



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA ADAPTACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA
DE GASOLINA A GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA USO MARÍTIMO**

AUTOR:

HORACIO ANDRÉS FERNÁNDEZ TÁBORA

DE CUENTA 21511182

ASESOR:

PhD. HÉCTOR VILLATORO

HONDURAS

SAN PEDRO SULA, CORTÉS

DICIEMBRE, 2020

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por hacer esto posible, por darme la vida y la salud a lo largo de nuestro transcurso de la carrera. Gracias a Dios estamos culminando una etapa de nuestras vidas que sin su amor y apoyo no podríamos haber hecho posible esta meta.

A mi padre Horacio Fernández, a mi madre Gloria Tabora por todo su amor, apoyo, sacrificios y confianza que depositaron en mí. Gracias por ayudarme en las etapas difíciles durante cada fase y problema que enfrenté en la universidad. Mi familia lo es todo, me han brindado su apoyo y refugio durante todos mis años en Unitec.

A todos los catedráticos que me apoyaron, con las enseñanzas y herramientas necesarias para ayudarme en mi formación profesional. Quiero agradecer especialmente a la Ing. Alicia, a la Ing. Claudia Paz, al Ing. Aguiluz y al Ing. Franklin por brindarme su apoyo y por aguantar todas mis inquietudes. Les estaremos muy agradecidos hoy y siempre. A mi asesor, PhD. Héctor Villatoro por darme apoyo, consejo y dirección necesaria para lograr realizar el trabajo, siempre exigiéndome un mayor esfuerzo.

RESUMEN EJECUTIVO

El consumo de combustibles es uno de los mayores costos operativos de Aquafinca, una empresa dedicada a la cría, engorde, procesamiento y exportación de filete fresco de tilapia al mercado de Estados Unidos, esto significa que, si se pudiesen adaptar los motores marinos que utilizan en sus lanchas para sustituir el uso de gasolina por un combustible alternativo más barato, se podría generar ahorros económicos necesarios para aumentar la rentabilidad de la empresa Aquafinca. Es por esto, que surge la necesidad de implementar equipos de adaptación de motores que sustituyan por completo el uso de gasolina como combustible por gas licuado de petróleo, pero que a su vez proporcione mayor rentabilidad económica. Esta investigación tiene como finalidad evaluar la factibilidad técnica y económica de la adaptación de motores marinos de combustión interna de gasolina a gas licuado de petróleo y el rendimiento de cada uno de estos combustibles en Honduras, Centroamérica. La investigación logró determinar la tasa interna de retorno y los costos asociados a la inversión inicial y mantenimiento del equipo de adaptación a gas. Esta investigación fue realizada implementando una metodología con enfoque cuantitativo, utilizando la recopilación de datos de pruebas de consumo. Considerando los datos recopilados de las horas de trabajo asignadas diarias para la lancha, los precios de los combustibles y el consumo promedio por hora trabajada para cada tipo de combustible, el equipo de adaptación permite sustituir por completo el uso de gasolina por gas licuado de petróleo sin afectar el funcionamiento correcto del motor de la lancha para generar ahorro para la empresa.

EXECUTIVE SUMMARY

Fuel consumption is one of the highest operating costs for Aquafinca, a company dedicated to the breeding, fattening, processing and export of fresh tilapia fillet to the United States market, this means that, if the marine engines they use could be adapted In its boats to replace the use of gasoline with a cheaper alternative fuel, it could generate economic savings necessary to increase the profitability of the Aquafinca company. This is why the need arises to implement engine adaptation equipment that completely replaces the use of gasoline as a fuel with liquefied petroleum gas, but which in turn provides greater economic profitability. The purpose of this research is to evaluate the technical and economic feasibility of the adaptation of marine gasoline internal combustion engines to liquefied petroleum gas and the performance of each of these fuels in Honduras, Central America. The investigation was able to determine the internal rate of return and the costs associated with the initial investment and maintenance of the gas retrofit equipment. This research was carried out by implementing a methodology with a quantitative approach, using the collection of consumer test data. Considering the data collected from the daily assigned work hours for the boat, fuel prices and the average consumption per hour worked for each type of fuel, the adaptive equipment allows to completely replace the use of gasoline with liquefied petroleum gas without affecting the correct operation of the motor of the boat to generate savings for the company.

Índice de Contenido

I. INTRODUCCIÓN	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. PROCEDENTES DEL PROBLEMA.....	15
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	16
1.2.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO.....	18
2.1.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO.....	21
2.2. SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA.....	23
2.2.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA	26
2.3. GAS LICUADO DE PETRÓLEO	29
2.4. SISTEMA DE ADAPTACIÓN A GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	31
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. ENFOQUE	33
3.1.1. VARIABLE DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.1.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	34
3.1.3. VARIABLES DEPENDIENTES	34
3.2. HIPÓTESIS	34
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	35
3.3.1. TÉCNICAS APLICADAS	35
3.3.2. INSTRUMENTOS	35
3.4. MATERIALES.....	36
3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	36

3.5.	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	42
3.5.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ADAPTACIÓN A GLP.....	42
3.5.2.	ANÁLISIS TÉCNICO	47
3.5.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO	49
3.5.4.	ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO ₂	52
3.6.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	52
IV.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
4.1.	ENTREVISTA	53
4.2.	ANÁLISIS TÉCNICO	53
4.2.1.	PRUEBAS DE CONSUMO DE GASOLINA	53
4.2.2.	PRUEBAS DE CONSUMO DE GLP	54
4.2.3.	PROYECCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	55
4.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO	56
4.3.1.	COSTO DE INVERSIÓN INICIAL	56
4.3.2.	PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES	56
4.3.3.	AHORRO POR COSTO DE COMBUSTIBLE ANUAL.....	57
4.3.4.	MANTENIMIENTO	58
4.3.5.	BENEFICIO FISCAL.....	58
4.3.6.	VALIDACIÓN ECONÓMICA.....	59
4.4.	RESULTADOS ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO ₂	60
V.	CONCLUSIONES	61
VI.	RECOMENDACIONES.....	63
VII.	APLICACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	64
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	65
IX.	ANEXOS.....	67
9.1.	ANEXO 1: ENTREVISTA.....	67
9.2.	ANEXO 2: TIEMPO CRONOMETRADO PARA PRUEBAS DE CONSUMO DE GASOLINA	68
9.3.	ANEXO 3: TIEMPO CRONOMETRADO PARA PRUEBAS DE CONSUMO DE GLP	69
9.4.	ANEXO 4: HOJA DE COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE ADAPTACIÓN A GAS.....	70

9.5.	ANEXO 5: HOJA DE COTIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	71
9.6.	ANEXO 6: BASE DE DATOS DEL ESTADO DE RESULTADOS	72
9.7.	ANEXO 7: PROYECCIÓN DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES	72
9.8.	ANEXO 8: ESTADO DE RESULTADOS.....	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos.....	20
Ilustración 2: Esquema del funcionamiento del motor de dos tiempos.	20
Ilustración 3: Esquema general de un sistema electrónico de inyección de gasolina.	24
Ilustración 4: Comparación entre la inyección directa en la cámara de combustión y la inyección indirecta en el colector de admisión.	25
Ilustración 5: Depósito de combustible	26
Ilustración 6: Bomba eléctrica de combustible	27
Ilustración 7: Inyectores	27
Ilustración 8: Unidad de Control Electrónico	28
Ilustración 9: Filtros de combustible	29
Ilustración 10: Motor Marino marca Yamaha de 75 hp	36
Ilustración 11: Cilindro de gas de 25lb.....	37
Ilustración 12: Reductor- Vaporizador marca Lovato.....	38
Ilustración 13: Filtro de Gas marca Lovato.....	38
Ilustración 14: Inyectores de Gas marca Lovato	39
Ilustración 15: Centralita marca Lovato	39
Ilustración 16: Conmutador.....	40
Ilustración 17: Cilindro de gas de 25lb.....	40
Ilustración 18: Contenedor de Combustible.....	41
Ilustración 19: Surtidor de Gasolina de la empresa Aquafinca	41
Ilustración 20: Llenadora de Cilindros de GLP de la empresa Tropigas	42
Ilustración 21: Reductor-Vaporizador fijado en Motor Marino Yamaha.....	43
Ilustración 22: Filtro de gas fijado en Motor Marino Yamaha.....	43
Ilustración 23: Centralita fijada en Motor Marino Yamaha	44
Ilustración 24: Conector Principal del arnés de cables.....	44
Ilustración 25: Cables de señal de los inyectores.....	45
Ilustración 26: Colector de Admisión perforado	45
Ilustración 27: Inyectores de Gas.....	46

Ilustración 28: Conector del sensor del filtro de gas	46
Ilustración 29: Conector de la válvula de paso de gas.....	47
Ilustración 30: Capacidad Total del Tanque de Gasolina del Motor de la Lancha	48
Ilustración 31: Ejecución de Pruebas de Consumo.....	49
Ilustración 32: Formula del TIR.....	51
Ilustración 33: Cronograma de Actividades	52
Ilustración 34: Grafica de Proyección de Consumo de Combustible.....	55
Ilustración 35: Grafica de Proyección de Precios de los Combustibles hasta el 2030.....	56
Ilustración 36: Grafica de Proyección de Costos de los Combustibles	57
Ilustración 37: Flujos de Efectivo Acumulados del Proyecto	59
Ilustración 38: Grafica de Emisiones de CO ₂	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de Pruebas de Consumo de Gasolina.....	54
Tabla 2: Resultados de Pruebas de Consumo de GLP.....	54
Tabla 3: Relación de Consumo GLP-Gasolina.....	55
Tabla 4: Depreciación del Equipo de Adaptación a Gas.....	58

I. INTRODUCCIÓN

Históricamente el gas licuado de petróleo se ha utilizado como combustible alternativo en motores de combustión interna con el propósito de reducir costos por consumo de combustible. La empresa Aquafinca se dedica al rubro de la producción de tilapia, utiliza lanchas para brindar seguridad en las jaulas de tilapia y así evitar robos de su producto. El equipo de adaptación a gas es diseñado con la finalidad de sustituir la gasolina como combustible del motor sin afectar el funcionamiento correcto del mismo, es por esto, que la idea de instalar un equipo de adaptación surge para diversificar la matriz energética de la empresa. Evaluar qué tan factible es implementar esta clase de equipo requiere múltiples consideraciones tanto técnicas como económicas.

Este trabajo investigativo evaluará técnica y económicamente la factibilidad de la adaptación de motores marinos de combustión interna de gasolina a gas licuado de petróleo, mediante la instalación de un equipo de adaptación a gas y la realización de pruebas de consumo para ambos combustibles. Dichas pruebas de consumo determinaran la relación de consumo de que existe entre ambos combustibles, mediante este parámetro se logrará determinar si es factible económicamente adaptar un motor de gasolina a gas licuado de petróleo.

Esta investigación se desarrollará con el principal propósito de comprobar que la sustitución de gasolina por gas licuado de petróleo como combustible para el funcionamiento de un motor marino genera ahorros económicos y reduce las emisiones de CO₂ ya que hay un estudio sobre el diseño de un sistema de propulsión para embarcaciones fluviales de 650 kg basado en gas licuado de petróleo (GLP) (Soto Herrera, 2011) quien concluyó que el costo de inversión en el sistema de propulsión a GLP se recuperará con el bajo costo del combustible, también hay un estudio del sistema GLP como combustible alternativo de uso en vehículos automotrices (Barros Barzallo & Barrera Suárez, 2012) donde se determinó que el gas licuado de petróleo es un combustible factible para el uso vehicular y disminuye la contaminación ambiental. Asimismo se encontró un estudio del diseño de un sistema de propulsión para embarcaciones fluviales de carga basado en gas licuado de petróleo (Rodríguez Florez, 2018) donde se seleccionó un equipo de adaptación a gas licuado de petróleo para instalarlo al motor de la embarcación fluvial donde

se demuestra que adaptar un motor marino para su funcionamiento con gas licuado de petróleo es una solución viable para generar ahorro por costo de combustible.

El informe estará compuesto de nueve secciones incluyendo la presente introducción. Las restantes ocho secciones son las siguientes: Planteamiento del problema, sección en la cual se presentarán los precedentes, definición y justificación del problema, además de los objetivos y preguntas de investigación. El Marco Teórico, también conocida como fundamentación teórica, es el condensado bibliográfico de toda información, evidencias de segunda o tercera fuente. La Metodología, sección donde se mostrará el enfoque investigativo, variables de investigación, técnicas e instrumentos aplicados. Análisis de Resultados, aquí se presentarán los hallazgos de la investigación y se interpretarán estos resultados obtenidos. Conclusiones, esta sección se relacionará directamente con los objetivos y preguntas de investigación. Recomendaciones, éstas irán de la mano de las conclusiones. Aplicaciones en el área de estudio, donde se exponen las clases que se cursaron para obtener conocimientos fundamentales para la realización de este proyecto de investigación. Bibliografía y Anexos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROCEDENTES DEL PROBLEMA

Aquafinca Saint Peter Fish es una empresa hondureña con capital suizo y operaciones internacionales, dedicada a la cría, engorde, procesamiento y exportación de filete fresco de tilapia al mercado de Estados Unidos, proporciona 1,600 empleos directos y 7,000 empleos indirectos, en las zonas forestales protegidas de Lago de Yojoa y Embalse El Cajón.

Se calcula que la producción anual de alevines de tilapia en Honduras es de 120 millones anuales, de los cuales aproximadamente el 83.3% (100.0 millones son producidos por Aquafinca Saint Peter Fish). Las lanchas con motor fuera de borda de gasolina son utilizadas para transportar al personal, insumo y alimentos involucrados en la unidad de producción acuícola y en la etapa de cosecha de la tilapia.

La empresa cuenta con 9 lanchas de 75 hp y 2 lanchas de 115 hp que utilizan como combustible la gasolina. Cabe destacar que se tiene pensado una futura ampliación del número de lanchas.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Aquafinca Saint Peter Fish cuenta con un alto costo por gasolina para la etapa de producción y cosecha de la tilapia. El costo [L/Gal] es de 82.21 con un consumo promedio mensual de 678 Galones por lancha. Debido a estas circunstancias Aquafinca Saint Peter Fish busca la manera de reducir su consumo de gasolina con alternativas que logren reducir su costo, una de ellas es la adaptación de los motores marinos de gasolina, que utilizan en sus de las lanchas, a gas licuado de petróleo.

1.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Uno de los mayores problemas que presenta Aquafinca Saint Peter Fish es el elevado costo de la gasolina que utilizan en sus lanchas con motores fuera de borda durante las etapas de producción y cosecha de la tilapia. Como establecido por la empresa, cada semana viene a la alza el precio de los combustibles y con esto incrementa el costo para la producción y cosecha de la tilapia. Conforme a este problema, la empresa está buscando alternativas amigables con el ambiente y confiables para reducir su costo por combustibles.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN

El constante aumento del precio de los combustibles por parte de la Secretaria de Energía, ha generado incertidumbre a la empresa Aquafinca Saint Peter Fish, ha causado que se busquen alternativas que ayuden a aliviar el costo de la gasolina. Tomando en cuenta la futura expansión de la flota de lanchas que Aquafinca Saint Peter Fish requerirá debido a la demanda creciente de filete fresco de tilapia que el mercado de Estados Unidos exige. La necesidad de suplir la gasolina de manera indefinida ha obligado a los dirigentes y gerente de la empresa a buscar alternativas. Se propone convertir los motores fuera de borda de gasolina que utilizan en sus lanchas a gas licuado de petróleo para ayudar a reducir un porcentaje del costo por combustibles de la empresa, utilizando un equipo de conversión de sistemas de carburación vehicular a gas licuado de petróleo adaptado para motores marinos.

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuánto es el ahorro promedio anual que tendría la empresa en combustibles con la nueva tecnología?
2. ¿Cuáles son los componentes técnicos principales de un sistema de conversión de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo?
3. ¿Cuánto es el costo del equipo de adaptación e instalación del mismo?
4. ¿Cuánto es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que nos brinda la adaptación de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo?
5. ¿Cuál es la TIR esperada para un proyecto de conversión de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la conversión de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo en Aquafinca Saint Peter Fish como una estrategia de diversificación de la matriz energética de la empresa. La factibilidad técnica se evaluará determinando si el gas licuado de petróleo y la tecnología de adaptación sustituyen a la gasolina sin afectar el funcionamiento correcto de las lanchas. La factibilidad económica se evaluará determinando la TIR del proyecto y se considerará económicamente factible si la TIR del proyecto es mayor a un 12%.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Adaptar un motor de combustión interna de gasolina a gas licuado de petróleo e instalarlo en una lancha de la empresa Aquafinca.
2. Entrevistar a operarios de lanchas para validar el correcto funcionamiento de las lanchas con el nuevo combustible.
3. Estimar los costos de la adaptación y de la instalación.
4. Determinar el ahorro promedio anual por costo de combustible con la nueva tecnología y calcular la TIR.
5. Calcular y comparar las emisiones equivalentes de dióxido de carbono de ambos combustibles para la misma cantidad de horas trabajadas.

II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación se centra en dos temas principales, motores de combustión interna de gasolina y los beneficios que nos brindan las nuevas tecnologías de adaptación a gas licuado de petróleo. La relación de estos temas se presenta por la intención de descubrir cómo la instalación de un equipo de adaptación de la combustión interna de un motor de gasolina a gas licuado de petróleo, influye en la reducción de costos en la industria de la tilapia en Honduras, sin afectar el funcionamiento correcto de las lanchas que se adaptaran para la presente investigación. La explicación de ambos temas resulta crucial para la comprensión de la metodología y resultados que se presentaran en las secciones siguientes. El marco teórico tendrá la función de explicar los aspectos más relevantes de estos temas. Primero describiendo el funcionamiento de un motor de combustión interna de gasolina y sus componentes, seguidamente se explicará sobre los componentes del equipo de adaptación y su funcionamiento.

2.1. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO

Un motor de combustión interna es un tipo de motor térmico en que la combustión se da dentro en sí misma, específicamente dentro del cilindro, es un proceso donde se obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible.

“En 1876, Otto, un ingeniero alemán, aprovechando el principio de Beau de Rochas, construyo un motor con ciclo de trabajo de cuatro carreras que resultó muy afortunado, habiéndose conocido el ciclo de sucesos, como ciclo Otto (Obert, 1999)”.

“Según el ciclo de trabajo los motores alternativos se pueden clasificar en motores de cuatro tiempos (4T) y motores de dos tiempos (2T). Las diferencias entre estos dos tipos de motores tienen que ver básicamente con el proceso de renovación de la carga, es decir, escape y admisión (Payri & Desantes, 2011) (p.28)”.

El motor de cuatro tiempos posee cuatro fases que debe atravesar para que se realice el ciclo completo, las cuales son:

1. Fase de admisión (1ª carrera): “con las válvulas de admisión abiertas y las de escape cerradas, el émbolo se desplaza desde el punto muerto superior (PMS) hacia el punto

muerto inferior (PMI). Debido a esto se crea en el interior del cilindro una pequeña depresión, suficiente como para inducir la entrada de gases a través del conducto de admisión. Estos gases serán aire o una mezcla de aire y combustible, dependiendo del tipo de motor. Cuando el émbolo llega al PMI las válvulas de admisión se cierran y comienza la siguiente fase. Compresión: Al llegar al punto muerto inferior, la válvula de admisión también se cierra, ascendiendo el pistón y reduciendo el volumen de la cámara de combustión. Ello comprime la mezcla. El cigüeñal ya ha dado una vuelta completa, mientras que el árbol de levas ha completado un giro de 180 grados. (Payri & Desantes, 2011) (p.28)".

2. Fase de compresión (2ª carrera): "con las válvulas de admisión y escape cerradas el émbolo se desplaza desde el PMI hacia el PMS comprimiendo el fluido contenido en el cilindro. En las cercanías del PMS se produce el salto de chispa en el caso de un motor de encendido provocado o se inyecta el combustible en el caso de un motor de encendido por compresión, produciéndose la combustiónEscape: Cuando el pistón vuelve al punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, propiciando que este vuelva a ascender y expulse los gases resultantes de la explosión. A continuación, se repite el ciclo. El cigüeñal ha recorrido dos vueltas completas y el árbol de levas una." (Payri & Desantes, 2011) (p.28)".
3. Fase de expansión (3ª carrera): "la combustión, entre otros efectos, produce un aumento de presión de los gases contenidos en el cilindro, empujando al émbolo, que se desplaza desde el PMS hacia el PMI. Este desplazamiento es el único del que se obtiene trabajo (Payri & Desantes, 2011) (p.28)".
4. Fase de escape (4ª carrera): "en el PMI se abre la válvula de escape y el émbolo comienza a desplazarse hacia el PMS expulsando los gases quemados hacia el exterior del cilindro. Cuando el émbolo llega al PMS se cierra la válvula de escape y se inicia un nuevo ciclo (Payri & Desantes, 2011) (p.29)".

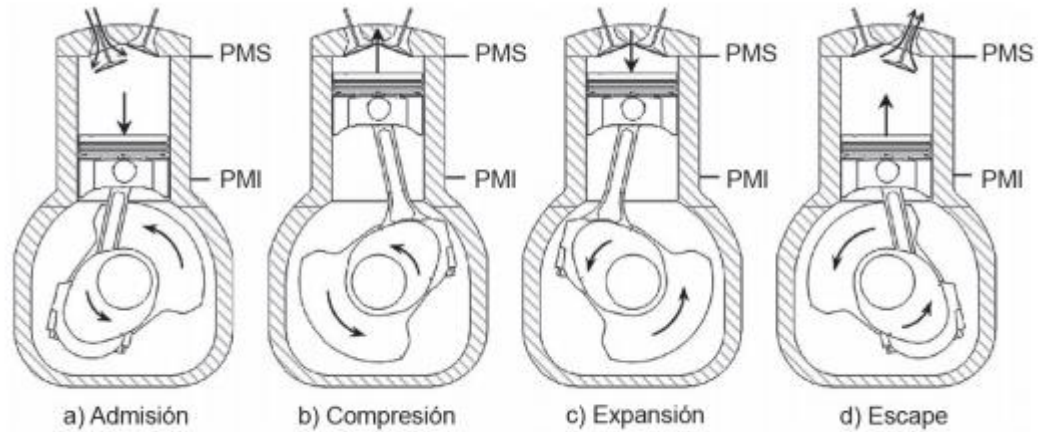


Ilustración 1: Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos.

Fuente: (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)

“En los motores de dos tiempos se realizan los cinco procesos fundamentales en sólo dos carreras o tiempos (una revolución del cigüeñal). Al disponer sólo de dos carreras para desarrollar todos los procesos, la admisión y el escape (renovación de la carga) se realizan conjuntamente en un proceso denominado barrido (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015) (p.29)”.

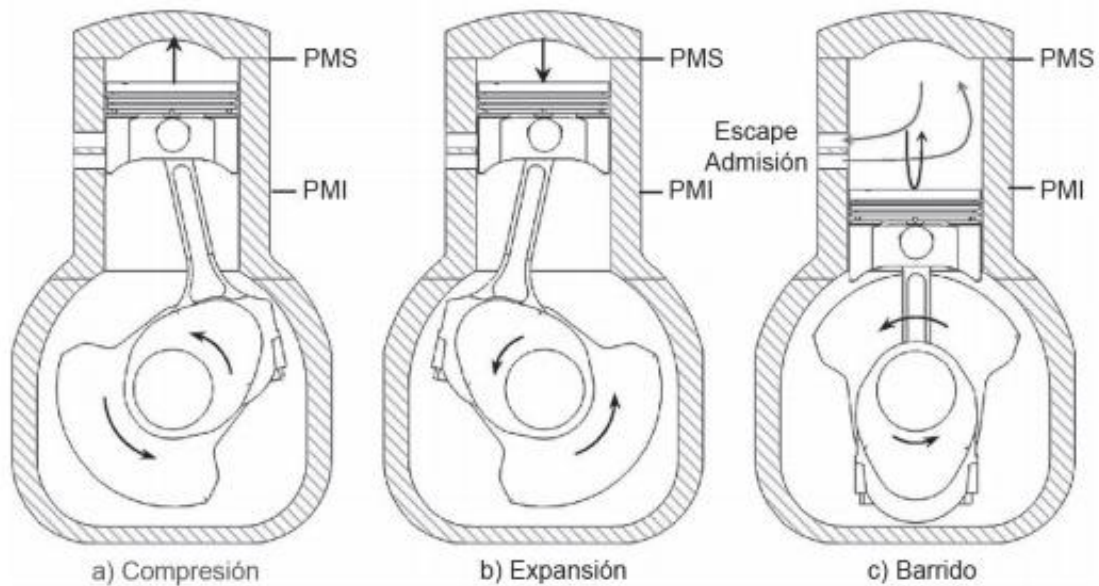


Ilustración 2: Esquema del funcionamiento del motor de dos tiempos.

Fuente: **(Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)**

2.1.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CICLO OTTO

Bloque: El bloque motor, está construido en hierro o aluminio, en una sola pieza, “el bloque tiene practicados unos orificios, llamados cilindros, donde se alojan, guían y desplazan los pistones con un movimiento alternativo (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.26)”.

“Además el bloque sirve para: Anclar diferentes mecanismos o circuitos auxiliares como la distribución, la refrigeración, el engrase. Conducir los fluidos de los circuitos de refrigeración y engrase a los lugares donde se necesiten a través de unos orificios mecanizados. Atornillar la caja de cambios (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.27)”.

Culata: Es la parte superior del motor, suele estar fabricada en hierro fundido o de una aleación ligera de aluminio. Se fabrica con estos elementos, ya que estos materiales tienen alta capacidad de disipación térmica y de resistir altas presiones en su interior.

“La culata es un elemento muy costoso de fabricar. En su diseño y fabricación hay que tener en cuenta que en su interior debe alojar: Las cámaras donde se realiza la combustión. Parte de los colectores de admisión y de los colectores de escape con sus respectivas válvulas, balancines, taqués, árboles de levas y demás elementos de la distribución. Conductos para el paso del líquido refrigerante y lubricante. Bujías de encendido o bujías de precalentamiento. Inyectores. Orificios para los tornillos de culata y diferentes espárragos. Varias zonas planas para el acoplamiento a otros elementos (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.27)”.

“La culata es la pieza que hace el cierre superior del bloque. La culata y el bloque van unidos por sus superficies perfectamente planas con interposición de una junta, llamada junta de culata, de unas características y tecnologías muy especiales. Están unidos por unos pernos roscados que aseguran la estanqueidad entre culata y bloque (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.27)”.

Cárter: Es la tapa que cierra el bloque motor por su parte inferior, suele estar fabricada de chapa estampada o de una aleación de aluminio.

“Tiene la misión de hacer de depósito de aceite, refrigerándolo ligeramente. Alberga el tapón de vaciado para realizar el cambio de aceite y puede alojar sensores de temperatura, nivel de aceite (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.28)”.

Árbol de levas: “Se encarga de abrir y cerrar las válvulas de forma sincronizada para poder realizar los tiempos de un ciclo del motor (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.35)”.

“Suele ser de fundición de hierro o de acero forjado, seguido de un tratamiento térmico y/o químico (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.36)”.

Válvulas: Son otro de los mecanismos importantes del motor, existen dos tipos:

“Las válvulas de admisión se abren teóricamente en el punto muerto superior (PMS) y se cierran en el punto muerto inferior (PMI). Estas permiten el paso de gases frescos al cilindro en el tiempo de admisión y lo evitan en el resto de los tiempos. El número de válvulas de admisión varía de una a tres válvulas por cilindro (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016)”.

“Las válvulas de escape abren teóricamente en el PMI y cierran en el PMS. Se abren para la salida de los gases quemados hacia el escape durante el tiempo de escape y se cierran el resto de los tiempos. Suele haber una o dos válvulas de escape por cilindro. (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016)”.

Suelen ser muy robustas y estar fabricadas en acero u otros materiales como el titanio, ya que trabajan a temperaturas muy altas.

Pistón: “Es el elemento del motor que se desplaza dentro del cilindro con movimiento lineal alternativo, sirviéndole el cilindro como guía (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.29)”.

“Sobre la cabeza del pistón se produce la combustión o fuerza de expansión de los gases. Esta fuerza empuja el pistón hacia abajo en su carrera descendente y, a su vez, el pistón transmite el movimiento a la biela a través del bulón y la biela al cigüeñal (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.29)”.

“Los materiales más usados en la fabricación de los pistones son el aluminio y el silicio. El proceso de fabricación puede ser por fundición en coquilla o el forjado por estampación. Después

se mecanizan y son tratados térmica o químicamente en su parte exterior para aumentar más aún su resistencia y capacidad de deslizamiento (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.30)".

Cigüeñal: "Es un árbol motriz, donde se albergan tantos codos como cilindros tenga el motor, recibe la fuerza de la combustión a través de las bielas y se convierte en un par que hace girar al cigüeñal. (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.32)".

"Los cigüeñales se fabrican en fundición de hierro aleados con otros materiales. Los más comunes son los forjados por estampación de acero aleado. Posteriormente se les da un tratamiento superficial que puede ser nitruración, cementación, temple o revenido. (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.33)".

Bielas: "Es la pieza que transmite la fuerza del pistón al cigüeñal y es clave en la transformación del movimiento lineal alternativo del pistón en un movimiento de rotación del cigüeñal (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.31)".

"Se suelen fabricar por fundición de hierro o forjado por estampación de hierro al carbono aleado con otros materiales (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2016) (p.32)".

2.2. SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA

"Los sistemas de inyección de gasolina presentan grandes ventajas frente a los carburadores y en muchas aplicaciones su empleo es obligado frente al de éstos. Las ventajas se pueden establecer en términos tanto de calidad de la mezcla, como del mejor control de dosado que se puede alcanzar, incluyendo todas las condiciones operativas del motor." (Payri & Desantes, 2011) (p.471)

"Prácticamente todos los sistemas de inyección son de tipo eléctrico para obtener la presión de inyección y de tipo electrónico para calcular la cantidad de combustible, por lo que se pueden considerar para ello determinadas variables operativas del motor: régimen, grado de carga, posición del acelerador, temperatura del motor." (Payri & Desantes, 2011) (p.471)

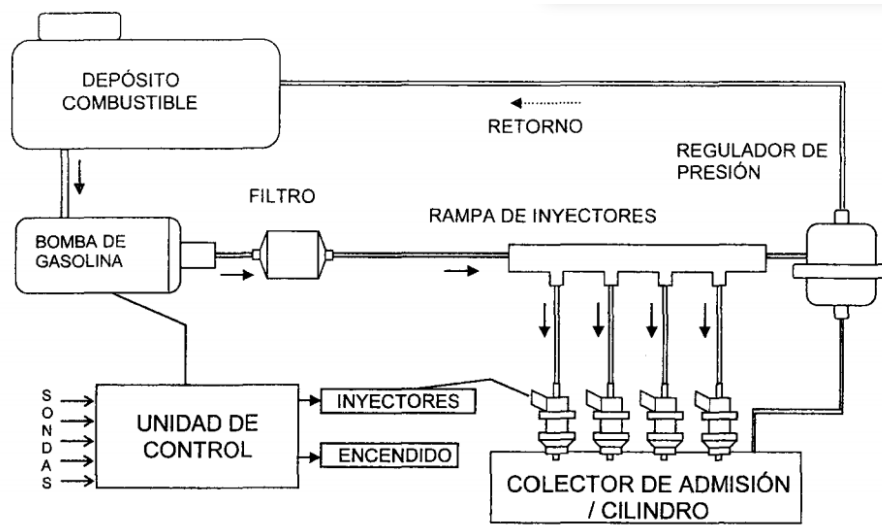


Ilustración 3: Esquema general de un sistema electrónico de inyección de gasolina.

Fuente: **(Payri & Desantes, 2011)**

En la ilustración 3 “se distinguen los siguientes componentes: una bomba de gasolina que eleva la presión hasta un valor en torno a unos 3-6 bar para inyección en el colector y hasta 150-200 bar en caso de inyección directa en el cilindro, un filtro, un conducto presurizado lleno del combustible (rampa de inyectores), cuya presión se mantiene mediante un regulador de presión, y un conducto de retomo del exceso de combustible al depósito. Los inyectores se accionan mediante señales eléctricas (12 V) proporcionadas por una unidad de control, que tiene en cuenta el mapa de requerimientos de dosado para cada condición operativa, determinada por las señales de diversos sensores (gasto de aire, presión en colector, temperaturas).” (Payri & Desantes, 2011) (p.472)

Tipos de sistemas de inyección de gasolina:

Inyección indirecta: Es cuando “el combustible se inyecta a través de un inyector por cilindro (inyección multipunto) en las proximidades de las válvulas de admisión.” (Payri & Desantes, 2011) (p.474)

Inyección directa: “El combustible se inyecta dentro de la cámara de combustión, durante la carrera de admisión en unos casos y al final de la de compresión en otros.” (Payri & Desantes, 2011) (p.474)

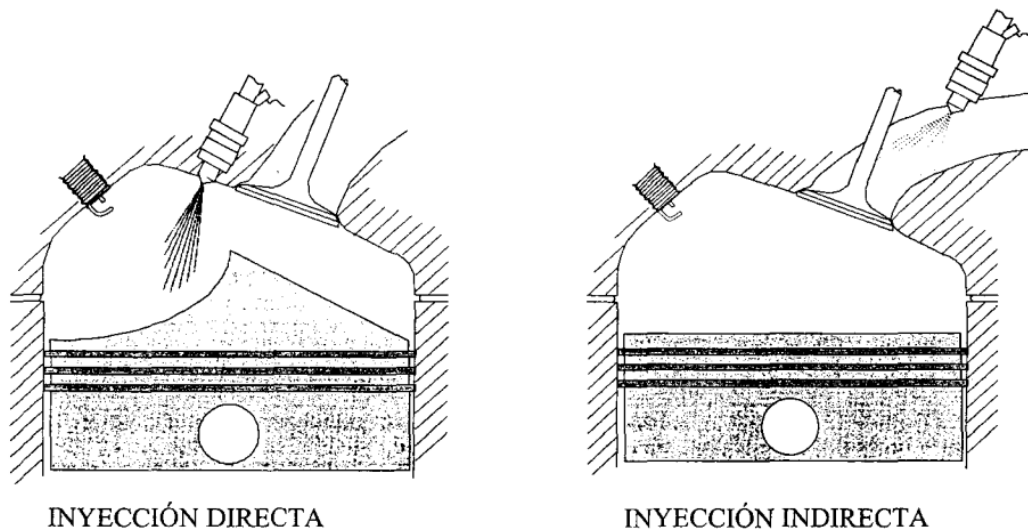


Ilustración 4: Comparación entre la inyección directa en la cámara de combustión y la inyección indirecta en el colector de admisión.

Fuente: **(Payri & Desantes, 2011)**

De acuerdo al número de inyectores:

Inyección mono-punto: "Es cuando existe un solo inyector para todos los cilindros (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015) produce la inyección justo en el colector de admisión".

Inyección multipunto: "Se caracteriza por tener un inyector por cada uno de los cilindros (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015) suele ser más eficiente que la de mono-punto".

De acuerdo a la cantidad de inyecciones:

Inyección continua: "Están constantemente introduciendo combustible en el colector de admisión, y la dosificación se encomienda básicamente al diferencial de presiones entre el combustible y la corriente de aire." (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)".

Inyección discontinua: "Mantienen constante el diferencial de presión entre combustible y aire, por lo que la variable a controlar es el tiempo de inyección, alargando o acortando dicho tiempo para introducir más o menos combustible (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)".

Según el accionamiento de los inyectores por ciclo:

Inyección agrupada: Todos los inyectores inyectan a la vez, por lo que un inyector dado se abre cuatro veces en cada ciclo de su correspondiente cilindro. Tres procesos de apertura coinciden con la válvula de admisión cerrada, acumulándose el combustible sobre la misma, y un proceso coincide con la válvula de admisión abierta. La única ventaja de esta disposición es que el calculador sólo tiene que proporcionar una única señal de accionamiento de los inyectores, pero ha dejado de usarse en la actualidad. (Payri & Desantes, 2011)

Inyección semi-secuencial: Los inyectores se agrupan por parejas, con sólo dos señales de accionamiento del calculador. Cada inyector se acciona dos veces por ciclo, normalmente coincidiendo con la válvula de admisión cerrada (salvo tiempos de inyección largos). (Payri & Desantes, 2011)

Inyección secuencial: Es el más utilizado en la actualidad. Cada inyector se acciona por separado, requiriéndose cuatro señales independientes de accionamiento, coincidiendo con periodos en los que la válvula de admisión está cerrada. En algunos sistemas el tiempo total de inyección para cada cilindro se divide en dos procesos de inyección. (Payri & Desantes, 2011)

2.2.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE GASOLINA

Depósito de combustible: Es un recipiente seguro donde se almacena el combustible.



Ilustración 5: Depósito de combustible

Fuente: Mundo Repuesto

Bomba de gasolina: “La bomba eléctrica de combustible debe aportar al motor, en todas las condiciones de funcionamiento, suficiente combustible con la presión requerida para la inyección.” (Bosch, 1999) Este es un elemento esencial del sistema de inyección.

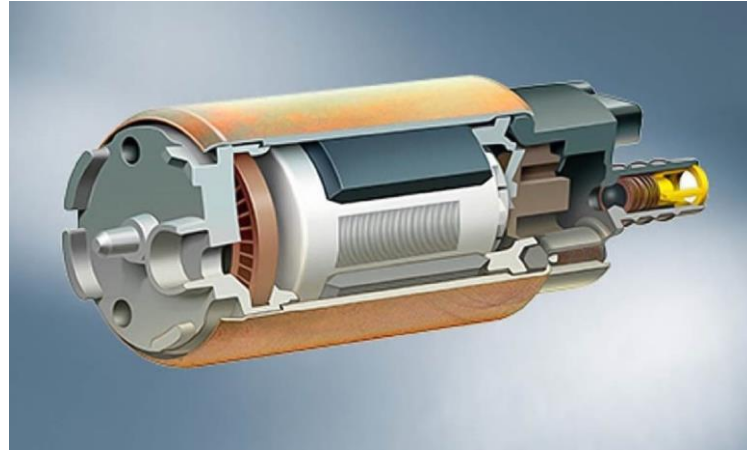


Ilustración 6: Bomba eléctrica de combustible

Fuente: Actualidad Motor

Inyectores: Las principales misiones del inyector son controlar el tiempo de inyección, la dosificación precisa y la correcta preparación del chorro para la formación de la mezcla y la combustión. Para ello es indispensable un sistema de control. (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)



Ilustración 7: Inyectores

Fuente: Bosch Autopartes

Mariposa: “La presión de admisión al cilindro es la variable de control de la carga en, se gestiona mediante la válvula de mariposa.” (Payri & Desantes, 2011) Por medio de un circuito colector de admisión. Se encarga de controlar el flujo de aire que se usara en el proceso de ignición.

Centralita electrónica: “Se basa en el procesado digital de las medidas de parámetros de funcionamiento del motor proporcionadas por diferentes sensores instalados a tal efecto y, tras diferentes cálculos, el sistema de control decide las acciones de control a aplicar, mediante señales eléctricas, a los diferentes actuadores presentes en el motor. Todo este conjunto de complejos sistemas es centralizado y coordinado a través de un procesador central que recibe el nombre de unidad de control electrónico, comúnmente referida como ECU (Payri & Desantes, 2011)”.



Ilustración 8: Unidad de Control Electrónico

Fuente: Speed - Pro

Canister: “Filtro de carbono activo para evitar la salida de vapores durante los repostajes (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)”.

Filtro de gasolina: “El filtro tiene en su interior un cartucho de papel o celulosa que tamiza el combustible, y una rejilla metálica en la salida que evita que las partículas desprendidas del cartucho puedan acceder a los inyectores (Payri & Desantes, 2011)”.



Ilustración 9: Filtros de combustible

Fuente: FRAM Europa

2.3. GAS LICUADO DE PETRÓLEO

El gas licuado de petróleo es una mezcla de hidrocarburos ligeros obtenidos en el proceso de refinado del petróleo, compuestos principalmente por butano y propano en proporciones variables.

“El propano se obtiene por la combinación de tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno C_3H_8 , y el butano con cuatro átomos de carbono y 10 de hidrógeno C_4H_{10} (Maho, 2015)”.

“Se obtiene del proceso de refinación del petróleo y de Plantas Recuperadoras de Gas Natural (Di Pelino, Vianco, Iglesias, Katz, & Daniele, 2002)”.

“El GLP tiene dos orígenes: el 60% de la producción se obtiene durante la extracción de gas natural y petróleo del suelo. El 40% restante se produce durante el refinado de crudo de petróleo. El GLP es, por tanto, un producto secundario que existe de forma natural (World LPG Association, 2015)”.

“A presión atmosférica y temperatura ambiente (1 atmósfera y $20^{\circ}C$), el Gas Licuado de Petróleo se encuentra en estado gaseoso. Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del butano debe ser inferior a $-0,5^{\circ}C$ y la del propano a $-42,2^{\circ}C$. En cambio, para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al G.L.P. a presión. Para el butano, la presión debe ser de más de 2 atmósferas. Para el propano, la presión debe ser de más de 8

atmósferas. Un litro de líquido se transforma en 272,6 litros de gas para el propano y 237,8 litros de gas para el butano (Di Pelino, Vianco, Iglesias, Katz, & Daniele, 2002)".

"GLP, como mezcla de propano y butano, es líquido a una presión de 2 a 20 bar (dependiendo de la relación propano/butano y de la temperatura) y por ello se llama también gas licuado (Bosch, 1999)". Se almacenan y transportan en forma líquida aunque siempre van acompañados de una cámara de fase gaseosa.

El gas licuado de petróleo es un combustible apto para motores de Ciclo Otto, pero estos tienen que someterse a una adaptación en el sistema de inyección. "En todos los vehículos con motor de combustión es posible el cambio a funcionamiento con GLP. Mayormente se equipan para el funcionamiento bivalente los motores Otto (con gasolina o GLP). Los taxis y autocares con instalaciones para GLP son en su mayor parte para funcionamiento sólo con GLP (Bosch, 1999)".

"El GLP es el combustible alternativo de automoción más empleado. A día de hoy, el GLP es el carburante alternativo más extendido en el sector de automoción, con más de 13 millones de vehículos en todo el mundo. El valor añadido del GLP como carburante de automóvil reside en que genera considerablemente menos emisiones que otros combustibles fósiles, lo cual ayuda a proteger el medio ambiente y la salud humana y, a la vez, contribuye a mitigar la amenaza del cambio climático. (World LPG Association, 2015)".

Los principales componentes del GLP son el propano y el butano. En Honduras, el costo del galón de gas licuado de petróleo es menos de la mitad en comparación con la gasolina, el costo es de L. 34.84 mientras que el de la gasolina es de L. 79.60, y su incorporación a la mecánica no implica una modificación importante del motor. El gas licuado de petróleo contamina mucho menos, ya que "emite un 50% menos de monóxido de carbono, un 40% menos de hidrocarburos y un 35% menos de óxidos de nitrógeno que la gasolina. Además, su potencial de formación de ozono es un 50% menor. (World LPG Association, 2015)". Su peligrosidad no va más allá de la de cualquier otro combustible inflamable.

2.4. SISTEMA DE ADAPTACIÓN A GAS LICUADO DE PETRÓLEO

El sistema de adaptación consta de los siguientes elementos:

Depósito: Es el tanque del gas. "Contiene el GLP líquido a unos 7 bar, disponiendo de varias válvulas: seguridad (tarada a 30 bar), anti-desbordamiento, que limita la capacidad del depósito al 80% de su volumen, de alimentación del motor, así como la válvula o conexión de llenado. La alimentación se realiza con el gas en estado líquido. Además hay un indicador de nivel de la fase líquida (Payri & Desantes, 2011)".

Válvula de corte: Es una electroválvula que está ubicada en el reductor-vaporizador, que corta el flujo de gas en caso de emergencia o si mediante el conmutador se selecciona la utilización de otro combustible.

Reductor-vaporizador: "El vaporizador y regulador de presión tiene varias funciones. En primer lugar, evaporar el GLP que se encuentra almacenado en el depósito en estado líquido, mediante una reducción de presión y aporte de calor a través del agua de refrigeración del vehículo. Se encarga también de reducir la presión del GLP y regularla a presión constante, y finalmente suministra la cantidad correcta de GLP gas demandada por el sistema de inyección (o la unidad de mezcla en los sistemas más sencillos (Payri & Desantes, 2011)".

Filtro: Se sitúa entre el evaporador y el conducto distribuidor de gas y su función es filtrar las partículas minúsculas del gas para proteger las válvulas de insuflado del mismo, está dotado de un sensor que mide la temperatura y la presión del gas y la carga del motor.

Inyectores: Su función es inyectar el gas en el colector de admisión con la dosificación exacta, la cual es calculada por la computadora del equipo de gas.

Centralita: Es la computadora del equipo de gas, su principal función "es regular la alimentación de GLP de modo que el dosado de la mezcla suministrada al motor sea en todo momento la adecuada a las necesidades del mismo, manteniendo además las condiciones de seguridad necesarias (Payri & Desantes, 2011)".

Conmutador: Consiste en un mando de control que se instala en el salpicadero del vehículo mediante el cual se selecciona el modo en el que se quiere circular (Gas o Gasolina). En el

conmutador también podemos observar en todo momento con que combustible estamos circulando así como el nivel de gas que nos queda en nuestro depósito. También nos dará información de si existe algún problema en el sistema.

III. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología empleada para el desarrollo de esta investigación. Se muestra el enfoque, las técnicas e instrumentos, la metodología de estudio y las actividades realizadas para esta investigación.

3.1. ENFOQUE

El enfoque que se optó para la investigación es cuantitativo debido a que se recopilan y analizan datos numéricos para comprobar teorías. "Para este enfoque, si se sigue rigurosamente el proceso y, de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad, las conclusiones derivadas contribuirán a la generación de conocimiento (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)".

Esta investigación tiene un diseño experimental, ya que se modifican los valores de las variables independientes con el objetivo de determinar el efecto que tienen estos cambios sobre la variable dependiente. Además, el alcance es exploratorio, ya que el objetivo es examinar un tema de investigación poco estudiado. "Esta clase de estudios son comunes en la investigación, sobre todo en situaciones en las que existe poca información (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)".

3.1.1. VARIABLE DE INVESTIGACIÓN

"Las variables de investigación son las propiedades medidas y que forman parte de las hipótesis o que se pretenden describir (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)".

"La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)".

3.1.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son aquellas que se les considera que influyen en las variables dependientes y para este proyecto de investigación son:

- El combustible: Se utilizará gasolina y luego se adaptará el motor de la misma lancha para trabajar con GLP.
- Precio del combustible: Es brindado semanalmente por la Secretaria de Energía.
- El motor de la lancha, marca Yamaha con una potencia de 75 hp.
- Equipo de adaptación a GLP: Se utilizará el sistema Lovato de adaptación a GLP.
- Demanda de trabajo: se medirá por horas trabajadas del motor de la lancha.

3.1.3. VARIABLES DEPENDIENTES

Para este proyecto son:

- Consumo de combustible: depende de las horas trabajadas y del tipo de combustible que se utiliza.
- Costo por consumo de combustible: depende del consumo de combustible y del precio del combustible.
- Emisiones de gases de efecto invernadero: se miden en kg de CO₂ equivalentes y dependen del consumo y tipo de combustible.

3.2. HIPÓTESIS

En este apartado se contempla las propuestas de la hipótesis de investigación e hipótesis nula. Para esta investigación, la adaptación del motor marino se realizó en la empresa Aquafinca Saint Peter Fish ubicada en San Francisco de Yojoa, Cortés, Honduras.

Hipótesis de investigación (Hi): La adaptación de un motor marino de combustión interna de gasolina a gas licuado de petróleo generará ahorro económico para la empresa.

Hipótesis nula (H0): La adaptación de un motor marino de combustión interna de gasolina a gas licuado de petróleo no provoca ahorro económico para la empresa.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En este apartado se exponen las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo de esta investigación.

3.3.1. TÉCNICAS APLICADAS

En este apartado se describen las técnicas e instrumentos aplicados cuya la finalidad es de obtener datos e información vitales para la realización de este proyecto de investigación.

3.3.1.1. Entrevista

Esta técnica es utilizada para obtener cierta información necesaria para calcular los costos de del equipo de adaptación y de la instalación del mismo ya que dependen de los precios del mercado local, además se entrevistó al encargado de producción para obtener el tiempo promedio semanal que está trabajando la lancha y también al operario de la lancha para validar el correcto funcionamiento de la lancha con el nuevo combustible.

3.3.1.2. Recolección de Datos

Esta técnica es utilizada para obtener datos sobre el rendimiento y consumo de los combustibles, el consumo de un vehículo cambia en función a la manera en la que el operador del vehículo lo conduce, es importante mencionar que en esta investigación el vehículo en estudio es una lancha con motor fuera de borda de la marca Yamaha con una potencia de 75 hp, también que el consumo de combustible en este tipo de lanchas se mide en galones consumidos por horas trabajadas. En general, entre más rápido el operador conduce un vehículo más alto es el consumo de combustible, con el objetivo de obtener datos de consumo de combustible precisos, se determinó realizar un promedio de consumo para cada combustible, mediante tres mediciones de consumo de gasolina y tres mediciones de consumo de gas licuado de petróleo.

3.3.2. INSTRUMENTOS

Para el análisis económico se utilizó Excel como software ya que al ser una hoja de cálculo permite trabajar con todos los datos numéricos involucrados en dicho análisis.

3.4. MATERIALES

Los materiales utilizados para el proyecto de investigación fueron los siguientes:

1. Lancha con motor fuera de borda.
2. Equipo de adaptación a gas licuado de petróleo.
3. Cilindro de gas.
4. Contenedor de combustible.
5. Surtidor de gasolina.
6. Llenadora de cilindros de GLP.

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

3.4.1.1. Lancha con motor fuera de borda

El motor fuera de borda tiene la finalidad de dar fuerza para poner a la embarcación en movimiento y permitirle navegar. (OSPESCA, 2012)

La lancha es utilizada para transportarse dentro del área de producción de la empresa, el motor fuera de borda es de la marca Yamaha con una potencia de 75 hp, es de cuatro cilindros y utiliza gasolina como combustible.



Ilustración 10: Motor Marino marca Yamaha de 75 hp

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.2. Equipo de adaptación a gas licuado de petróleo.

El equipo de adaptación a gas licuado de petróleo empleado para este proyecto es "EASY FAST DIRECT INJECTION ExR 4 CILINDROS GLP" de la marca Lovato, tiene la finalidad de adaptar el sistema de inyección del motor para que funcione con gas licuado de petróleo, es importante mencionar que el sistema de adaptación no elimina la posibilidad de utilizar gasolina como combustible, en realidad permite la posibilidad de utilizar cualquiera de los dos combustibles.

Los componentes del sistema de adaptación a gas son:

Depósito: Es el tanque del gas, para efectos de esta de investigación como depósito de gas será utilizado un cilindro de 25 libras de GLP.



Ilustración 11: Cilindro de gas de 25lb

Fuente: Elaboración Propia

Válvula de corte: Es una electroválvula que está ubicada en el reductor-vaporizador, que corta el flujo de gas en caso de emergencia o si mediante el conmutador se selecciona la utilización de otro combustible.

Reductor-vaporizador: "El vaporizador y regulador de presión tiene varias funciones. En primer lugar, evaporar el GLP que se encuentra almacenado en el depósito en estado líquido, mediante una reducción de presión y aporte de calor a través del agua de refrigeración del vehículo. Se encarga también de reducir la presión del GLP y regularla a presión constante, y finalmente suministra la cantidad correcta de GLP gas demandada por el sistema de inyección (o la unidad de mezcla en los sistemas más sencillos)." (Payri & Desantes, 2011)



Ilustración 12: Reductor- Vaporizador marca Lovato

Fuente: Elaboración Propia

Filtro: Se sitúa entre el evaporador y el conducto distribuidor de gas y su función es filtrar las partículas minúsculas del gas para proteger las válvulas de insuflado del mismo, está dotado de un sensor que mide la temperatura y la presión del gas y la carga del motor.



Ilustración 13: Filtro de Gas marca Lovato

Fuente: Elaboración Propia

Inyectores: Su función es inyectar el gas en el colector de admisión con la dosificación exacta, la cual es calculada por la computadora del equipo de gas.



Ilustración 14: Inyectores de Gas marca Lovato

Fuente: Elaboración Propia

Centralita: Es la computadora del equipo de gas, su principal función "es regular la alimentación de GLP de modo que el dosado de la mezcla suministrada al motor sea en todo momento la adecuada a las necesidades del mismo, manteniendo además las condiciones de seguridad necesarias." (Payri & Desantes, 2011)



Ilustración 15: Centralita marca Lovato

Fuente: Elaboración Propia

Conmutador: Consiste en un mando de control que se instala en el salpicadero del vehículo mediante el cual se selecciona el modo en el que se quiere circular (Gas o Gasolina). En el conmutador también podemos observar en todo momento con que combustible estamos circulando así como el nivel de gas que nos queda en nuestro depósito. También nos dará información de si existe algún problema en el sistema.



Ilustración 16: Conmutador

Fuente: Lovato

3.4.1.3. Cilindro de Gas

Son envases seguros y eficientes para almacenar, transportar y utilizar el gas licuado de petróleo. (Lipigas, 2020) Para efectos de esta investigación se utilizaran cilindros de gas de 25 libras de la empresa Tropigas.



Ilustración 17: Cilindro de gas de 25lb

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.4. Contenedor de Combustible

Es un envase utilizado para almacenar y transportar líquidos inflamables de manera segura, es de plástico y tiene la capacidad para almacenar seis galones.



Ilustración 18: Contenedor de Combustible

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.5. Surtidor de Gasolina

Un surtidor de gasolina es una máquina que mide la cantidad de combustible suministrada a los consumidores, este tipo de maquinaria se encuentra en gasolineras.

Según (Pelp, 2019) para determinar qué cantidad de combustible está ingresando al tanque del vehículo, existe una válvula reguladora que se encarga de medir el flujo de dicho líquido. Luego, pasa la información a una computadora que muestra la cantidad exacta de combustible que se ha despachado. Además, la válvula se encarga de que pase la cantidad correcta de líquido mediante una membrana que regula su flujo.



Ilustración 19: Surtidor de Gasolina de la empresa Aquafinca

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.6. Llenadora de Cilindros de GLP

Es un surtidor de gas, esta maquinaria está encargada de llenar y pesar los cilindros de gas, cuenta con una balanza que garantiza el peso correcto de los cilindros.



Ilustración 20: Llenadora de Cilindros de GLP de la empresa Tropigas

Fuente: Elaboración Propia

3.5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ADAPTACIÓN A GLP

Para este proyecto de investigación, el vehículo que estamos estudiando es una lancha con motor fuera de borda marca Yamaha con una potencia de 75 hp.

El equipo de adaptación a GLP es de la marca Lovato y los pasos para realizar una instalación de calidad son los siguientes:

- 1) Fijar el reductor-vaporizador, se conectan las mangueras que sirve para transportar el agua por el sistema, una desde la salida de agua del motor hacia la entrada de agua del reductor vaporizador y la otra desde la entrada de agua del radiador hacia la salida de agua del componente.



Ilustración 21: Reductor-Vaporizador fijado en Motor Marino Yamaha

Fuente: Elaboración Propia

- 2) Fijar el filtro de gas, se conecta la manguera de gas desde la salida de gas del reductor-vaporizador hacia la entrada del filtro de gas, se conecta la manguera de vacío desde el reductor-vaporizador hacia el filtro de gas, luego se conecta la manguera de gas desde la salida del filtro hacia los inyectores de gas.



Ilustración 22: Filtro de gas fijado en Motor Marino Yamaha

Fuente: Elaboración Propia

- 3) Fijar la centralita del gas, que es la computadora del sistema de gas.



Ilustración 23: Centralita fijada en Motor Marino Yamaha

Fuente: Elaboración Propia

- 4) Este paso es el más importante para garantizar un funcionamiento correcto del sistema de adaptación, se conecta el arnés de cables a la centralita del gas, luego empezamos a aislar el arnés de cables con cinta aislante negra, esto es con el propósito de realizar una instalación profesional y evitar cables sueltos por el motor.



Ilustración 24: Conector Principal del arnés de cables

Fuente: Elaboración Propia

- 5) Se corta y se pelan los cables negativos de la peineta para cableado que tiene cada uno de los cuatro inyectores, para identificar el positivo este es el color de cable que tienen en común los cuatro inyectores y para identificar los negativos son de un color diferente para cada inyector, luego se sueldan con estaño los cables del arnés que mandan el pulso desde los inyectores hacia la centralita del gas, son ocho cables, dos azules que son para el primer inyector, dos rojos que son para el segundo inyector, dos amarillos que son para el tercer inyector y dos verdes que son para el cuarto inyector.



Ilustración 25: Cables de señal de los inyectores

Fuente: Elaboración Propia

- 6) Se pela el cable positivo de la peineta para cableado de los cuatro inyectores y se suelda el cable blanco del arnés, este cable tiene la función de recibir los datos de corriente.
- 7) Se realizan cuatro perforaciones en el colector de admisión con un taladro y luego mediante el uso de un machuelo se le da forma de rosca a la perforación para la instalación de boquillas que servirán para la entrada del gas al colector de admisión.



Ilustración 26: Colector de Admisión perforado

Fuente: Elaboración Propia

- 8) Se conecta la manguera de la salida de gas del filtro a los inyectores de gas y después se conectan las mangueras entre cada boquilla y su respectivo inyector de gas.



Ilustración 27: Inyectores de Gas

Fuente: Elaboración Propia

- 9) Se conecta el cable del arnés que es para el filtro de gas, este cable es un sensor que sirve para leer la presión, la temperatura de gas y también mide la cantidad de vacío que hay en el colector de admisión.



Ilustración 28: Conector del sensor del filtro de gas

Fuente: Elaboración Propia

10) Se conecta el cable del arnés que es para el reductor vaporizador, este cable es una válvula eléctrica de paso, lo que significa que esta abre o interrumpe el paso del gas.



Ilustración 29: Conector de la válvula de paso de gas

Fuente: Elaboración Propia

- 11) Se suelda el cable del arnés de las revoluciones por minuto o rpm con el cable de pulso de la primera bobina.
- 12) Se perfora un agujero con un taladro en el tablero de la lancha, a través del mismo se introduce el cable del arnés que es para el conmutador, este se conecta con el conmutador y se fija en el tablero.
- 13) Se conectan los cables positivo y negativo del arnés de cables con la batería de la lancha.
- 14) Conectar la manguera del gas desde la entrada de gas del reductor vaporizador hacia la salida del gas del cilindro.

3.5.2. ANÁLISIS TÉCNICO

Para obtener datos sobre el rendimiento y consumo de los combustibles, se hicieron tres mediciones utilizando gas licuado de petróleo y tres mediciones utilizando gasolina, es importante mencionar que para efectos de esta investigación se utilizó cilindros de 25 libras de GLP lo que es equivalente a 5.63 galones, para verificar este peso se hizo uso de una balanza electrónica, es importante mencionar que los resultados obtenidos son en galones consumidos por hora trabajada, para hacer una comparación del rendimiento de los combustibles se empleó

la cantidad de 6.3 galones de gasolina que es la capacidad total del tanque de gasolina del motor de la lancha, esto se validó al momento de la compra del combustible, mediante la medición exacta de 6.3 galones que proporcionó el surtidor de gasolina de la empresa.



Ilustración 30: Capacidad Total del Tanque de Gasolina del Motor de la Lancha

Fuente: Elaboración Propia

Cada prueba de combustible se realiza de la siguiente manera, en el caso del gas se conecta un cilindro de 25 libras de GLP al sistema de adaptación de gas y se utiliza la lancha hasta que se consume la totalidad del gas, el tiempo que está funcionando la lancha se mide mediante la utilización de un cronometro digital. Para la prueba de consumo de gasolina se vierten los 6.3 galones de gasolina y se utiliza la lancha hasta que se consume la totalidad de la gasolina, el tiempo que está funcionando la lancha se mide la misma manera que con las pruebas de consumo de gas. Al finalizar las pruebas de consumo se registraron los datos obtenidos en una tabla y se calculó el promedio de consumo por hora trabajada para cada tipo de combustible, con estos datos se obtuvo la comparación del rendimiento de los combustibles.



Ilustración 31: Ejecución de Pruebas de Consumo

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Según (Baca Urbina, 2013) el análisis económico comienza con la determinación de los costos totales y de la inversión inicial, continúa con la determinación de la depreciación y amortización de toda la inversión inicial. La siguiente etapa, que es la evaluación económica, es la determinación de la tasa de rendimiento mínima aceptable y el cálculo de los flujos netos de efectivo. Los flujos provienen del estado de resultados proyectados para el horizonte de tiempo seleccionado.

3.5.3.1. Consideraciones Financieras

En este apartado se describen las consideraciones iniciales para el análisis económico del proyecto.

1. Inversión Inicial

La inversión inicial se determinó mediante una cotización en el mercado nacional, en la empresa Tropigas, por la compra de un sistema de adaptación a GLP con un valor de L. 24,600. Ver Anexo 3 que contiene la cotización.

2. Ciclo de Vida del Proyecto

Se consideró a 10 años el tiempo de vida del proyecto, debido a que equivale al tiempo que le resta de vida a la lancha en la que se está instalando el sistema de adaptación a gas licuado de petróleo.

3. Depreciación

Se le llama depreciación a la reducción anual del valor de un activo fijo, debido al uso de estos bienes. El método utilizado para la depreciación de los equipos del proyecto es la depreciación en línea recta a 10 años, teniendo el activo un valor residual, al décimo año, equivalente al 1% del costo inicial.

4. Método de Financiamiento del Proyecto

El proyecto no tendrá financiamiento externo de una institución de crédito como los bancos, por el contrario, el monto de inversión inicial del proyecto será cubierto en su totalidad por fondos propios de la empresa Aquafinca Saint Peter Fish.

5. Tasa Mínima Aceptable de Retorno

Según (Baca Urbina, 2013), la tasa mínima aceptable de retorno es el porcentaje mínimo que el cliente espera obtener como ganancia sobre una inversión. La TMAR esperado por la empresa Aquafinca Saint Peter Fish para una inversión en lempiras equivale a un 12%.

3.5.3.2. Costos

(García Colín, 2014) Define costo como el valor monetario de los recursos que se entregan o prometen entregar a cambio de bienes o servicios que se adquieren.

Para efectos del proyecto, se realizó la estimación de costos para dos escenarios el primero los costos por el consumo de gasolina manteniendo las condiciones actuales de suministro y precio del combustible. Por otro lado, el segundo escenario representa los costos por consumo de gas licuado de petróleo, considerando que la empresa Tropigas es la encargada de suministrar los cilindros de GLP y que el precio del mismo es proporcionado por la secretaria de energía.

3.5.3.3. Validación económica

La validación económica consta de la evaluación de los datos monetarios para determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Para el análisis económico de esta investigación se utilizó la tasa interna de retorno (TIR).

Según (Solé Madrigal, 2011) la TIR es una técnica matemática derivada del VAN, la cual evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento, mediante la cual la totalidad de los flujos de caja netos (positivos y/o negativos) y actualizados a valor presente son exactamente iguales a la inversión inicial (negativa). En otras palabras, la tasa TIR es aquella tasa de descuento (r) que hace que el VAN sea cero.

Se define matemáticamente como:

$$0 = \sum_{t=1}^n FC_t (1+r)^{-t} - I_0 \text{ donde:}$$

$$0 = FC_1 (1+r)^{-1} + FC_2 (1+r)^{-2} + \dots + FC_{n-1} (1+r)^{-(n-1)} + FC_n (1+r)^{-n} - I_0$$

FC_t = Flujos Netos de Caja (en los períodos desde $t = 1$ hasta $t = n$)

I_0 = Inversión Inicial (en el momento cero)

r = Tasa Interna de Retorno (TIR)

Ilustración 32: Formula de la TIR

Fuente: **(Mete, 2014)**

Si la TIR es mayor a la tasa de expectativa, el proyecto es financieramente atractivo ya que sus ingresos cubren los egresos y generan beneficios adicionales por encima de la expectativa o alternativa. (Mete, 2014)

Si la TIR es menor a la tasa de expectativa, el proyecto no es financieramente atractivo ya que hay alternativas de inversión que pueden generar mejores resultados. (Mete, 2014)

3.5.4. ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO₂

Se calcularon las toneladas equivalentes de CO₂ que produce cada combustible anualmente y la diferencia total al finalizar los 10 años, multiplicando los factores de emisión de cada combustible por la cantidad de galones consumidos proyectados para cada año de la vida útil del proyecto. Para efectos de este proyecto los factores de emisión que se utilizaron son, para la gasolina de 2.157 kg CO₂/L y para el GLP de 1.671 kgCO₂/L. (Gobierno de España, 2020)

3.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades para la elaboración del Proyecto de Investigación	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Introducción	■									
Planteamiento del problema		■								
Marco teórico		■	■							
Metodología				■						
Instalación del equipo de adaptación					■					
Pruebas de consumo					■	■	■	■		
Análisis económico								■		
Resultados y Análisis								■		
Conclusiones								■		
Recomendaciones								■		
Bibliografía									■	
Anexos									■	
Informe final										■
Pre-defensa										■

Ilustración 33: Cronograma de Actividades

Fuente: Elaboración Propia

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de consumo, del análisis económico, del análisis de emisiones de CO₂ y en la entrevista.

4.1. ENTREVISTA

En la entrevista se obtuvo información importante para la realización de este proyecto de investigación, la lancha se utiliza en el área de seguridad de la empresa, específicamente para hacer rondas de seguridad alrededor de los jaulas de tilapia a una velocidad promedio de 10 nudos que equivale a 18.52 km/h, la velocidad máxima de la lancha es 26 nudos que equivale a 48.15 km/h, se utiliza 16 horas diarias los 365 días del año. El sistema de adaptación a gas no afecta de ninguna manera el funcionamiento correcto de la lancha. Ver Anexo 1 donde se encuentra la entrevista.

4.2. ANÁLISIS TÉCNICO

En el presente apartado se muestra los resultados de las pruebas de consumo realizadas para la estimación de consumo de combustible.

4.2.1. PRUEBAS DE CONSUMO DE GASOLINA

La dinámica para la realización de las pruebas de consumo de gasolina fue la siguiente, llenar el tanque de combustible del motor de la lancha que tiene una capacidad de 24 Litros o 6.3 Galones (US), y utilizar la lancha para su ocupación habitual hasta que se consuma en su totalidad el combustible. Ver Anexo 2 donde se muestran las horas de trabajo obtenidas en un cronometro digital para cada una de las tres pruebas de consumo de gasolina. Los resultados de las pruebas de consumo de gasolina se pueden observar en la siguiente tabla:

Gasolina	Consumo de Gasolina (Gal)	Horas de Trabajo (Hr)
Prueba #1	6.3	4.458
Prueba #2	6.3	4.197
Prueba #3	6.3	4.494
Promedio Total	6.3	4.383
Promedio por Hora de Trabajo	1.437	1.000

Tabla 2: Resultados de Pruebas de Consumo de Gasolina

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados nos muestran que en promedio se consume un tanque completo con una capacidad de 6.3 Galones (US) en 4.383 Hrs. También que por cada hora de trabajo del motor de la lancha se consumen en promedio 1.437 Galones (US).

4.2.2. PRUEBAS DE CONSUMO DE GLP

La dinámica para la realización de las pruebas de consumo de gasolina fue la siguiente, conectar un cilindro de 25lb de GLP que contiene 5.63 Gal (US) de GLP al sistema de adaptación a gas del motor de la lancha y utilizar la lancha para su ocupación habitual hasta que se consuma en su totalidad el combustible. Ver Anexo 3 donde se muestran las horas de trabajo obtenidas en un cronometro digital para cada una de las tres pruebas de consumo de GLP. Los resultados de las pruebas de consumo de GLP se pueden observar en la tabla 2.

GLP	Consumo de GLP (Gal)	Horas de Trabajo (Hr)
Prueba #1	5.63	3.586
Prueba #2	5.63	3.335
Prueba #3	5.63	3.457
Promedio Total	5.63	3.459
Promedio por Hora de Trabajo	1.627	1.000

Tabla 2: Resultados de Pruebas de Consumo de GLP

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados nos muestran que en promedio se consume un cilindro de 25lb que contiene 5.63 Galones (US) de GLP en 3.459 Hrs. También que por cada hora de trabajo del motor de la lancha se consumen en promedio 1.627 Galones (US).

4.2.3. PROYECCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Según la información adquirida en la entrevista, la lancha se utiliza 16 horas diarias los 365 días del año, aplicando los datos obtenidos de las pruebas de consumo, anualmente se proyecta el consumo de 9504 galones de GLP o 1688 cilindros de 25 lb de GLP, reemplazando una proyección de consumo de 8394 galones de gasolina anuales.

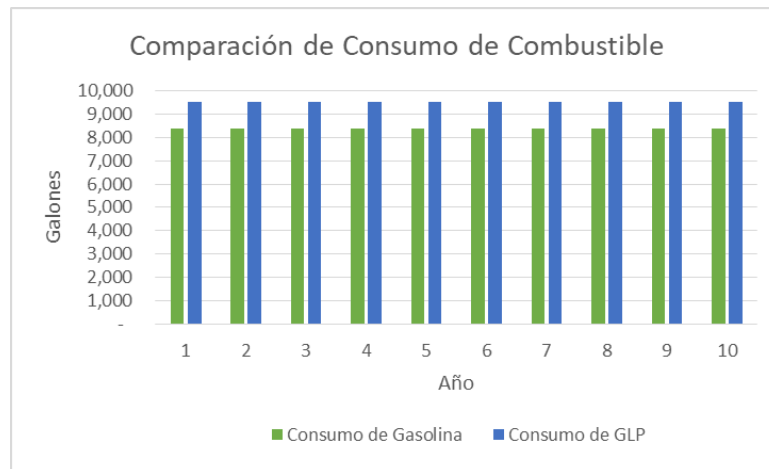


Ilustración 34: Gráfica de Proyección de Consumo de Combustible

Fuente: Elaboración Propia

Se consume 13.2% más de galones de GLP con respecto a la cantidad de galones de gasolina que consume el motor de la lancha, lo que representa una diferencia de 1110 galones de GLP anualmente. La tabla 3 nos muestra la relación de consumo entre ambos combustibles, el resultado es el consumo de 1.132 Gal (US) de GLP por cada galón de gasolina.

Relación de Consumo	
GLP (Gal)	Gasolina (Gal)
1.132	1

Tabla 3: Relación de Consumo GLP-Gasolina

Fuente: Elaboración Propia

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el siguiente apartado se especifica el análisis de los resultados obtenidos de los cálculos financieros y la determinación de la viabilidad económica del proyecto.

4.3.1. COSTO DE INVERSIÓN INICIAL

El costo de la inversión inicial para este proyecto es de \$1000 o L. 24,600 a una tasa de cambio de L.24.6 por cada dólar. Ver en Anexo 4 la cotización de un sistema de adaptación a gas.

4.3.2. PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES

Se obtuvo los datos de los precios de la gasolina y de cilindro de 25lb de gas licuado de petróleo del mes de octubre de cada año desde el 2015 hasta el 2020 y con esta información mediante el uso de Excel se realizó una proyección de los precios promedios de los combustibles hasta el año 2030. Ver anexo 7 donde se encuentra la tabla de precios de los combustibles y su proyección hasta el 2030.

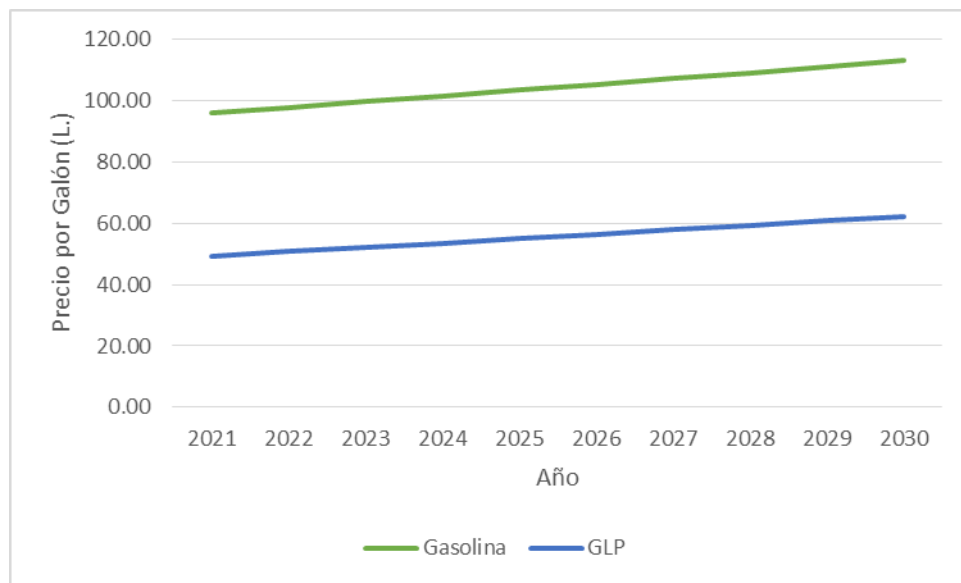


Ilustración 35: Gráfica de Proyección de Precios de los Combustibles hasta el 2030

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. AHORRO POR COSTO DE COMBUSTIBLE ANUAL

Considerando los precios proyectados en la tabla anterior y el consumo promedio anual proyectado para cada combustible, se calculó el costo promedio anual por consumo de gasolina en L. 877,270.51 y el costo promedio anual por consumo de GLP en L. 530,450.94 lo que señala un ahorro promedio anual en el costo por combustible para la empresa Aquafinca de L. 346,519.57 durante los 10 años de vida útil del proyecto. En la ilustración 36 se muestra el comportamiento de la proyección de costos para ambos combustibles.

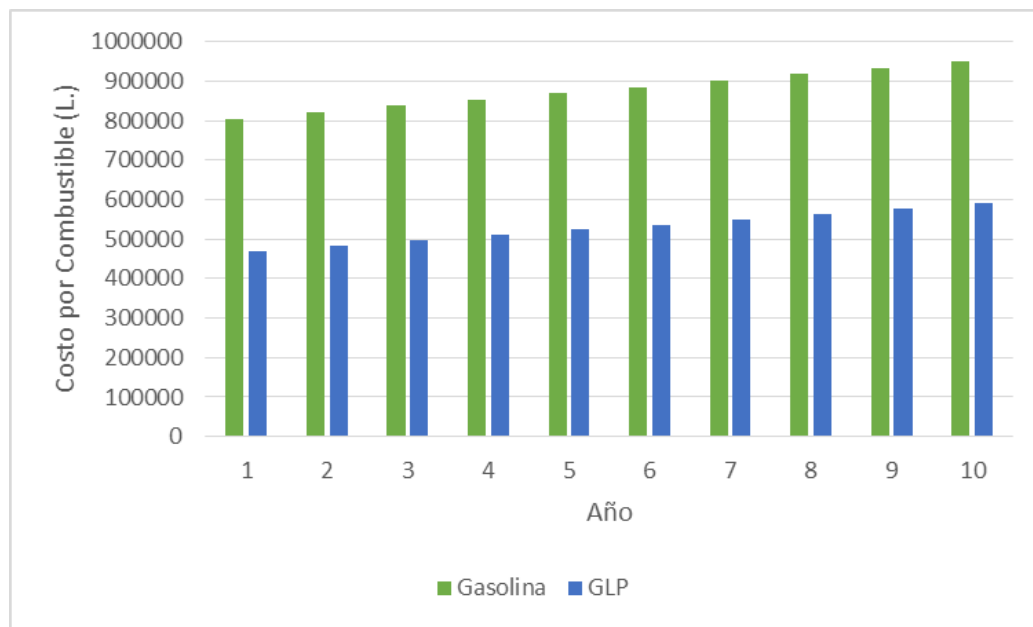


Ilustración 36: Gráfica de Proyección de Costos de los Combustibles

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la ilustración 36 el costo anual por gasolina es mayor al costo por GLP, también que los costos de ambos combustibles van a la alza cada año. El ahorro por consumo de combustible que genera la aplicación del sistema de adaptación a gas también aumenta cada año, para el año 1 el ahorro es de L. 336,742.24 y para el último año del proyecto es de L. 356,896.90.

4.3.4. MANTENIMIENTO

El mantenimiento preventivo requerido para el sistema de adaptación a gas es el reemplazo de la membrana y el filtro ubicados en el reductor vaporizador, se realiza una vez al año desde el segundo año hasta el último año de vida útil del equipo, tiene un costo anual de L. 1056.20 y lo puede realizar fácilmente cualquier técnico del área de mantenimiento de la empresa Aquafinca. Ver Anexo 5 donde se encuentra la cotización formal.

4.3.5. BENEFICIO FISCAL

Se utilizó la herramienta fiscal de la depreciación, que es la reducción anual del valor de un activo fijo, debido al uso de estos bienes. El método utilizado para la depreciación de los equipos del proyecto es la depreciación en línea recta a 10 años, teniendo el activo un valor residual, al décimo año, equivalente al 1% del costo inicial. En la tabla 4 se puede observar los resultados de la depreciación del equipo de adaptación a gas.

Año	Valor en Libros	Depreciacion	Depreciación Acumulada
0	L24,600.00	L0.00	L0.00
1	L22,164.60	L2,435.40	L2,435.40
2	L19,729.20	L2,435.40	L4,870.80
3	L17,293.80	L2,435.40	L7,306.20
4	L14,858.40	L2,435.40	L9,741.60
5	L12,423.00	L2,435.40	L12,177.00
6	L9,987.60	L2,435.40	L14,612.40
7	L7,552.20	L2,435.40	L17,047.80
8	L5,116.80	L2,435.40	L19,483.20
9	L2,681.40	L2,435.40	L21,918.60
10	L246.00	L2,435.40	L24,354.00

Tabla 4: Depreciación del Equipo de Adaptación a Gas

Fuente: Elaboración Propia

4.3.6. VALIDACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se muestran los indicadores de la validación económica del proyecto.

A. Periodo de Recuperación

En la ilustración 37, se muestran los flujos de efectivo, a 10 años, obtenidos con la instalación del sistema de adaptación a gas.

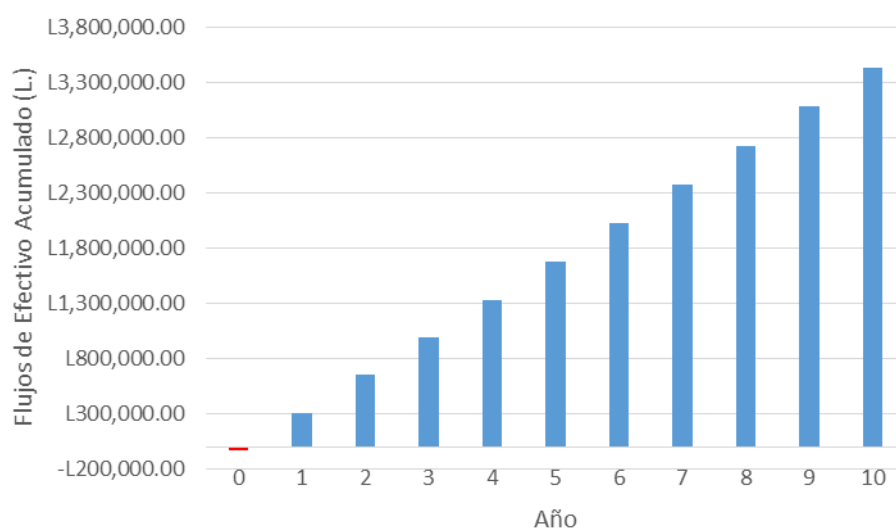


Ilustración 37: Flujo de Efectivo Acumulado del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Como se logra observar en la ilustración 37, en el primer año se recupera la inversión del proyecto, específicamente el periodo de retorno estimado del proyecto es de 0.07 años. Ver en Anexo 7 el estado de resultados, a partir del cual se obtienen los flujos acumulados de efectivo del proyecto.

B. TIR

Tomando en cuenta los flujos de efectivo proyectados en el apartado previo, se obtiene que el equipo de adaptación a gas tiene una tasa interna de retorno del 1369%, superior a la tasa mínima aceptable de retorno del 12.00%.

4.4. RESULTADOS ANÁLISIS DE EMISIONES DE CO₂

La instalación del equipo de adaptación a gas disminuye la emisión de gases de efecto invernadero causado por consumo de combustible del motor de la lancha. La ilustración 38 muestra la reducción de emisiones total al finalizar los 10 años de vida útil del equipo, en kg equivalentes de CO₂.

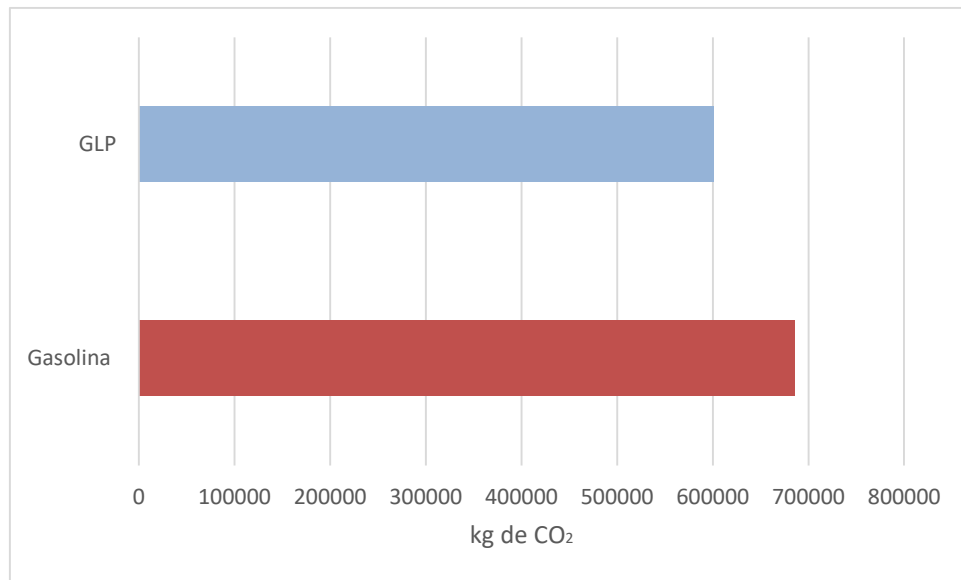


Ilustración 38: Grafica de Emisiones de CO₂

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la ilustración 38, la reducción en las emisiones, debido a la sustitución de la gasolina por GLP como combustible que utiliza el motor de la lancha, asciende a 84,158 kg equivalentes de CO₂ al finalizar los 10 años de vida útil del equipo.

V. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un proyecto de investigación que tuvo como objetivo determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la conversión de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo, a través de la instalación de un equipo de adaptación a gas en el motor de una lancha, como una estrategia de diversificación de la matriz energética de la empresa Aquafinca. En base a los resultados obtenidos en el análisis técnico y el análisis económico, se derivan las siguientes conclusiones:

- Se determinó factible técnica, económica y ambientalmente la adaptación de motores marinos de gasolina a gas licuado de petróleo.
- Se efectuó la instalación de un equipo de adaptación a gas licuado de petróleo en un motor marino de combustión interna de gasolina de la empresa Aquafinca.
- Se validó mediante una entrevista con el operario de la lancha el correcto funcionamiento de la misma con el nuevo combustible.
- Se determinó un costo total de L. 24,600 por la compra e instalación de un equipo de adaptación a GLP.
- Se determinó un ahorro promedio anual de L. 345,868.99 en costos por combustibles con la nueva tecnología.
- La Tasa Interna de Retorno del equipo de adaptación es de 1369 %, la cual supera la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento establecida por la empresa para la valoración de un proyecto en moneda nacional.
- Se determinó que el consumo promedio de combustible por hora trabajada es mayor en GLP que en gasolina con una relación de 1.132 galones de GLP por cada galón de gasolina.
- Se determinó una reducción de 84,158.93 kg de CO₂ al finalizar los 10 años de vida útil del equipo de adaptación.
- Se determinó que el flujo de efectivo acumulado del equipo de adaptación asciende a L. 3,434,089.94.
- Se calculó un tiempo de recuperación de la inversión en 0.07 años.

Se debe mencionar que hubo limitantes en la investigación del proyecto, se hace mención al tiempo, debido a que los huracanes ETA e IOTA azotaron Honduras, durante este tiempo no se pudieron realizar pruebas de consumo y debido al tiempo académico limitado se tuvo que promediar el resultado de tres pruebas de consumo que se hicieron para cada tipo de combustible y se realizó la instalación de solamente un equipo de adaptación en el motor de una lancha. No teniendo estas limitantes el análisis de resultados pudieron haber sido diferentes a los obtenidos. Se puede hacer mención a las oportunidades de mejora, como aumentar el tiempo de investigación y aumentar el número de pruebas de consumo para una proyección de consumo de combustible más adecuada.

A pesar de las limitantes, se espera que este estudio sea de utilidad para empresas que pretendan implementar esta nueva tecnología de adaptación para reducir costos por concepto de gasolina, también para otros estudiantes que decidan estudiar la adaptación de motores de gasolina a gas licuado de petróleo, los ahorros económicos que generan y las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero que se pueden alcanzar implementando esta nueva tecnología.

VI. RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo del proyecto y de las conclusiones formuladas, se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda instalar el equipo de adaptación a gas en el motor de lancha que tenga más horas de trabajo asignadas mensuales.
- Se recomienda la instalación de equipos de adaptación a gas en el resto de las lanchas utilizadas para seguridad en la empresa Aquafinca, para maximizar el ahorro en el costo por combustible.
- Se recomienda utilizar cilindros de gas nuevos, para evitar la entrada de óxido en los filtros del equipo de adaptación.
- Se recomienda la compra de equipo en el mercado nacional ya que incluye el costo de la instalación.
- Se sugiere un financiamiento propio por la empresa para una futura expansión en el número de equipos de adaptación para el resto de sus lanchas, dado el corto periodo de recuperación de la inversión.

VII. APLICACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Durante el proyecto de investigación, se necesitaron los conocimientos de varias clases que se cursaron en la universidad UNITEC. A continuación, se conocerán la distribución:

1. La clase de química fue de gran provecho por que se manejaron términos de química. Como el nombramiento de elementos y composición del GLP.
2. La clase de termodinámica fue de gran ayuda para entender los procesos de temperatura con respecto al consumo de GLP.
3. La clase de máquinas térmicas fue de gran ayuda porque se implementaron los conocimientos sobre motores de combustión interna.
4. Una de las clases que más se utilizó fue mecánica de fluidos, para saber aspectos específicos del GLP.
5. Las proyectos realizados para la clase de electrónica de potencia fueron de gran ayuda para aprender a soldar y analizar el funcionamiento correcto de los componentes electrónicos del equipo de adaptación a gas.
6. La clase de auditorías energéticas fue de gran ayuda al momento que se realizó el análisis financiero, ya que en esa clase se hizo un estudio de factibilidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Barros Barzallo, M., & Barrera Suárez, M. (2012). *Estudio del sistema GLP como combustible alternativo de uso en vehículos automotrices*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Bosch, R. (1999). *Manual de la técnica del automóvil 3ª Edición*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Di Pelino, A., Vianco, G., Iglesias, F., Katz, P., & Daniele, M. (2002). *Informe sobre la situación actual del Gas Licuado de Petroleo*. Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi".
- Escudero, S., González, J., Rivas, J., & Suárez, A. (2016). *Motores*. Macmillan.
- García Colín, J. (2014). *Contabilidad de Costos*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Gobierno de España. (Junio de 2020). Factores de Emisión. España: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación 6ª Edición*. México D.F.: McGraw Hill.
- Lipigas. (2020). *Lipigas Hogar*. Obtenido de Lipigas Web Site: <https://www.lipigas.cl/hogar/cilindro/que-es-un-cilindro-de-gas/>
- Maho, R. (2015). *Plan estratégico de negocios: gas LP para la carburación*. México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio*, VOL 7: (67-85).
- Obert, E. F. (1999). *Motores de combustión interna analisis y aplicaciones*. Editorial Continental.
- OSPESCA. (2012). *Guía general para el mantenimiento de motores fuera de borda para la pesca artesanal*.
- Payri, P., & Desantes, P. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Editorial Reverté.

Pelp. (15 de Marzo de 2019). *Blog: Como funcionan los surtidores de combustibles*. Obtenido de Pelp Web Site: <https://www.pelp.cl/blog/como-funcionan-los-surtidores-de-combustibles/>

Rodriguez Florez, E. (2018). *Diseño de un sistema de propulsión para embarcaciones fluviales de carga basado en gas licuado de petróleo (GLP)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de combustion interna*. Madrid: Universidad Nacional de Eduacion a Distancia.

Solé Madrigal, R. (2011). Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y Realidades. *Ciencias Económicas 29-No.1*.

Soto Herrera, W. F. (2011). *Diseño de un sistema de propulsión para embarcaciones fluviales de 650 kg basado en gas licuado de petróleo (GLP)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

World LPG Association. (Octubre de 2015). www.wlpga.org. Obtenido de <https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>

IX. ANEXOS

9.1. ANEXO 1: ENTREVISTA

Introducción:

La primera entrevista se realizó al operario de lancha Adalberto Amaya, quien tiene años de experiencia al servicio de la empresa Aquafinca en Honduras, como supervisor de seguridad. Quienes se dedican al cultivo de tilapia fresca en los lagos Yojoa y Cajón. Dada su experiencia profesional, y su relación con los temas de seguridad y manejo de lanchas, me dirijo a usted para solicitar su valiosa colaboración contestando las preguntas que se le harán a continuación, esto tiene como objetivo tener información directa para la investigación: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA ADAPTACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GASOLINA A GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA USO MARÍTIMO".

Usted deberá leer cuidadosamente cada pregunta y responder conforme a su conocimiento y experiencia profesional. Se le agradece cualquier sugerencia relativa a la redacción y el contenido. De antemano muchas gracias por su tiempo.

Preguntas:

1. ¿Para qué se utiliza la lancha?
2. ¿Cuál es el protocolo de uso de la lancha?
3. ¿Cuántas horas al día se utiliza la lancha?
4. ¿Cuál es la velocidad máxima de la lancha?
5. ¿El equipo de adaptación a gas instalado en la lancha ha afectado de alguna manera el funcionamiento correcto de la misma?

9.2. ANEXO 2: TIEMPO CRONOMETRADO PARA PRUEBAS DE CONSUMO DE GASOLINA

Prueba 1

Stopwatch



04:27:29.03



Prueba 2

Stopwatch



04:11:50.25



Prueba 3

Stopwatch



04:29:40.17



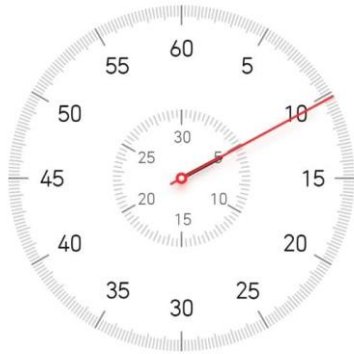
9.3. ANEXO 3: TIEMPO CRONOMETRADO PARA PRUEBAS DE CONSUMO DE GLP

Prueba 1

Prueba 2

Prueba 3

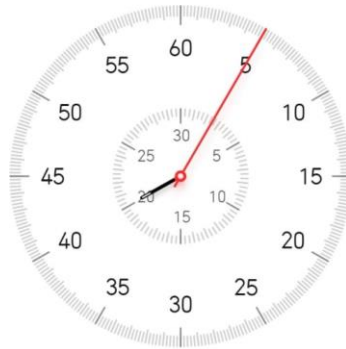
Stopwatch



03:35:10.25



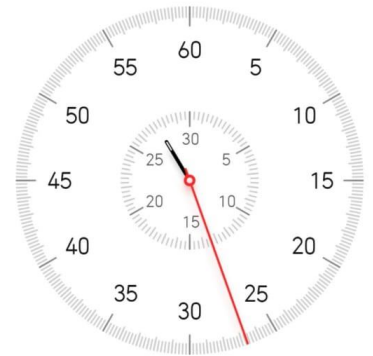
Stopwatch



03:20:05.02



Stopwatch



03:27:26.72



9.5. ANEXO 5: HOJA DE COTIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

 TROPIGAS La llama que rinde más	 GASO VEHICULAR	 GRUPO TOMZA		
Barrio la Guardia 29 calle, Boulevard del sur contigo a Vitatrac, frente a Autolote Universal, San Pedro Sula Honduras C.A		ECONOMIA, ECOLOGIA Y SEGURIDAD	COTIZACION No. 265 FORMA DE PAGO: CONTADO FECHA: 12/12/2020 VENCE: 12/20/2020	
EMPRESA: HORACIO FERNANDEZ		ASESOR: Amalia Pacheco		
Atencion:		TELEFONO: 2556-5700		
DIRECCION:		MOVIL:		
MOVIL:		E-MAIL:		
E-MAIL:				
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	TOTAL
1		kist de reductor		L. 755.07
1		Repuesto para filtro		L. 301.13
			SUB TOTAL	L. 1,056.20
OBSERVACIONES:			15% I.S.V	
			TOTAL	L. 1,056.20
COTIZADO POR:		AUTORIZADO POR:		

9.6. ANEXO 6: BASE DE DATOS DEL ESTADO DE RESULTADOS

BASE DE DATOS		
Precio inicial de la Gasolina	95.93	L/Gal
Horas de trabajo anual	5840	Hr
Consumo de Gasolina por Hora de Trabajo	1.437	Gal/Hr
Precio inicial del GLP	49.29	L/Gal
Consumo de GLP por Hora de Trabajo	1.627	Gal/Hr
DURACIÓN DEL EQUIPO DE ADAPTACION	10.00	AÑOS

9.7. ANEXO 7: PROYECCIÓN DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES

Día	Mes	Año	Precio Gasolina por Galón (L.)	Precio GLP Cilindro de 25lb (L.)	Precio GLP por Galón (L.)
4	Octubre	2015	78.28	207.33	36.83
31	Octubre	2016	84.97	222.86	39.58
23	Octubre	2017	90.23	263.07	46.73
15	Octubre	2018	103.48	308.59	54.81
21	Octubre	2019	96.63	257.69	45.77
19	Octubre	2020	81.98	234.4	41.63
Proyección		2021	95.93	277.53	49.29
		2022	97.84	285.68	50.74
		2023	99.75	293.83	52.19
		2024	101.65	301.99	53.64
		2025	103.56	310.14	55.09
		2026	105.47	318.29	56.53
		2027	107.37	326.44	57.98
		2028	109.28	334.60	59.43
		2029	111.19	342.75	60.88
		2030	113.09	350.90	62.33

9.8. ANEXO 8: ESTADO DE RESULTADOS

AÑO	0	1	2	3	4	5
Consumo de Gasolina	0	8,394	8,394	8,394	8,394	8,394
Consumo de GLP	0	9,504	9,504	9,504	9,504	9,504
DIFERENCIA	0	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)
Costo de Gasolina	L0.00	L805,255.40	L821,258.75	L837,262.11	L853,265.47	L869,268.83
Costo de GLP	L0.00	L468,513.15	L482,277.10	L496,041.06	L509,805.01	L523,568.96
AHORRO	L0.00	L336,742.24	L338,981.65	L341,221.06	L343,460.46	L345,699.87
%		41.8%	41.3%	40.8%	40.3%	39.8%
Costo del Proyecto	-L24,600.00					
Mantenimiento		L0.00	L1,056.20	L1,056.20	L1,056.20	L1,056.20
Flujo de efectivo	-L24,600.00	L336,742.24	L337,925.45	L340,164.86	L342,404.26	L344,643.67
Flujo de efectivo acumulado	-L24,600.00	L312,142.24	L650,067.69	L990,232.55	L1,332,636.81	L1,677,280.48

Continuación Estado de Resultados

AÑO	6	7	8	9	10
Consumo de Gasolina	8,394	8,394	8,394	8,394	8,394
Consumo de GLP	9,504	9,504	9,504	9,504	9,504
DIFERENCIA	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)	(1,110.65)
Costo de Gasolina	L885,272.19	L901,275.55	L917,278.91	L933,282.27	L949,285.63
Costo de GLP	L537,332.91	L551,096.87	L564,860.82	L578,624.77	L592,388.72
AHORRO	L347,939.28	L350,178.68	L352,418.09	L354,657.50	L356,896.90
%	39.3%	38.9%	38.4%	38.0%	37.6%
Costo del Proyecto					
Mantenimiento	L1,056.20	L1,056.20	L1,056.20	L1,056.20	L1,056.20
Flujo de efectivo	L346,883.08	L349,122.48	L351,361.89	L353,601.30	L355,840.70
Flujo de efectivo acumulado	L2,024,163.56	L2,373,286.05	L2,724,647.94	L3,078,249.23	L3,434,089.94