.

##### 4.1.2.1. Características de los neumáticos

Las partes principales de un neumático son:

*Figura 15: Partes de un neumático*



*Fuente: CONAE (2019), Dirección de transporte*



- 1) Banda de rodamiento; esta parte generalmente es de caucho proporciona la interfaz entre la estructura del neumático y el camino, su principal función es proporcionar tracción y frenado al vehículo (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019)
- 2) Cinturón (estabilizador); están hechas de acero, las cuales proporcionan resistencia al neumático, genera una mayor estabilidad a la banda de rodamiento y protege a este de picaduras que podrían producirse (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 3) Capa radial; junto con los cinturones contienen la presión del aire. Dicha capa transmite todas las fuerzas originadas por la capa, el frenado y los cambios de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 4) Costado (pared); la goma del costado está compuesta para resistir la flexión y la exposición a la intemperie proporcionando una protección a la capa radial (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 5) Sellante: una o dos capas de goma especial preparada para resistir la difusión de aire (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 6) Relleno; pieza también de goma, se usa para llenar el área de la ceja (talón) y parte inferior del costado (pared) para proporcionar una transición suave del sector rígido de la ceja, al sector flexible del costado (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 7) Refuerzos de la ceja (talón); es otra capa colocada sobre el exterior del amarre de la capa radial en el área de la ceja que refuerza y estabiliza la zona de transición de la ceja al costado (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).
- 8) Ribete; elemento usado como referencia para el asentamiento adecuado del área de la ceja sobre el rim (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).

- 9) Talón; es el cuerpo de alambres de acero con mucha resistencia usado para formar una unidad de gran robustez. Este cuerpo es el ancla que mantiene el diámetro requerido por el neumático (CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE, 2019).

En la fabricación de los neumáticos se utiliza tres grupos de materiales:

- Compuestos de goma; se trata de cauchos naturales y artificiales combinado con otros compuestos químicos para lograr propiedades específicas. Estas sustancias en la mezcla son: acelerantes, negro de humo, plastificantes, activadores antioxidantes antiozonantes y otros (Wong, 2019).
- Tejidos; es el material utilizado en la tela o capa que constituye el elemento resistente principal en la carcasa y cinturón, este tejido está formado por un conjunto de cables orientados en la dirección de la urdimbre, estos proporcionan resistencia y estabilidad a la estructura (Wong, 2019).
- Alambres de talones; para su elaboración se usa alambres de acero de 0,9 a 1mm de diámetro en vehículos livianos y de unos 2mm en camiones y buses (Wong, 2019).

Las principales materias que conforman un neumático expresado en valor porcentual son las siguientes:

Tabla 28: Características de los Neumáticos

| <b>Materiales</b>                                  | <b>Porcentaje</b> |
|--|-------------------|
| <b>Carcasa de acero, nylon o rayón.</b>            | 16%               |
| <b>Caucho sintético o natural</b>                  | 38 – 45%          |
| <b>Negro de humo, sílica, carbón</b>               | 30%               |
| <b>Lubricantes, aceites resinas</b>                | 10%               |
| <b>Productos químicos</b>                          | 4%                |
| <b>Productos químicos contra el envejecimiento</b> | 1%                |
| <b>Otros materiales</b>                            | 1%                |

Fuente: Condiciones y características de los neumáticos, Rebeca Wong 2019

El peso de los neumáticos varía según el tipo de vehículo estas se pueden clasificar en vehículos livianos y pesados en los que se encuentran camiones y buses.

Figura 16: Peso promedio de los neumáticos

| <b>Tipo de vehículo</b>   | <b>Peso</b> |
|---------------------------|-------------|
| <b>Vehículos livianos</b> | 6 – 15 Kg   |
| <b>Vehículos pesados</b>  | 30 – 80 kg  |

Fuente: peso de neumático, OPONEO 2019

Los neumáticos fuera de uso no son considerados residuos peligrosos aunque poseen sustancias que podrían afectar a la salud y al medio ambiente, esto debido a una inadecuada gestión en los residuos.

La quema de neumáticos fuera de uso produce contaminantes al medio ambiente tales como; óxido de azufre y de nitrógeno hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas y furanos, compuestos orgánicos volátiles, fenol, cianuros y ácido cianhídrico, metales pesados entre otros que son dañinas para la salud (ECOLOGISTAS EN ACCIÓN, 2015).

Los restos orgánicos que quedan luego de la quema de los neumáticos fuera de uso (NFU) pueden provocar daños en la flora y fauna, mientras que los que son desechados sin una adecuada gestión dada el volumen y forma de los neumáticos, son lugares propicios para la proliferación de mosquitos y roedores transmisores de enfermedades.

#### **4.1.2. Los Plásticos**

El plástico es uno de los materiales más usados y por ende más importantes en el mundo, esto se debe a su bajo costo de producción y la durabilidad de este respecto a otros materiales.

##### **4.1.2.1 Características de los plásticos**

Los plásticos pertenecen a una gran categoría de materiales llamados polímeros, los cuales son formados por moléculas que se unen por reacciones de polimerización. Los plásticos poseen una gran maleabilidad, mediante el uso de calor y presión se los puede transformar en diferentes productos tales como; vasos, bolsas, embalajes, entre otros (Caracteristicas.de, 2019).

Los plásticos si bien son muy utilizados y aplicados en diferentes áreas, también presentan un gran impacto en el medio ambiente cuando no se los desecha de una manera adecuada, ya que tardan cientos de años en degradarse.

##### ***Tipos de Plásticos***

Si bien hoy en día existe una gran variedad de plásticos los principales tipos son los siguientes:

- 1) PET (polietileno tereftalato); Este tipo de plástico se lo usa generalmente para la producción de botellas para las bebidas (Gestores de RESIDUOS, 2015).
- 2) HDPE (polietileno de alta densidad); se usa normalmente para envases de leche, detergente, aceites para motor entre otros (Gestores de RESIDUOS, 2015).

- 3) PVC (Cloruro de polivinilo); se lo usa generalmente para la elaboración de botellas de champú, envases de aceite de cocina, entre otros (Gestores de RESIDUOS, 2015).
- 4) LDPE (Polietileno de baja densidad); Este tipo de plásticos en encuentran en bolsas de supermercados, de pan, entre otros (Gestores de RESIDUOS, 2015).
- 5) PP (Polipropileno). Se lo usa en la mayoría de los envases de yogurt, tapas de botella entre otros (Gestores de RESIDUOS, 2015).
- 6) PS (Poliestireno); Se puede encontrar en vasos desechables de bebidas calientes y recipientes para la carne (Gestores de RESIDUOS, 2015).
- 7) OTROS; Estos plásticos generalmente son una mezcla de diferentes tipos de plásticos, entre sus aplicaciones se encuentran las botellas de ketchup, platos para microondas y otros (Gestores de RESIDUOS, 2015).

Para la producción de diésel sintético no se tomará en cuenta el PET ni el PVC ya que el PET contiene moléculas de oxígeno el cual generaría una oxidación en el proceso de pirolisis ya que se trabaja en vacío o sea en ausencia de oxígeno, por otra parte el PVC contiene moléculas de cloro y un punto de fusión muy bajo comparado con los otros tipos de plástico.

### ***Aplicaciones del Plástico***

Los plásticos son cada vez más usados en el mundo, por ende su aplicación es cada vez mayor tanto en la industria como de consumo, los plásticos se han vuelto cada vez más importantes, que actualmente es usado en áreas como la construcción, procesos industriales, empaquetados, usos infantiles, alimentos y transporte entre otros.

Aplicación del plástico en empaquetado; es una de la aplicaciones principales para lo cual se usa polietileno de baja densidad para envoltorios, en esta área también se usa el polipropileno (Revista ARQHYS, 2012).

Aplicaciones del plástico en la construcción; está en una de las áreas que también utiliza los plásticos tanto en empaquetados como en tuberías como es el caso del polietileno de alta densidad y el cloruro de polivinilo. Muchos de los plásticos son usados para aislar cables, el poliestireno en forma de espuma sirve para aislar techos y paredes (Revista ARQHYS, 2012).

Otras aplicaciones; otros sectores industriales también usan el plástico como es el caso de fabricación de motores, en el cual plásticos muy resistentes son usados para fabricar piezas para estos, como colectores de toma de aire, tubos de combustible, botes de emisión y aparatos electrónicos, muchas carrocerías de los automóviles están fabricados con plástico reforzado con fibra de vidrio (Revista ARQHYS, 2012).

#### **4.1.3. Modelo de acopio de materia prima**

Los diferentes municipios del país poseen un departamento de aseo urbano, los cuales se encargan de la recolección y la disposición final de residuos generados dentro del casco urbano, estos municipios no cuentan con ordenanzas específicas que regulen la recolección y la disposición final, enviándose toda la recolección de residuos sólidos a los diferentes rellenos, generándose pérdidas en cuando a materiales reciclables como el plástico, papel y otros.

En cuanto a los neumáticos fuera de uso, estos tampoco cuentan con normativas u ordenanzas municipales para su acopio, estos terminan en el lugar de compra o en los rellenos.

Este proyecto trata de aprovechar tanto el neumático fuera de uso como los plásticos, los cuales son necesarios como materia prima, para su recolección y acopio es necesario el apoyo tanto de las alcaldías, empresas de acopio y de la población para una buena gestión de residuos.



En cuanto a los neumáticos fuera de uso es necesaria la cooperación de los conductores, comerciantes, puntos de reparación y cambio de neumáticos, quienes son los que se quedan en última instancia con los NFUs para su disposición final.

El mercado de estos residuos se genera con incentivos monetarios, para fines de este proyecto es necesaria la participación de tres actores los cuales son:

- Población; Separa los residuos sólidos de una forma adecuada para que las empresas recolectoras puedan recogerlos.
- Municipios; implementa modelos de clasificación de residuos
- Centros de acopio; recogen y clasifican los residuos sólidos.

El modelo para el acopio de plásticos y neumáticos fuera de uso se basara en dos programas; uno basado en la educación ambiental y el otro en la instalación de centros de acopio(ver anexo 1), ambos programas no se los considerará para los cálculos de costos en inversión ya que son propuestas.

#### **4.2. El proceso productivo**

El diésel sintético es obtenido por una operación de tratamiento térmico para residuos plásticos y neumáticos denominada “pirolisis”, es una forma de termólisis que puede ser definida como la descomposición térmica que experimenta un material cuando se encuentra en ausencia de oxígeno (Briceño, 2019). Las proporciones relativas de los elementos obtenidos y su calidad dependen de la temperatura, los insumos usados y el tiempo del proceso de pirolisis.

Se instalarán dos líneas de producción de diésel sintético una a partir de residuos plásticos y la otra de neumáticos fuera de uso.

#### **4.2.1 Etapas del proceso**

El proceso de producción se divide en las siguientes etapas:

##### **a) Recepción de materia prima**

Tanto los residuos plásticos como los neumáticos fuera de uso llegarán a la planta en camiones los cuales serán pesados antes de ser almacenadas en almacenes correspondientes para cada material.

##### **b) Almacenamiento de la materia prima**

Se usará un almacén para residuos plásticos y otro para los neumáticos fuera de uso.

##### **c) Preparación de la materia prima**

La preparación previa de la materia prima hasta el ingreso al reactor de pirolisis varían entre neumáticos fuera de uso y los residuos plásticos.

##### **Neumáticos fuera de uso**

- **Traslado al extractor de alambres**

Los neumáticos se trasladan, desde el almacén de materia prima hasta la máquina separadora de alambres para neumáticos.

- **Separación de metal de los neumáticos fuera de uso**

Esta operación consiste en introducir los neumáticos en la máquina, la cual separa los alambres de los neumáticos para su posterior trituración.



- **Cortado de neumáticos de gran tamaño**

Los neumáticos de gran tamaño, no puede ingresar a la operación de triturado, esto debido al volumen que posee, estos se reducen usando una máquina de corte, para facilitar el proceso de triturado.

- **Traslado a la operación de triturado**

Los neumáticos de menos tamaño y los de gran tamaño ya cortados se trasladan en bandas transportadoras hasta la operación de triturado.

- **Triturado de neumáticos fuera de uso**

La molienda se debe considerar en función del gasto energético y las ventajas que agrega al proceso. En los procesos continuos, la facilidad de alimentación es una de las principales necesidades, en ese sentido es necesaria la molienda previa de los neumáticos antes de introducirlo al alimentador. Otro aspecto a tomar en cuenta es la homogeneidad y la facilidad de mezcla con catalizadores en el proceso.

- **Traslado a la tolva de alimentación**

Los neumáticos fuera de uso ya triturados se trasladan en bandas transportadoras hasta el alimentador del reactor de pirolisis.

### **Residuos plásticos**

- **Traslado hasta la operación de separación**

Se trasladan los residuos plásticos desde el almacén hasta la selección y verificación de plásticos

- **Selección de los plásticos**

Para el proceso no se usan todos los plásticos, para lo cual se debe separar el PET y el PVC, por su bajo rendimiento en la producción de combustibles.

- **Traslado a la operación de triturado**

Los plásticos son trasladados en bandas transportadoras hasta la máquina de trituración.

- **Molienda y/o triturado**

Al igual que para los neumáticos se realiza para garantizar la homogeneidad en flujos continuos. Por otro lado, el plástico se encuentra húmedo tal como sucede, cuando se extrae plástico de los residuos sólidos, tales como bolsas de lácteos, leche, agua y jugos, entre otros. Es imprescindible un cierto grado de disgregación (molienda) para un secado más eficiente.

- **Traslado a la operación de secado**

Se traslada en bandas transportadoras desde la máquina de trituración hasta la máquina de secado.

- **Secado**

La humedad presente en el material es un factor de consideración ya que reduce el rendimiento y aumenta la demanda energética y consumo de combustible durante el proceso de pirolisis (Sáenz, 2016).

Esta operación solo se aplica a los plásticos ya que algunos de estos residuos presentan humedad el cual debe eliminarse, para esto se usa una máquina secadora alimentada por electricidad.

- **Traslado a la tolva de alimentación**

Se traslada los plásticos triturados y secados por bandas transportadoras hasta las tolvas de alimentación al reactor de pirólisis.

**d) Alimentación**

En la mayoría de los procesos continuos, la alimentación se realiza con el uso de un sistema de extrusión, el cual requiere de material molido o en un estado de disgregación considerable. En otros casos la alimentación se realiza por medio de sistemas de doble exclusiva o por medio de embudidores hidráulicos a través de tubos largos, tornillos sinfín o extrusores térmicos o no, que eviten en lo posible la entrada de oxígeno al sistema (Sáenz, 2016).

**e) Reactor de pirólisis**

El proceso de pirólisis es el proceso térmico mediante el cual se somete la materia a influencia de altas temperaturas, en general en ausencia de oxígeno. Durante el proceso ocurren diversas reacciones de cracking de las moléculas originales, dando lugar a moléculas de menor peso molecular, cuya composición está influenciada por el tipo de material original. El proceso de despolimerización catalítica de plástico y caucho es un proceso de pirólisis llevado a cabo a temperaturas de 450°C en ausencia de oxígeno y en presencia de un catalizador (Sáenz, 2016).

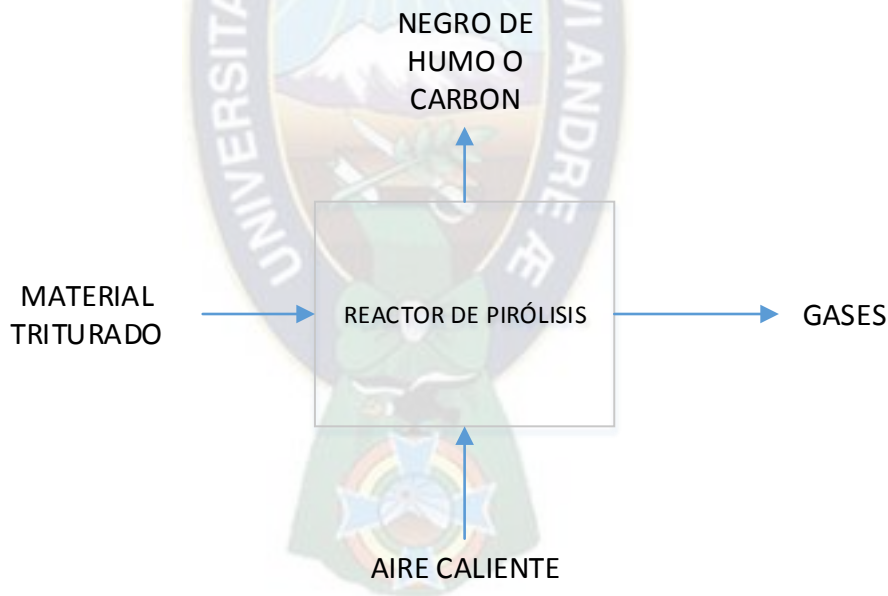
El proceso de pirólisis es muy eficiente, consiste en el craqueo y reformación de sustancias orgánicas en un reactor de lecho fluido, a temperaturas entre 400 a 700°C y presión por encima de la presión atmosférica (Ríos, 2011).

La alimentación o carga de los materiales al reactor se realiza en forma continua y simultánea, en el reactor de pirólisis, la arena del lecho (catalizador) es fluidizada por una corriente de gases por una placa fluidificadora en el fondo del reactor. A su vez la

arena en movimiento, se calienta mediante intercambio térmico indirecto sobre la superficie de serpentinas de calentamiento, por donde circulan los gases de combustión de los quemadores del reactor, la arena caliente transmite esta energía térmica a los materiales a tratar (residuos plásticos y neumáticos) que se cargan al reactor (Ríos, 2011).

En esta operación se producen residuos como el negro de humo o carbón que deben ser enviados a los rellenos sanitarios.

El gas producido por el reactor pasa a la siguiente operación que es la condensación.

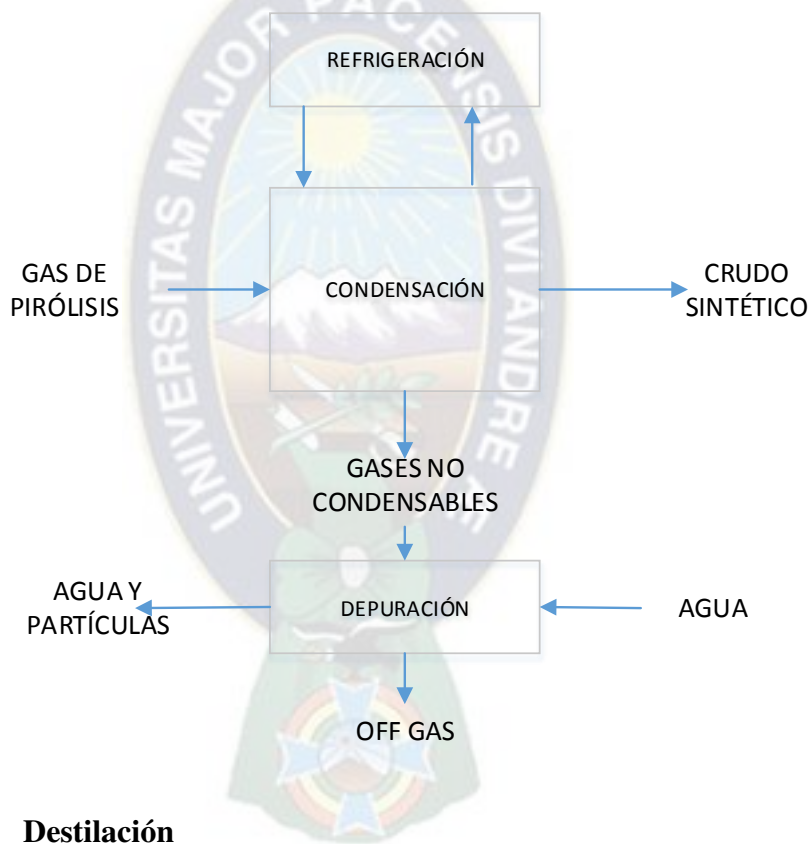


#### f) Condensación

La condensación es el proceso de cambio de estado de la materia, en la que un componente cambia de un estado gaseoso a un estado líquido.

Es necesario la condensación de los gases proveniente del reactor de pirólisis, con la ayuda de un condensador el cual nos permite el enfriamiento del gas hasta que

cambie a un estado líquido. Los líquidos condensados pasan a un tanque de almacenamiento intermedio, mientras que los gases no condensables pasan por un proceso de depurado, el cual consiste en la eliminación de partículas provenientes del reactor de pirólisis, con el uso de agua, una vez depurado el gas, este pasa a un tanque de almacenamiento el cual es utilizado para la alimentación de los hornos, necesario para el reactor de pirolisis y la torre de destilación.



### g) Destilación

La destilación es la operación de fraccionamiento en el cual mediante evaporación y condensación se separa los diferentes componentes líquidos y/o sólidos disueltos en líquidos o gases de una mezcla aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias (Liceo, 2014).

El crudo proveniente de la condensación posee hidrocarburos ligeros y pesados, del cual para la obtención de diésel, se debe separar en la torre de destilación a una

temperatura entre 200 y 350°C, que representa el punto de ebullición de este combustible.

El proceso consiste en elevar la temperatura del crudo en un caldero el cual es calentado por un horno alimentado por el off gas, obtenido en la condensación, el crudo empieza a evaporarse en la torre de destilación del cual se separa según el punto de ebullición, para el diésel a temperaturas de 200 y 350°C. Los productos resultantes son el diésel e hidrocarburos ligeros los cuales se pueden usar para obtener otros derivados o para la alimentación de la planta.

**h) Condensación**

Los gases obtenidos en la torre de destilación también son condensados para su posterior almacenamiento.

**i) Almacenamiento intermedio**

Todo el líquido de la condensación se traslada a un almacenamiento intermedio

**j) Separación liquido gas**

El líquido proveniente de la condensación no siempre es puro, para lo cual se separa la parte gaseosa que vuelve al proceso o es enviado al horno de destilación.

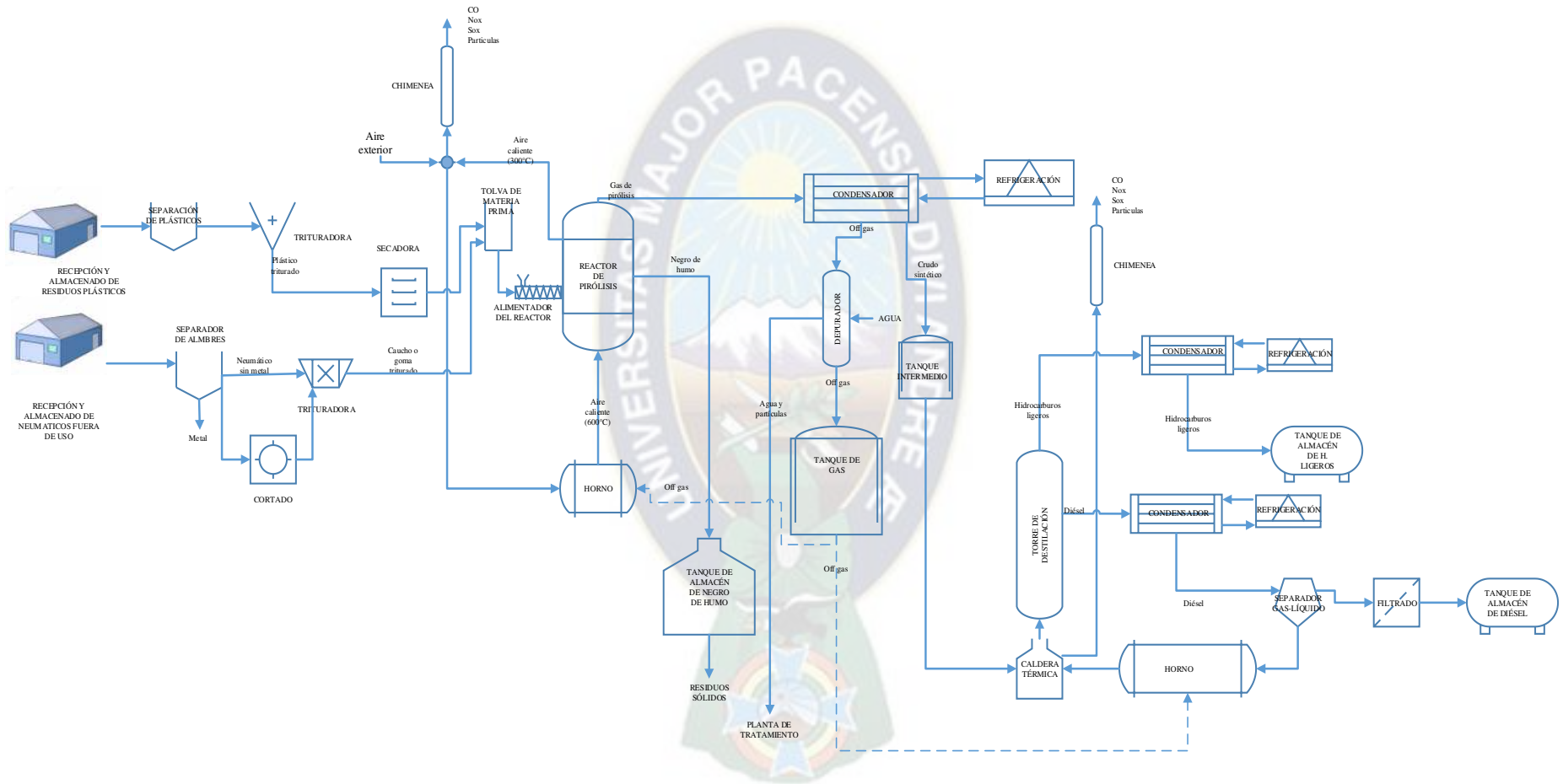
**k) Filtración**

El diésel obtenido en ocasiones posee impurezas solidas las cuales se eliminan a través de un filtro.

**l) Almacenamiento**

Los productos obtenidos en la destilación se almacenan en taques de combustible para su posterior distribución y comercialización.

Figura 17: Diagrama del proceso productivo para neumáticos y residuos plásticos



Fuente: Elaborado en base a datos y publicaciones por ENOIL



## 4.2.2. Cálculos del proceso

### 4.2.2.1. Rendimiento de los neumáticos fuera de uso

#### Alimentación al reactor de pirolisis

Los neumáticos fuera de uso tienen presente metales y fibras textiles las cuales no son necesarias para el proceso, estas se separan antes de ingresar al reactor de pirolisis, según la tabla 28 esta representa el 17%, para un análisis de 100kg esta equivale a 17kg de metal y fibras.

*Entrada de NFU triturado al reactor = peso del NFU – peso del metal y fibra*

$$\text{Entrada de NFU triturado al reactor} = 100\text{kg} - 17\text{kg}$$

$$\text{Entrada de NFU triturado al reactor} = 83\text{kg}$$

La entrada al reactor de pirolisis es del 83% del peso del neumático, o sea que por cada tonelada de los neumáticos fuera de uso solo ingresa al proceso 830Kg.

#### Gases y negro de humo extraídos del reactor de pirolisis

En el reactor de pirolisis se generan tantos gases como carbón o negro de humo este último según la tabla 28 representa 30% del peso total de un neumático fuera de uso, que equivale a 30 kg por cada 100 kg.

$$\text{Negro de humo} = 30\text{Kg}$$

La cantidad restante se evapora pasando a un estado gaseoso, que en términos de masa equivale a:



$$\text{Peso del gas de pirolisis} = 83Kg - 30Kg$$

$$\text{Peso del gas de pirolisis} = 53 kg$$

### **Cálculo de los líquidos condensables y no condensables resultantes en la operación de pirolisis**

En la operación de condensación se obtiene líquido condensado y gas no condensable que equivalen al 71,6% y 28,4% respectivamente (Villuentas, 2013), en términos de peso equivale a:

$$\text{Líquido condensado} = 53kg * \frac{71,6 kg}{100Kg}$$

$$\text{Líquido condensado} = 37,95Kg$$

Para los líquidos no condensables se tiene:

$$\text{Líquidos no condensables} = 53Kg * \frac{28,4kg}{100kg}$$

$$\text{Líquidos no condensables} = 15,05 kg$$

Se tiene entonces 37,95kg de líquidos que pasan a la operación de destilado y 15,05 kg de gas no condensable que pasa a la operación de depuración, para luego ser usado en los hornos del proceso.

### **Diésel obtenidos en la torre de destilación**

Dentro de los elementos obtenidos por pirolisis son las siguientes (Escudero Escudero, 2011):

- Diésel 88,2%

- Hidrocarburos ligeros 11,8%

La densidad del diésel es de 0,82 g/cm<sup>3</sup> el cual se usa para calcular el volumen obtenido.

*Volúmen de diésel obtenido*

$$= 37,95kg * \frac{88,2kg \text{ de diesel}}{100kg} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1cm^3 \text{ de diésel}}{0,82g} * \frac{1lt}{1000cm^3}$$

$$\text{Volúmen de diésel obtenido} = 40,82 \text{ lts}$$

Por cada 100 kg de neumáticos fuera de uso se obtiene 40,82 litros que equivalen a 408,2 litros por cada tonelada.

Para los hidrocarburos ligeros

$$\text{Volúmen hidrocarburos ligeros} = 37,95kg * \frac{11,8 \text{ kg}}{100kg} = 4,48 \text{ kg}$$

#### **4.2.2.2. Rendimiento del plástico**

El plástico no presenta metales como los neumáticos pero si contiene humedad que representa cerca del 5% del peso del plástico.

#### **Peso de los residuos plásticos después de la operación de secado.**

Al ingresar a la máquina de secado este pierde peso correspondiente a la humedad de 100 kg de los cuales 5kg equivale a agua.

$$\text{Peso del plástico después del secado} = 100kg - 5kg$$

$$\text{Peso del plástico después del secado} = 95kg$$

Se obtiene 95 kg que se alimentan al reactor de pirolisis.

### **Cantidad de gas y carbón obtenido en el reactor de pirolisis**

Al igual que con los neumáticos, se obtiene tanto gases como carbón que equivalen 97% y 3% respectivamente (Villuentas, 2013), en términos de peso equivalen a:

$$\text{Cantidad de gas de pirolisis} = 95\text{kg} * \frac{97\text{kg de gas}}{100\text{kg}}$$

$$\text{Cantidad de gas de pirolisis} = 92,15\text{kg de gas}$$

Para la cantidad de carbón o ceniza se tiene:

$$\text{Cantidad de carbon o ceniza} = 95\text{kg} * \frac{3\text{Kg de ceniza}}{100\text{kg}}$$

$$\text{Cantidad de carbon o ceniza} = 2,85\text{kg de ceniza}$$

Se tiene 92,15 kg de gas que pasa a la operación de condensación.

### **Cálculo de la cantidad de gases condensables y no condensables después de la operación de condensación**

Los líquidos condensados y gases no condensables obtenidos en esta operación representan 72,2% y 17,8% respectivamente (Villuentas, 2013), en términos de peso equivalen a:

$$\text{Líquidos} = 92,15\text{kg} * \frac{72,2\text{kg de líquido}}{100\text{kg}}$$

$$\text{Líquidos} = 66,53\text{kg de líquido}$$

Para los gases

$$Gases = 92,15kg * \frac{17,8kg \text{ de gas}}{100kg}$$

$$Gases = 16,4kg \text{ de gas}$$

Se obtiene 66,53 kg de líquido que pasa a un almacenamiento intermedio, posteriormente a la torre de destilación, en el caso del gas, esta pasa a la operación de depuración, posteriormente es almacenado, el cual es usado para alimentar a los hornos en el proceso.

### **Cantidad de diésel obtenido**

Al igual que el líquido obtenido por la alimentación con neumáticos, los plásticos representan la misma proporción en cuando a diésel e hidrocarburos ligeros (Escudero Escudero, 2011):

- Diésel 88,2%
- Hidrocarburos ligeros 11,8%

La densidad del diésel es de 0,82 g/cm<sup>3</sup> el cual se usa para calcular el volumen obtenido.

*Volumen de diésel obtenido*

$$= 66,53kg * \frac{88,2kg \text{ de diesel}}{100kg} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1cm^3}{0,82g} * \frac{1lt}{1000cm^3}$$

$$Volumen \text{ de diésel obtenido} = 70,99 \text{ lts de diesel}$$

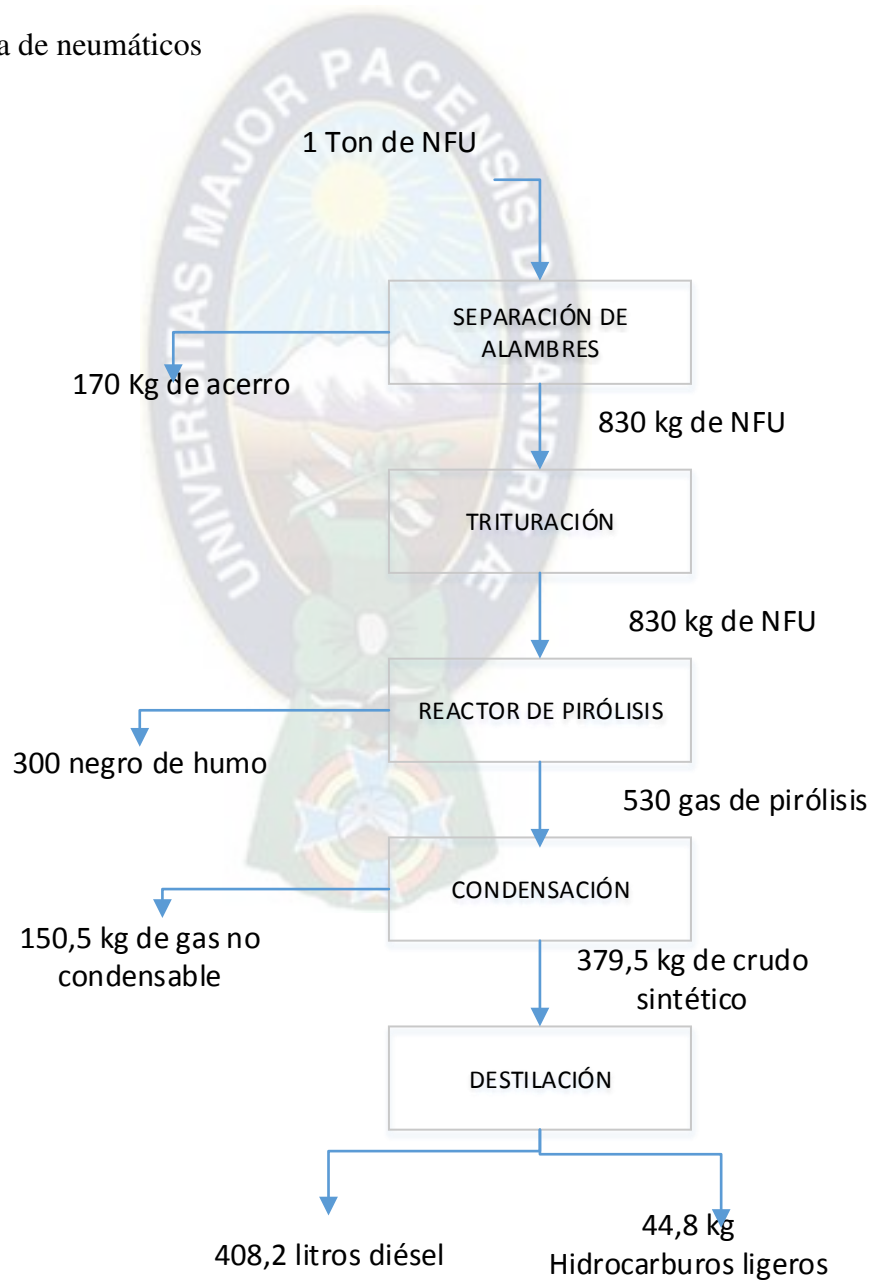
El plástico tiene un rendimiento de 70,99 lts por cada 100kg de residuo plástico, que equivale a 709,9 lts por cada tonelada tratado.

Para los hidrocarburos ligeros

$$\text{Volumen hidrocarburos ligeros} = 66,53\text{kg} * \frac{11,8\text{ kg}}{100\text{kg}} = 7,85\text{ kg}$$

### 4.2.3. Balance másico

Para la línea de neumáticos



Para la línea de plásticos



#### 4.2.4. Balance de línea

Para el balance de línea se toma el rendimiento de cada material que en este caso equivale a:

$$1\text{ton NFU} \rightarrow 408,2 \text{ litros de diesel}$$

$$1\text{Ton residuos plásticos} \rightarrow 709,9 \text{ litros de diesel}$$

Según el tamaño de la planta este tratará 20 toneladas de neumáticos fuera de uso y 20 toneladas de residuos plásticos por día, ya que el sistema será de flujo continuo esta equivale a 0,83 ton/hr para cada línea, sabiendo que un barril equivale a 159 litros.

Se trabajara en tres turnos de 8 hr, 7 días a la semana equivalente a 30 días al mes durante todo el año.

#### Alimentación y producción de diésel

Tabla 29: Requerimiento de materia prima

| Alimentación                   | Ton/h | Ton/día | Ton/semana | Ton/mes | Ton/año |
|--------------------------------|-------|---------|------------|---------|---------|
| <b>Neumáticos fuera de uso</b> | 0,83  | 20      | 140        | 600     | 7.300   |
| <b>Residuos plásticos</b>      | 0,83  | 20      | 140        | 600     | 7.300   |

Fuente: Elaborado en base al balance másico

Tabla 30: Producción de diésel sintético

| Productos                    | Barriles/h | Barriles/día | Barriles/semana | Barriles/mes | Barriles/año |
|------------------------------|------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| <b>Diésel por neumáticos</b> | 2,13       | 51,35        | 359,45          | 1.540,50     | 18.742,75    |
| <b>Diésel por plásticos</b>  | 3,71       | 89,3         | 625,1           | 2.679,00     | 32.594,50    |
| <b>Total</b>                 | 5,84       | 140,65       | 984,55          | 4.219,50     | 51.337,25    |

Fuente: Elaborado en base al balance másico



Se requiere 7 300 toneladas de cada material (residuos plásticos y neumáticos), para producir 51 337,25 barriles por año.

### Generación de residuos

En base a los cálculos realizados del proceso se tiene una relación de 0,17 toneladas de alambres por cada tonelada de neumáticos y 0,3 toneladas de negro de humo, de la misma forma se tiene la relación de 0,0285 por cada tonelada de plástico.

*Tabla 31: Generación de residuos sólidos*

| Productos                         | ton/h | ton/día | ton/semana | ton/mes | ton/año |
|-----------------------------------|-------|---------|------------|---------|---------|
| <b>Alambres de neumático</b>      | 0,14  | 3,4     | 23,8       | 102     | 1.241   |
| <b>Negro de humo de neumático</b> | 0,249 | 6       | 42         | 180     | 2.190   |
| <b>Carbón de plásticos</b>        | 0,389 | 9,4     | 65,8       | 282     | 3.431   |

*Fuente: Elaborado en base al balance másico*

Se genera alrededor de 1 241 toneladas de alambres y 2 190 toneladas de humo de negro por los neumáticos, 3 431 toneladas de carbón por los plásticos.

### Gas de pirolisis

Los gases no condensables de la pirolisis están compuestos principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H<sub>2</sub>), metano, (CH<sub>4</sub>), eteno o etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propeno o propileno (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>) y propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) (Pattiya, 2010), la mayoría de los compuestos son similares al gas natural que tiene una densidad de 0,6 el cual será usado para el cálculo del volumen producido.



Tabla 32: Generación de gases no condensables (off gas)

| Productos                | barril/h | barril/día | barril/semana | barril/mes | barril/año |
|--------------------------|----------|------------|---------------|------------|------------|
| <b>Gas de neumáticos</b> | 1,31     | 31,55      | 220,85        | 946,5      | 11.515,75  |
| <b>Gas de plásticos</b>  | 1,43     | 34,38      | 240,66        | 1031,4     | 12.548,70  |
| <b>Total</b>             | 2,74     | 65,93      | 461,51        | 1.977,9    | 24.064,45  |

Fuente: Elaborado en base al balance másico

Se genera 24 064 barriles de gas no condensable u off gas que es usado para la alimentación de los hornos del proceso.

#### Hidrocarburos ligeros

Los hidrocarburos ligeros generados generalmente poseen densidad entre 0,6 y 0,8 para el cálculo de volumen se tomará 0,7.

Tabla 33: Producción de hidrocarburos ligeros

| Productos                        | barril/h | barril/día | barril/semana | barril/mes | barril/año |
|----------------------------------|----------|------------|---------------|------------|------------|
| <b>Proveniente de neumáticos</b> | 0,33     | 8,05       | 56,35         | 241,5      | 2.938,25   |
| <b>Proveniente de plásticos</b>  | 0,59     | 8,05       | 56,35         | 241,5      | 2.938,25   |
| <b>Total</b>                     | 0,92     | 16,1       | 112,7         | 483        | 5.876,5    |

Fuente: Elaborado en base al balance másico

Se genera 5 876 barriles de hidrocarburos ligeros por año.

#### 4.2.5. Tratamiento de residuos

El sistema de producción genera residuos en las etapas de: extracción de alambres para los neumáticos antes de la alimentación al reactor de pirólisis y residuos

de carbón en el reactor, así como gases de emisión y aguas residuales en la depuración del gas.

### **Alambres de acero**

Los alambres (acero) extraído de los neumáticos se puede vender como subproducto a las empresas recicladoras.

### **Negro de humo y carbón**

Se genera el negro de humo o carbón que es usado para reforzar los neumáticos en su fabricación, como no existe empresas de fabricación de los mismos, estos se enviarán a los rellenos sanitarios, ya que no representan ninguna amenaza ambiental.

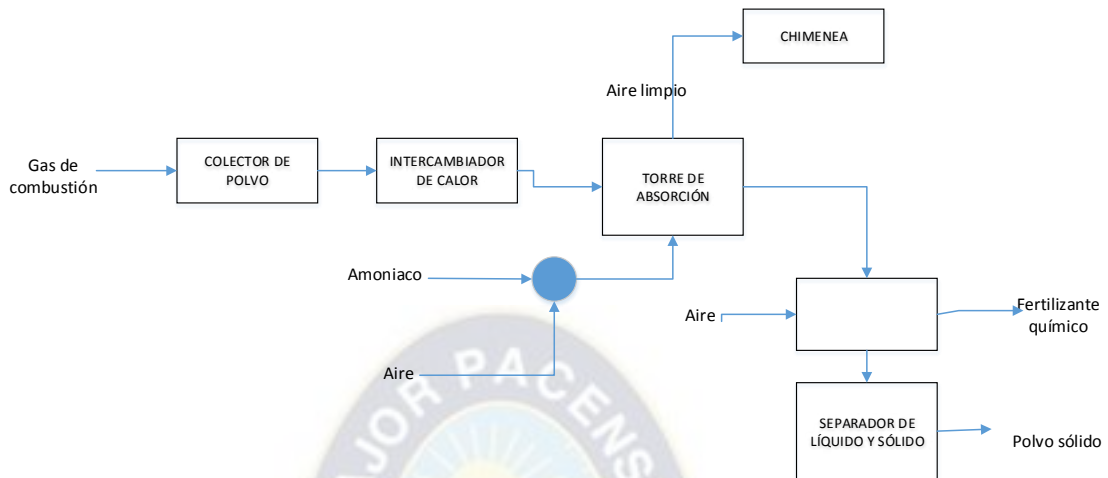
### **Gases de combustión**

Los gases generados por la combustión tanto en el reactor de pirólisis y destilación son el SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y partículas las cuales son dañinas para la salud especialmente el SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, que deben ser tratados antes de enviarlos a la atmosfera, el proceso para la mitigación de estos gases es el siguiente:

- Uso de amoníaco

Actualmente es muy usado ya que retiene gases nocivos como el SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, mitigando los impactos ambientales.

La desulfuración con el uso de amoníaco es una tecnología usada para eliminar los SO<sub>2</sub>, generando sulfato de amonio usado como como fertilizante.

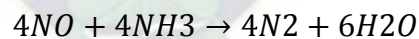


### Reacciones

Se genera la siguiente reacción:



Para el caso del NOx el amoniacó también es efectivo como se muestra en la siguiente reacción:



La relación entre el amoniacó y los gases de emisión es igual a 0,2:1, que equivale a 0,2 toneladas de amoniacó por cada tonelada de gas de emisión.

Los volúmenes de producción de gases de emisión se podría considerar igual al volumen del gas usado en la combustión que equivale a 314,5 kg por el procesamiento de una tonelada de neumáticos y una tonelada de plásticos, la planta tratará 20 toneladas de cada uno por día esto equivale a 6,2 ton por día, siendo la cantidad de amoniacó necesaria de 1,24 ton por día y 450 ton por año.

### **Tratamiento de las aguas residuales**

Las aguas residuales del proceso presentan partículas en suspensión las cuales se eliminarán con un tanque de sedimentación y filtros.

#### **4.2.6. Análisis de maquinaria**

Las especificaciones técnicas de las maquinarias se encuentran en anexo 2.

##### **Extractor de alambres de neumático**

Para la separación de los metales presentes en el neumático es necesario contar con una máquina que extraiga los mismos antes de realizar la operación de triturado, la máquina debe ser mayor a 20 toneladas por día.

##### **Máquina cortadora de neumáticos**

Esta máquina se usa con los neumáticos de gran tamaño que no pueden ingresar a la operación de trituración y deben ser reducidos en tamaño.

##### **Máquina trituradora de neumáticos**

Necesaria para reducir el tamaño del neumáticos en trozos para facilitar la alimentación al reactor de pirólisis ya que se trabaja en continuo.

##### **Sistema de pirólisis**

El sistema cuenta con la tolva alimentadora, el horno, el sistema de condensación, sistema de depuración de los gases no condensables y sistema de lavado del gas de emisión, para mitigar la contaminación atmosférica.

### **Mini refinería de petróleo para el procesamiento de productos de pirolisis.**

El sistema comprende tanto los calderos, la torre de destilación y condensación.

### **Tanques de almacenamiento de combustible**

Después de la refinación del combustible son necesarios los tanques de almacenamiento antes de ser comercializadas.

### **Trituradora de plásticos**

Utilizado para triturara los plásticos y facilitar el proceso de secado

### **Centrífuga secador de plástico**

Necesario para eliminar humedad antes de ingresar al reactor de pirolisis

### **Bandas transportadoras**

Las bandas son sirven para mover el material de las operaciones de triturado, secado, separación de alambres en el caso de los neumáticos hasta la alimentación al reactor de pirolisis.

### **Montacargas**

El montacargas será usado para el traslado del materia prima desde el almacén hasta la planta

### **Torre de depuración de gases de emisión**

La torre en necesaria para mitigar la contaminación causada por el SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas generadas en el proceso de producción.

### Tanque de sedimentación de agua

Usado juntamente con filtros para la eliminación de partículas suspendidas en el agua, usado en el proceso de depuración del gas no condensable.

#### 4.2.6. Balance energético y uso de agua

##### Uso de energía eléctrica

|                                      | Kwh | Horas/día | Kwh/día | Kwh/mes | kwh/año   |
|--------------------------------------|-----|-----------|---------|---------|-----------|
| <b>Extractor de alambres</b>         | 45  | 20        | 900     | 22.500  | 324.000   |
| <b>Cortadora de neumáticos</b>       | 30  | 6         | 180     | 4.500   | 64.800    |
| <b>Trituradora de neumáticos</b>     | 75  | 10        | 750     | 18.750  | 270.000   |
| <b>Trituradora de plásticos</b>      | 30  | 20        | 600     | 15.000  | 216.000   |
| <b>Secador de plásticos</b>          | 75  | 20        | 1.500   | 37.500  | 540.000   |
| <b>Bandas transportadoras</b>        | 30  | 24        | 720     | 18.000  | 259.200   |
| <b>Iluminación oficinas y planta</b> | 30  | 8         | 240     | 6.000   | 86.400    |
| <b>Total</b>                         |     |           |         |         | 1.760.400 |

##### Uso de combustible

Ya que se contará con dos montacargas, estas utilizan diésel el cual será autoabastecido por la planta.

|                      | <b>Recorrido<br/>por año<br/>aproximado<br/>(Km)</b> | <b>Consumo de<br/>combustible<br/>(km/litro)</b> | <b>Litros/año</b> | <b>Barriles/año</b> |
|----------------------|--|--|-------------------|---------------------|
| <b>Montacargas 1</b> | 30000  | 0,4  | 12.000            | 75,47               |
| <b>Montacargas 2</b> | 30000  | 0,4  | 12.000            | 75,47               |
| <b>Total</b>         |  |  |                   | 150,94              |

#### Uso de agua

|  | <b>Consumo de<br/>agua por día<br/>(m3)</b> | <b>m3/mes</b> | <b>m3/año</b> |
|--|---|---------------|---------------|
| <b>Condensadores de<br/>pirolisis</b>          | 6,54  | 183,12        | 2.354,4       |
| <b>Condensadores para<br/>destilación</b>      | 1,13  | 31,64         | 406,8         |
| <b>Depuración de gases<br/>no condensables</b> | 2   | 56            | 720           |
| <b>baños</b>                                   | 3   | 84            | 1.080         |
| <b>Total</b>                                   |   |               | 4.561,2       |

#### 4.2.7. Requerimiento de personal

Línea de neumáticos fuera de uso

| <b>Operación</b>                 | <b>Operarios por turno</b> |
|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Almacenes</b>                 | 1                          |
| <b>Montacargas</b>               | 1                          |
| <b>Extractor de alambres</b>     | 2                          |
| <b>Cortador de neumáticos</b>    | 1                          |
| <b>Trituradora de neumáticos</b> | 1                          |
| <b>Sistema de pirolisis</b>      | 3                          |
| <b>Refinación</b>                | 1                          |
| <b>Total</b>                     | 10                         |

Línea de plásticos

| <b>Operación</b>         | <b>Operarios por turno</b> |
|--------------------------|----------------------------|
| Almacenes                | 1                          |
| Montacargas              | 1                          |
| Separación de plásticos  | 2                          |
| Trituradora de plásticos | 1                          |
| Secadora de plásticos    | 1                          |
| Sistema de pirolisis     | 3                          |
| Refinación               | 1                          |
| <b>Total</b>             | <b>10</b>                  |

Se requiere 20 operarios por turno para el funcionamiento de la planta.

### **4.3. Seguridad industrial**

#### **4.3.1. Riesgos**

La mayoría de riesgos para el operador se presentan en las operaciones preliminares antes de ingresar al reactor de pirolisis, ya que el resto es un proceso cerrado sin contacto con el operario, los cuales solo necesitan las verificaciones y controles en cuando a la presión, temperatura y otros.

#### **Almacenes de materia prima**

Los riesgos que se podrían presentar en esta área son: la caída de materia prima sobre los obreros por descuidos en el apilamiento, en el caso de los neumáticos fuera de uso, incendios por accidentes, cortes en la manipulación de los mismos.

#### **Corte y trituración**

Podría presentar daños auditivos por el sonido generado por la máquina, cortes con neumáticos en la manipulación, inhalación de polvo que se genera en este proceso, entre otros.



### Reactor de pirolisis

En la operación de pirolisis no presenta riesgos para el operador ya que este no está en contacto directo con el proceso, pero se requiere el control adecuado en la temperatura y presión.

#### 4.3.2. Medidas

Para evitar estos accidentes se contara con extintores para evitar incendios, equipo de protección para los obreros que consisten en; cascos de seguridad, guantes, protector de oídos, mascarillas para el área de molienda y triturado, gafas de seguridad y señalizadores.

*Tabla 34: Equipos de seguridad industrial*

|                           | <b>Cantidad</b> | <b>Precio (\$us)</b> | <b>Importe (\$us)</b> |
|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Casco</b>              | 20              | 37                   | 730                   |
| <b>Guantes</b>            | 20              | 16                   | 320                   |
| <b>Lentes protectores</b> | 20              | 24                   | 480                   |
| <b>Mascarilla</b>         | 20              | 46                   | 920                   |
| <b>Tapón auditivo</b>     | 20              | 11                   | 220                   |
| <b>Extintores</b>         | 10              | 50                   | 500                   |
| <b>Otros</b>              |                 | 500                  | 500                   |
| <b>TOTAL</b>              |                 |                      | 3.670                 |

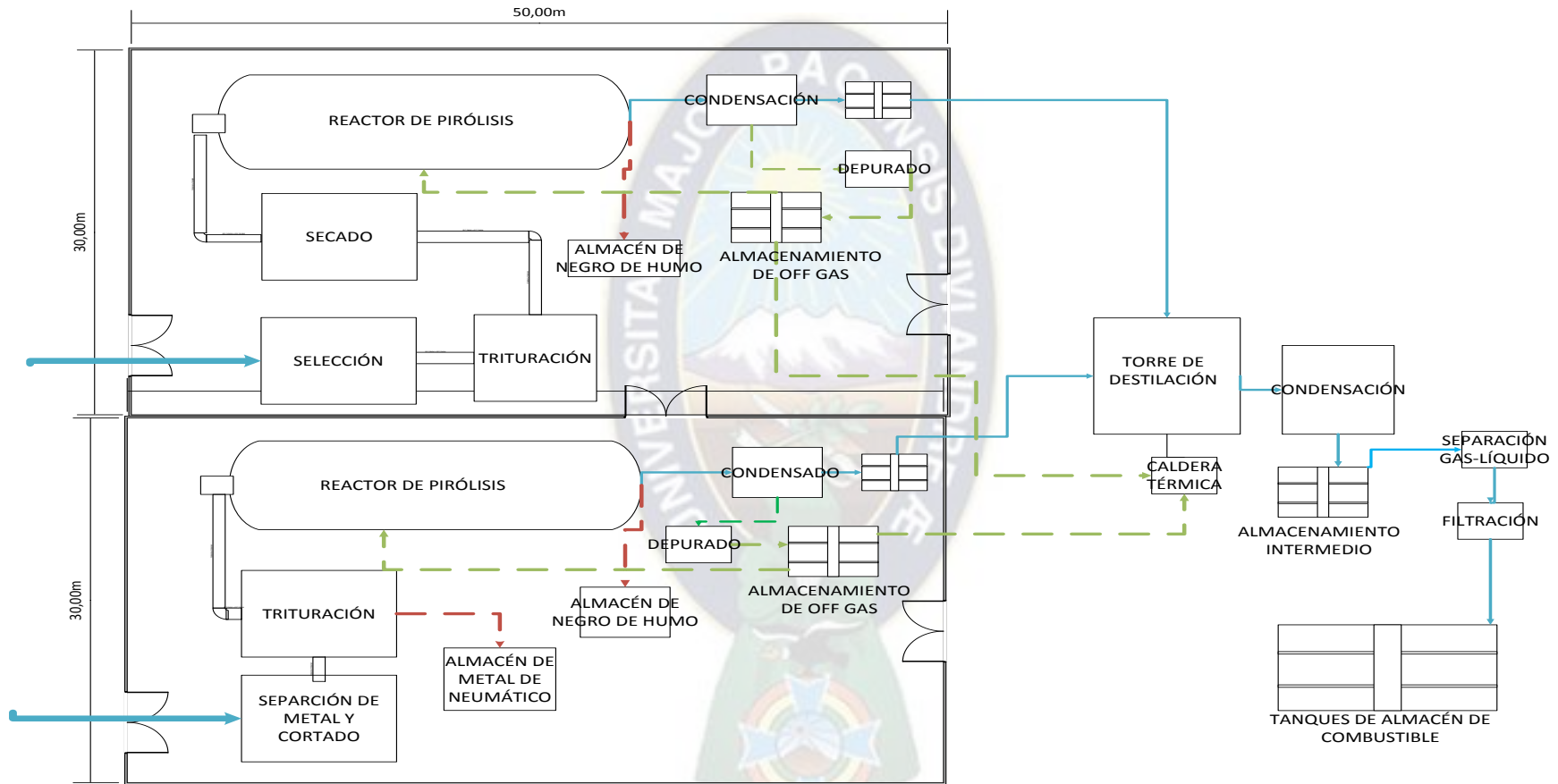
La dotación de los equipos se realizará de forma trimestral, haciendo 4 al año.

### 4.4. Diseño de planta

#### 4.4.1. Distribución de planta

Para fines del proyecto son necesarias dos galpones, uno para la producción de diésel a partir de residuos plásticos y otra a partir de neumáticos con un área de 1.500 m<sup>2</sup> cada uno, con dimensiones de 30 por 50 metros con una altura de 10 metros, esto por las dimensiones de la maquinaria, en especial el sistema de pirolisis, que ocupa gran parte de la planta.

Figura 18: Lay out de la planta

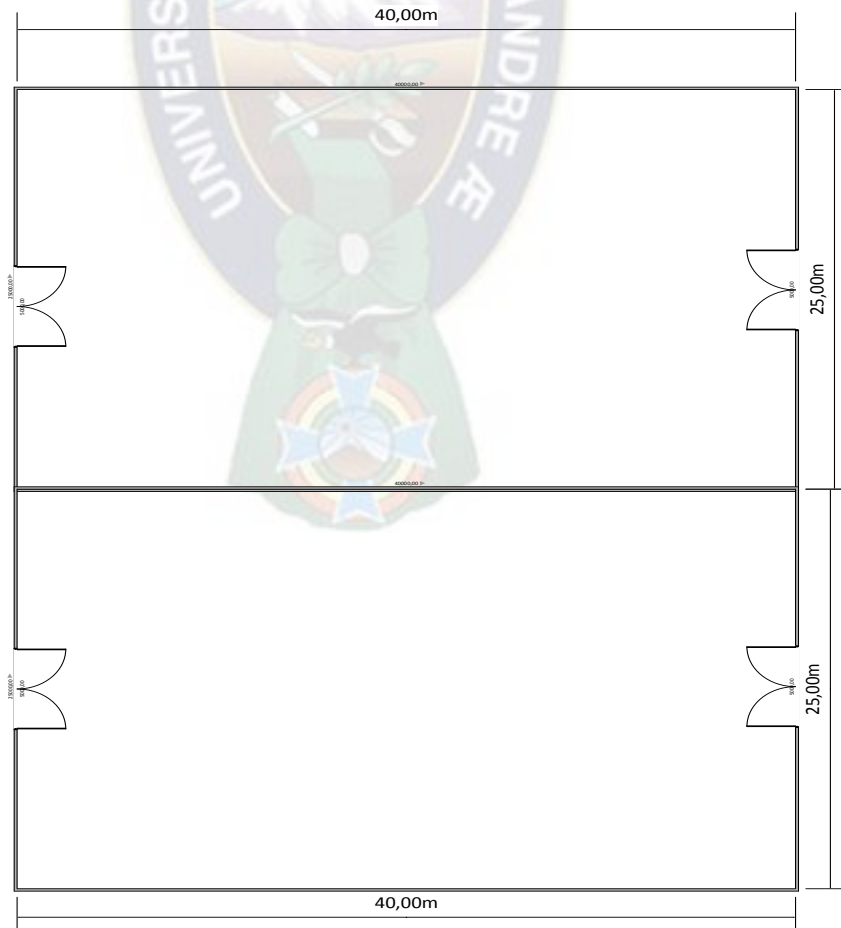


Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Almacenes

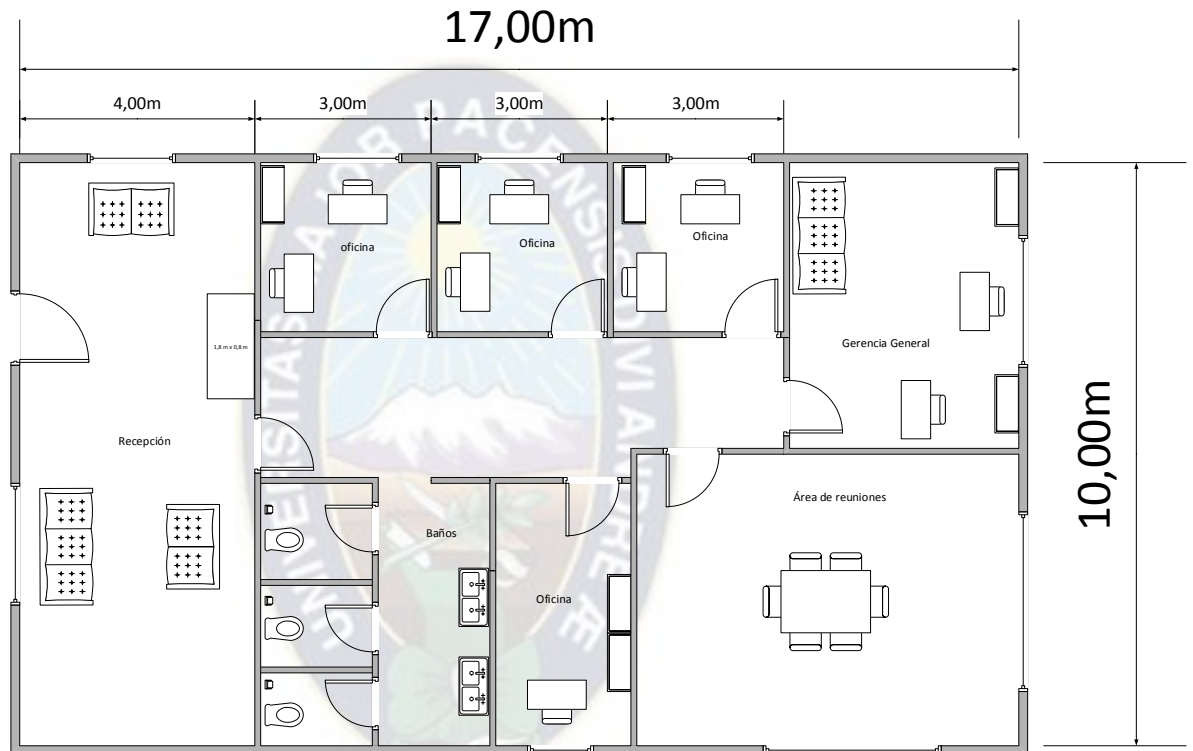
Un neumático tiene un volumen de 0,016 m<sup>3</sup> en promedio con un peso entre 8 a 80 kg. Haciendo una media de 30 kg, siendo la densidad 0.5 toneladas por cada metro cúbico, para fines del proyecto se contará con inventario de hasta de 5 meses de funcionamiento de la planta, por lo que es necesario 2500 m<sup>3</sup> en almacenes, para cada material.

Son necesarios 2 galpones, uno para residuos plásticos y otro para neumáticos con un área de 1.000 m<sup>2</sup> cada uno con dimensiones de 40 por 25 metros con una altura de 6 metros, ya que son residuos sólidos no es necesario contar con muros y piso de losa, solo se necesita el tinglado para evitar que se mojen por las lluvias.



### 4.4.3. Oficinas

Son necesarias oficinas para la parte administrativa con una dimensión de 17 por 10 metros con una altura de 3 metros los cuales se detallan a continuación.



### 4.4.4. Cómputos métricos

Para conocer el precio es necesario calcular los cómputos métricos los cuales se detallan en el (anexo 3)

### 4.4.5. Presupuesto

Se requiere 2 515 246,65 dólares para la construcción de edificaciones (anexo 3) del cual se asignará un 5% más para contingencias, por lo cual se tiene:

$$\text{Total costo de edificaciones} = 1.678.707,94 + 1.678.707,94 * 5\%$$

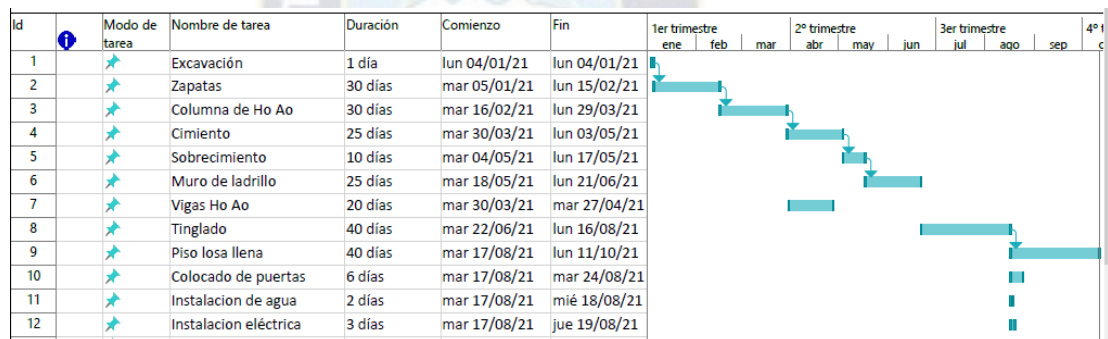
$$\text{Total costo de edificaciones} = 1.729.449,86 \$.$$

#### 4.4.6. Plan de ejecución

Se calculará el tiempo estimado para la construcción de cada edificación tomando en cuenta que los trabajos se realizan de forma paralelo, debido a que se requiere la aprobación de leyes para la producción y comercialización del diésel sintéticos el proyecto se ejecutará el 2021.

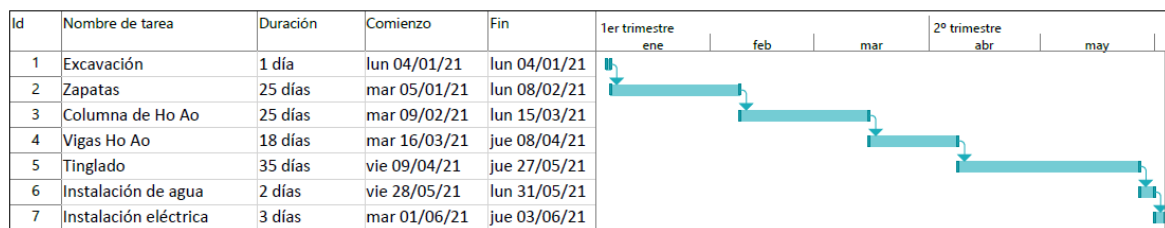
#### Plantas de producción

Esta fase de ejecución abarca la construcción de los dos galpones necesarios para las dos líneas de producción, los cuales serán construidas de forma paralela, los tiempos estimados se detallan a continuación:



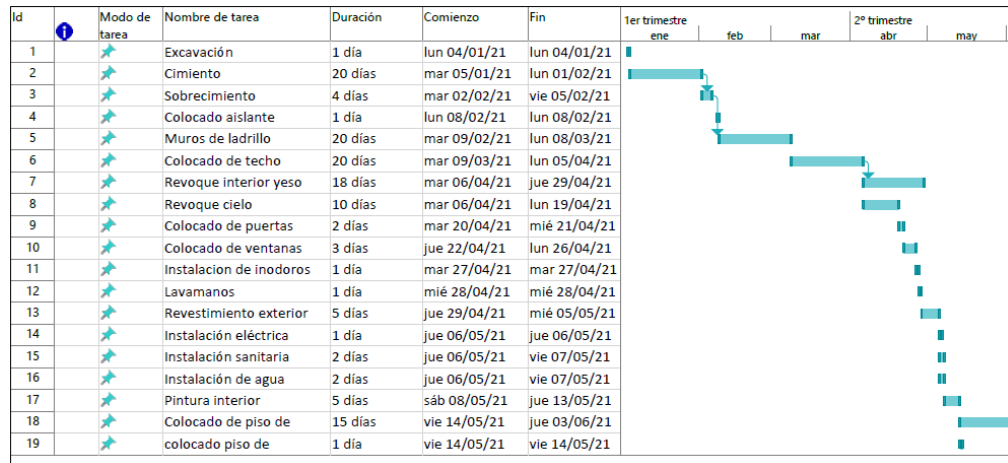
#### Almacenes

Esta fase abarca la construcción de los almacenes de materia prima una para neumáticos y otra para los residuos plásticos, al igual que en el caso anterior este se construirán de forma paralela, los tiempos estimados se muestra a continuación:



## Oficinas

Abarca la construcción de las oficinas necesarias para la planta, los tiempos estimados para cada etapa de la construcción se detallan a continuación:



Como se puede observar, los trabajos de construcción demorarán alrededor de 8 meses para lo cual se espera empezar las operaciones para el año 2022.

### 4.5. Comercialización del Diésel Sintético

Para la comercialización del diésel el proyecto se basará en la producción, almacenamiento y distribución del producto hasta los almacenes de YPF, este último se externalizará debido a los costos que conllevaría la adquisición de cisternas para la distribución.

#### 4.5.1 Canales de distribución

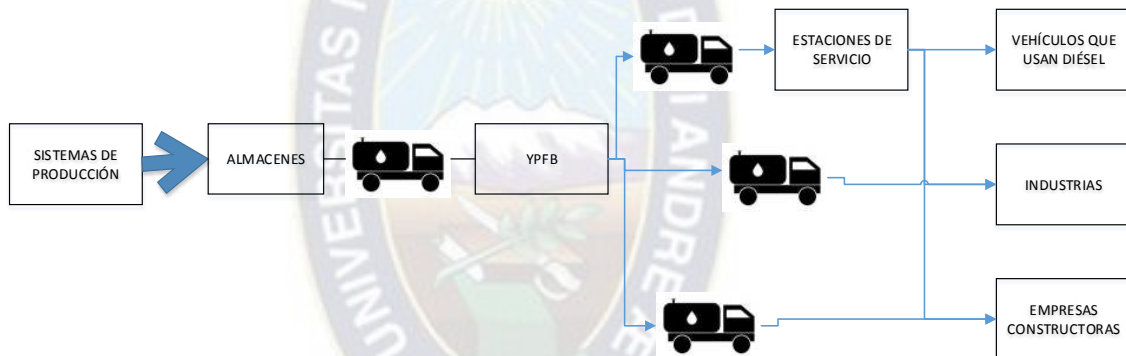
Como se mencionó anteriormente la distribución desde la planta hasta la empresa de YPF se realizará mediante outsourcing o sea externalizando el proceso de distribución con la contratación de asociaciones o sindicatos presentes en el país que trabajan en el traslado de combustibles los cuales cobran de entre 400 a 1500 Bs para

el traslado de 10.000 a 30.000 litros, dependiendo de la distancia y el volumen (Salinas, 2017).

Para fines del proyecto es necesario un cisterna de 30.000 litros de capacidad por día, para el cual el costo es de 1.500 Bs obteniendo un costo unitario por barril de 7,95 Bs equivalente a 1,15 \$/barril esto es necesario para el cálculo del costo variable.

Los canales de distribución se detallan en la figura 18.

Figura 19: Canales de distribución



Fuente: Elaboración propia

La empresa a crear distribuirá el diésel usando cisternas, los cuales trasladaran el producto hasta los almacenes de YPFB el cual se encargará de la distribución hasta las estaciones de servicio, estos a su vez distribuirán al mercado objetivo.

#### 4.5.2. Publicidad

Es necesario contar con publicidad para dar a conocer el producto a los consumidores, para lo cual se tomarán los siguientes medios o actividades:

- Publicación en revistas, periódicos y páginas web para dar a conocer las ventajas al mercado objetivo.



Revistas Energía Bolivia: 250 \$us

Periódico El Deber: 200 \$us

Se publicará cada dos meses haciendo un total de \$us 2 700 anuales, tomando las contingencias se destinará 3 000 \$us.

#### **4.6. Organización del proyecto**

Con el fin de que la organización logre cumplir con todas las actividades relacionadas con el montaje, funcionamiento, producción y comercialización del diésel sintético a partir de neumáticos y desechos plásticos, se define la organización empresarial, su estructura, administración, programas, sistemas de información y control, teniendo en cuenta la naturaleza legal de la institución.

##### **4.6.1. Tipo de organización**

La empresa se constituye como una empresa de Sociedad de Responsabilidad Limitada, se eligió este tipo de sociedad debido a que no necesita muchos inversionistas.

##### **4.6.2 Sector económico al que pertenece**

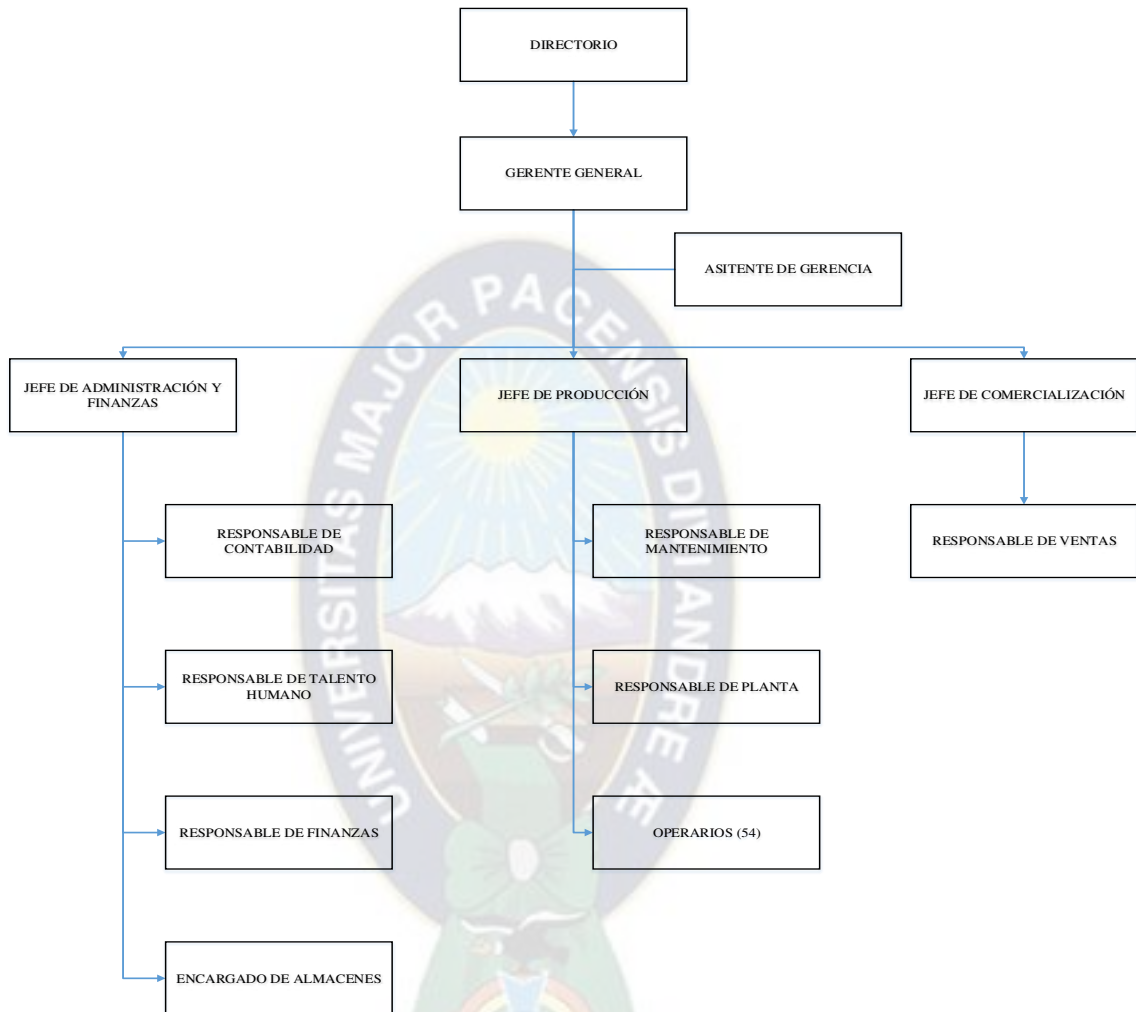
La empresa es una industria manufacturera y pertenece al sector petrolero.

##### **4.6.3. Estructura organizacional**

Debido al pequeño número de empleados que se requiere para el proyecto el organigrama tiene una estructura sencilla.



Figura 20: Organigrama propuesto



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4. Funciones y responsabilidades

Las funciones y responsabilidades para cada cargo se detallan en el anexo de manual de funciones y responsabilidades (ver anexo 4).

#### 4.7. Gastos de organización

Son las erogaciones para cumplir con las normativas legales y requisitos para la constitución de la empresa, la siguiente tabla especifica los requerimientos necesarios para la empresa.

*Tabla 35: Gastos de constitución*

| Detalle              |  | Importe (Bs.)  | Importe (\$)  |
|----------------------|--|--|---------------|
| <b>NIT</b>           | Escritura de constitución de sociedad                        | 1800   |               |
|                      | Fotocopias   | 20   |               |
|                      | Factura de luz CI del apoderado                              |  |               |
|                      | <b>SUBTOTAL</b>  | <b>1.820</b>   | <b>263,77</b> |
| <b>FUNDEMPRESA</b>   | Formulario N°0010/03   | 136,50   |               |
|                      | Formulario declaración jurada N° 0020                        |  |               |
|                      | Balance general  | 600  |               |
|                      | Escritura de constitución                                    | 1800   |               |
|                      | Publicación de la escritura de constitución en el periódico. | 50   |               |
|                      | <b>SUBTOTAL</b>  | <b>2.586,5</b>   | <b>374,86</b> |
|                      | <b>LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO</b>                            | Declaración jurada Fotocopias: <ul style="list-style-type: none"> <li>• CI del titular</li> <li>• Factura de luz</li> <li>• NIT</li> </ul> | 20            |
| Croquis de ubicación |  | 10   |               |
| Plano                |  | 200  |               |
| Registro ambiental   |  | 500  |               |
| <b>SUBTOTAL</b>      |  | <b>730</b>   | <b>105,80</b> |

|   |   |               |               |
|---|---|---------------|---------------|
| <b>C.N.S.</b>   | Form. AVC-01<br>Form. AVC-2<br>Form. RCI-1A                         |               |               |
|   | Carta de solicitud<br>Fotocopia CI del responsable<br>Fotocopia NIT | 20            |               |
|   | Balance de Apertura   | 520           |               |
|   | Planilla de haberes<br>Nómina del personal<br>Croquis de ubicación  | 10            |               |
|   | <b>SUBTOTAL</b>   | <b>550</b>    | <b>79,71</b>  |
|   | <b>AFP</b>  | Fotocopia NIT | 10            |
| Fotocopia del CI responsable<br>Fotocopia de CI afiliado. |   |               |               |
| <b>SUBTOTAL</b>   |   | <b>10</b>     | <b>1,45</b>   |
| <b>Ministerio de Trabajo</b>                              | Formulario Registro obligatorio de Empleados (ROE)                  |               |               |
|   | Depósito de 80Bs.   | 80            |               |
|   | 501-5034475-3-17 del Banco de Crédito.                              | 20            |               |
|   | <b>SUBTOTAL</b>   | <b>100</b>    | <b>14,49</b>  |
| <b>TOTAL</b>  |   | <b>8766,5</b> | <b>840,07</b> |

*Fuente: Elaborado en base a datos de la GAMLP*

## CAPÍTULO V

### 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Un impacto ambiental son todos los cambios positivos o negativos en el medio producidos por la implementación o ejecución de una acción.

La Ley de medio ambiente (Ley 1333 de abril de 1994) en su título III capítulo 4 establece el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental el cual es uno de los principales instrumentos de gestión para prevenir el deterioro ambiental que podrían causar nuevos proyectos de inversión pública y privada en Bolivia.

Esta ley nos indica que todo proyecto susceptible a causar algún daño al medio debe someterse a una evaluación de impacto ambiental, la instalación de una planta de producción de diésel sintético se basa prácticamente en la producción, transporte, almacenamiento y la reutilización de residuos sólidos, todo lo mencionado corresponde al grupo de sustancias explosivas, inflamables, reactivas por lo cual el proyecto debe someterse a la evaluación de impacto ambiental según el capítulo 4, título 3 de la ley 1333.

#### **Factores afectados por el proyecto**

Para identificar los factores ambientales se debe tomar todo lo que concierne al proyecto desde la construcción, su puesta en marcha y operación hasta el cierre del mismo. Los factores ambientales afectados por el proyecto son el aire, agua, suelo, ecología, ruido, socio económico, las cuales poseen diferentes atributos ambientales que se describen a continuación:

#### **Aire**

- Factor de dispersión
- Partículas suspendidas
- Óxidos de azufre

- Óxidos de nitrógeno
- Monóxido de carbono
- Oxidantes fotoquímicos
- Tóxicos peligrosos
- Olor

### Agua

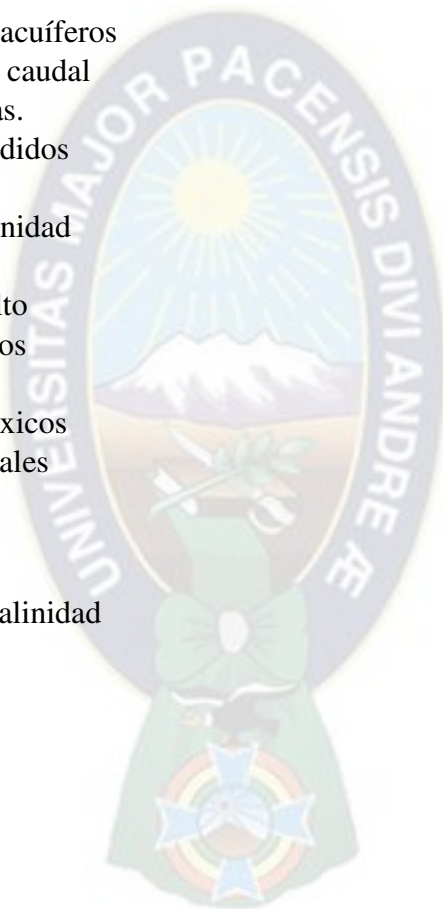
- Producción de acuíferos
- Variaciones de caudal
- Aceites y grasas.
- Sólidos suspendidos
- Temperatura
- Acidez y alcalinidad
- DBO 5
- Oxígeno disuelto
- Sólidos disueltos
- Nutrientes
- Compuestos tóxicos
- Coliformes fecales

### Suelo

- Salinidad y alcalinidad
- Compactación
- Nutrientes
- Erosión
- Riesgos
- Uso de suelos

### Ecología

- Fauna terrestre
- Aves
- Fauna acuática
- Vegetación y flora terrestre
- Áreas verdes urbanas
- Vegetación y flora acuática
- Cosecha agrícola
- Vectores
- Paisajismo



**Ruido**

- Efectos fisiológicos
- Comunicación
- Rendimiento laboral
- Comportamiento social

**Socio económico**

- Estilo de vida
- Sistemas fisiológicos
- Necesidades comunales
- Empleo
- Ingresos sector publico
- Consumo per cápita
- Propiedad publica
- Propiedad privada

Estos serán los principales factores que se verán afectados con la ejecución del proyecto.

**Metodología de cálculo del impacto**

Para el cálculo del impacto se usará la metodología descrita en la Ley 1333

(Ley de medio ambiente):

*Tabla 36: Ponderación de los impactos ambientales*

| PONDERACIÓN DE LOS IMPACTOS |                        |   |   |                          |
|-----------------------------|------------------------|---|---|--------------------------|
|                             | Clasificación primaria | Clasificación secundaria  |   | Ponderación              |
| IMPACTO                     | Positivo               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Directo</li> <li>• Permanente</li> <li>• Extensivo</li> <li>• Próximo</li> <li>• Reversible</li> <li>• Recuperable</li> <li>• Acumulativo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirecto</li> <li>• Temporal</li> <li>• Localizado</li> <li>• Alejado</li> </ul>  | -ALTO<br>-MEDIO<br>-BAJO |
|                             | Negativo               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Directo</li> <li>• Permanente</li> <li>• Extensivo</li> <li>• Próximo</li> <li>• Reversible</li> <li>• Recuperable</li> <li>• Acumulativo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirecto</li> <li>• Temporal</li> <li>• Localizado</li> <li>• Alejado</li> <li>• Irreversible</li> <li>• Irrecuperable</li> </ul> | -ALTO<br>-MEDIO<br>-BAJO |

*Fuente: Ley de medio ambiente 1333*

En función de este modelo el valor del impacto puede variar entre:

*Tabla 37: Clasificación de importancia de impacto ambiental*

| <b>Signo</b> | <b>Valor I</b> | <b>Calificación</b> |
|--------------|----------------|---------------------|
| +            | 1              | Bajo                |
|              | 2              | Medio               |
| -            | 3              | Alto                |

*Fuente: ley de medio ambiente (ley 1333)*

Para calcular los impactos se debe analizar las acciones a realizar durante las fases de construcción, operación y la de cierre, pero para fines de este proyecto solo se analizará hasta la fase de operación, los cuales se detallan a continuación.

*Tabla 38: Acciones del proyecto en la fase de construcción e instalación*

| <b>Acción</b>                                 | <b>Definición</b>  |
|---|--|
| <b>Eliminación de la capa vegetal</b>         | Comprende el levantamiento y eliminación de la capa vegetal, para permitir la construcción                                     |
| <b>Movimientos de tierra</b>                  | Comprende los trabajos de excavación y remoción del suelo necesario para las edificaciones y servicios.                        |
| <b>Construcción de vías de acceso</b>         | Comprende las aperturas necesarias para el ingreso del área.   |
| <b>Traslado de materiales de construcción</b> | Comprende todos los movimientos necesarios para los materiales de construcción.  |
| <b>Levantamiento de edificaciones</b>         | Comprende todos los trabajos necesarios tanto para la mano de obra como maquinarias para la construcción de las edificaciones. |
| <b>Instalación de servicios básicos</b>       | Los trabajos necesarios para remociones de tierra y traslado de maquinaria   |
| <b>Instalación de maquinaria y equipos</b>    | Traslados necesarios para la instalación de las maquinarias.   |

*Fuente: Elaboración propia*



Tabla 39: Acciones del proyecto en la fase de puesta en marcha y operación

| <b>Acción</b>                                   | <b>Definición</b>   |
|---|---|
| <b>Recepción de materiales</b>                  | Comprende traslados y almacenamiento necesario para los insumos.                                      |
| <b>Limpieza de los residuos sólidos</b>         | Comprende el uso de maquinarias e insumos necesarios para la operación.                               |
| <b>Trituración y separación de materiales</b>   | Comprende el traslado de los materiales a las máquinas de trituración para su posterior separación.   |
| <b>Pirolisis de los materiales</b>              | Comprende el traslado de materiales a la cámara de pirolisis para su posterior procesamiento          |
| <b>Depuración de los productos de pirolisis</b> | Comprende la eliminación de partículas del off gas con el uso del agua.                               |
| <b>Destilación y refinación</b>                 | Comprende la separación y tratamiento del producto en la torres de destilación y refinación.          |
| <b>Almacenamiento y distribución</b>            | Comprende los traslados por tuberías a los tanques de almacenamiento y la distribución por cisternas. |

Fuente: elaboración propia

Tomando los factores y calculando los impactos en el método ya descrito se tiene:

Tabla 40: Asignación de categoría por la ponderación del impacto

| <b>valor I</b>             | <b>calificación</b> | <b>categoría</b> |
|----------------------------|---------------------|------------------|
| -1                         | Bajo                |                  |
| -2                         | Moderado            |                  |
| -3                         | Alto                |                  |
| Valores con signo positivo |                     |                  |

Fuente: Hidroar SA (2019), Metodología para el cálculo de las Matrices Ambientales

En base al cuadro anterior y los valores ponderados se tiene:



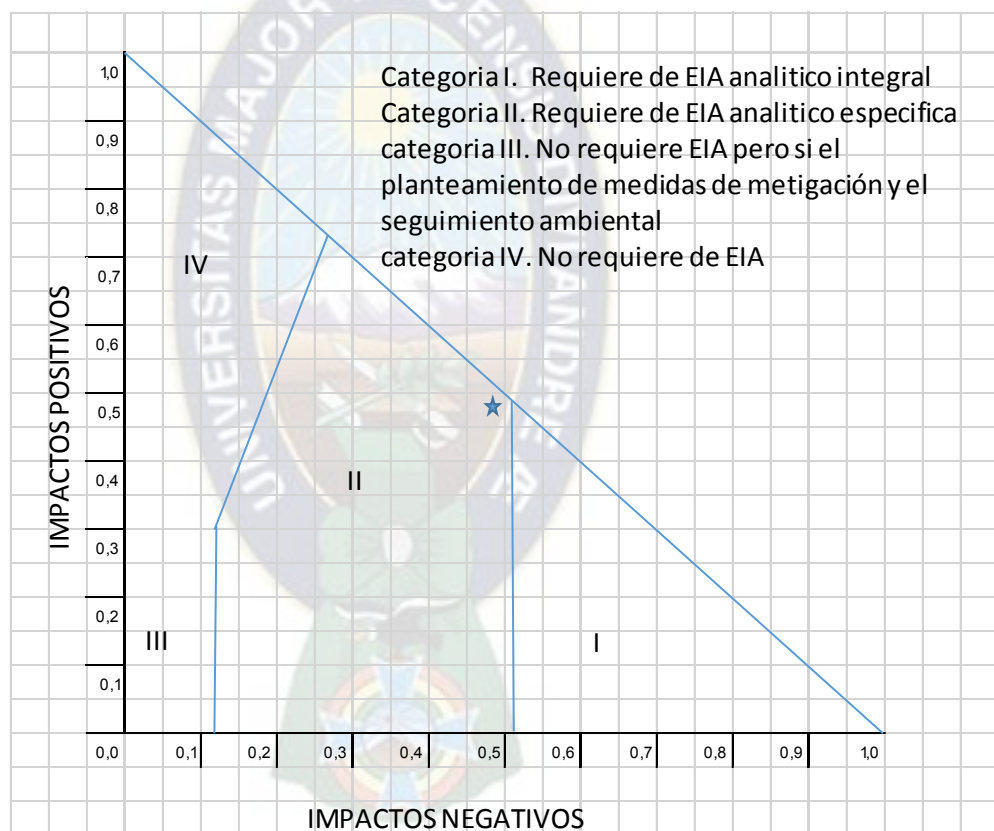




En las tablas 40 y 41 se puede observar que existe afectación a los factores tales como el agua, el aire, el suelo y la producción de ruido tanto en la construcción y operación de la planta, en los demás factores no representa un gran impacto haciendo viable la implementación de la planta.

Para definir la categoría al que pertenece el proyecto se realiza una intersección con los valores ponderados el cual se muestra en la figura 21.

*Figura 21: Clasificación de los proyectos para su evaluación*



*Fuente: Ley de medio ambiente (ley No1333)*

Según la clasificación del proyecto para la evaluación de impacto ambiental este se encuentra en la categoría II por ende necesita una Evaluación de Impacto ambiental específico.

## CAPITULO V I

### 6. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

Para realizar el estudio económico financiero se asume que el producto cumple con las normativas y especificaciones para ser vendidas en el país.

#### 6.1 Inversión

##### 6.1.1 Activos fijos

Comprende todas las erogaciones que se deben realizar en la adquisición de bienes tangibles, para lo cual se deben realizar las cotizaciones de los diferentes activos fijos necesarios para el proyecto.

##### 6.1.1.1 Terreno

El terreno deberá contar con suficiente espacio para la instalación de la planta con dos líneas de producción las cuales ocuparan 1.500 m<sup>2</sup>, espacio para el almacén de materia prima, almacén del producto y oficinas para la parte administrativa para lo cual se necesita un área de 3.500 m<sup>2</sup>.

Dentro de las localizaciones posibles para el proyecto, fueron cotizados terrenos en las lateras de la ciudad de El Alto con un promedio aproximado de 80.000 \$.

##### 6.1.1.2 Maquinaria

La maquinaria fue cotizada con los precios de la página web Alibaba para el procesamiento de 20 toneladas de desechos plásticos y 20 toneladas de neumáticos. Ésta contempla:

*Tabla 43: Equipos y maquinaria*

| <b>Maquinaria</b>                           | <b>cantidad</b> | <b>Precio unitario ( en \$us)</b> | <b>Valor adquisición total (\$us)</b> |
|---|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Extractor de alambres de neumáticos         | 1               | 20.000                            | 20.000                                |
| Cortadora de neumáticos                     | 1               | 30.000                            | 30.000                                |
| Trituradora de neumáticos                   | 1               | 60.000                            | 60.000                                |
| Sistema de pirolisis                        | 2               | 200.000                           | 400.000                               |
| Trituradora de plásticos                    | 1               | 22.000                            | 22.000                                |
| Secador de plástico                         | 1               | 13.900                            | 13.900                                |
| Mini refinería de petróleo                  | 1               | 500.000                           | 500.000                               |
| Bandas transportadoras                      | 34              | 1.000                             | 34.000                                |
| Montacargas                                 | 2               | 30.000                            | 60.000                                |
| Tanques de almacenamiento                   | 4               | 3.000                             | 12.000                                |
| Torre de depuración de gases de emisión     | 1               | 100.000                           | 100.000                               |
| Tanque de sedimentación de aguas residuales | 1               | 51.000                            | 51.000                                |
| <b>Total</b>                                |                 |                                   | <b>1.302.900</b>                      |

*Fuente: Elaboración en base a recopilaciones de precios*

### **6.1.1.3. Muebles y enseres**

Es necesario cotizar los muebles y enseres para la parte admirativa los cuales pueden desglosarse de la siguiente manera:

Tabla 44: Muebles y enseres

| Detalle           | Cantidad | Precio (Bs) | Importe (Bs)  | Importe (\$us)  |
|-------------------|----------|-------------|---------------|-----------------|
| Escritorios       | 9        | 750         | 6.750         | 978,26          |
| Estantes          | 7        | 1.200       | 8.400         | 1.217,39        |
| Sillas giratorios | 9        | 600         | 5.400         | 782,61          |
| Silla cromada     | 6        | 650         | 3.900         | 565,22          |
| Mesa de trabajo   | 2        | 850         | 1.700         | 246,38          |
| Sofás             | 4        | 1400        | 5.600         | 811,59          |
| <b>Total</b>      |          |             | <b>31.750</b> | <b>4.601,45</b> |

Fuente: Elaborado en base a precios del mercado

#### 6.1.1.4 Edificaciones

Estos cálculos ya se lo realizaron en el capítulo anterior, los diferentes gastos a incurrir para la instalación de la planta, se detallan a continuación:

Tabla 45: Costos de edificaciones

| Ítem                                    | Costo (\$)          |
|---|---------------------|
| Planta para procesamiento de plásticos  | 777.691,04          |
| Planta para procesamiento de neumáticos | 777.691,04          |
| Oficinas administrativas                | 53.279,02           |
| Almacén de materia prima plásticos      | 73.324,88           |
| Almacén materia prima neumáticos        | 73.324,88           |
| <b>Total</b>                            | <b>1.755.310,86</b> |

Fuente: Elaborado en base a los datos de la tabla de presupuestos (Anexo 3)

#### 6.1.1.5. Total activos fijos

La inversión total llega casi a los 4,1 millones de dólares, y se desglosa en la compra del terreno y los equipos principales de operación, además de la instalación

de la planta y la construcción de oficinas y galpones. Estos montos se detallan en la Tabla 45.

*Tabla 46: Desglose de activos fijos*

| <b>Ítem</b>                   | <b>Monto en \$us</b> |
|-------------------------------|----------------------|
| <b>Terreno</b>                | 80.000               |
| <b>Maquinaria</b>             | 1.302.900            |
| <b>Edificaciones</b>          | 1.755.311            |
| <b>Muebles y enseres</b>      | 4.601                |
| <b>Equipos de computación</b> | 7.000                |
| <b>TOTAL</b>                  | 3.149.812            |

*Fuente: elaboración en base a datos de la tabla 43, 44 y 45*

#### **6.1.1.6. Depreciación activos fijos**

La depreciación es la pérdida de valor de un activo fijo debido al uso, tiempo, obsolescencia, por factores climáticos, y otros. En Bolivia el decreto 24051 en el anexo del artículo 22 identifica la vida útil de cada activo.

*Tabla 47: Depreciación activos fijos*

| <b>Activo fijo</b>            | <b>Importe (\$us)</b> | <b>Años de vida útil</b> | <b>Depreciación (\$us)</b> |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| <b>Maquinaria</b>             | 1.302.900             | 10                       | 130.290,00                 |
| <b>Edificaciones</b>          | 1.755.311             | 40                       | 43.882,78                  |
| <b>Muebles y enseres</b>      | 4.601,45              | 10                       | 460,15                     |
| <b>Equipos de computación</b> | 7.000                 | 4                        | 1.750,00                   |
| <b>Terrenos</b>               | 80.000                | -                        | -                          |
| <b>TOTAL</b>                  |                       |                          | 176.382,92                 |

*Fuente: Elaborado en base a la tabla 46*

#### **6.1.2 Activos diferidos**

Son erogaciones que no representan un bien real en sí, son más bien servicios necesarios para dotar al proyecto de su capacidad productiva.

Para el cálculo del diseño de proyecto se tomará el 0,1% de los activos fijos el cual equivale a 3.149,81 \$us

*Tabla 48: Activos diferidos*

| <b>Activos Diferidos</b>      | <b>Importe (\$us)</b> |
|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Gastos de constitución</b> | 840,07                |
| <b>Diseño del proyecto</b>    | 3.149,81              |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>3.989,88</b>       |

*Fuente: Elaborado en base a los datos de la tabla 35*

### 6.1.2.1. Amortización de activos diferidos

Al igual que la depreciación, la amortización se refiere a la pérdida de valor de los activos diferidos según el decreto supremo N° 24051.

*Tabla 49: Amortización activos diferidos*

| <b>Activo diferido</b>        | <b>Importe (\$us)</b> | <b>Años de vida</b> | <b>Amortización (\$us)</b> |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| <b>Gastos de constitución</b> | 840,07                | 4                   | 210,02                     |
| <b>Diseño de proyecto</b>     | 3149,81               | 5                   | 629,96                     |
| <b>TOTAL</b>                  |                       |                     | <b>839,98</b>              |

*Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 48*

### 6.1.3. Capital de trabajo

Llamado también capital operativo, son usados para contingencias durante el desarrollo del proyecto.



*Tabla 50: Capital de trabajo*

| <b>Detalle</b>                           | <b>Importe (\$us)</b> |
|--|-----------------------|
| <b>Sueldos y salarios (2 meses)</b>      | 29.380                |
| <b>Insumos y otros gastos (2 meses )</b> | 524.571               |
| <b>TOTAL</b>                             | 553.951               |

*Fuente: Elaborado en base a la tabla de sueldos y salarios*

#### **6.1.4. Total inversión**

Es la suma de los activos fijos, activos diferidos y el capital de trabajo.

*Tabla 51: Total inversión*

| <b>Inversión</b>          | <b>Importe en (\$us)</b> |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>Activo fijo</b>        | 3.149.812                |
| <b>Activo diferido</b>    | 3.990                    |
| <b>Capital de trabajo</b> | 553.951                  |
| <b>Total</b>              | 3.707.753                |

*Fuente. Elaborado en base a dato de la tabla 46, 48 y 50*

### **6.2 Costos**

#### **6.2.1 Costos Fijos**

Los costos fijos están conformados prácticamente por los sueldos que se deben pagar a la mano de obra de manera anual con todos sus beneficios, la depreciación de activos fijos, amortización de activos diferidos y el costo que conlleva la publicidad que se detallan a continuación:

##### **6.2.1.1. Costo laboral**

El costo laboral son las erogaciones hechas para los pagos de sueldos y salario para el personal necesario en el funcionamiento de la planta.

##### **Costo laboral mensual**

Son los costos necesarios para el funcionamiento de la planta en el mes.

Tabla 52: Desglose de sueldos y salarios mensuales

| Cargo                        | Sueldo<br>(en \$us) | Cantidad | Importe<br>(en \$us/mes) |
|------------------------------|---------------------|----------|--------------------------|
| <b>Gerente General</b>       | 1.160               | 1        | 1.160                    |
| <b>Asistente de gerencia</b> | 580                 | 1        | 580                      |
| <b>Jefes de área</b>         | 800                 | 3        | 2.400                    |
| <b>Responsables</b>          | 725                 | 6        | 2.400                    |
| <b>Operarios</b>             | 310                 | 60       | 4.350                    |
| <b>TOTAL</b>                 |                     |          | <b>14.690</b>            |

Fuente: Elaboración en base a normativa de sueldos

### Costo laboral anual

Se calcula incluyendo los aportes patronales y beneficios sociales

Tabla 53: Costo laboral anual

| DETALLE                       | IMPORTE        |
|-------------------------------|----------------|
| <b>Sueldo y salario anual</b> | 176.280        |
| <b>Aporte patronal</b>        |                |
| Caja de salud 10%             | 17.628         |
| Riesgo profesional 1,71%      | 3.014          |
| Aporte solidario 3%           | 5.288          |
| Pro vivienda 2%               | 3.526          |
| <b>Beneficios sociales</b>    |                |
| Aguinaldo                     | 14.690         |
| Aguinaldo productivo PIB>4,5% | 14.690         |
| Prima                         | 14.690         |
| Indemnización                 | 14.690         |
| Vacación                      | 7.345          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>271.841</b> |

Fuente: Elaborado en base a normativa para beneficios sociales

### 6.2.1.2. Costo fijo total

Tabla 54: Costos fijos anual

| Detalle                      | Importe en (\$us) |
|------------------------------|-------------------|
| Costo laboral                | 271.841           |
| Depreciación activo fijo     | 176.383           |
| Amortización activo diferido | 840               |
| Publicidad y propaganda      | 3.000             |
| <b>Total</b>                 | <b>452.064</b>    |

Fuente: Elaborado en base a datos de las tablas 47, 49 y 53

### 6.2.2 Costos variables

Los costos variables están relacionados con el proceso productivo, entre los que se encuentran los insumos primarios y secundarios detallados a continuación:

Tabla 55: Insumos principales y secundarios

| DETALLE                    | UNIDAD DE MEDIDA | Precio (\$us/ton)   | Cantidad (año) | Importe (\$us)   |
|----------------------------|------------------|---------------------|----------------|------------------|
| <b>Insumos principales</b> |                  |                     |                |                  |
| Neumáticos en desuso       | Ton              | 72,46               | 7.300          | 528.958          |
| Desechos plásticos         | Ton              | 289,85              | 7.300          | 2.115.905        |
| <b>Insumos secundarios</b> |                  |                     |                |                  |
| Combustible                | Barril           | Auto abastecimiento | 7,54           |                  |
| Amoniaco                   | Ton              | 400                 | 450            | 180.000          |
| Arcilla                    | Ton              | 20                  | 360            | 7.200            |
| <b>TOTAL (c/IVA)</b>       |                  |                     |                | <b>2.832.063</b> |
| <b>IVA</b>                 |                  |                     |                | <b>368.168</b>   |

Fuente: Elaboración en base al balance másico

Aparte de los insumos principales, la planta necesita de otros insumos para su operación los cuales se detallan a continuación:

Tabla 56: Otros insumos necesarios para el proceso

| Detalle                                | Unidad de medida | Precio (\$us)    | Cantidad (año) | Importe (\$) |
|--|------------------|------------------|----------------|--------------|
| <b>Energía eléctrica</b>               | Kwh              | 0,13             | 1.760.400,00   | 228.852      |
| <b>Costos de transporte</b>            |                  | 1,15 \$us/barril | 50.634,00      | 58.229       |
| <b>Agua</b>                            | m3               | 2,5              | 4.561          | 11.403       |
| <b>Material de escritorio</b>          |                  |                  |                | 1.200        |
| <b>Comunicación</b>                    |                  |                  |                | 1.000        |
| <b>Equipos de seguridad industrial</b> |                  |                  |                | 14.680       |
| <b>Total (c/IVA)</b>                   |                  |                  |                | 315.364      |
| <b>IVA</b>                             |                  |                  |                | 40.997       |

Fuente: Elaboración en base a especificaciones de las maquinarias

El costo variable, corresponde a la suma de costos de insumos principales, insumos secundarios y otros insumos que se utilizan en el proceso productivo.

$$CV = I_{\text{Primarios y secundarios}} + OI$$

Donde CV es el costo variable, I representa los insumos primarios y secundarios y OI son los otros insumos necesarios para la producción.

$$CV = 2.832.063 + 315.364$$

$$CV = 3.147.427 (\$)$$

Con un costo variable unitario de:

$$Cv = \frac{CV}{\text{Unidades producidas}}$$

$$Cv = \frac{3.147.427}{51.337,25}$$

$$Cv = 61,31$$

### 6.2.3. Costo total

El costo total es la suma entre el costo fijo y el costo variable el cual en el proyecto representa:

$$CT = CF + CV$$

$$CT = 452.064 + 3.147.427$$

$$CT = 3.599.491(\$us)$$

Con lo cual se puede calcular el costo unitario el cual es el siguiente:

$$Cu = \frac{CT}{Unidades\ producidas}$$

$$Cu = \frac{3.599.49(\$us)}{51.337,25(Barril)}$$

$$Cu = 70,11 \left( \frac{\$}{Barril} \right)$$

## 6.4 Ingresos

### 6.4.1. Precio

En Bolivia no existen normas ni leyes que limiten el precio para este producto por ser nuevo, para lo cual se hará un análisis tanto del precio internacional como el precio en el mercado local, el cual se encuentra subvencionado por el estado.

En este caso dados los costos que se tienen se puede alcanzar un precio competitivo a nivel de mercado. A modo de comparación se tomará un promedio histórico de los últimos años el cual permaneció casi constante debido a la subvención por parte del gobierno el cual asciende a 3,72 Bs/litro de diésel, mientras que el precio internacional alcanza 8,88 Bs/litro (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2019).

*Tabla 57: Precio de diésel a nivel nacional e internacional*

| Precio internacional en \$/barril | Precio local con subvención<br>En \$us/Barril |
|-----------------------------------|---|
| 204,62                            | 85,72   |

*Fuente: Agencia nacional de Hidrocarburos*

Para fines de este proyecto se trabajará con el precio subvencionado para ser más competitivos en el mercado.

#### 6.4.2. Cantidad

La oferta final alcanza, los 51 337,25 barriles anuales, este valor representa cerca del 0,04 % de la demanda nacional. Para el primer año se considerará que se vende solo el 80% de la capacidad instalada, esto debido a que se necesita un periodo de adaptación de las maquinarias y la aceptación del producto en mercado el cual no será de inmediato.

Se puede asegurar las ventas del diésel ya que esta no tiene competencia debido a que existe mayor importación que producción en país, por lo cual se puede especular que a partir del segundo año se producirá y venderá el 100% de la capacidad de producción de la planta.

Los ingresos en un año superan los 4 millones de dólares, con la participación de ambas líneas de producción. El detalle de los ingresos se muestra a continuación:

*Tabla 58: Ingreso promedio*

| <b>Producto</b>                        | <b>Producción anual (barriles)</b> | <b>Precio en \$us por barril</b> | <b>Ingreso anual (\$us)</b> |
|--|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Por procesamiento de neumáticos</b> |                                    |                                  |                             |
| <b>Diésel</b>                          | 18.743                             | 85,72                            | 1.606.629                   |
| <b>Sub total</b>                       |                                    |                                  | 1.606.629                   |
| <b>Por procesamiento de plásticos</b>  |                                    |                                  |                             |
| <b>Diésel</b>                          | 32.595                             | 85,72                            | 2.794.001                   |
| <b>Sub total</b>                       |                                    |                                  | 2.794.001                   |
| <b>Ingresos totales (c/IVA)</b>        |                                    |                                  | 4.400.629                   |
| <b>IVA</b>                             |                                    |                                  | 572.082                     |

*Fuente: Elaboración en base a la tabla 24, 25 y 57*

Ya que la planta se abastecerá de combustible con la producción, se debe descontar los 150,94 barriles del mismo necesarios para los montacargas.

| <b>Producto</b> | <b>Producción anual</b> | <b>Precio en \$ por barril</b> | <b>Ingreso anual (c/IVA) (\$us)</b> |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Diésel</b>   | 51.187,25               | 85,72                          | 4.387.771                           |
| <b>IVA</b>      |                         |                                | 570.410                             |

### 6.5. Impuestos

Se debe hacer la diferencia entre IVA de compras y ventas, lo cual representa el monto real a pagar en impuestos.

*Tabla 59: IVA a pagar*

|   |                |
|---|----------------|
| <b>IVA de compras insumos principales y secundarios</b> | <b>368.168</b> |
| <b>IVA compras otros insumos</b>                        | 40.997         |
| <b>(-) IVA ventas</b>                                   | 570.410        |
| <b>IVA a pagar</b>                                      | <b>161.245</b> |

*Fuentes: Elaborado en base a los datos de las tablas 55, 56 y 58*

El Impuesto sobre las Utilidades de las Empresas IUE que es pagado de forma anual es considerado como pago a cuenta de Impuesto a las Transacciones IT en cada periodo mensual hasta su total agotamiento.

### 6.5. Flujo de caja

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de dos elementos principales los ingresos en efectivo y los costos asociados a la producción e inversión. Para fines de este proyecto se analizará tanto el flujo de caja puro y el financiado (Caceres, 2019).



### Flujo de caja puro

Es aquel flujo que no contempla financiamiento externo, es decir todo el capital es aportado por los inversionistas.

### Flujo de caja financiado

Este tipo de flujo se lo elabora a partir de un préstamo financiero para lo cual se cotiza la tasa de interés y el plazo para crédito de inversión de las diferentes entidades financieras como se muestra a continuación:

*Tabla 60: Tasas de interés entidades financieras en Bolivia*

| Entidad financiera          | Tasa       | Plazo        | Tipo de tasa  |
|-----------------------------|------------|--------------|---------------|
| <b>Banco Fassil S.A.</b>    | 14 - 21%   | Hasta 5 años | Tasa variable |
| <b>BCP</b>                  | 13,6%      | 3,5-10 años  | Tasa variable |
| <b>BDP</b>                  | 11,5%      | 5 -10 años   |               |
| <b>Banco Unión</b>          | 11,5 – 12% | 10 años      |               |
| <b>Mercantil Santa Cruz</b> | 11,5%      | 5 – 10 años  |               |

*Fuente: Elaborado en base datos de visitas en los bancos*

De la tabla anterior se puede observar que la tasa promedio es de 11,5% para la mayoría de las entidades financieras analizadas, para fines de este proyecto se tomara este promedio, con un financiamiento del 80% y un plazo de 8 años.

Para el cálculo del costo financiero y amortización de capital se trabajará con el método francés con una cuota fija.

$$CC = Monto \frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$



Donde:

CC: es la cuota a calcular

i: es la tasa

n: número de periodos

El 80% de la inversión equivale a \$us. 2.966.202,3 el número de periodos será de 8 años y la tasa de 11,5% anual, reemplazando y haciendo cálculos se tiene:

$$CC = 2.966.202,3 \frac{(1 + 0,115)^8 * 0,115}{(1 + 0,115)^8 - 1}$$

$$CC = 586.711,91\$us$$

A continuación se realiza el cálculo de las amortizaciones e interés para los 8 años:

*Tabla 61: Cuotas de pago*

| <b>Años</b> | <b>Saldo de capital</b> | <b>Interés</b> | <b>Amortización</b> | <b>Cuota fija</b> |
|-------------|-------------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| <b>0</b>    | 2.966.202,30            |                |                     |                   |
| <b>1</b>    | 2.966.202,30            | 341.113,26     | 245.598,64          | 586.711,91        |
| <b>2</b>    | 2.720.603,66            | 312.869,42     | 273.842,49          | 586.711,91        |
| <b>3</b>    | 2.446.761,17            | 281.377,53     | 305.334,37          | 586.711,91        |
| <b>4</b>    | 2.141.426,80            | 246.264,08     | 340.447,83          | 586.711,91        |
| <b>5</b>    | 1.800.978,97            | 207.112,58     | 379.599,33          | 586.711,91        |
| <b>6</b>    | 1.421.379,64            | 163.458,66     | 423.253,25          | 586.711,91        |
| <b>7</b>    | 998.126,39              | 114.784,54     | 471.927,37          | 586.711,91        |
| <b>8</b>    | 526.199,02              | 60.512,89      | 526.199,02          | 586.711,91        |

*Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 58*

A continuación se muestran los flujos de caja para cada caso:

Tabla 62: Flujo de caja para el proyecto puro

| Detalle                                   | 0             | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Unidades Producidos</b>                | 40.949,80     | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    | 51.187,25    |
| <b>Ingreso por ventas</b>                 | 3.510.216,86  | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 |
| <b>(-)Costo Fijo</b>                      | 452.064,00    | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   | 452.064,00   |
| <b>(-)Costo Variable</b>                  | 2.510.632,24  | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 |
| <b>(-) IVA</b>                            | 128.996,00    | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   |
| <b>Utilidad Operativa</b>                 | 418.524,62    | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   | 636.171,77   |
| <b>(-)IUE 25%</b>                         | 104.631,15    | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   | 159.042,94   |
| <b>Utilidad Neta</b>                      | 313.893,46    | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   | 477.128,83   |
| <b>(+)Depreciación activos fijos</b>      | 176.382,92    | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   |
| <b>(+) amortización Activos Diferidos</b> | 839,98        | 839,98       | 839,98       | 839,98       | 629,96       |              |              |              |              |              |              |
| <b>(-)inversión del proyecto</b>          | 3.707.753,00  |              |              | 7.000,00     |              |              |              | 7.000,00     |              |              |              |
| <b>Capital de trabajo</b>                 | 553.951,00    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>Flujo de caja</b>                      | -3.153.802,00 | 491.116,36   | 654.351,73   | 654.351,73   | 647.351,73   | 654.141,71   | 653.511,75   | 653.511,75   | 646.511,75   | 653.511,75   | 653.511,75   |

Fuente: Elaboración en base a las tablas 47, 49, 51, 54, 58 y 59

Tabla 63: Flujo de caja del proyecto financiado

|                                       | 0            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>ingresos por ventas</b>            | 3.510.216,86 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 | 4.387.771,07 |
| <b>(-)Costo fijo</b>                  | 452.064,00   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   | 459.716,96   |
| <b>(-)costo Variable</b>              | 2.510.632,24 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 | 3.138.290,30 |
| <b>(-)IVA</b>                         | 128.996,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   | 161.245,00   |
| Utilidad operativa                    | 418.524,62   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   | 628.518,81   |
| <b>(-)IUE 25%</b>                     | 104.631,15   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   | 157.129,70   |
| <b>(-)costo financiero</b>            | 341113,265   | 312869,4209  | 281377,5348  | 246264,0818  | 207112,5817  | 163458,6591  | 114784,5354  | 60512,88745  |              |              |              |
| <b>(-)amortización de capital</b>     | 245598,6438  | 273842,4879  | 305334,374   | 340447,827   | 379599,3271  | 423253,2497  | 471927,3734  | 526199,0213  |              |              |              |
| Utilidad neta                         | -272.818,45  | -115.322,80  | -115.322,80  | -115.322,80  | -115.322,80  | -115.322,80  | -115.322,80  | -115.322,80  | 471.389,11   | 471.389,11   |              |
| <b>Depreciación activos fijos</b>     | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   | 176.382,92   |
| <b>Amortización activos diferidos</b> | 839,98       | 839,98       | 839,98       | 839,98       | 629,96       |              |              |              |              |              |              |
| <b>préstamo financiero</b>            | 2966202,304  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>(-)inversión del proyecto</b>      | 3.707.753,00 |              |              | -7.000,00    |              |              |              | -7.000,00    |              |              |              |
| <b>Capital de trabajo</b>             | 553.951,00   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Flujo de caja                         | -187.599,70  | -95.595,55   | 61.900,10    | 61.900,10    | 54.900,10    | 61.690,08    | 61.060,12    | 61.060,12    | 54.060,12    | 647.772,03   | 647.772,03   |

Fuente: Elaboración en base a las tablas 47, 49, 51, 54, 58, 59 y 61

## 6.6 Evaluación económica financiera

El objetivo de esta etapa es emitir un juicio sobre la rentabilidad del proyecto, para lo cual se deben calcular diferentes indicadores como son:

- VAN: Valor actual neto
- TIR: Tasa interna de retorno
- B/C: la relación entre el beneficio y el costo

La tasa de descuento a tomar será del 8%, esto en base al costo de oportunidad y la tasa de riesgo (Ver Anexo 5).

Para el criterio de evaluación, para que el proyecto sea rentable debe cumplir lo siguiente:

- $VAN > 0$
- $TIR > 8\%$
- $B/C > 1$

En las Tablas 47 y 48 se puede observar los resultados obtenidos para los dos casos de inversión en proyecto puro y financiado:

### Proyecto puro

Tabla 64: Indicadores financieros proyecto puro

| TASA | 8%           |
|------|--------------|
| VAN  | \$994.865,69 |
| TIR  | 15%          |
| B/C  | 1,22         |

Fuente: Elaborado en base a los datos de la tabla 60

Como se observa se tiene una rentabilidad razonable, teniendo un valor actual neto (VAN) de \$us 994.865,69 y una tasa interna de retorno (TIR) del 15%.

También se tiene una relación de beneficio costo de 1,22 el cual indica que por cada dólar invertido se tiene un retorno de 1,22 dólares.

### Proyecto financiado

Tabla 65: Indicadores financiero proyecto financiado

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| <b>TASA</b> | <b>8%</b>           |
| <b>VAN</b>  | <b>\$588.737,33</b> |
| <b>TIR</b>  | <b>28%</b>          |

Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 61

Se tiene resultado es mayor en cuando a la TIR que es del 28%, ya que la inversión por parte de los accionistas es solo el 20% y un VAN más bajo en comparación al proyecto puro, esto debido a que existe financiamiento por entidades bancarias, por lo cual presenta un VAN de \$us. 588.737,33 el cual es mayor a cero por ende el proyecto es rentable.

### Periodo de recuperación de la inversión

Para realizar este cálculo se debe acumular los flujos desde el periodo cero hasta llegar a un valor positivo, como se muestra a continuación:

|                        | 0             | 1             | 2             | 3             | 4           | 5          |            |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|
| <b>Flujo</b>           | -3.153.802,00 | 491.116,36    | 654.351,73    | 654.351,73    | 647.351,73  | 654.141,71 | 653.511,75 |
| <b>Flujo acumulado</b> | -3.153.802,00 | -2.662.685,64 | -2.008.333,91 | -1.353.982,18 | -706.630,45 | -52.488,74 | 601.023,01 |

Para tener un valor exacto se aplica la siguiente fórmula.

$$PRI = n + \frac{A}{B}$$

Donde:

n: es el último periodo con flujo acumulado negativo

A: valor absoluto del último flujo negativo

B: Valor del siguiente flujo

$$PRI = 5 + \frac{|-52.488,74|}{653.511,75}$$

$$PRI = 5,1 \text{ años}$$

El periodo de recuperación de la inversión es entonces de 5,1 años, haciendo que el proyecto tenga poca fluidez.

### **Punto de equilibrio**

Es considerado un indicador para calcular no solo la eficiencia de las operaciones de una empresa, sino el volumen de ventas netas necesarias para que en un negocio no se gane ni se pierda.

Para el cálculo del punto de equilibrio se usa la siguiente formula:

$$X = \frac{CF}{Pv - Cv}$$

Donde:

CF: Costo fijo anual

Pv: Precio de venta unitario

Cv: Costo variable unitario

$$X = \frac{452.064}{85,72 - 61,31}$$

$$X = 18.519,62 \text{ barriles}$$

El punto de equilibrio de la empresa es 18.519,62 barriles por año donde no tiene ni ganancias ni pérdidas.

### 6.7. Análisis de sensibilidad

Se realizará un análisis de sensibilidad tanto para el VAN como para la TIR tomando como variables el costo variable el cual irá aumentando en 5%, y los ingresos los cuales irán disminuyendo en 5%.

#### Análisis de sensibilidad del VAN

Tabla 66: Análisis de sensibilidad del VAN

|          |     | COSTOS VARIABLES |              |              |              |              |
|----------|-----|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|          |     | VAN              | 5%           | 10%          | 15%          | 20%          |
|          |     | \$994.865,69     | 2.636.163,85 | 2.761.695,46 | 2.887.227,07 | 3.012.758,69 |
| INGRESOS | 5%  | 4.168.382,52     | 783.530      | 614.024      | 334.338      | -94.513      |
|          | 10% | 3.948.993,96     | -9.801.375   | -11.004.554  | -12.989.800  | -16.033.844  |
|          | 15% | 3.729.605,41     | -83.507.913  | -92.048.243  | -106.139.787 | -127.746.821 |
|          | 20% | 3.510.216,86     | -604.688.438 | -665.308.850 | -765.332.528 | -918.702.169 |

Fuente: elaborado en base a datos de la tabla 62 y 64

Como se puede ver en la tabla anterior el proyecto se mantiene rentable con la variación del costo variable hasta un 15% de aumento, y en el caso de la disminución de los ingresos el proyecto solo es rentable hasta una disminución del 5% en los ingresos.

### Análisis de sensibilidad del TIR

Tabla 67: Análisis de sensibilidad del TIR

|          |     | COSTOS VARIABLES |              |              |              |              |              |              |              |
|----------|-----|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|          |     | 5%               | 10%          | 15%          | 20%          | 25%          | 30%          | 35%          |              |
| INGRESOS | TIR | 15%              | 2.636.163,85 | 2.761.695,46 | 2.887.227,07 | 3.012.758,69 | 3.138.290,30 | 3.263.821,91 | 3.389.353,52 |
|          | 5%  | 4.168.382,52     | 13%          | 12%          | 10%          | 7%           | 4%           | 0%           | -4%          |
|          | 10% | 3.948.993,96     | -15%         | -17%         | -18%         | -21%         | -23%         | -26%         | -29%         |

Fuente: Elaborado en base a datos de la tabla 62 y 64

Como se observa en la tabla anterior el proyecto solo es rentable hasta un aumento del 15% del costo variable, aunque a un aumento de 20% el TIR siga siendo positivo ya no se lo considera debido a que la tasa de descuento es del 8%, en el caso de los ingresos es igual al análisis del VAN solo es rentable hasta una disminución del 5% de los ingresos.



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Evaluando el proyecto de factibilidad para una planta de producción de diésel sintético en el departamento de La Paz a través de la reutilización de residuos plásticos y neumáticos fuera de uso, se llegó a las siguientes conclusiones:

De acuerdo al diagnóstico de mercado se pudo verificar que Bolivia consumé más diésel del que produce, cerca del 54 % de la demanda es cubierta por importaciones, en cuando a la disponibilidad de materia prima, el país genera alrededor de 35 768 toneladas de neumáticos fuera de uso anuales y cerca de 144 000 toneladas de residuos plásticos de los cuales son necesarios 7 200 toneladas de cada uno.

Al analizar el tamaño y localización de la planta se determinó que la mejor ubicación es en la carretera a Oruro en la zona de Ventilla ya que cuenta con los servicios necesarios y comunicación con otros departamentos de los cuales la planta puede abastecerse de materia prima.

Se determinó los montos de inversión requerida y los costos de operación con los que se calculó el VAN, el TIR y B/C los cuales resultaron \$us 994 865,69, 15%, 1,22 respectivamente siendo rentable el proyecto ya que el VAN es mayor a cero y la TIR siendo mayor a la tasa de descuento que es 8%, en el caso de la relación beneficio costo tenemos una valor mayor a 1 el cual nos indica que por cada dólar invertido se tiene un retorno de 1,22 dólares. También se determinó el periodo de recuperación de capital siendo este 5,1 años representando una liquidez intermedia.

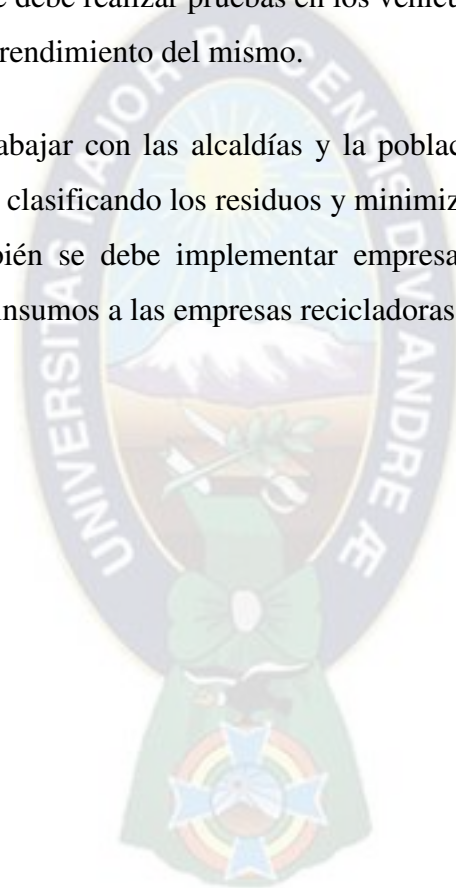
De acuerdo al análisis de sensibilidad del VAN y el TIR variando los costos y los ingresos, el proyecto es sensible a la disminución de ingreso ya que solo soporta una variación del 5%, en el caso de los costos este puede variar hasta un 15% en aumento.

## RECOMENDACIONES

Debido a que el diésel sintético es nuevo en Bolivia se debe trabajar conjuntamente con la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Ministerio de Hidrocarburos para generar leyes para su comercialización.

También se debe realizar pruebas en los vehículos haciendo un seguimiento de las emisiones y el rendimiento del mismo.

Se debe trabajar con las alcaldías y la población para contar con una mejor gestión ambiental, clasificando los residuos y minimizando los impactos causados por los mismos, también se debe implementar empresas recolectoras para facilitar la disponibilidad de insumos a las empresas recicladoras.



### Bibliografía

- Acevedo, I. L. (11 de Julio de 2016). *El Día*. Obtenido de En Bolivia se usan 1,5 millones de llantas por año:  
[https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=357&pla=3&id\\_articulo=203081](https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=357&pla=3&id_articulo=203081)
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (15 de Mayo de 2019). *ANH*. Obtenido de Informes sobre precios y tarifas de los hidrocarburos:  
<https://www.anh.gob.bo/index.php?N=dre>
- Alonso, E. (31 de Julio de 2018). *AMBIENTUM*. Obtenido de El CO2 es culpable del 81,2% de las emisiones de efecto invernadero:  
<https://www.ambientum.com/ambientum/contaminacion/co2-culpable-efecto-invernadero.asp>
- ANH. (Diciembre de 2016). *Agencia Nacional de Hidrocarburos*. Obtenido de Publicacion Datos estadisticos 2015: <http://www.anh.gob.bo/>
- ANH, A. N. (2015). datos estadisticos. *demanda de combustible*.
- ARNOLETTO, E. (Noviembre de 2016). *Administración de la producción como ventaja competitiva, Edición electrónica gratuita*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros/2007b/299/>
- Briceño, G. (20 de Mayo de 2019). *EUSTON*. Obtenido de Pirólisis:  
<https://www.euston96.com/pirolisis/>
- C Y V MEDIOAMBIENTE LTDA. (Diciembre de 2008). *MISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE CHILE*. Obtenido de DIAGNOSTICO FABRICACIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE:  
<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/07/Diagnostico-neumaticos-2008.pdf>
- Caceres, R. (Agosto de 2019). *¿Qué es el Impuesto a las Transacciones IT?* Obtenido de boliviainpuestos.com: <https://boliviainpuestos.com/impuesto-las-transacciones-it/>
- Caracteristicas.de. (8 de Mayo de 2019). *Caracteristicas.de*. Obtenido de Características de los Plásticos: <https://www.caracteristicass.de/plasticos/>
- CONAE, DIRECCIÓN DE TRANSPORTE. (8 de MAYO de 2019). *MANUAL DE INFORMACIÓN TECNICA DE NEUMATICOS*. Obtenido de [http://www.fivi.cat/archivos\\_fivi/manual\\_llantas.pdf](http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf)
- DENIOS. (11 de julio de 2013). *DENIOS MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD*. Obtenido de Punto de inflamabilidad :  
<https://productosquimicosymedioambiente.com/punto-de-inflamabilidad/>
- ECOLOGISTAS EN ACCIÓN. (1 de Diciembre de 2015). *ECOLOGISTAS EN ACCIÓN*. Obtenido de LOS NEUMÁTICOS FUERA DE USO:  
<https://www.ecologistasenaccion.org/31369/los-neumaticos-fuera-de-uso/>
- Emily, J. (7 de Mayo de 2019). *SCRIBD*. Obtenido de Características del Diesel:  
<https://es.scribd.com/doc/111057835/Caracteristicas-del-Diesel>

- Escudero Escudero, F. J. (2011). *EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE (Tesis de Pregrado)*. UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago de Chile.
- estadística, I. N. (diciembre de 2016). *estadísticas económicas*. Obtenido de <http://www.ine.gob.bo/>
- Fernández, M. (24 de Marzo de 2018). *EL BOLETIN*. Obtenido de Los combustibles fósiles acaparan el 80% de la demanda mundial pese al tirón renovable: <https://www.elboletin.com/noticia/160911/economia/los-combustibles-fosiles-acaparan-el-80-de-la-demanda-mundial-pese-al-tiron-renovable.html>
- Gestores de RESIDUOS. (23 de Marzo de 2015). *Gestores de RESIDUOS*. Obtenido de La clasificación de los plásticos: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>
- Herrería, F. (6 de Mayo de 2019). *SCRIBD*. Obtenido de Número de Cetano: <https://es.scribd.com/doc/61938835/Numero-de-Cetano>
- Hidroar S.A. (8 de Mayo de 2019). *Servicios Hidrológicos y Ambientales*. Obtenido de Servicios Hidrológicos y Ambientales Chubut.gov.ar: <http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-organismos/ambiente/wp-content/uploads/sites/8/2015/01/Methodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- INE. (Diciembre de 2015). *intiduto nacional de estadística*. Obtenido de estadísticas económicas: <http://www.ine.gob.bo/>
- Jemio, L. C. (Abril de 2015). *inesad*. Obtenido de Oferta y demanda de hidrocarburos líquidos en Bolivia : [https://inesad.edu.bo/dslm/2015/04/lcj-hidrocarburos/?upm\\_export=print](https://inesad.edu.bo/dslm/2015/04/lcj-hidrocarburos/?upm_export=print)
- Liceo, Q. (25 de Abril de 2014). *OPERACIONES DE FRACCIONAMIENTO*. Obtenido de QUIMICA 3°: <http://quimicaterceroliceo42.blogspot.com/2014/04/operaciones-de-fraccionamiento.html>
- MENNA. (8 de Diciembre de 2018). *COMO FUNCIONA*. Obtenido de Diésel (combustible) – Características, propiedades y usos: <https://como-funciona.co/el-diesel/>
- MMAY A. (20 de noviembre de 2016). *Ministerio de Medio Ambiente y Agua*. Obtenido de datos estadísticos: <http://www.mmaya.gob.bo/>
- Multimedia infopública S.a. (29 de Mayo de 2017). *Urgentebo*. Obtenido de Entre 2006 y 2016 consumo de diésel subió en casi 200%: <https://www.urgentebo.com/noticia/entre-2006-y-2016-consumo-de-di%C3%A9sel-subi%C3%B3-en-casi-200>
- Pattiya, A. (2010). *ScienceDirect*. Obtenido de gas no condensable: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/non-condensable-gas>
- Quintana, L. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de Historia del Combustible Diésel: <https://es.scribd.com/document/262601832/Historia-Del-Combustible-Diesel>
- Revista ARQHYS. (Diciembre de 2012). *Aplicaciones del plástico*. Obtenido de Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com: <https://www.arqhys.com/arquitectura/plastico-aplicaciones.html>

- Ríos, P. (2011). *PROYECTO DE BIOCOMBUSTIBLE: PLANTA DE PIRÓLISIS*. Buenos Aires : INSTITUTO TECNOLOGICO DE BUENOS AIRES .
- RT. (17 de octubre de 2013). *RT SEPA MÁS*. Obtenido de Las reservas mundiales de petroleo podrían acabarse dentro de medio siglo : <https://actualidad.rt.com/actualidad/view/108788-reservas-mundiales-petroleo-energia-acabarse>
- sabelotodo.org. (6 de Mayo de 2019). *sabelotodo.org*. Obtenido de Número de Cetano: <http://www.sabelotodo.org/automovil/numcetano.html>
- Sáenz, F. C. (2016). *La Producción de Combustibles Vehiculares a partir de Plásticos de Deshecho*. Dr. Calderon LABS.
- Salinas, J. C. (18 de Junio de 2017). *El Deber*. Obtenido de Transporte de combustible, sector fuerte del negocio, [eldeber.com.bo](https://www.eldeber.com.bo): <https://www.eldeber.com.bo/economia/Transporte-de-combustible--el-eslabon-fuerte-del-negocio-20170617-0042.html>
- Vasquez, M. (27 de Febrero de 2018). *EL DEBER*. Obtenido de CRE explica la elevación en montos de facturas: <https://www.eldeber.com.bo/economia/CRE-explica-la-elevacion-en-montos-de-facturas-20180227-6516.html>
- Vásquez, Y. F. (1 de Noviembre de 2016). *La Razon, El financiero*. Obtenido de El metro cuadrado está hoy entre \$us 700 y 1.750: [http://www.la-razon.com/suplementos/el\\_financiero/metro-cuadrado-hoy-us\\_0\\_2592340799.html](http://www.la-razon.com/suplementos/el_financiero/metro-cuadrado-hoy-us_0_2592340799.html)
- Villuentas, D. R. (2013). *Valorización de residuos mediante la tecnología de pirólisis: Aplicacion a neumaticos fuera de uso* . Zaragoza: ICB Instituto de Carboquímica.
- Wong, R. (8 de Mayo de 2019). *ACADEMIA*. Obtenido de CONDICIONES Y CARACTERISTICAS DE LOS NEUMÁTICOS: [https://www.academia.edu/8198318/CONDICIONES\\_Y\\_CARACTERISTICAS\\_DE\\_LOS\\_NEUMATICOS\\_1.1.-CONDICIONES\\_DE\\_TRABAJO\\_DE\\_LOS\\_NEUM%C3%81TICOS](https://www.academia.edu/8198318/CONDICIONES_Y_CARACTERISTICAS_DE_LOS_NEUMATICOS_1.1.-CONDICIONES_DE_TRABAJO_DE_LOS_NEUM%C3%81TICOS)
- YPFB. (2015). BOLETÍN ESTADÍSTICO YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS. *BOLETÍN ESTADÍSTICO BIMESTRAL*, 25.

**ANEXOS**

**ANEXO 1: PROGRAMAS PARA EL ACOPIO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El modelo que se propone se basa en el manejo integral y sustentable de los residuos sólidos, que contempla la separación de residuos sólidos desde la generación de estos hasta su disposición final en los rellenos sanitarios.

**Educación ambiental basada en el manejo de residuos solidos**

En primer lugar, si se quiere reducir la cantidad de residuos sólidos a disponer para su transporte y depósito en los rellenos sanitarios, habrá que concientizar, capacitar y educar a los habitantes de las ciudades, haciendo énfasis en la importancia que esto tiene para preservar la salud del municipio y la contribución en la disminución del deterioro del medio ambiente.

| <b>Resumen narrativo de objetivos</b>   | <b>Indicador verificable objetivamente</b>   | <b>Fuentes de verificación</b>                              | <b>Supuestos</b>  |
|---|--|---|---|
| <p><b>Fin</b></p> <p>Apoyar en la sensibilización y capacitación en el manejo y aprovechamiento de los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso</p>                             | <p>Porcentaje de población que ejecuta el manejo y aprovecha los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso.</p> | <p>Evaluaciones periódicas sobre el manejo de residuos.</p> |   |
| <p><b>Propósito</b></p> <p>Capacitar a la población en los municipios para sensibilizarlos y formarlos en el manejo de residuos sólidos con el enfoque de desarrollo sostenible</p> | <p>Número de capacitaciones realizadas en temas ambientales en el manejo y aprovechamiento</p>                     | <p>Registros de asistencias a las capacitaciones.</p>       | <p>Las alcaldías brindan su apoyo en las capacitaciones</p> |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | de residuos sólidos.<br><br>Porcentaje de participación de la población.  |  |  |
| <p><b>Componentes</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensibilizar a la población de los municipios en la importancia del manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos.</li> <li>2. Formar a la población en los procesos de clasificación y aprovechamiento de residuos mediante las campañas de capacitación.</li> <li>3. Incentivar a la población en el manejo apropiado y eficiente de los residuos sólidos.</li> </ol> | Número de establecimientos públicos y privados que utilizan contenedores adecuados para separar y almacenar temporalmente los residuos sólidos. | Registro de visitas a establecimientos y verificación de uso de contenedores de separación de residuos sólidos.                            | <p>Motivación de la población en temas ambientales.</p> <p>Participación de las alcaldías y centros educativos en campañas de información.</p> |
| <p><b>Actividades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campañas informativas en temas ambientales asociados al uso sostenible de recursos, manejo y aprovechamiento</li> </ol>  | <p>Porcentaje de población que recicla.</p> <p>Porcentaje de población que participa en las ferias ambientales.</p>                             | <p>Encuestas a la población para ver el impacto de las campañas.</p> <p>Registro de población participantes de las ferias ambientales.</p> | <p>Apoyo de entidades privadas y públicas.</p>   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| de los residuos sólidos.<br>2. Ferias ambientales con productos elaborados a base de residuos sólidos reciclables. |  |  |  |
|--|--|--|--|

### Instalar centros de acopio

En este caso ya existen centros de acopio de residuos los cuales acopian residuos tales como plásticos (PET), papel, aluminio, vidrio entre otros, pero no residuos plásticos usados como envases, ni tampoco neumáticos fuera de uso.

| Resumen narrativo  | Indicadores verificables objetivamente              | Medios de verificación | Supuestos |
|--|---|------------------------|-----------|
| <b>Fin</b><br>Cooperar en la reducción de la contaminación ambiental generados por los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso: a partir de la instalación de centros de acopio para almacenar los diferentes tipos de residuos plásticos y neumáticos fuera de uso producidos por los diferentes municipios. | Reducción en el espacio utilizado por los rellenos. |                        |           |



|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <p><b>Propósito</b></p> <p>Instalar centros de acopio para almacenamiento de residuos plásticos.</p>  | <p>Centros de acopio instalados.</p>  | <p>Visitas a los centros de acopio.</p>   | <p>Apoyo de las alcaldías</p>  |
| <p><b>Componentes</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buscar lugares propicios y con las condiciones adecuadas, para instalar un centro de acopio de residuos plásticos.</li> <li>2. Informar a la población sobre los puntos de acopio.</li> </ol>   | <p>Volúmen de residuos plásticos recolectados.</p> <p>Volumen de neumáticos fuera de uso recolectados.</p>  | <p>Registro de volúmen de los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso.</p> | <p>Apoyo de instituciones privadas y públicas.</p>   |
| <p><b>Actividades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar campañas para recordar la ubicación de los centros de acopio.</li> <li>2. Gestión de recursos económicos con empresas privadas e instituciones públicas para la instalación</li> </ol> | <p>Porcentaje de población que lleva los residuos plásticos y neumáticos fuera de uso a los centros de acopio.</p> <p>Cantidad de dinero aportado para la instalación de los centros de acopio.</p> | <p>Entrevistas</p> <p>Encuestas.</p>  | <p>Apoyo por parte de las instituciones públicas y privadas.</p> <p>Acuerdos con empresas de aseo.</p> |

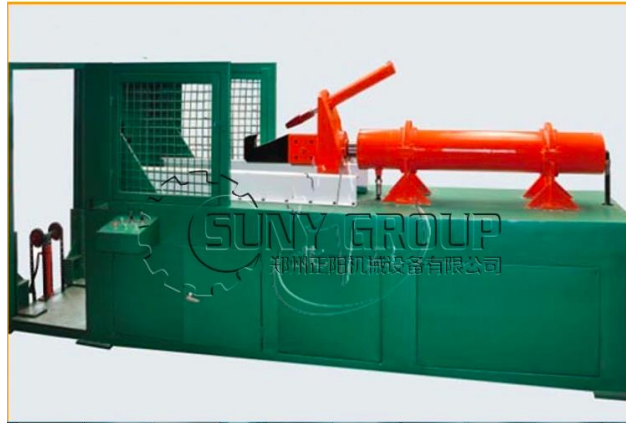
|                           |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|
| de los centros de acopio. |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|

### **Planta de separación de residuos**

Por último si no se cumple los planes anteriores, se debe instalar plantas de separación, donde todos los residuos recogidos por la empresa de aseo, lleven los residuos a estas plantas para que el personal con los equipos necesarios separe los residuos, enviando solo los residuos no reciclables a los rellenos sanitarios.

## ANEXO 2: ESPECIFICACIÓN DE MAQUINARIA

### Extractor de alambres de neumático



#### Características

|                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| <b>Voltaje</b>             | <b>380 V</b>                 |
| <b>Energía</b>             | 45 kw                        |
| <b>Dimensión L*A*H (m)</b> | 4,3*0,9*1,6                  |
| <b>Capacidad</b>           | 1 neumático/min o 0,8-1 Tn/h |

### Máquina cortadora de neumáticos



Precio 30.000

#### Características

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| <b>Energía</b>             | <b>30 kw</b>   |
| <b>Dimensión L*A*H (m)</b> | 2,6*1,1*2,2    |
| <b>Capacidad</b>           | 1neumático/min |

### Máquina trituradora de neumáticos



#### Características

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Energía</b>               | <b>75kw</b>      |
| <b>Dimensión (L*A*H) (m)</b> | <b>4*2,6*3,2</b> |
| <b>Capacidad</b>             | <b>1-2 Tn/h</b>  |

### Sistema de pirolisis



#### Características

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Carga y descarga</b>         | <b>Alimentación y descarga automática</b> |
| <b>Capacidad</b>                | <b>30 Tn/día</b>                          |
| <b>Espacio</b>                  | <b>48m x 20m</b>                          |
| <b>Cantidad de trabajadores</b> | <b>4</b>                                  |

**Mini refinería de petróleo para el procesamiento de productos de pirolisis.**



|                                 |                     |          |
|---------------------------------|---------------------|----------|
| <b>Dimensión</b>                | <b>45*16*6,5</b>    | <b>m</b> |
| <b>Fuente de alimentación</b>   | 60-350              | W        |
| <b>Flujo</b>                    | 5-50 t/D            |          |
| <b>Ruido de trabajo</b>         | 45-80               | dB       |
| <b>Producto final</b>           | Diésel              |          |
| <b>Material de alimentación</b> | Aceite de pirolisis |          |

### Tanques de almacenamiento de combustible



#### Características

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Capacidad</b> | <b>70 m<sup>3</sup></b>                |
| <b>Dimensión</b> | <b>3 m de diámetro y 10 m de largo</b> |

### Trituradora de plásticos



#### Características

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| <b>Energía</b>               | <b>30kw</b>        |
| <b>Capacidad</b>             | <b>1tn/hora</b>    |
| <b>Dimensiones L*A*H (m)</b> | <b>2,8*0,9*2,1</b> |

Precio 22.000

### Centrífuga secador de plástico



Características

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| <b>Energía</b>               | <b>75kw</b>    |
| <b>Capacidad</b>             | 300- 1000 kg/h |
| <b>Dimensiones L*A*H (m)</b> | 1,4*1,1*2,4    |

**Bandas transportadoras**



El sistema incluye el motor la cinta transportadora

Características

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Energía</b>             | <b>30 kw</b>      |
| <b>Dimensiones L*A (m)</b> | Personalizada *1m |
| <b>Capacidad de carga</b>  | 1 -2 ton/h        |

**Montacargas**



Características

|                  |              |
|------------------|--------------|
| <b>Capacidad</b> | <b>7 ton</b> |
| <b>Motor</b>     | Diésel       |

### Torre de depuración de gases de emisión



Características

---

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| <b>Capacidad</b>   | <b>70.000 m<sup>3</sup>/h</b> |
| <b>Dimensiones</b> | <b>3*16 m</b>                 |

---

### Tanque de sedimentación de agua



Características

---

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| <b>Capacidad</b> | <b>30-250Tn/H</b> |
|------------------|-------------------|

---



### ANEXO 3: CÓMPUTOS MÉTRICOS Y PRECIOS UNITARIOS EDIFICACIONES

#### Galpones para el proceso productivo

##### Excavación

Son remociones de tierra para el levantamiento de zapatas y cimientos

- Para zapatas y cimiento

$$V_{zapatas} = 1 \times 1 \times 1,6 \times 28 = 44,8m^3$$

$$V_{cimientos} = 46 \times 0,4 \times 0,6 \times 2 = 22,08m^3$$

$$V_{cimiento} = 27,6 \times 0,4 \times 0,6 \times 2 = 13,248m^3$$

$$V_T = 80,128m^3$$

##### Zapatas

Son necesarias 28 zapatas para el levantamiento de columnas de Ho. Ao. Con una dimensión de 1m3.

$$V_Z = 1 \times 1 \times 1 \times 28 = 28m^3$$

##### Columnas de hormigón armado

Se tomarán columnas con una dimensión de 40 cm por lado en el ancho y 10 metros de alto que estará dividida por una viga de Ho Ao por la mitad.

$$V = 0,4 \times 0,4 \times 10 \times 28$$

$$V = 44,8 m^3$$

##### Cimientos

Los cimientos serán de Ho Ao con dimensiones de 40 cm por 60 cm en el alto y el largo se determina en base al tamaño de las paredes.

$$V_{cim} = 0,4 \times 0,6 \times 46 \times 2 = 22,08m^3$$

$$V_{ciem} = 0,4 \times 0,6 \times 27,6 \times 2 = 13,248m^3$$

$$V_t = 33,28m^3$$

##### Sobre cimientos

Del mismo modo que para los cimientos se tomarán las dimensiones de 40 cm en lo alto y 12 cm en lo ancho, el largo lo determina el la dimensión de la pared.

$$V_{sc} = 0,4 \times 0,12 \times 46 \times 2 = 4,416m^3$$

$$V_A = 0,4 \times 0,12 \times (27,6 + 23,6) = 2,4576m^3$$

$$V_t = 6,8736m^3$$

#### Muros de ladrillo

Los muros de ladrillo se calculan en base a la dimensión del galpón, restando las columnas y las vigas de Ho Ao.

$$A_{ml} = (10 - 0,8) \times (30 - 0,4 \times 6) + (10 - 0,8) \times (50 - 0,4 \times 10)$$

$$A_{ml} = 677,12 m^2$$

#### Vigas de hormigón armado

Son necesarias para dividir en muro por la mitad y darle mayor resistencia a la construcción.

$$V_{vha} = 0,4 \times 0,4 \times 80 \times 2$$

$$V_{vha} = 25,6$$

#### Tinglado metálico

Se calcula en base a las dimensiones de la edificación

$$A_t = 30 \times 50$$

$$A_t = 1.500 m^2$$

#### Piso losa llena

$$A_{pl} = 1.500 m^2$$

#### Puerta metálica

$$A_p = 25 m^2$$

### Almacenes

Del mismo modo que para el galpón se realizan los cálculos de los cómputos métricos.

#### Excavación

- Para zapatas y cimiento

$$V_{zapatas} = 1 \times 1 \times 1,6 \times 22 = 35,2 m^3$$

$$V_{cimientos} = 36,8 \times 0,4 \times 0,6 \times 2 = 17,66 m^3$$

$$V_{cimiento} = 23 \times 0,4 \times 0,6 \times 2 = 11,04 m^3$$

$$V_T = 63,9 m^3$$

Zapatas

$$V_z = 1 \times 1 \times 1 \times 22 = 22 \text{ m}^3$$

Columnas de hormigón armado

$$V = 0,4 \times 0,4 \times 6 \times 22$$

$$V = 21,12 \text{ m}^3$$

Vigas de hormigón armado

$$V_{vha} = 0,4 \times 0,4 \times 65 \times 2$$

$$V_{vha} = 20,8 \text{ m}$$

Tinglado metálico

$$A_t = 40 \times 25$$

$$A_t = 1.000 \text{ m}^2$$

### **Oficinas**

En este caso aparte de la obra gruesa son necesarios las obras de acabado.

Excavación

Solo se realizará excavaciones para los cimientos

- Cimiento

Para paredes exteriores

$$V = 0,4 \times 0,6 \times 10 \times 2 = 4,8 \text{ m}^3$$

$$V = 0,4 \times 0,6 \times 17 \times 2 = 8,16 \text{ m}^3$$

Para paredes interiores

$$V = 0,4 \times 0,6 \times 68 = 16,32 \text{ m}^3$$

$$V_t = 29,28 \text{ m}^3$$

Cimientos

$$V = 29,28 \text{ m}^3$$

Sobre cimientos

Son necesarias tanto para las paredes interiores como exteriores

Paredes exteriores

$$V = 0,4 \times 0,12 \times 10 \times 2 = 0,96 \text{ m}^3$$

$$V = 0,4 \times 0,12 \times 17 \times 2 = 1,23 \text{ m}^3$$

Paredes interiores

$$V = 0,4 \times 0,12 \times 68 = 3,26 \text{ m}^3$$

$$VT = 5,45 \text{ m}^3$$

Aislante impermeable

$$L = 10 \times 2 + 17 \times 2 + 68 = 122 \text{ m}$$

Muros de ladrillo

$$A = (68 + 10 \times 2 + 17 \times 2) \times 3 = 366 \text{ m}^2$$

Pisos de madera

$$A = 10 \times 17 - 4 \times 4$$

$$A = 154 \text{ m}^2$$

Piso de cerámica

$$A = 4 \times 4 = 16 \text{ m}^2$$

Techo calamina galvanizada

$$A = 10 \times 17 = 170 \text{ m}^2$$

Revoque interior de yeso

$$A = 10 \times 2 \times 3 + 17 \times 2 \times 3 + 68 \times 3 \times 2$$

$$A = 570 \text{ m}^2$$

Revoque cielo

$$A = 170 \text{ m}^2$$

Revestimiento exterior

$$A = 10 \times 3 \times 2 + 17 \times 3 \times 2$$

$$A = 162 \text{ m}^2$$

Puertas de madera

$$\text{Número de puertas} = 11 \text{ puertas}$$

Ventanas metálicas

Cuatro ventanas 2X2

$$A = 4 \times 2 \times 2 = 16 \text{ m}^2$$

Dos ventanas de 3X2

$$A = 3 \times 2 \times 2 = 12 \text{ m}^2$$

Dos ventanas de 4X2

$$A = 4 \times 2 \times 2 = 16 \text{ m}^2$$

1 ventana de 1X1

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$A_T = 45 \text{ m}^2$$

Pintura interior

$$A = 570 \text{ m}^2$$

**Presupuesto edificaciones**

*Tabla 68: Presupuesto para edificaciones*

| Ítem                          | Unidad | Por una edificación | Cantidad de edificaciones | Precio unitario (Bs) | Importe (Bs) | Importe (\$us) |
|-------------------------------|--------|---------------------|---------------------------|----------------------|--------------|----------------|
| <b>Galpón para la fabrica</b> |        |                     |                           |                      |              |                |
| Excavación                    | M3     | 80,13               | 2                         | 20,61                | 3.302,88     | 478,68         |
| Zapatas                       | M3     | 28                  | 2                         | 2.475,75             | 138.642,00   | 20.093,04      |
| Columnas H° A°                | M3     | 44,8                | 2                         | 4.510,47             | 404.138,11   | 58.570,74      |
| Cimiento                      | M3     | 33,28               | 2                         | 2.475,75             | 164.785,92   | 23.882,02      |
| Sobre cimiento                | M3     | 6,87                | 2                         | 886,77               | 12.190,60    | 1.766,75       |
| Muro de ladrillo              | M2     | 677,12              | 2                         | 149,54               | 202.513,05   | 29.349,72      |
| Vigas H° A°                   | M3     | 25,6                | 2                         | 3.523,64             | 180.410,37   | 26.146,43      |
| Tinglado metálico             | M2     | 1.500,00            | 2                         | 280                  | 840.000,00   | 121.739,13     |
| Piso losa llena               | M2     | 1.500,00            | 2                         | 2.751,79             | 8.255.370,00 | 1.196.430,43   |
| Puerta metalica               | M2     | 25                  | 2                         | 330,37               | 16.518,50    | 2.393,99       |
| Instalación de agua           | pto    | 2                   | 2                         | 232,67               | 930,68       | 134,88         |
| Instalación eléctrica         | pto    | 6                   | 2                         | 190,01               | 2.280,12     | 330,45         |
| <b>Almacenes</b>              |        |                     |                           |                      |              |                |
| Excavación                    | M3     | 63,9                | 2                         | 20,61                | 2.633,96     | 381,73         |
| Zapatas                       | M3     | 22                  | 2                         | 2.475,75             | 108.933,00   | 15.787,39      |
| Columnas H° A°                | M3     | 21,12               | 2                         | 4.510,47             | 190.522,25   | 27.611,92      |
| Vigas H° A°                   | M3     | 20,8                | 2                         | 3.523,64             | 146.583,42   | 21.243,97      |
| Tinglado metálico             | M2     | 1.000,00            | 2                         | 280                  | 560.000,00   | 81.159,42      |
| Instalación de agua           | pto    | 2                   | 2                         | 232,67               | 930,68       | 134,88         |
| Instalación eléctrica         | pto    | 6                   | 2                         | 190,01               | 2.280,12     | 330,45         |
| <b>Oficinas</b>               |        |                     |                           |                      |              |                |
| Excavación                    | M3     | 29,28               | 1                         | 20,61                | 603,46       | 87,46          |
| Cimientos                     | M3     | 29,28               | 1                         | 2.475,75             | 72.489,96    | 10.505,79      |
| Sobre cimiento                | M3     | 5,45                | 1                         | 886,77               | 4.832,90     | 700,42         |
| Aislante impermeable          | m      | 122                 | 1                         | 37,14                | 4.531,08     | 656,68         |

Facultad de Ingeniería: Ingeniería Industrial

---

|                                      |      |     |   |          |               |              |
|--------------------------------------|------|-----|---|----------|---------------|--------------|
| <b>Muros de ladrillo</b>             | M2   | 366 | 1 | 149,54   | 54.731,64     | 7.932,12     |
| <b>Pisos de madera</b>               | M2   | 154 | 1 | 345,19   | 53.159,26     | 7.704,24     |
| <b>Piso de cerámica</b>              | M2   | 16  | 1 | 163,46   | 2.615,36      | 379,04       |
| <b>Techo calamina galvanizada 28</b> | M2   | 170 | 1 | 131,31   | 22.322,70     | 3.235,17     |
| <b>Revoque interior de yeso</b>      | M2   | 570 | 1 | 66,39    | 37.842,30     | 5.484,39     |
| <b>Revoque cielo</b>                 | M2   | 170 | 1 | 66,39    | 11.286,30     | 1.635,70     |
| <b>Revestimiento exterior</b>        | M2   | 162 | 1 | 143,58   | 23.259,96     | 3.371,01     |
| <b>Puertas de madera</b>             | N°   | 11  | 1 | 1.515,94 | 16.675,34     | 2.416,72     |
| <b>Ventanas metálicas</b>            | M2   | 45  | 1 | 520,51   | 23.422,95     | 3.394,63     |
| <b>Pintura interior</b>              | M2   | 570 | 1 | 21,35    | 12.169,50     | 1.763,70     |
| <b>Instalación de inodoros</b>       | Pza  | 3   | 1 | 941,47   | 2.824,41      | 409,33       |
| <b>Lavamanos</b>                     | Pza  | 4   | 1 | 534,31   | 2.137,24      | 309,74       |
| <b>Cámara de registro</b>            | Pza  | 4   | 1 | 571,63   | 2.286,52      | 331,38       |
| <b>Instalación eléctrica</b>         | Pto. | 7   | 1 | 190,01   | 1.330,07      | 192,76       |
| <b>Instalación sanitaria</b>         | Pto. | 3   | 1 | 222,55   | 667,65        | 96,76        |
| <b>Instalación agua</b>              | Pto. | 4   | 1 | 232,67   | 930,68        | 134,88       |
| <b>Total</b>                         |      |     |   |          | 11.583.084,94 | 1.678.707,94 |

*Fuente: Elaborado en base a datos de los cálculos métricos y costo unitario de la página web ([www. Insucons.com](http://www.Insucons.com))*

**ANEXO 4: MANUAL DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES**

| MANUAL DE FUNCIONES  | Código:  | EPDS |
|--|----------|------|
|  | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Gerente General  |          |      |
| <p><b>Objetivo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Administrar, coordinar y dirigir las actividades que sean necesarias para el crecimiento de la empresa.</li> <li>• Velar por los objetivos institucionales direccionado hacia la rentabilidad, posicionamiento y sostenibilidad en el mercado, a través de la integración de todas las áreas de la empresa.</li> <li>• Evaluar el rendimiento, desempeño y crecimiento de la Compañía.</li> </ul> <p><b>Responsabilidades/Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direccionar y administrar la empresa.</li> <li>• Tomar decisiones objetivas.</li> <li>• Elaborar planes, programas, proyectos, reglamentos, presupuestos y políticas generales y particulares para todas y cada una de las áreas.</li> <li>• Evaluar la situación actual de la organización.</li> <li>• Gestionar las actividades para el crecimiento empresarial.</li> <li>• Controlar y monitorear el cumplimiento de los objetivos.</li> </ul> <p><b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores en Economía, Administración de empresas o carreras afines.</li> <li>• Certificación de cursos de liderazgo.</li> <li>• Conocimientos de trato con personal.</li> <li>• Experiencia mínima de 5 años en cargos similares.</li> <li>• Buen análisis de reportes para toma de decisiones acertadas.</li> <li>• Conocer la Industria Nacional.</li> <li>• Dominio del idioma inglés.</li> </ul> |          |      |



| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Asistente de gerencia   |          |      |
| <b>Objetivo:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar a la gerencia en el logro de los objetivos institucionales, diseñando y direccionando las estrategias hacia la rentabilidad, posicionamiento y sostenimiento en el mercado.</li> </ul>  |          |      |
| <b>Responsabilidades/Funciones:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar las áreas que conforman la empresa.</li> <li>• Realizar las compras de productos a los proveedores.</li> <li>• Aprobar y realizar la contratación del personal.</li> <li>• Manejo del personal.</li> <li>• Diseñar e implementar estrategias o líneas de acción para el cumplimiento de las metas.</li> <li>• Recibir y analizar informes.</li> <li>• Garantizar el flujo de información a todos los niveles de la empresa.</li> </ul> |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores Economía, Administración de Empresas, Ingeniería Industrial o carreras afines.</li> <li>• Conocimientos de trato con personal.</li> <li>• Experiencia mínima de 3 años en cargos similares.</li> <li>• Buen análisis de reportes para toma de decisiones acertadas.</li> </ul>   |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Jefe de Comercialización  |          |      |
| <p><b>Objetivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar, organizar, dirigir, coordinar, ejecutar y evaluar las políticas comerciales, estrategias de marketing, planes y programas comerciales, orientando su accionar al cumplimiento de metas.</li> </ul> <p><b>Responsabilidades/funciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar el equipo de ventas y direccionar las estrategias planteadas.</li> <li>• Actualizar y autorizar los precios de venta del producto comercializado por la empresa.</li> <li>• Revisión de los reportes y proyecciones de ventas.</li> <li>• Establecer las proyecciones de venta y fijar las metas.</li> <li>• Presentar informes a la gerencia.</li> </ul> <p><b>Experiencia y estudios mínimos requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores relacionados</li> <li>• Experiencia mínima de 5 años en cargos similares.</li> <li>• Liderazgo</li> </ul> |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Responsable de ventas   |          |      |
| <p><b>Objetivo:</b></p> <p>Realiza la atención al cliente, se encarga de la búsqueda de nuevos clientes, la persuasión en la compra del producto por parte del cliente y las respectivas visitas post-venta.</p> <p><b>Responsabilidades/Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener el contacto adecuado y acordado con el jefe de comercialización para no perder presencia ante el cliente.</li> <li>• Atraer nuevos clientes.</li> <li>• Ejecutar el plan de ventas establecido por el jefe de comercialización.</li> <li>• Dar el correcto asesoramiento a los clientes de manera directa, o con la ayuda de personal con la experiencia adecuada.</li> <li>• La presencia y el trato deben ser siempre adecuados.</li> <li>• Apoyar a los compañeros vendedores cuando lo necesiten.</li> <li>• Comunicación clara y veraz con el coordinador de ventas.</li> <li>• Revisar esporádicamente el desempeño de los productos una vez puestos en función.</li> <li>• En caso que haya problemas con la calidad del producto o servicio, el vendedor liderará la investigación para llegar a la causa raíz del evento y luego reportará al gerente administrativo.</li> </ul> <p><b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo 6 meses de experiencia en cargos similares.</li> <li>• Capacidad para Compras Públicas</li> <li>• Conocimiento de Servicio al cliente.</li> <li>• Estudios en carreras técnicas</li> <li>• Disponibilidad para viajar.</li> </ul> |          |      |

|   |                 |             |
|---|-----------------|-------------|
| <b>MANUAL DE FUNCIONES</b>  | <b>Código:</b>  | <b>EPDS</b> |
|   | <b>Versión:</b> | <b>1</b>    |
| <b>Cargo:</b> Jefe de Administración y Finanzas   |                 |             |
| <p><b>Objetivo:</b></p> <p>Deberá dirigir las actividades de carácter financiero, contable y Administrativas de la empresa; definiendo los diferentes procesos financieros y contables, planificando las alternativas financieras, supervisando la contabilidad y el flujo de caja.</p> <p><b>Responsabilidades /Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar estudios financieros de diversos tipos: control de gastos, análisis de inversiones.</li> <li>• Supervisar y controlar los estados financieros, contabilidad general y de costos.</li> <li>• Administrar los recursos financieros y los recursos de talento humano para alcanzar los objetivos de la compañía.</li> <li>• Acatar y cumplir con los requerimientos de los Organismos de Control.</li> <li>• Interpretar los balances y cuentas de resultados y presentar informes al Gerente General de la empresa.</li> <li>• Administración del Recurso Humano de la empresa.</li> </ul> <p><b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores; Ingeniero Comercial, Economía, Ingeniero Industrial.</li> <li>• Conocimientos de Contabilidad Financiera y de Costos.</li> <li>• Experiencia mínima de 5 años.</li> <li>• Liderazgo</li> <li>• Servicio al cliente</li> </ul> |                 |             |

| MANUAL DE FUNCIONES  | Código:  | EPDS |
|--|----------|------|
|  | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Responsable de contabilidad  |          |      |
| <b>Objetivo:</b>   |          |      |
| <p>Asistir en la gestión contable, financiera y tributaria de la empresa, realizando la parte operativa de este sistema para lograr eficientemente los objetivos del departamento implementado las normativas actualizadas.</p>  |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar las operaciones organizacionales a tiempo.</li> <li>• Monitorear el pago y retención de impuestos y tasas.</li> <li>• Gestionar y controlar pagos a proveedores y cobro a clientes.</li> <li>• Revisar roles de pago y beneficios sociales y pagos de nómina.</li> <li>• Revisar los mayores contables.</li> <li>• Verificar Ingresos de Caja versus Depósitos Bancarios y asientos.</li> <li>• Revisión de Facturación versus guías de remisión.</li> <li>• Revisar cheques emitidos por Asistente.</li> <li>• Revisar Notas de Débitos y Créditos Bancarias.</li> <li>• Revisar y Aprobar Conciliaciones Bancarias.</li> <li>• Revisar Asientos de diario de facturas proveedores.</li> <li>• Revisar y analizar Cuentas de Balance y Resultado.</li> <li>• Preparar Estados Financieros y reporte para la Gerencia.</li> </ul> |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores, Contaduría pública, Ingeniero Comercial, Economía, Comercio exterior.</li> <li>• Conocimientos de Contabilidad Financiera y de Costos.</li> <li>• Experiencia mínima de 2 años.</li> <li>• Conocimiento en Servicio al Cliente, Normativas en Tributación.</li> </ul>  |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Encargado del talento humano  |          |      |
| <b>Objetivo:</b>  |          |      |
| <p>Administrar el personal de la empresa gestionando procesos de selección, control y retiro de empleados, liquidaciones de nómina, seguridad social, velar por el cumplimiento de las funciones y ejecutar sanciones disciplinarias.</p>   |          |      |
| <b>Jefe inmediato:</b> Jefe administración y finanzas   |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asesorar y participar en la formulación de la política de personal.</li> <li>• Establecer el perfil y diseño de puestos, reclutar y seleccionar al personal.</li> <li>• Desarrollo y gestión de la estructura salarial.</li> <li>• controlar el cumplimiento del rol vacacional.</li> <li>• Mantener todos los registros necesarios concernientes al personal.</li> <li>• Entrevistar o preparar las entrevistas de los aspirantes a un puesto, encargarse de la rotación, despidos, entre otros.</li> <li>• Preparar y mantener los registros y estadísticas del personal.</li> <li>• Preparar y aplicar los instrumentos de control del personal.</li> <li>• Calificar y evaluar al personal</li> <li>• Programar la capacitación: con cursos a nuevos empleados, supervisores, ejecutivos y demás colaboradores.</li> </ul> |          |      |
| <b>Personal a su cargo:</b> Operarios de cada área  |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>   |          |      |
| <p>Estudio superior del área de administración, ciencias sociales o afín.</p> <p>Diplomado y/o maestría en el área de recursos humanos.</p> <p>Experiencia mínima de 3 años en cargos similares.</p>  |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Encargado de finanzas   |          |      |
| <b>Objetivo:</b><br>Responsable del adecuado funcionamiento de las cuentas corrientes   |          |      |
| <b>Jefe inmediato:</b> Jefe de Administración y Finanzas  |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de la caja mensual.</li> <li>• Pagos semanales y/o mensuales.</li> <li>• Informe de saldos semanales.</li> <li>• Asistir al jefe de administración y finanzas.</li> <li>• Facturación</li> </ul>   |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores, Ingeniero Comercial, Economía, administración de empresas, contador.</li> <li>• Conocimientos de Contabilidad Financiera y de Costos.</li> <li>• Experiencia mínima de 3 años.</li> </ul> |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Encargado de almacenes  |          |      |
| <b>Objetivo:</b>  |          |      |
| <p>Encargado de llevar el control y los registros de ingreso y salida de la materia prima, materiales directos e indirectos de producción, y productos terminados.</p>  |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el Ingreso a almacenes de los respectivos materiales.</li> <li>• Inspeccionar el estado de los materiales que ingresan a la fábrica y reportar cualquier anomalía.</li> <li>• Mantener y controlar los accesorios, herramientas y materiales de manera ordenada y con nombres en sus respectivas gavetas.</li> <li>• Llevar el registro y control de los materiales utilizados por los operarios.</li> <li>• Ingresar en el sistema el producto terminado.</li> <li>• Mantener en buen estado el producto terminado hasta su respectivo despacho.</li> <li>• Elaborar las respectivas Guías de remisión y despachar almacenes los productos especificados por la administración.</li> <li>• Realizar inventarios periódicos, ubicar y organizar los almacenes.</li> </ul> |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b> Bachiller, Cursos de computación, Conocimiento de Ferretería, Conocimiento de control de inventario, Conocimiento de Contabilidad Básica. Experiencia mínima de 2 años en cargos similares. Conocimiento de Servicio al Cliente.  |          |      |



| MANUAL DE FUNCIONES  | Código:  | EPDS |
|--|----------|------|
|  | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Jefe de Producción   |          |      |
| <b>Objetivo:</b>   |          |      |
| <p>Encargado de Supervisar las diferentes áreas de producción que son taller, roto moldeado, soldadura y acabado para lograr que se lleve a cabo lo planificado. Con eficiente manejo de los materiales y dentro de los estándares de productividad y calidad establecidos</p>   |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisar las diferentes áreas de producción.</li> <li>• Supervisar a los operarios en su trabajo y apoyar en las actividades emergentes.</li> <li>• Aprobar las respectivas órdenes de trabajo y entregar la parte correspondiente a cada área.</li> <li>• Planificar Producción y Mantenimientos.</li> <li>• Apoyo al departamento de ventas con información de factibilidad del producto.</li> <li>• Revisar, analizar y buscar solución a los productos No Conformes.</li> <li>• Aprobar el reproceso de los productos no conformes.</li> <li>• Tomar las pruebas respectivas para el ingreso de nuevos operarios.</li> <li>• Responsable de la calidad de los trabajos de mantenimiento.</li> </ul> |          |      |
| <b>Personal a su cargo:</b> Supervisores y operarios de cada área  |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios superiores, Ingeniero industrial, ingeniero químico, ingeniero petrolero.</li> <li>• Experiencia mínima de 5 años en cargos similares.</li> <li>• Conocimiento Servicio al Cliente.</li> </ul>   |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES   | Código:  | EPDS |
|---|----------|------|
|   | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Responsable de planta   |          |      |
| <b>Objetivo:</b>  |          |      |
| <p>Encargado de supervisar los diferentes trabajos en su área asignada para lograr que se lleve a cabo lo planificado y lo indicado en las respectivas órdenes de trabajo. Con eficiente manejo de los materiales y dentro de los estándares de productividad y calidad establecidos.</p>   |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisar y trabajar conjuntamente con los operarios de su respectiva área.</li> <li>• Supervisar que se realice a cabalidad la orden de trabajo asignada.</li> <li>• Mantener comunicación constante con jefe de planta para conocimiento de los avances o anomalías que se presenten.</li> <li>• Llenar el reporte con sus respectivos productos elaborados.</li> <li>• Llenar el reporte de Producto No Conforme que hayan resultado del proceso de cada área.</li> <li>• Supervisar que toda actividad en su área de trabajo y la de sus operarios dentro y fuera del área sea realizada de manera segura.</li> <li>• Responsable de velar por el buen estado y uso de las herramientas o máquinas de trabajo.</li> </ul> |          |      |
| <b>Personal a su cargo:</b> Operarios de cada área  |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b> Ingeniero Mecánico, Bachiller con mención en mecánica, Cursos de Computación.   |          |      |
| Experiencia mínima de 3 años en cargos similares.   |          |      |

| MANUAL DE FUNCIONES  | Código:  | EPDS |
|--|----------|------|
|  | Versión: | 1    |
| <b>Cargo:</b> Encargado de mantenimiento   |          |      |
| <b>Objetivo:</b>   |          |      |
| <p>Dirigir el funcionamiento, conservación y reparación de máquinas, maquinaria e instalaciones, equipos y sistemas, para conseguir óptimos resultados en el sistema de producción.</p>  |          |      |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>   |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar y supervisar el plan y presupuesto de mantenimiento de los activos bajo su responsabilidad.</li> <li>• Gestionar las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.</li> <li>• Gestionar las órdenes de servicio para instalación, reparación y mantenimiento.</li> <li>• Planificar y gestionar la renovación de activos.</li> <li>• Establecer normas y procedimientos de seguridad y control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de máquinas, instalaciones y equipos industriales.</li> </ul> |          |      |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>  |          |      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero Mecánico, ingeniero electrónico y ramas afines. .</li> <li>• Experiencia mínima de 2 años en cargos similares.</li> <li>• Planificación y organización</li> <li>• Capacidad de relaciones interpersonales</li> </ul>  |          |      |

|   |                 |             |
|---|-----------------|-------------|
| <b>MANUAL DE FUNCIONES</b>  | <b>Código:</b>  | <b>EPDS</b> |
|   | <b>Versión:</b> | <b>1</b>    |
| <b>Cargo:</b> Operarios   |                 |             |
| <b>Objetivo:</b>  |                 |             |
| <p>Encargado de realizar el trabajo indicado por el encargado de planta, para lograr que se lleve a cabo lo planificado y lo indicado en las respectivas órdenes de trabajo. Con eficiente manejo de los materiales y dentro de los estándares de productividad y calidad establecidos.</p> |                 |             |
| <b>Responsabilidades /Funciones:</b>  |                 |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en la respectiva área asignada. (poli funcional)</li> <li>• Mantener comunicación constante con su supervisor para el conocimiento de los avances o anomalías que se presenten.</li> </ul>  |                 |             |
| <b>Experiencia y Estudios mínimos requeridos:</b>   |                 |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachiller común o Bachiller con mención en mecánica, Cursos de Computación.</li> <li>• Experiencia mínima de 3 meses en cargos similares.</li> </ul>   |                 |             |

## **ANEXO 5. CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO**

Para el cálculo de la tasa de descuento se tomará la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ descuento = Rentabilidad\ mínima\ exigida + diferencial\ por\ riesgo$$

Donde:

Rentabilidad mínima exigida= coste de los recursos que trata de exigir a los beneficios futuros, entendido como la media ponderada entre el costo de oportunidad y el coste de la deuda.

Y la prima de riesgo trata de incorporar al análisis de la inversión que se está evaluado la incertidumbre de los flujos de caja estimado.

Para fines del proyecto se usará la rentabilidad mínima el 6% que equivale a la tasa ofrecida por el Banco central de Bolivia en la emisión de bonos, en el caso del diferencial de riesgo se usara un valor de 2% que representa el riesgo en invertir en el proyecto.

$$tasa\ de\ descuento = 6\% + 2\%$$

$$tasa\ de\ descuento = 8\%$$