

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE QUE PERMITA DETERMINAR LA VIDA ECONÓMICA Y ÚTIL DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL Y A GAS UTILIZADOS EN PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO AMAZÓNICO”

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

Sr. Daniel Alejandro Arroyo Morocho.

Sr. Paúl Francisco Díaz Meza.

Director: Ing. Guillermo Cabrera.

Codirector: Ing. Luis Echeverría.

Sangolquí, 2005 – Abril

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los SRS. DANIEL ALEJANDRO ARROYO MOROCHO Y PAÚL FRANCISCO DÍAZ MEZA, como requisito parcial a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO.

.....
Sr. Ing Guillermo Cabrera.
DIRECTOR DEL PROYECTO

.....
Sr. Ing Luis Echeverría.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

Sangolquí, 2005-04-11

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE QUE PERMITA DETERMINAR LA VIDA ECONÓMICA Y ÚTIL DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL Y A GAS UTILIZADOS EN PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO AMAZÓNICO”

ELABORADO POR

Daniel Alejandro Arroyo Morocho

Paúl Francisco Díaz Meza

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Víctor Andrade

DECANO (E)

Sangolquí, 2005-04-11

DEDICATORIA

El siguiente trabajo lo dedico a mis padres Flavio y Nancy; a mi hermano Flavio, y a Jessica quienes me brindaron su apoyo y empuje necesario para realizar este proyecto, permitiéndome dar un paso importante en mi vida.

Daniel Alejandro Arroyo Morocho.

Dedico este proyecto a las personas que siempre me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida, mis padres, Ricardo Fabián y Zulamita de María, por su amor y comprensión.

También lo dedico a mis hermanos, de sangre y de amistad, que me acompañan y apoyan en todas mis metas.

Paúl Francisco Díaz Meza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias para cumplir con uno de los objetivos más importantes de mi vida. A mis profesores por impartirme sus conocimientos durante mi permanencia en la facultad.

Un agradecimiento especial a todo el personal administrativo y ayudantes de laboratorio que laboran en la Facultad de Ingeniería Mecánica; quienes tuvieron una estrecha relación de amistad y que con buena voluntad me guiaron para continuar con mis estudios.

Daniel Alejandro Arroyo Morocho.

Agradezco a Dios por darme la vida para poder llegar a este momento, y a mis maestros, que siempre supieron impartir sus conocimientos durante todos estos años.

Paúl Francisco Díaz Meza

Agradecemos de manera especial al Personal de Petroproducción, que nos abrió las puertas para permitirnos realizar este proyecto, en especial al Ing. Ricardo Espín, Jefe de Mantenimiento del Distrito Amazónico, al Ing. Telmo Romero quien nos ayudó con el tema de ésta tesis de grado y al Tec. Marcel Floril, Supervisor del Departamento de Main Tracker y a todo el personal de administradores de dicho Departamento que nos acogieron en sus oficinas en Lago Agrio.

Agradecemos también a los profesores que nos ayudaron en el desarrollo de ésta tesis, a nuestro director Ing. Guillermo Cabrera y a nuestro codirector Ing. Luis Echeverría por el tiempo brindado.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Alcance	3
CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTO TEÓRICO	4
2.1. Motores de combustión interna	4
2.1.1. Funcionamiento	4
2.1.1.1. Partes del motor alternativo	4

2.1.1.2. Tipos de motores de combustión interna	7
2.1.1.3. Ciclo de trabajo	10
2.1.1.4. Características propias de funcionamiento de un motor diesel	11
2.1.2. Sistemas y subsistemas	12
2.1.2.1. Sistema de suministro de combustible	12
2.1.2.2. Sistema de distribución	14
2.1.2.3. Sistema de refrigeración	15
2.1.2.4. Sistema de lubricación	16
2.1.2.5. Sistema de admisión y escape	18
2.1.2.6. Sistema eléctrico y de arranque	19
2.2. Teoría de envejecimiento de máquinas	21
2.2.1. Análisis del estado de las máquinas en su período de uso	21
2.2.1.1. Utilidad	21
2.2.1.2. Variación de la utilidad de las máquinas durante su empleo	22
2.2.1.3. Variación de la utilidad en los elementos constructivos	23
2.2.1.4. Variación de la utilidad en los elementos no constructivos	24
2.2.2. Desgaste sumario de las máquinas	25
2.2.2.1. Consideraciones generales sobre la continuidad de la función del desgaste	25
2.2.2.2. Condiciones suplementarias sobre el desgaste sumario	27
2.2.3. Determinación de los plazos de servicio	28
2.3. Ingeniería económica	29
2.3.1. Análisis de valor presente	29
2.3.1.1. Comparaciones de alternativas por valor presente	29
2.3.1.2. Valuación	30
2.3.2. Vida económica de los equipos	30
2.3.2.1. Concepto de vida económica	30
2.3.2.2. Tipos de equipos según su vida económica	31
2.3.2.3. Deterioro	32
2.3.2.4. Predicción de un gradiente de deterioro	32
2.3.2.5. Factores que determinan el deterioro	33
2.3.2.6. La obsolescencia	34

2.3.2.7. Tipo de deterioro y obsolescencia	34
2.3.2.8. La obsolescencia y el deterioro como costos anuales	35
2.3.2.9. Tipos de vidas	35
2.3.3. Economía de reemplazo	36
2.3.3.1. Significado del reemplazo	36
2.3.3.2. Valor de inversión del equipo	37
2.3.4. Economía de variaciones en actividades de operación	37
2.3.4.1. Variaciones de producción	37
2.3.4.2. Costos fijos y variables	37
2.3.4.3. Relación insumo – producción	38
2.3.4.4. Tipos de costos	39
2.3.4.5. Gráfica de punto de equilibrio	39
2.3.5. Pronósticos de costo	40
2.3.5.1. Conceptos	40
2.3.5.2. Ayudas para pronosticar	41
2.3.5.3. Pronósticos del periodo de vida	41
2.3.6. Diferencias económicas entre alternativas por su utilización	42
2.3.6.1. Sobreutilización del equipo.	42
2.3.6.2. Subutilización del equipo	42
2.3.6.3. Alternativas de selección	43
CAPÍTULO III	44
RECOPIACIÓN DE DATOS	44
3.1. Método de obtención de datos	44
3.2. Recopilación de datos referentes a los motores de combustión interna de Petroproducción	46
3.2.1. Análisis inicial	46
3.2.2. Estratificación	48
3.2.3. Determinación del tamaño de la muestra	49
3.3. Tabulación de datos	50

CAPÍTULO IV	53
ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO AMAZÓNICO	53
4.1. Evaluación de los diferentes sistemas y subsistemas de los motores	53
Motor base	53
Suministro de combustible	54
Sistema de refrigeración	54
Sistema de lubricación	54
Sistema de admisión y escape	54
4.2. Cálculo del desgaste de los motores	55
4.3. Análisis de datos	56
4.4. Cálculo de la vida económica de los motores	57
4.5. Determinación de la vida útil de un motor de combustión interna utilizado en Petroproducción	60
CAPÍTULO V	62
DESARROLLO DEL SOFTWARE	62
5.1. Introducción	62
5.2. Desarrollo de los componentes del sistema	62
5.3. Descripción de las tablas y bases de datos	67
5.3.1. Tabla de motores base	68
5.3.2. Tabla de utilidad	69
5.3.3. Tabla de motores analizados	69
5.4. Diagrama de flujo general	71
5.5. Codificación	71
5.5.1. Pantalla de presentación del programa	72
5.5.2. Pantalla principal VUMCIP (mdiprincipal)	72
5.5.3. Pantalla de ingreso de código del motor	73
5.5.4. Pantalla de ingreso de datos generales del motor	75
5.5.5. Pantalla de ingreso de datos específicos del motor	

(estado y cambio de partes)	78
5.5.6. Pantalla de presentación de informe	83
5.5.7. Pantalla de consulta de motores ya analizados.	93
5.6. Pruebas de validación	93
5.7. Requerimientos del hardware	97
5.8. Manual de operación	97
5.8.1. Introducción	97
5.8.2. Funcionamiento de las pantallas	98
CAPÍTULO VI	106
EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA	106
6.1. Análisis económico	106
6.1.1. Costos directos	106
6.1.2. Costos indirectos	106
6.1.3. Gastos administrativos	106
6.1.4. Costo total del proyecto	107
6.2. Análisis costo – beneficio del software realizado	107
CAPÍTULO VII	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
7.1. Conclusiones	112
7.2. Recomendaciones	113
BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	115

LISTA DE TABLAS

TEMA	PÁGINA
Tabla 1 Indicadores nacionales de Petroecuador	xviii
Tabla 3.1 Motores de Petroproducción Distrito Amazónico por marca	46
Tabla 3.2 Motores de Petroproducción Distrito Amazónico por potencia	47
Tabla 3.3 Motores representativos de Petroproducción	49
Tabla 3.4 Distribución de la muestra	50
Tabla 3.5 Ejemplo de tabla de datos base y de identificación del motor	51
Tabla 3.6 Ejemplo de tabla de datos de funcionamiento del motor	52
Tabla 5.1 Ejemplo de base de datos generales del motor	94
Tabla 5.2 Resultado de la utilidad remanente motor EMDCAT0030 en Excel	96

LISTA DE FIGURAS

TEMA	PÁGINA
Figura 1 Área de operación de Petroecuador en el distrito amazónico	xvii
Figura 2.1 Partes de un motor alternativo	5
Figura 2.2 Ciclo de trabajo de un motor diesel de cuatro tiempos	10
Figura 2.3 Ciclo de un motor de combustión interna diagrama P-V	11
Figura 2.4 Sistema de combustible comúnmente usado en los motores de ciclo diesel	12
Figura 2.5 Sistema de refrigeración	15
Figura 2.6 Circuito del sistema de lubricación por circulación forzada	16
Figura 2.7 Sistema de admisión y escape normalmente usado en un motor estacionario diesel	18
Figura 2.8 Desgaste de los elementos en su periodo de servicio	26
Figura 2.9 Variación del costo anual con los periodos de vida	32
Figura 2.10 Curva de eficiencia de un motor	38
Figura 2.11 Gráfica de punto de equilibrio	39
Figura 3.1 Distribución de los motores del Distrito Amazónico.	46
Figura 3.2 Distribución de los motores por potencia	47
Figura 4.1 Pasos para determinar la vida económica.	57
Figura 4.2 Ejemplo de cálculo de la vida económica del motor EMDCAT0131	61
Figura 5.1 Ventana principal del programa	63
Figura 5.2 Ventana de código del motor	64
Figura 5.3 Ventana de datos iniciales	64
Figura 5.4 Ventana de datos propios del motor	65
Figura 5.5 Ventana de presentación de informe	66
Figura 5.6 Ventana de lista de motores analizados	66
Figura 5.7 Ejemplo de las pantallas de ayuda.	67
Figura 5.8 Diagrama de flujo general del programa	71

Figura 5.9 Resultado del gráfico de la vida económica del motor EMDCAT0030 en Excel	95
Figura 5.10 Gráfico de la vida económica del motor EMDCAT0030 en VUMCIP	95
Figura 5.11 Resultado de la utilidad remanente del motor EMDCAT0030 en VUMCIP	96
Figura 5.12 Ventana principal del programa	98
Figura 5.13 Ventana de código del motor	99
Figura 5.14 Ventana de datos iniciales	100
Figura 5.15 Ventana de datos propios del motor	101
Figura 5.16 Ingreso de datos subsistema motor base	102
Figura 5.17 Ventana de presentación de informe	104
Figura 5.18 Ventana de lista de motores analizados	105

LISTA DE ANEXOS

ANEXO TEMA

- 1 Lista de motores seleccionados para la muestra
- 2 División de los motores por categorías
- 3 Ejemplo de cálculo de un motor modelo
- 4 Tablas de consumo de combustible motores Caterpillar

RESUMEN

Las decisiones sobre el futuro que deben tener los motores estacionarios de Petroproducción que ya han pasado un periodo de servicio, tienen que ser acompañadas de un estudio técnico-económico, éste tipo de análisis genera la necesidad de crear un programa que sirva como una herramienta para el usuario de los motores, para degradar al motor o tenerlo trabajando en el mismo lugar.

Como un punto inicial del análisis se determina los motores más representativos en todo el Distrito Amazónico de Petroproducción, esto se lo realizó basándose en los registros del Departamento de Main Tracker que se debe señalar fue la fuente principal de información ya que en éste departamento se encuentra toda la información de los mantenimientos, costos y registros de los motores. Después de realizar análisis de cantidad y de potencia de los motores estacionarios se determinaron tres marcas de motores representativos:

- Caterpillar.
- White Superior.
- Waukesha.

Estas tres marcas de motores representan en conjunto aproximadamente el 93% de la potencia generada, con lo cual, serian los motores a ser tomados en cuenta para el análisis. De estos motores se procede a determinar una muestra para ver tendencias de horas trabajadas, relaciones de costos de los mantenimientos, periodos de funcionamiento de las partes, etc.

Partiendo de la información que se puede obtener de la base de datos de Petroproducción y de información recopilada tanto de libros de envejecimiento de máquinas como de ingeniería económica, se desarrollo un procedimiento para determinar el fin de la vida económicamente útil y un coeficiente de estado

del motor en el momento del análisis que lo hemos llamado Utilidad Remanente.

Estos resultados se basan en información de:

- Costos de los motores.
- Costos de los mantenimientos, especialmente mantenimientos correctivos de rutina (overhauls).
- Periodos de servicio y costos de las partes representativas de los motores.
- Devaluación de los equipos.
- Costos de operación.
- Horas de operación anuales.

Basados en cálculos realizados en los motores tipo, se dividió los motores en grupos de acuerdo a la potencia y se procedió a determinar coeficientes estándares para cada grupo.

Con estos coeficientes generales se desarrolló una base de datos en Access con la cual trabaja el programa VUMCIP (Vida útil de los motores de combustión interna de Petroproducción). Éste programa está diseñado en Visual Basic 6.0, y posee elementos de ayuda para todas sus pantallas, no solo para su funcionamiento, sino también para tener conocimientos de ciertos procesos de análisis.

El programa realiza un proceso similar al realizado en Excel con los motores tipo, con la diferencia de que solo se introducen datos propios del motor.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar y elaborar un software que permita conocer la vida económica y útil de los motores de combustión interna a diesel y a gas que son utilizados en Petroproducción en el Distrito Amazónico, por medio de la determinación del estado físico-operativo de los mismos.

PETROECUADOR se crea en 1989 de la transformación empresarial de CEPE (Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana) con el siguiente objetivo:

"Óptima utilización de los hidrocarburos, que pertenecen al patrimonio inalienable e intangible del Estado, para el desarrollo económico y social del país, de acuerdo con la política nacional de hidrocarburos establecida por el Presidente de la República, incluyendo la investigación científica y la generación y transferencia de tecnología."¹

En la figura 1 se representa el área de operación de Petroecuador en el Distrito Amazónico

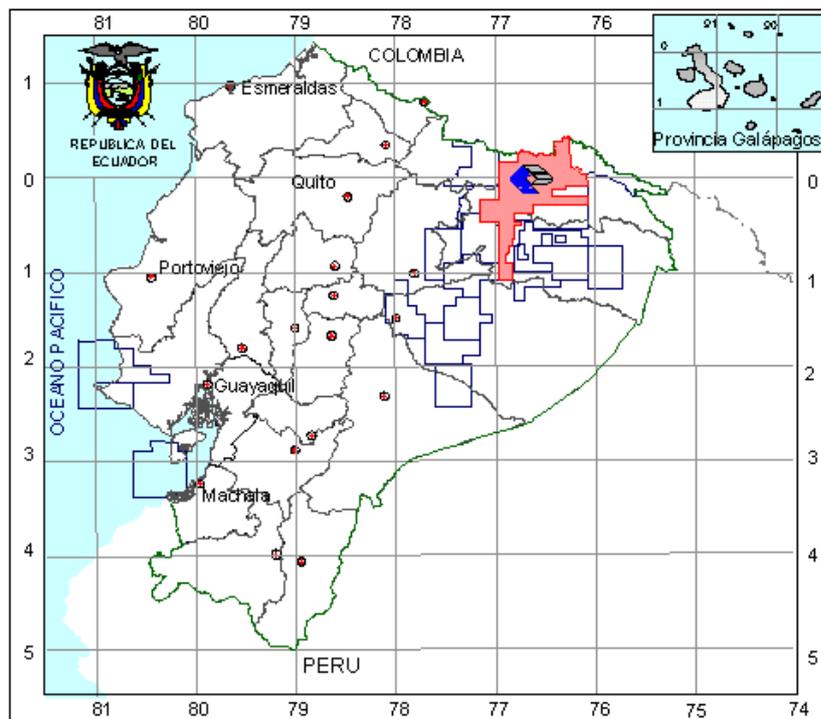


Figura 1 Área de operación de Petroecuador en el distrito amazónico
Es posible destacar la importancia de Petroecuador en el país, a través de los indicadores nacionales en los últimos cuatro años:

¹ Página en Internet de petroecuador: www.petroecuador.com.ec

Tabla 1. Indicadores nacionales de Petroecuador

INDICADORES NACIONALES				
RUBRO	2000	2001	2002	2003
Ventas (Millones de Dólares)	2100	2600	2827	3153
Ganancias Netas (Millones de Dólares)	1430	1361	1397	1803
Cotización Promedio (sucre / dólar)	25000	Dólar	Dólar	Dólar
RESERVAS PROBADAS de Petroecuador (millones de barriles)	3402	3639	4329	45
Sísmica (km2)	no se realizó	80	500	2236
Pozos Perforados	9	14	18	7
Producción Anual Petroecuador (millones de barriles)	94,5	90	80,7	74,5
Producción Anual Compañías Privadas (millones de barriles)	45,5	58,7	62,4	77,9
Total País (Millones de BPPA)	140	148,7	143,2	152,4
Producción Nacional de Crudo (BPPD)	401 mil	430 mil	392 mil	417 mil
Petroecuador Producción (BPPD)	258 mil	246 mil	221 mil	204 mil
Exportación de Petróleo, Petroecuador (millones de Barriles)	43	47,3	43,7	43
Empresas Privadas Producción (BPPD)	124 mil	158 mil	171 mil	213 mil
Total Areas de Operación (Hectáreas)	4'673.601	4'673.601	4'673.601	4'673.601
Areas de Operación Petroecuador (Hectáreas)	740100	740100	690000	690000
Areas de Operación Empresas Privadas (Hectáreas)	3'933.501	3'933.501	3'983.600	3'983.600
Transporte de Crudos (Barriles Transportados por Año)	140,4	140,9	134,5	139,9
SOTE (Millones Barriles Transportados por Año)	130	134,8	132,2	120,9
OTA (Millones de Barriles Transportados por Año)	9,7	6	2,2	2,5
OCP (Millones de Barriles Transportados por Año)				17,4

* Excluye producción de bloques que estaban bajo contrato de prestación de servicios

** Algunos campos en producción fueron transportados a compañías privadas.

FUENTE: Relaciones Institucionales de Petroecuador

La Empresa Estatal de Exploración y Producción de Petróleos del Ecuador, PETROPRODUCCIÓN, tiene como misión explotar las cuencas sedimentarias, operar los campos hidrocarburíferos asignados a PETROECUADOR y transportar el petróleo y gas hasta los centros principales de almacenamiento.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

ANTECEDENTES

En el Departamento de Mantenimiento de Petroproducción Distrito Amazónico, no existe un conocimiento cierto y cuantificable acerca de la vida útil y económica de los motores de combustión interna utilizados, es decir no existen cálculos técnicos para el reemplazo o sustitución de los motores en cuanto al tiempo de empleo, al costo de operación y mantenimiento en que éstos incurren versus la utilidad económica que entregan.

Actualmente la Empresa no cuenta con un programa que ayude a verificar el estado de envejecimiento o desgaste real de los motores, y que muestre en forma de tablas o gráficamente el final de la vida útil de los mismos y el tiempo de seguridad de funcionamiento sin llegar al colapso, para posteriormente tomar una decisión acerca de la continuidad de los equipos.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad no existe un programa que ayude a determinar el estado útil y económico de motores de combustión interna.

Nuestro programa, mediante la introducción de datos de un motor por teclado, permitirá visualizar a que nivel de la curva costo – beneficio se encuentra; y su vida útil remanente. Partiendo de estos resultados se pueden tomar decisiones de recambio o degradación funcional de los motores por parte del Área de Mantenimiento de Petroproducción.

Para la ejecución de éste proyecto, se llevó a cabo una exhaustiva investigación de los procedimientos más acordes para la determinación de la vida útil de los motores de combustión interna, y que mediante la recolección de información se obtendrán resultados para alimentar una base de datos, para generar una comparación con los datos propios del motor, permitiendo la interpretación por medio del software.

En la realización de este software se utilizarán criterios técnicos, científicos y económicos, conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo de toda la carrera de Ingeniería Mecánica, además de complementar con conocimientos de programación, que han sido adquiridos en el Área Matemático-Computacional de la Facultad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Crear un software que mediante el ingreso de datos por teclado de un motor de combustión interna utilizado en Petroproducción, facilite la determinación de su vida económica y útil remanente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recolectar información de los motores existentes en el Petroproducción en el Distrito Amazónico para una posterior tabulación de los mismos en una base de datos.
2. Aplicar el método de apreciación del desgaste de las máquinas por el estado de los elementos constructivos más importantes de los motores para determinar la tendencia de la vida útil.
3. Determinar la tendencia de la vida económica de los motores aplicando el modelo de costo comparativo para el tipo de deterioro y obsolescencia.
4. Interpretar los resultados obtenidos mediante la ayuda de gráficas o tablas que permitan visualizar el estado de los motores.
5. Desarrollar el software que permita determinar la vida útil y económica de los motores de combustión interna existentes en Petroproducción.

ALCANCE

El presente proyecto abarca todos los motores de combustión interna estacionarios, que son utilizados en tareas de extracción de petróleo y generación eléctrica.

El desarrollo del software será basado en los motores más representativos, tomando en consideración la potencia que generan.

El ingreso de los datos será realizado por teclado, para una posterior tabulación que permita realizar el análisis de la vida económica útil de los motores en estudio.

Los resultados del software ayudarán al usuario a tener una visión clara, basada en criterios técnicos de cómo se encuentran los motores, para que a partir de estos tomar una decisión sobre su futuro.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna es una máquina que transforma la energía contenida en un combustible en energía mecánica.

FUNCIONAMIENTO

Antes de describir el funcionamiento de los motores de combustión interna, se tienen que identificar sus partes principales y las diferentes clasificaciones en las que se subdividen.

Partes del motor alternativo

Los componentes principales del motor alternativo son:

PARTES IMPORTANTES DEL MOTOR	* Bloque
	* Cigüeñal
	* Cilindros
	* Pistones y Bielas
	* Cabezote
	* Distribución

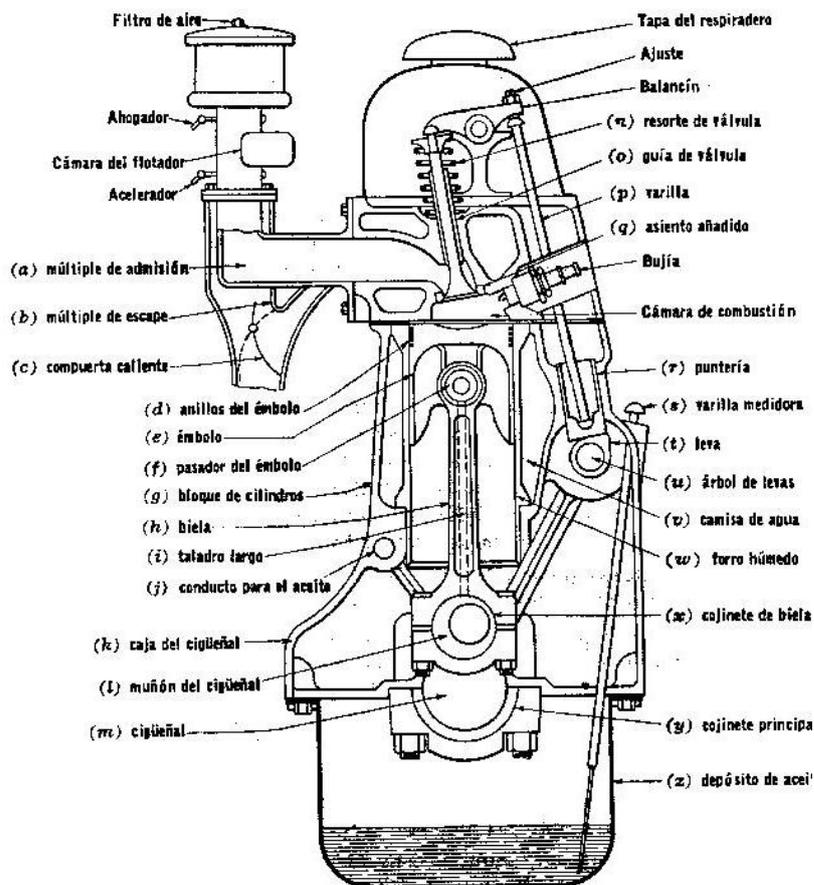


Figura 2.1 Partes de un motor alternativo

El bloque.- Es el elemento que constituye el soporte estructural de todo el motor. Es el elemento más voluminoso y pesado del motor en el cual van alojados o acoplados el resto de la gran parte de elementos que componen el motor.

Está formado por una serie de orificios los cuales constituyen los denominados cilindros en los cuales se alojarán los pistones

El cigüeñal.- Es el elemento que junto con la biela y el pistón realiza la transformación del movimiento alternativo en movimiento rotativo. Transmite también el giro y fuerza motriz a los demás órganos de transmisión.

La biela.- Es el elemento que sirve de unión entre el pistón y el cigüeñal y por lo tanto, es el que transmite todo el esfuerzo del pistón a las muñequillas del cigüeñal.

El pistón.- Es el elemento móvil que se desplaza en el interior de cilindro el cual recibe directamente sobre él el impacto de la combustión de la mezcla.

Los cilindros.- Son elementos que van insertados en el bloque y que en su interior se produce la explosión de la mezcla, y dentro de él se desliza el pistón en movimiento

alternativo. Un cilindro está formado de dos partes: cuerpo y cabezote. Las dimensiones dependen del número de cilindros, potencia y velocidad del motor.

Las cavidades del bloque destinadas a los cilindros, se revisten de camisas a fin de lograr una alta resistencia al rozamiento, desgaste y al choque térmico. Estas camisas pueden ser húmedas o secas, según estén o no en contacto con el agua de refrigeración.

El cabezote. - Es la pieza que sirve, entre otras cosas, de cierre a los cilindros por su parte superior. En el van alojadas, en la mayoría de los casos, las válvulas de admisión y escape. Por lo regular es fabricado en fundición o de aleación ligera, depende de la forma y disposición de la cámara de combustión, la situación del inyector, la ubicación del colector de admisión. Las cámaras o precámaras son fabricadas en el mismo cabezote o bien adaptadas posteriormente.

La distribución. - La comprenden el conjunto de elementos auxiliares necesarios para el perfecto funcionamiento de los motores. Tiene por misión la de abrir y cerrar las válvulas de admisión y escape en el momento adecuado para el llenado y evacuado perfecto de los gases de admisión y escape.

Los motores Diesel suelen llevar las válvulas en cabeza, mandadas casi siempre por balancines, con el árbol de levas algo elevado en el cárter superior para que no sean tan largos los seguidores, el eje de levas lleva varios apoyos y está movido por un engranaje de varios piñones o por cadena.

Las válvulas de los motores diesel son análogas a las del motor de gasolina. Como los cilindros del motor diesel suelen ser de grandes dimensiones, comparadas con los de gasolina, el tamaño de la válvula en proporción resultaría mayor de lo conveniente, a veces se instalan válvulas dobles (dos de admisión y dos de escape en cada cilindro), para un paso más fluido.

Tipos de motores de combustión interna

Los motores de combustión interna se pueden clasificar de la siguiente manera:

Por la utilización

Se clasifican en:

- Estacionarios, empleados en centrales eléctricas, equipos de bombeo y agricultura
- De transporte, los montados en automóviles, tractores, aviones, barcos, etc.

Por el tipo de combustible

Pueden ser:

- De combustibles líquidos: ligeros (gasolina, benceno, alcohol, etc.); pesados (aceite diesel, gasoil, etc.).
- De combustible gaseoso, como el gas de gasógeno, gas natural, y otros.
- De combustible mixto, el carburante principal es un gas pero para la puesta en marcha se utiliza un combustible líquido
- De varios combustibles.

Por la manera de transformar la energía térmica

Se clasifican en:

- De émbolo o alternativos, son aquellos en los que la transformación de la energía térmica se produce dentro de un cilindro.
- Turbinas, donde la transformación de la energía calorífica y mecánica tiene lugar en las paletas del rotor de la turbina.
- Combinados, en los que después de realizarse la combustión en un motor de émbolo, los gases de escape pasan a una turbina.

Los motores que se analizarán son del tipo alternativo.

Por el número de cilindros

Se los nombra de acuerdo al número de cilindros que poseen (monocilíndrico, de dos, tres o más cilindros).

Por la estructura

Pueden ser:

- De émbolo, se clasifican de la siguiente manera:
 - En línea
 - En V
 - En estrella
 - Con cilindros opuestos
 - Con pistones enfrentados
- Rotatorios de émbolo (Motor Wankel).

Por el procedimiento de refrigeración

Se clasifican de la siguiente forma:

- De refrigeración por líquido
- De refrigeración por aire

Por el tipo de encendido

Pueden ser de encendido:

- Por chispa, en el cual el arco eléctrico de una bujía enciende el combustible.
- Por compresión, en el que se produce el encendido por alta presión y temperatura.

Por el método de efectuar el ciclo de trabajo

Se definen en motores:

- De dos tiempos, cuando el ciclo se efectúa en dos carreras del pistón.
- De cuatro tiempos, cuando en cuatro carreras del pistón se efectúa el ciclo.

Cabe señalar que los procesos de los dos tipos de motores son los mismos (admisión, compresión, expansión, escape).

Ciclo de trabajo

Un motor de cuatro tiempos Diesel tiene los siguientes procesos:

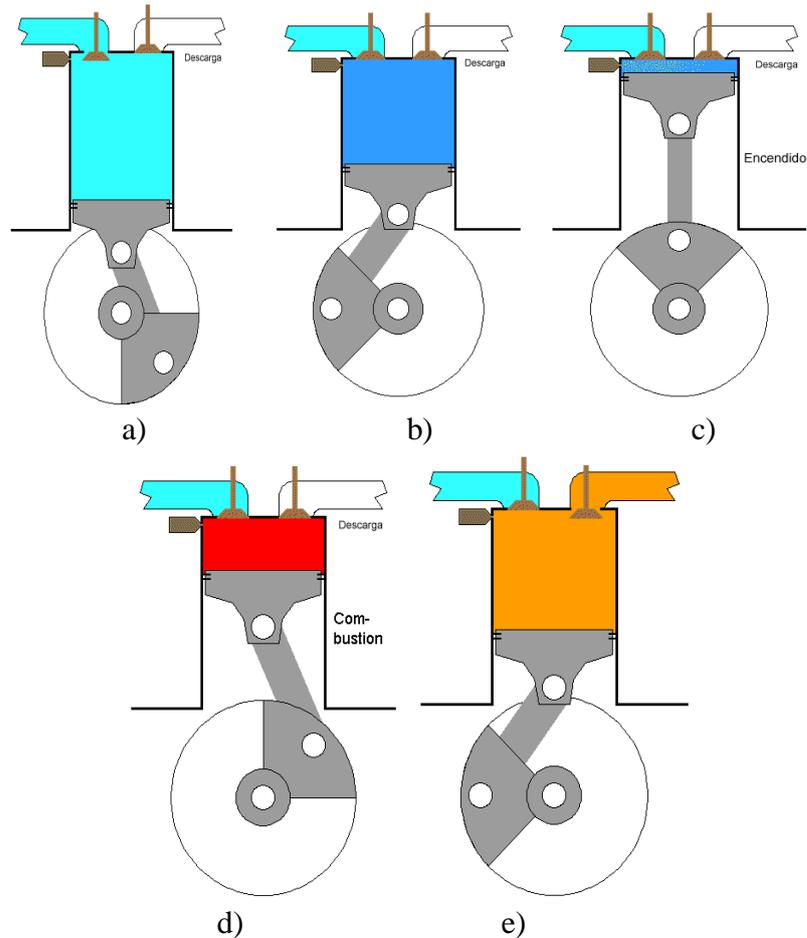


Figura 2.2 : Ciclo de trabajo de un motor diesel de cuatro tiempos

a) Admisión, se abre la válvula de entrada de aire del cilindro, el pistón al bajar lo aspira a través del filtro del colector de admisión, de modo de que el cilindro quede lleno de aire.

b) Compresión, al subir el émbolo comprime el aire hasta dejarlo reducido a un volumen de 12 a 24 veces menor, con lo que alcanza una temperatura cercana a los 600°C (figura (c)), que permitirá la autoinflamación a una presión efectiva de 36 a 45 Kg./cm^2 ,

d) Combustión, por el inyector penetra en el cilindro un pequeño chorro de diesel cuya inyección controlada por el acelerador, dura más o menos tiempo según la mayor o menor cantidad necesaria.

e) Escape, se abre la válvula de escape y por ella son expulsados los gases residuales de la combustión.

La figura 2.3 muestra el ciclo termodinámico en un motor de combustión interna diesel.

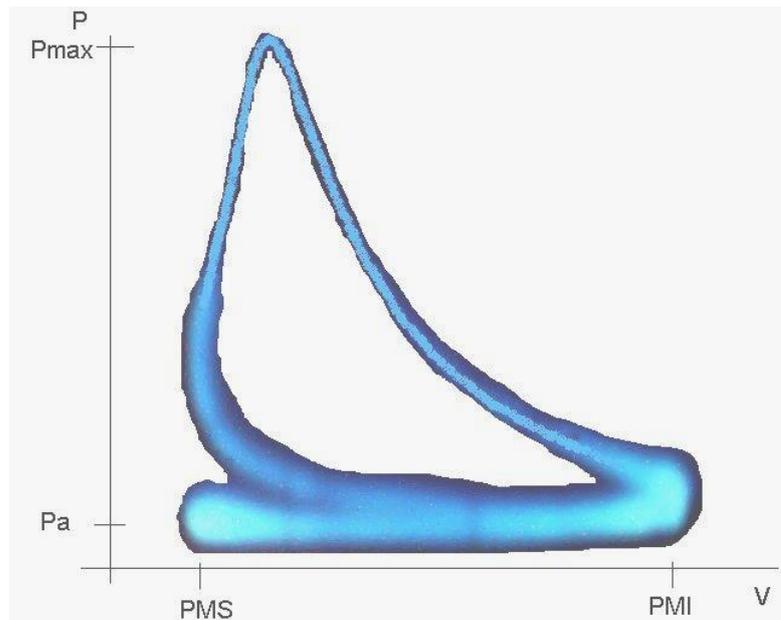


Figura 2.3 Ciclo de un motor de combustión interna diagrama P-V

Características propias de funcionamiento de un motor diesel

Un motor Diesel tiene las siguientes características propias con las cuales difiere de un motor de encendido por chispa:

1. La elevada compresión es causa de un buen rendimiento, pero repercute en las grandes presiones que sufre el cilindro, pistón, biela, etc., que obliga a construir estos órganos más robustos y pesados.
2. El golpeteo es más fuerte que en los motores de gasolina dando, sobre todo en ralentí, un sonido característico.
3. La velocidad de inflamación del diesel es casi el doble que en los motores de gasolina, aunque el combustible no se queme tan rápidamente por no estar introducido todo en el cilindro en el momento de iniciarse la inflamación, sino que arde a medida que entra.
4. Las fuertes presiones y la mayor robustez y peso de las piezas en movimiento son limitadores de la velocidad de rotación.
5. Para conseguir una combustión completa y que no salgan humos negros, es necesaria una proporción de aire mayor que la requerida para un motor de gasolina. Dado exceso de aire con el que se lleva a cabo la combustión los gases de escape prácticamente no tienen óxido de carbono, y otra diferencia es que el diesel no

produce vapores inflamables a la temperatura ambiente, por lo que se elimina el caso de incendio en caso de accidente.

SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

Sistema de suministro de combustible

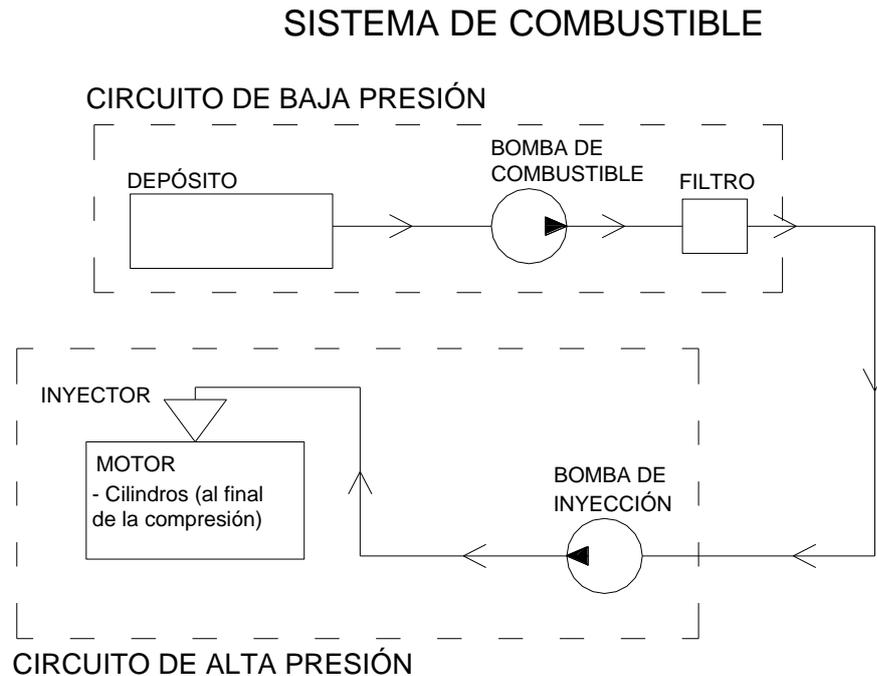


Figura 2.4 : Sistema de combustible comúnmente usado en los motores de ciclo diesel.

El circuito de alimentación del combustible se compone de un circuito de baja presión y otro de alta presión.

Circuito de baja presión se compone de: el depósito, la bomba de alimentación eventual, el o los filtros de combustible y los conductos correspondientes.

Circuito de alta presión consta de: la bomba de inyección, los diferentes inyectores y unas canalizaciones especiales; y todas de la misma longitud (para tener los mismos tiempos de inyección).

Los elementos más característicos son la bomba o equipo de inyección y los inyectores.

Equipo de inyección

Bomba de inyección lineal.- La elevada presión con que debe inyectarse el diesel, ha sido preponderante para el desarrollo de la bomba de inyección, en cada cilindro debe inyectarse más de mil veces por minuto y en un instante preciso un volumen muy pequeño de diesel, bien dosificado y con una presión de hasta 300 kg/cm^2 .

Bomba de inyección rotativa.- Tiene un sistema que trabaja con una bomba giratoria con un distribuidor que, análogamente al del encendido, envía a cada cilindro la dosis de combustible en el momento oportuno.

Equipo de inyección Cummins.- Utiliza un distribuidor de combustible rotativo que por turno se llena con diesel para ser enviado al inyector del cilindro correspondiente, donde un mecanismo de empujador y balancín (mecanismo similar al de las válvulas), acciona un cuerpo de bomba que le da presión para introducirlo en el cilindro, como un inyector - bomba.

Los inyectores

Tienen la función de asegurar la introducción, pulverización y repartición de diesel en la cámara o precámara de combustión.

Los inyectores están compuestos de dos partes: el porta - inyector, y el inyector propiamente dicho, de modo que el canal del diesel termina en un anillo.

Todos los inyectores tienen el mismo principio de funcionamiento, pero difieren por la forma de la extremidad de la aguja, de su asiento por la forma del chorro.

Sistema de distribución

La distribución, es el conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de gases en el cilindro a través de orificios.

La distribución consta de:

1. El engrane de mando, que proporciona el movimiento al cigüeñal.
2. Árbol de levas, que sincroniza el movimiento de las mismas con el giro del cigüeñal.
3. La leva, que gobierna el mando de la válvula.
4. El taqué o empujador, que transmite el movimiento de la leva al balancín.
5. El balancín, que invierte el movimiento y ocasionalmente puede desmultiplicarlo.
6. El eje del balancín, que permite oscilar al balancín y asegura su engrase.
7. El muelle o resorte, que asegura la función de la válvula.
8. La válvula, que abre o cierra los orificios de entrada y salida de los gases en los cilindros.

Sistema de refrigeración

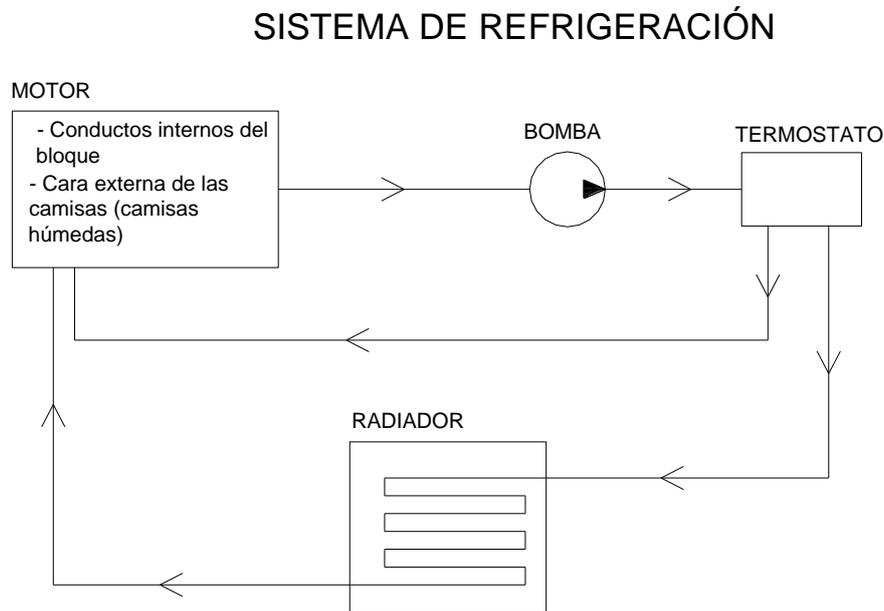


Figura 2.5 : Sistema de refrigeración

El objeto de la refrigeración, es mantener en el cabezote una temperatura de funcionamiento constante.

Los elementos que precisan refrigeración son, por medio del lubricante (entra dentro del sistema de lubricación): pistones, árbol de levas, cabezas de biela y apoyos del cigüeñal, y por aire o agua: cilindros, cabezote, guías de válvulas, válvulas y asientos.

Los sistemas empleados para la refrigeración de los motores son: refrigeración por aire, por agua y mixta.

Refrigeración por aire.- Se utiliza principalmente en los motores pequeños y son enfriados por una corriente de aire forzado, puede ser por el desplazamiento en un vehículo, como por un ventilador tipo turbina. Este sistema normalmente no es utilizado en motores industriales.

Refrigeración por agua.- Es el más utilizado en vista de que se puede controlar de mejor manera la temperatura.

Sus elementos son:

1. La bomba de agua, ayuda a mover el agua dentro del sistema, generalmente es del tipo centrífugo y la parte móvil está compuesta por un plato con paletas.
2. El radiador, que enfría el agua antes de circularlo en el motor.
3. El ventilador, que fuerza la corriente de agua sobre el radiador.

- El termostato, que controla la temperatura del motor haciendo pasar el agua al radiador o recircular por el motor.

Sistema de lubricación

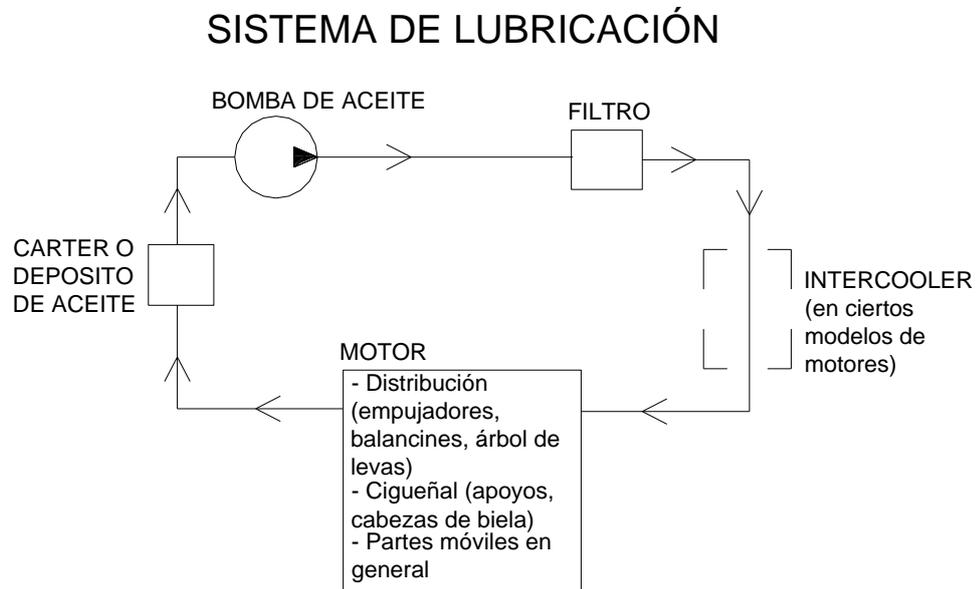


Figura 2.6 : Circuito del sistema de lubricación por circulación forzada. Ideal ya que todo el sistema se encuentra dentro del bloque del motor.

La función de la lubricación es interponer entre las partes mecánicas sometidas a rozamiento, una película de lubricante sólida o líquida que reduzca las fuerzas de rozamiento y evite pérdidas en la potencia, a la vez de refrigerarlas.

Los sistemas de lubricación pueden ser de varias formas, por presión o circulación forzada, por barboteo, por cárter seco.

En la mayoría de motores de gran tamaño la circulación de aceite es forzada directamente hasta los puntos donde se necesita lubricación, que en el caso de un motor son cigüeñal, árbol de levas, cabezas de biela, ejes de balancines, camisa, pistones, etc.

Las partes importantes de un sistema de lubricación son:

- Bomba de aceite, es la encargada de succionar el aceite depositado en el cárter y dirigirlo por los conductos de lubricación. Pueden ser: de engranes, de rotor, de paletas, de pistón, etc.
- Filtro de aceite, encargado de filtrar todas las impurezas que pueden existir en el aceite como residuos de su uso.
- Tuberías de aceite, son de suma importancia en este sistema, son las encargadas de introducir el aceite dentro del motor, así como, de transportarlo a diferentes

partes dentro de éste como en la toma de la bomba. Parte de estos conductos se encuentran dentro de las paredes del bloque.

Algunos modelos de motores tienen un intercambiador de calor (intercooler) entre el agua y el aceite para mantener una temperatura similar entre los dos fluidos.

Sistema de admisión y escape

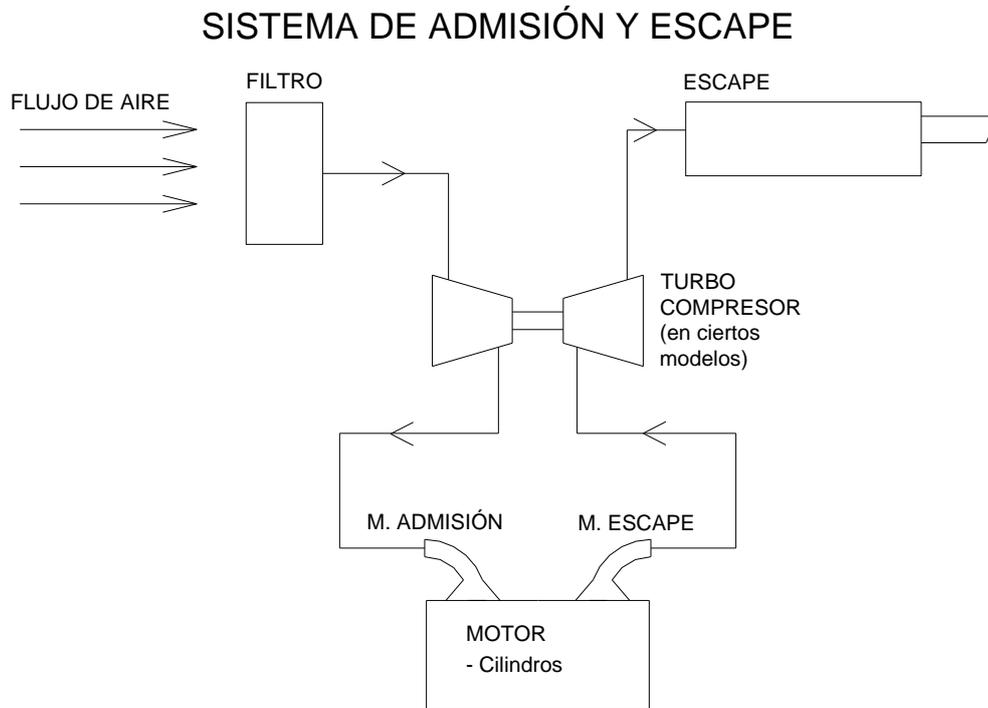


Figura 2.7 : Sistema de admisión y escape normalmente usado en un motor estacionario diesel

El sistema de admisión y escape es el encargado de conducir el aire de ingreso a los pistones y los gases de escape fuera del motor.

Consta de los siguientes elementos:

- Filtro de aire, ubicado al inicio de los conductos, es el encargado de provocar un cambio de dirección en el aire, para que las partículas de polvo se separen por acción de la fuerza centrífuga; además, retiene las impurezas más finas que van en suspensión. Otra función es silenciar la entrada, limitando en lo posible el silbido.
- Múltiple o colector de admisión, es un tubo que transmite el aire directamente desde la toma a los cilindros, como características debe de tener el mínimo de curvaturas para generar poca resistencia al flujo y con un diseño tal que de simetría al flujo en cada cilindro.

- Múltiple de escape, es una parte que tiene como función el de reagrupar los gases de escape de los cilindros con el mínimo de resistencia para el flujo. Los gases de escape tienen temperaturas que van de 700° a 800°C, por lo tanto, tiene que soportar también esas temperaturas.
- El escape, es el encargado de expulsar los gases del motor, tiene por lo regular un sistema de silenciador para disminuir el ruido.
- Turbo compresor, es un sistema que utiliza los gases de escape para hacer funcionar una turbina, la cual se conecta a un rotor que ayuda a comprimir el aire que ingresa al motor, de esta forma aumenta la presión de ingreso del aire en la cámara de combustión.

Sistema eléctrico y de arranque

Este sistema se divide en dos partes, a) sistema de alimentación eléctrica y control del motor; b) sistema de arranque

Sistema de alimentación eléctrica y control del motor

Este sistema genera electricidad durante el arranque y funcionamiento del motor.

Las partes principales son:

- Alternador, es el encargado de generar corriente alterna para el funcionamiento del motor, en el caso de los motores industriales para que funcione el arranque y los sistemas de control; pero en el caso de los motores de transporte además tiene que añadirse todo el sistema eléctrico del vehículo. Para los sistemas que utilizan corriente directa se conecta al alternador un sistema de diodos que la convierten en continua.
- Batería, es la encargada de almacenar energía para la posterior utilización. Las baterías usadas transforman energía química en energía eléctrica, y son cargadas con una corriente continua, haciéndola circular en sentido inverso.
- Motor de arranque eléctrico, ayuda a realizar los giros iniciales del motor mecánico para lograr su arranque; Su fuente de alimentación es la batería. Se lo

utiliza en una gran cantidad de motores, aunque otro tipo de motores industriales utilizan sistemas hidráulicos o neumáticos para su encendido.

Sistema de arranque

- Bobina, es un elemento de transformación de corriente, que transforma la carga de la batería a varios miles de voltios para dar la carga a las bujías que son las que encienden el combustible (MECH). Para un correcto trabajo de la bobina son necesarios otros elementos, que son: interruptor y condensador.
- Condensador, como su nombre lo indica es un elemento que guarda carga para enviarla cuando se cierra el interruptor de mando; el condensador tiene por finalidad el evitar el daño del switch.
- Distribuidor de carga, es el encargado de distribuir la carga a las bujías en el caso de los motores de encendido por chispa, esta es de varios miles de voltios, está conectado con un eje al motor, con el cual va activando el switch del ruptor.

TEORÍA DE ENVEJECIMIENTO DE MÁQUINAS

Toda máquina está diseñada originalmente para trabajar un periodo determinado de tiempo, ya que, por su uso y por otras condiciones adversas sus partes van perdiendo capacidad para cumplir sus funciones, así mismo, existen condiciones como el mantenimiento que extiende la vida útil de una máquina. Un parámetro que nos indica la capacidad remanente que tiene una máquina es la utilidad.

ANÁLISIS DEL ESTADO DE LAS MÁQUINAS EN SU PERÍODO DE USO

Antes de analizar como se determina la capacidad del equipo es necesario establecer que una máquina se encuentra conformada por elementos constructivos y no constructivos.

Elementos constructivos.- Son todos los elementos fabricados por separado que integran la máquina. Ejemplo: Bloque del motor, cigüeñal, árbol de levas, etc.

Elementos no constructivos.- Son el trabajo fijado en una máquina. No son parte de una máquina, sin embargo, sin su existencia esta no podría funcionar de una manera adecuada. Ejemplo: Montaje de los elementos, pintura, engrase, calibración del motor, etc.

Utilidad

Se entiende por utilidad a la capacidad relativa y las posibilidades potenciales de una máquina para cumplir sus funciones durante el plazo de su servicio, dentro de los límites de las desviaciones tolerables por la calidad y economía.²

Para calificar la utilidad de las máquinas se debe hacer una calificación por partes del equipo, es decir, que la utilidad de toda la máquina depende de la utilidad de todas sus partes importantes, entendiendo a éstos como partes en conjunto, o en ciertos casos piezas, que influyen directamente en el funcionamiento de la máquina.

La utilidad depende de las siguientes variables:

1. De la capacidad inicial de trabajo con la que fue creado el elemento constructivo, que permita asegurar un correcto funcionamiento (resistencia del elemento).

² SELIVANOV, A. Teoría de envejecimiento de máquinas. Rusia: MIR, p. 58

2. Índice de la influencia directa e indirecta del elemento dado en el funcionamiento de la máquina.
3. Índice de reparabilidad (propiedad del artículo que determina su adaptación para la prevención, detección y eliminación de los fallos), tanto de un elemento constructivo como el restablecimiento de un no constructivo.
4. Índice de la influencia directa o indirecta del elemento dado en la eficiencia económica del funcionamiento de toda la máquina.

El análisis de la utilidad permite determinar la variación del estado de los elementos integrantes de la máquina y valiéndose de éstos, determinar los correspondientes índices cuantitativos.

Variación de la utilidad de las máquinas durante su empleo

Durante el funcionamiento de la máquina su utilidad depende del trato que se le de, existen dos aspectos muy influyentes a considerar:

1. La ejecución por parte de la máquina del proceso asignado del trabajo, cuanto más cargada está la máquina por el trabajo, cuanto más tiempo se encuentra ésta en condiciones desfavorables de servicio más se reduce su utilidad. Otros procesos auxiliares como transportación o almacenamiento también influyen en una pérdida de utilidad.
2. La sustitución oportuna de los elementos constructivos desgastados de corta vida útil y la aseguración constante de las condiciones normales de almacenamiento, mantenimiento técnico y reparación, influye sobre la utilidad de las máquinas en dirección opuesta, es decir, ayuda a conservarla a un alto nivel un plazo más prolongado.

Durante el mantenimiento técnico, reparación o sustitución de los elementos constructivos, se procura lograr el restablecimiento más completo posible de todas las características particulares iniciales de la máquina. Pero con los métodos actuales de reparación no se logra recuperar algunas características particulares, por lo cual, después de cualquier clase de mantenimiento técnico, reparación o sustitución de los elementos constructivos de corta vida útil, la utilidad de la máquina es inferior a la inicial.

Una máquina es considerada de envejecimiento lento, cuando el recambio de partes es mínimo durante su periodo de servicio; y de envejecimiento rápido cuando ocurre lo contrario.

Variación de la utilidad en los elementos constructivos

De acuerdo a las utilidades, los elementos constructivos pueden dividirse en cuatro grupos:

1. Elementos constructivos no recambiables y no reparables, es decir, aquellos que no necesitan la sustitución ni reparación durante el plazo de servicio de la máquina. Se refiere a las piezas básicas de la máquina, así como a las poco cargadas que soportan el plazo completo de servicio de la misma.
2. Elementos constructivos recambiables, no reparables, que durante el plazo de servicio de las máquinas requieren de sustitución. Elementos constructivos que, se hacen inútiles antes que termine el plazo óptimo de servicio de toda la máquina, es decir, que quedan fuera de empleo durante cierta parte del plazo de utilización de la misma.
3. Elementos constructivos no recambiables, reparables, que cumplen su trabajo durante todo el plazo de servicio de la máquina, los cuales no se desechan cuando se hacen inútiles, pero con la condición necesaria de reparación periódica.
4. Elementos constructivos recambiables y reparables, que durante el plazo de servicio de la máquina se sustituyen y además se reparan periódicamente. Éste tipo de elementos abarca casi la totalidad de los elementos de las máquinas modernas, en donde, todos los elementos mientras sean reparables seguirán siendo usados hasta que ya no se los pueda reparar.

Variación de la utilidad en los elementos no constructivos

Las variaciones de las utilidades de los elementos no constructivos se diferencian considerablemente en los siguientes cuatro grupos:

1. Elementos no constructivos y no restaurables de la máquina (montaje de los cuerpos y de otros elementos básicos que son útiles durante todo el plazo de servicio, etc.).

2. Elementos no constructivos y restaurables, que en el plazo de servicio de la máquina deben ser restablecidos por completo periódicamente.
3. Elementos no constructivos, que cumplen sus funciones durante todo el plazo de servicio de la máquina con su restablecimiento parcial periódico.
4. Elementos no constructivos, que sirven en la máquina un plazo determinado con su restauración parcial, pero que durante el plazo de servicio completo de la máquina requiere el restablecimiento completo periódicamente.

La restauración de una parte de los elementos no constructivos en la máquina no difiere de la sustitución de los constructivos.

DESGASTE SUMARIO DE LAS MÁQUINAS

Consideraciones generales sobre la continuidad de la función del desgaste

El desgaste físico de toda máquina durante su uso es un proceso continuo. Sus componentes son los desgastes físicos de todos los elementos constructivos y no constructivos bajo la acción de las cargas (fuerzas externas e internas), que soporta la máquina durante el trabajo, transportación y almacenamiento. A estas componentes del desgaste físico se añaden los resultados de algunas influencias sobre la máquina durante su mantenimiento técnico y reparación, ya que éstas significan también en una serie de casos un desgaste determinado de los correspondientes elementos constructivos y no constructivos.

La influencia de todas estas cargas no se interrumpe a medida de que vaya envejeciendo la máquina, por consiguiente, su desgaste va creciendo continuamente. Por esta razón surge la necesidad de introducir la noción de desgaste sumario de la máquina que es el desgaste físico de todos los elementos constructivos y la pérdida de todos los no constructivos durante todo el plazo de servicio, desde el principio de su empleo.

El desgaste sumario de la máquina se puede representar por tres componentes:

1. Desgaste provocado por las cargas durante el trabajo.
2. Desgaste provocado por las cargas durante la transportación.
3. Desgaste provocado por las cargas y otras influencias durante el almacenaje, mantenimiento técnico y reparación.

Se puede decir que el desgaste sumario de la máquina es una función continua del tiempo t de su empleo durante todo el plazo de servicio. Los desgastes particulares de cada uno de los elementos constructivos y no constructivos también se caracterizan por ser una función continua, entonces, entre estas funciones debe existir una relación, la

cual permitirá establecer, partiendo de las características particulares del desgaste de los elementos, el desgaste de la máquina entera en cualquier período de su empleo.

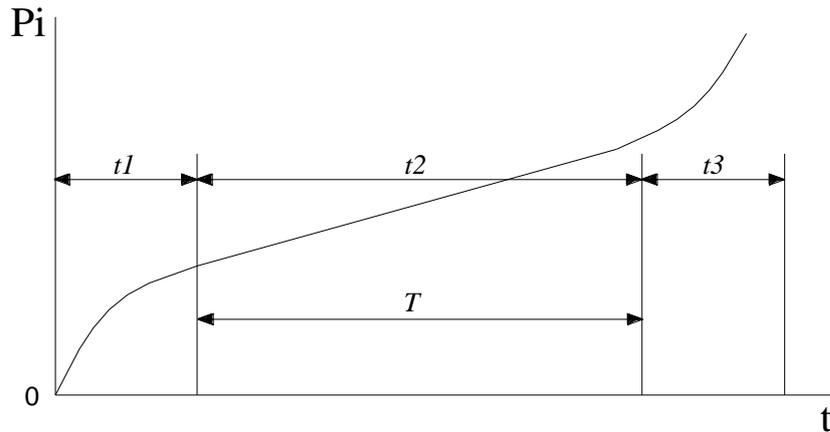


Figura 2.8 : Desgaste de los elementos en su periodo de servicio

Durante el almacenamiento de la máquina la disminución en la utilidad de la máquina se crea por la acción de:

- Ambiente circundante.
- Reacciones de los apoyos en los lugares de sus contacto con la máquina.

Durante el trabajo de la máquina la pérdida de utilidad se crea por la acción de:

- Medio ambiente corrosivo (sol, polvo, humedad, etc.).
- Reacción variable de los apoyos desplazables (en el caso de máquinas móviles).
- Momento aplicado variable (vibraciones, cargas dinámicas, etc.).

Todas estas cargas y acciones sobre la máquina que se encuentran en el proceso de trabajo (almacenamiento, transportación, trabajo y el proceso de mantenimiento técnico, reparación y sustitución de los elementos de corta vida útil) se suman y actúan, como uno solo.

Para la determinación del desgaste sumario de las máquinas es conveniente dividir todos los elementos constructivos y no constructivos en determinadas categorías o grupos, considerándolas como elemento engrandecido con desgaste propio.

Para determinar el desgaste sumario de una máquina tomada o aprobada para la producción, se cumple lo siguiente:

1. Se determina la composición compleja de todos los elementos constructivos y no constructivos.
2. Se determinan los plazos de servicio de todos los elementos constructivos y no constructivos.

3. Se agrupan los elementos constructivos y no constructivos según los plazos de servicio de modo que se pueda considerar cada grupo en la parte correspondiente como un elemento engrandecido.
4. Se determina la utilidad total o el costo de todos los elementos constructivos y no constructivos que se recambian y se restablecen simultáneamente de cada grupo.
5. Se confecciona la tabla y se calcula el desgaste sumario por cualquier intervalo de tiempo de empleo de la máquina.
6. Se suman los desgastes sumarios de los elementos constructivos y no constructivos.

Condiciones suplementarias sobre el desgaste sumario

Existen una serie de variables que influyen directamente en la vida útil de los componentes que, en ciertos casos, son difíciles de determinar y pueden generar cambios radicales en los resultados del análisis.

Estas variables son:

1. Nivel medio de la capacitación a los operarios en el empleo de las máquinas en la producción.
2. Nivel medio del mantenimiento técnico y la reparación de las máquinas.
3. Calidad media de aceites, combustibles, materiales, piezas de repuesto, herramientas, equipo, etc., que se utilizan durante el uso y la reparación de las máquinas.
4. Nivel medio de la carga de las máquinas y otras condiciones de empleo en una u otra zona.

Cualquier diferencia en estas consideraciones debe de ser tomada en cuenta el la cantidad media de consumo de partes, añadiendo coeficientes.

DETERMINACIÓN DE LOS PLAZOS DE SERVICIO

“El plazo de servicio de la máquina es el plazo económicamente racional hasta su sustitución por un ejemplar nuevo de la misma máquina”³.

Se entiende como plazos de servicio de los elementos constructivos: al plazo económicamente racional de recambio de algunos grupos, conjuntos y piezas de las

³ SELIVANOV, A. Teoría de envejecimiento de máquinas. Rusia: MIR, p. 266

máquinas, y como los plazos de servicio de los elementos no constructivos: el plazo económicamente racional de restauración del montaje de las máquinas, su regulación, engrase y pintura que en realidad determinan la periodicidad de las medidas del sistema de mantenimiento técnico y reparación.

En el plazo de servicio existen algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta con respecto al comportamiento de la máquina y son:

1. Toda máquina tiene inicialmente una capacidad de trabajo determinada, y todas las máquinas iguales son consideradas con iguales utilidades, tanto en conjunto como en sus partes.
2. El comportamiento de una máquina (en gastos y pérdidas) es considerada como igual a otra del mismo tipo, en los mismos periodos de empleo de las máquinas a medida que van envejeciendo.
3. Toda máquina requiere en su periodo de trabajo: mantenimiento técnico y reparación además de sustitución o restauración de partes para mantener su capacidad de trabajo.
4. El envejecimiento de la máquina genera aumento de costos operativos, por el desgaste de los elementos y la pérdida de eficiencia.
5. Cuando la máquina no puede hacer el trabajo para el cual fue diseñada debe ser retirada de funcionamiento, sus residuos deben de ser aprovechados de la mejor manera.

El plazo óptimo de servicio de una máquina es el periodo en el cual los gastos son los mínimos con una eficiencia que genere utilidades. Si el usuario insiste en la utilización de la máquina después del plazo óptimo de servicio lo que consigue son gastos excesivos en la operación, con utilidades que no pagan el trabajo realizado.

INGENIERÍA ECONÓMICA

ANÁLISIS DE VALOR PRESENTE

Comparaciones de alternativas por valor presente

El método de comparación de valor presente consiste en reducir todas las diferencias futuras entre alternativas a una sola cantidad presente equivalente. Esto también puede hacerse calculando el valor presente de cada alternativa por separado, antes de restar sus diferencias. La comparación puede hacerse, también, transformando la diferencia de costo anual, en una sola suma presente.

El hecho de que una comparación de costo anual puede convertirse a valor presente (y viceversa) es importante. Indica que todos los principios que se aplican a las comparaciones de costo anual pueden aplicarse también a las de valor presente. Por tanto, se puede observar como antes, que 1) sólo las diferencias son importantes para la selección, 2) el valor presente de cada alternativa es un valor presente comparativo y 3) La comparación de valor presente debe hacerse sobre el mismo número de años, para cada alternativa.

Valuación

La valuación consiste en definir, estimar, un valor monetario de un bien. Como implica la definición, el valor justo de mercado es la piedra angular de la valuación. En muchos casos, no se ha establecido ningún mercado, y los ingresos no sólo se encuentran íntegramente en el futuro sino que, además deben predecirse. A falta de un valor justo de mercado existente y conocido, es el valor presente de todos los ingresos futuros menos los gastos futuros, calculados con una tasa de rendimiento.

VIDA ECONÓMICA DE LOS EQUIPOS

Concepto de vida económica

“La vida económica puede definirse como el período de tiempo que deberá transcurrir antes de que el equipo sea desplazado de su servicio normal por otro equipo más económico”⁴.

Las causas de reemplazo son:

1. Deterioro del equipo, esto crea costos cada vez mayores en relación con otro que puede desempeñar el mismo servicio.
2. La obsolescencia del equipo, causa costos más elevados en comparación con otro de mejor tecnología.

Estas causas actuando juntas o por separado dan como resultado el descenso gradual y a veces repentino del equipo, por lo tanto el concepto de vida económica es inseparable de una consideración de reemplazo.

Tipos de equipos según su vida económica

A los equipos se los puede clasificar de acuerdo al comportamiento durante su vida económica, y son los siguientes:

Tipo de “carreta de un caballo”.- Cuando los costos de mantenimiento y reparación no deben convertirse en factores importantes para la determinación del período de vida. Es fácil identificar varias piezas de equipo que se comportan como la carreta de un caballo, entre ellas están los focos eléctricos, los tubos fluorescentes, muchas

⁴ TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p.262

herramientas de corte, etc. La vida de esta clase de equipos puede determinarse con una exactitud considerable por medio de la observación científica del deterioro de equipos idénticos en condiciones similares. Por tanto, esta predicción presupone la disponibilidad de registros estadísticos.

Tipo de aviación militar.- El período de vida de los equipos de este tipo, se establece por la caída repentina en la obsolescencia. Esto tiene lugar por la aparición súbita de un modelo superior, que vuelve anticuados todos los modelos existentes y no económicos para los fines propuestos. Muchas piezas de equipo industrial corresponden a esta categoría. Siempre que se estimulen las investigaciones y los inventos, puede aparecer un proceso o una máquina nuevos, casi de la noche a la mañana, para reemplazar a un equipo que, en todos los aspectos, puede considerarse como absolutamente nuevo.

Tipo igual por igual.- Algunas piezas de equipo no caen en desuso durante sus períodos de vida; pero el deterioro hace que los costos anuales de mantenimiento y reparación aumenten hasta que el equipo debe ser reemplazado. Debido a que la obsolescencia es nula por completo, el reemplazo se lleva a cabo con otro equipo igual. En este caso, el equipo puede designarse como del tipo igual por igual. La vida económica para este tipo de equipo puede calcularse, si se cuenta con registros de mantenimiento y reparación pasados y si es posible interpretarlos para utilizarlos con el equipo propuesto.

Deterioro

El deterioro puede definirse como la disminución de la eficiencia de ingeniería de un equipo en comparación con la que se tenía cuando el equipo era nuevo⁵.

Cuando no se disponga de estadísticas pasadas sobre las cuales se puedan basar las predicciones de aumento de gastos y, por tanto, no se pueda hacer un análisis matemático, se puede recurrir a aproximaciones razonables; un método es el de suponer un cuadro matemático. Por ejemplo, se podría creer que los gastos aumentarán en una suma constante cada año, una serie aritmética creciente

⁵ TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p.244

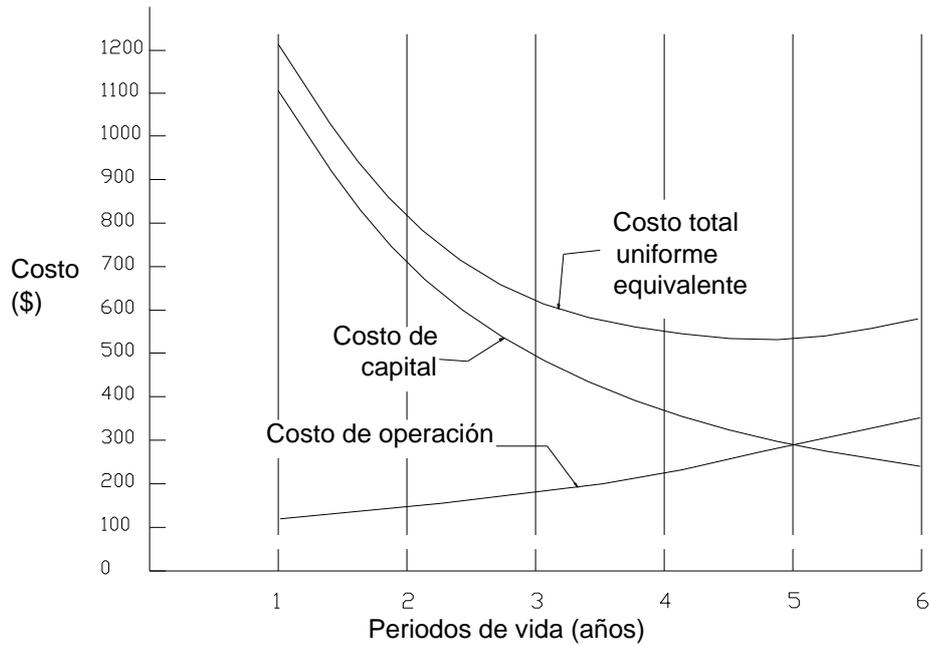


Figura 2.9 Variación del costo anual con los periodos de vida

Predicción de un gradiente de deterioro

A falta de registros anuales detallados, se puede utilizar el método descrito en el título anterior basándose en datos existentes y experiencias adquiridas.

Este método indica el deterioro que ha acumulado una máquina durante su vida, a condición de que la superioridad de la máquina propuesta no se deba en ningún aspecto a la obsolescencia. Por supuesto, eso no proporciona una base para predecir al patrón de acumulación; para ello se necesitan otras pruebas. La pregunta es: ¿puede predecirse un patrón razonable? Sin embargo, de algo si se puede estar seguro: los costos de deterioro aumentarán. En muchos casos, también se pueden anticipar los costos menos comunes por revisión general o reparaciones importantes.

En ausencia completa de datos, se debe predecir la vida económica misma en lugar del gradiente o el patrón de deterioro. Es más factible predecir el período de vida que el aumento de gastos.

Factores que determinan el deterioro

Los factores que influyen directamente en el deterioro son:

1. Aumento del consumo de combustible y de energía eléctrica, como consecuencia de la disminución de eficiencia de la máquina.
2. Incremento de mantenimiento y reparaciones, como consecuencia de las piezas.
3. Mayor tiempo ocioso de la mano de obra, debido a una mayor frecuencia de interrupciones por fallas mecánicas.

4. Más piezas echadas a perder y mayor desperdicio de materiales y mano de obra, debido a la poca confiabilidad.
5. Incremento de mano de obra, a causa de la disminución de velocidad y la productividad más baja.
6. Incremento de costos de inspección, debido a la pérdida de confiabilidad.
7. Pérdida de ingresos por devoluciones o gastos más elevados de ventas, si el producto es de calidad inferior.
8. Aumento de gastos generales, debido al equipo poco confiable.

La obsolescencia

La obsolescencia puede definirse como la disminución de la eficiencia de ingeniería del equipo cuando está nuevo, en comparación con la mejor eficiencia de ingeniería disponible en ese momento. La obsolescencia de la máquina se establece al comparar su costo de operación de nuevo con el costo de operación del último modelo. Debe observarse que se trata de una predicción de inferioridad tecnológica, no deterioro, y por tanto, como es de esperarse, la comparación se lleva a cabo entre máquinas nuevas. Se hace notar que el deterioro no toma parte en la inferioridad acumulada como causa de la obsolescencia.

La obsolescencia de una máquina da como resultado aumento de costos, en relación a la mejor máquina disponible de cada año. Los conceptos siguientes ilustran ciertas diferencias de costos, resultantes de la inferioridad tecnológica en el diseño.

1. Mayor consumo de combustible y energía eléctrica, debido a la menor eficiencia de diseño.
2. Menor productividad, debido a las velocidades productivas más bajas.
3. Costos más elevados de mantenimiento y reparaciones, a causa de la planeación inferior de diseño.
4. Más descomposturas por fallas de diseño.
5. Menos confiabilidad. Debido a cálculos de diseño más inexactos.
6. Más desperdicio debido al diseño menos exacto.
7. Más mano de obra y supervisión, debido a que el diseño es menos automático.
8. Más espacio de suelo por el diseño menos compacto.

Tipo de deterioro y obsolescencia

La vida económica de muchas piezas de equipo queda determinada por las fuerzas combinadas del deterioro y la obsolescencia finalmente, esa acumulación de inferioridad indicará que el reemplazo con un equipo mejor es una necesidad económica.

En esta clase de equipo, los gastos de operación aumentan con la edad, como resultado del deterioro; pero, además de eso, el equipo se vuelve obsoleto por la aparición constante de máquinas mejoradas. El equipo de esta índole experimenta deterioro y obsolescencia progresivos.

La obsolescencia y el deterioro como costos anuales

La obsolescencia como costo, depende de la existencia de períodos desiguales de vida y, por tanto, se presenta casi exclusivamente en situaciones “de reemplazo”. En consecuencia, se trata de un caso menos que general; pero se presenta ya que contribuye a que se comprenda mejor el concepto de vida económica.

Quizá es evidente que si las dos alternativas que se comparan tienen la misma vida económica, el costo de obsolescencia carece de importancia. Por medio de una comparación de escalas de tiempo, se verá que la obsolescencia se hace importante sólo en una situación de inversión diferida.

Un modo de manejar este tipo de equipo es la predicción de un patrón de deterioro y obsolescencia, tomando en cuenta los incrementos anuales en este deterioro y obsolescencia.

Tipos de vidas

Vida económica.- Para nuestro análisis el concepto más adecuado es: vida económica es el periodo durante el que el equipo lleva a cabo la función o el servicio para el que se le propuso.⁶

Vida de propiedad.- Tiempo que transcurre hasta que se vende el equipo.

Vida útil.- El tiempo durante el cual el equipo brindará servicio de manera útil.⁷

Vida contable.- El período elegido por el contador en el que depreciará el equipo.

Vida física.- Más larga que cualquiera de las anteriores, es cuando un equipo puede seguir brindando servicio a pesar de que ya no sea útil.

ECONOMÍA DE REEMPLAZO

Significado del reemplazo

Reemplazo es sinónimo de desplazamiento, significa que el proceso utilizado en la actualidad será desplazado por otro más económico.

⁶ TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p. 263

⁷ TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p. 264

Al tomar en consideración el reemplazo, debe observarse una proposición para hacer algo. En cada situación puede haber muchas alternativas, una de ellas será la de no hacer nada, la de mantener el estado de las cosas. Incluso una comparación de dos máquinas, aunque en sí no constituye un problema de reemplazo existe sólo debido a una decisión anterior de reemplazar lo existente, todo problema de inversión es también un problema de reemplazo.

Puede que no todos los equipos que se reemplaza son desechados, sino se los puede conservar para que preste un servicio degradado en la compañía. Cada una de estas degradaciones representa un período de vida económica en un servicio diferente, sin embargo, el equipo sólo debe pasar a otro servicio nuevo como resultado de un estudio económico; incluso para el servicio de reserva el equipo debe ganarse el privilegio.

“El *valor contable* es el costo no amortizado del activo, que aparece todavía en los libros de contabilidad de la empresa. Es una suma que resulta únicamente de los procedimientos pasados de depreciación y de las decisiones pasadas.”⁸

Valor de inversión del equipo

El costo de inversión es siempre el costo instalado del equipo.

El costo instalado de una máquina que ya está en servicio es: 1) Su precio como está, 2) El ingreso neto, 3) El valor neto de recuperación que se rechaza si se conserva la unidad en servicio, 4) El dinero que se podría tener en efectivo pero que se renuncia si se mantiene la unidad en servicio actual y 5) El llamado valor realizable neto de la unidad.

La decisión de reemplazar una pieza de equipo no es completa si no se ha tomado en cuenta la posibilidad alternativa de mejorar el equipo existente. Esta alternativa es la mejor con tanta frecuencia que da origen al principio “siempre mejora lo que tienes”.

ECONOMÍA DE VARIACIONES EN ACTIVIDADES DE OPERACIÓN

Variaciones de producción

Existen ciertos problemas que no son dados por los costos de inversión sino por efectos económicos que no pueden ser predecibles, básicamente esos problemas surgen del hecho de que las variaciones en los costos no son proporcionales a las variaciones en producción, esto se explica de que los costos de producción y los costos variados, que aunque son funciones de la producción, no siempre se los puede considerar directos.

Costos fijos y variables

Los costos fijos son aquellos que dependen de variables externas a la producción, en otras palabras no varían si se produce poco o mucho, por ejemplo: Salario del personal administrativo, costo de computadoras para llevar la contabilidad, arriendo.

⁷TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p.272

Los costos variables son los que dependen directamente de cuanto se produce, ejemplo: costo de energía de las máquinas, costo de los operarios, costo de la materia prima.

Los costos no pueden clasificarse como fijos o variables permanentemente debido a que, cualquier costo puede ser alterado por acciones administrativas, o permanecer constante por falta de acción.

En algunos casos los costos fijos se transforman en variables y los variables en fijos por ejemplo la mano de obra directa es función de la producción, pero por un descenso drástico de ésta no siempre se puede reducir el personal en la misma proporción. Las decisiones menos realistas pueden ser el resultado de una clasificación rígida de los costos fijos y variables, sin un examen cuidadoso de cada situación.

Relación insumo – producción

La relación entre los insumos y la producción en cualquier operación puede ilustrarse en forma ideal como la energía que recibe y la que produce un motor eléctrico. Por lo regular las unidades producidas y el insumo se miden en dólares o en caballos de fuerza.

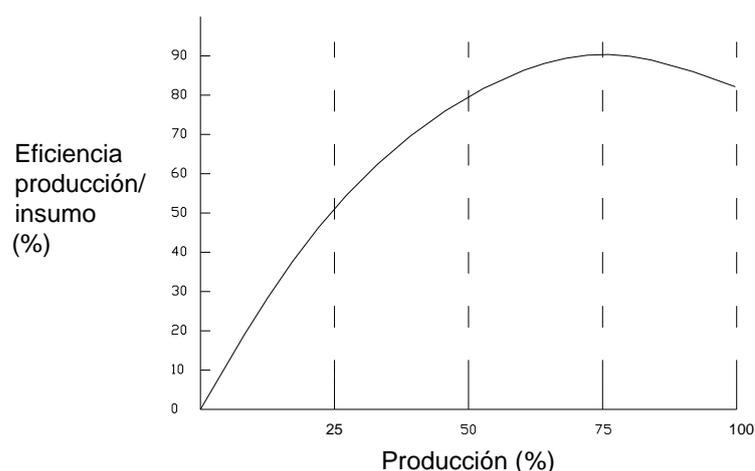


Figura 2.10 : Curva de eficiencia de un motor

Tipos de Costos

El **costo unitario** es el costo total dividido para el número de unidades producidas en el período. Por tanto el costo unitario, al igual que el costo total, se componen de elementos fijos y variables de costos.

El **Costo de incremento** es el costo adicional en que se incurrirá como resultado de aumentar la producción en una unidad más.

El **costo sepultado** es el que no se altera por una acción futura, y es irrelevante en la elección. Tanto los costos fijos como los costos variables pueden ser definidos como costos sepultados, aunque no es posible definir un costo de una forma rígida pero es un concepto muy válido en casos determinados.

Gráfica de punto de equilibrio

La gráfica de punto de equilibrio presenta dos curvas, la curva de insumo – producción y otra que muestra los ingresos de ventas. Esto indica los puntos de utilidad máxima, de pérdida máxima y el punto de equilibrio.

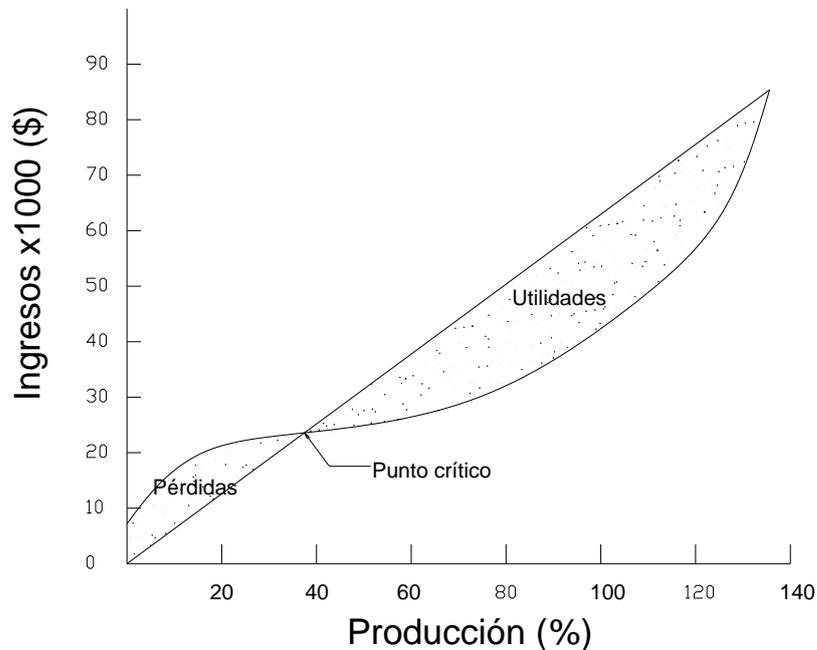


Figura 2.11 Gráfica de punto de equilibrio

PRONÓSTICOS DE COSTO

Conceptos

El objetivo del pronóstico es predecir el funcionamiento de la máquina en el trabajo asignado⁹. La predicción cubre solo los costos en el trabajo para el cual fue considerada la máquina.

La predicción de estos costos requieren pronósticos de:

1. Costo inicial necesario para instalar la máquina, y su posterior funcionamiento (valor realizable neto)
2. Seguro e impuesto sobre la propiedad (costo de inversión)
3. El período de la vida de la máquina hasta que sea desplazada del trabajo propuesto
4. El valor de recuperación en la fecha de desplazamiento
5. El grado y el patrón de uso; o sea, el porcentaje de capacidad a que funcionará la máquina en el trabajo que se le asigne.

⁹ TAYLOR, George. Ingeniería Económica. México: Limusa, p.455.

6. Costos de mantenimiento y reparación de rutina
7. Conceptos de reparaciones importantes o revisiones generales periódicas.
8. Costos directos de operación, incluyendo mano de obra de operación, combustible o energía eléctrica, material de desperdicio y reelaboración.
9. Costos indirectos (cuando sean pertinentes para la elección): mano de obra indirecta, herramientas, suministros, espacio de suelo, inventarios.
10. Prestaciones
11. Riesgos y pérdidas con respecto al equipo, al material y al tiempo de mano de obra
12. Cambios en el volumen o el precio de venta
13. Cambios del precio unitario de mano de obra, energía eléctrica, suministros, etc., que dan como resultado cambios en los costos de operación.

La predicción de datos debe estar precedida por un conocimiento razonablemente claro del trabajo específico al que se destina la máquina.

Ayudas para pronosticar.

Para pronosticar se puede recurrir a los siguientes pasos:

- Conocimiento del equipo. Esto exige invariablemente una preparación de ingeniería. Esto requiere una comprensión suficiente del equipo y su funcionamiento.
- Familiarizarse con los costos unitarios, con el fin de convertir el elemento humano, el material y el tiempo a dólares.
- Conservación del acceso a los registros. Los registros de costos del pasado proporcionarán una guía sobre los gastos tales como los de mantenimiento, reparación, revisión general, daños, desperdicio, gradiente de deterioro, etc. Gran parte de los pronósticos de datos futuros pueden basarse en el conocimiento de los datos del pasado.
- Reunión de datos y la investigación. *Los datos proporcionados por el fabricante del equipo pueden ser también una fuente primaria.*

Pronósticos del periodo de vida

Cuando la vida física es el factor determinante, o cuando el deterioro anual establece la vida, los datos estadísticos de equipos anteriores pueden convertirse en la base de las predicciones futuras.

Cuando la obsolescencia es el factor principal el buen juicio es la única ayuda para la predicción.

Un servicio de la maquinaria puede concluir por un cambio en la política de la compañía, hábitos de compra, legislaciones inevitables, presiones competitivas, etc. Todas las sugerencias de cambio incluyen predicciones, y por consiguiente, el hecho al que es preciso enfrentarse es que debe hacerse un llamado a los ejecutivos para que las hagan, lo cual hace necesario que reciban la preparación suficiente para este cometido.

La presión sobre las personas que pronostican les obliga a predecir una vida más corta más que una larga. Saben que la predicción de una vida corta distribuye los costos de inversión sobre un período corto, por otra parte, una predicción de una vida más larga fomenta la instalación de la unidad y si la vida es errónea, de modo que la unidad se reemplazara antes de lo previsto, puede generar problemas para ellos

La predicción del grado de uso para el trabajo es muy importante, debido a que afecta los costos inmediatos, un error en el grado de uso del equipo es grave y debe prestarse la mayor atención a los pronósticos de utilización.

DIFERENCIAS ECONÓMICAS ENTRE ALTERNATIVAS POR SU UTILIZACIÓN

Sobreutilización del equipo.

La alternativa a la operación de un equipo a su ritmo nominal es sobreutilizarlo, exceder sus especificaciones en la placa del fabricante. Las vidas de ciertas piezas de equipo o de sus componentes pueden ser acortadas por la fuerza de impactos, así como la vida de otras piezas que dependen de la temperatura.

Como se indicó, los mismos factores que recomiendan una sobreutilización en otras circunstancias, pueden llevar a la conclusión de que es económico subutilizar el equipo.

Subutilización del equipo

La subutilización del equipo puede resultar económica cuando existe un costo elevado del equipo en relación al costo de operación. La subutilización tiene también la ventaja de reducir el mantenimiento en una situación en que los costos de mantenimiento sean muy importantes puede ser suficiente para justificarla.

Alternativas de selección

La clara visualización de una situación permite el modelo económico que se está presentando, del mismo modo que las alternativas posibles. La incapacidad de analizar la economía de una situación se debe a una falta de definición de dicha situación. Al no definir adecuadamente puede ocasionar que no se observe las combinaciones de

alternativas separadas, un error que se comete es no mantener separadas las alternativas y esto ocasione una mala decisión.

Puede darse el caso de que se desea reemplazar dos máquinas con una sola; suponiendo que una de las máquinas es menos eficiente que su compañera pueden existir varias alternativas que no sean consideradas, por lo tanto se puede ignorar alguna alternativa potencial.

Con frecuencia es posible encontrar situaciones en las que no hay cursos opcionales por ejemplo, cuando la máquina en servicio llega al final de su vida física, un reemplazo en este caso es necesario e imperativo y no necesita un análisis matemático.

Una situación comparable es aquella en que la máquina existente es tan vieja y los ahorros que procuraría una máquina nueva son evidentemente tan grandes, que la necesidad de calcular la tasa de rendimiento es infructuosa.

CAPITULO III

RECOPIACIÓN DE DATOS

MÉTODO DE OBTENCIÓN DE DATOS

Para la realización del software que permita determinar la vida útil y económica de los motores de combustión interna utilizados en Petroproducción, es necesario partir de datos iniciales de los motores en estudio, para realizar una posterior tabulación y el análisis de los mismos.

Por el alto número de motores existentes en Petroproducción en el Distrito Amazónico, se empleará un muestreo estadístico estratificado y a la vez por conglomerados, para reducir el número de motores a analizar.

Los datos referentes a los motores que se encuentran en funcionamiento se los obtiene a través de una base de datos propia de Petroproducción que es controlada por el departamento de Main Tracker, éste departamento administra una gran cantidad de información como por ejemplo:

- Control de los movimientos de los equipos en los diferentes campos.
- Horas de operación diaria, horas de paro; no solo del motor, sino de todo el conjunto que va montado sobre el skid, ejm: motor, generador, tablero de control.
- Tiempo al que se debe realizar los mantenimientos correctivos y preventivos dependiendo de las horas que esté operando el equipo.

- Costos de todos los mantenimientos que se realizan, sean estos preventivos, correctivos, overhaul's; considerando partes, suministros, mano de obra; etc.
- Partes que se encuentren en stock o ya solicitadas, para verificar factibilidad de realizar una reparación.
- Esquemas de todas las estaciones de acuerdo a los skids; para tener una clara visión de la ubicación real del equipo en la estación y la función que desempeñan.
- Los detalles de las reparaciones mayores de los equipos grandes; sean éstos White Superior, Whakesha, etc. que realiza el grupo de overhaul.
- Actualización de equipos nuevos que entren en operación.
- Con la ayuda del sistema se puede determinar la disponibilidad, confiabilidad de los equipos del área de equipo pesado; se obtienen reportes mensuales, trimestrales, anuales del funcionamiento de los equipos. (basándose en las horas de operación; paro y reserva).

Toda la información es codificada para una fácil interpretación de lo que muestra el sistema.

En el caso de VUMCIP se requiere del sistema información de datos iniciales del motor, registros de los mantenimientos y los tiempos de funcionamiento y de paros del motor. Para complementar ésta información se recurrirá a los respaldos escritos existentes en las oficinas de Mantenimiento del Distrito Amazónico.

Información adicional acerca del estado físico operacional de los motores serán tomados directamente de los equipos.

Con la ayuda de tablas se procederá a la tabulación de los datos, en las que de una manera ordenada y sistemática se administre la información. Esto ayudará a la fácil identificación de los datos necesarios para nuestro estudio.

Luego de establecidas las tablas, se procede a un análisis de los datos de acuerdo a su importancia y su influencia en la investigación llevada a cabo.

RECOPIACIÓN DE DATOS REFERENTES A LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE PETROPRODUCCIÓN

ANÁLISIS INICIAL

Para un análisis más representativo se partirá de la siguiente lista inicial de motores utilizados en Petroproducción:

Tabla 3.1. Motores de PETROPRODUCCIÓN DISTRITO AMAZÓNICO por marca

	MARCA	NUMERO	REPRESENTACIÓN %	ACUMULADO %
1	CAT	262	59,7	59,7
2	LISTER	61	13,9	73,6
3	WS	41	9,3	82,9
4	GMDD	23	5,2	88,2
5	DEUTZ	20	4,6	92,7
6	JDEER	10	2,3	95,0
7	AJAX	10	2,3	97,3
8	WKESH	8	1,8	99,1
9	PERKN	2	0,5	99,5
10	WISCO	2	0,5	100,0
	TOTAL	439	100	

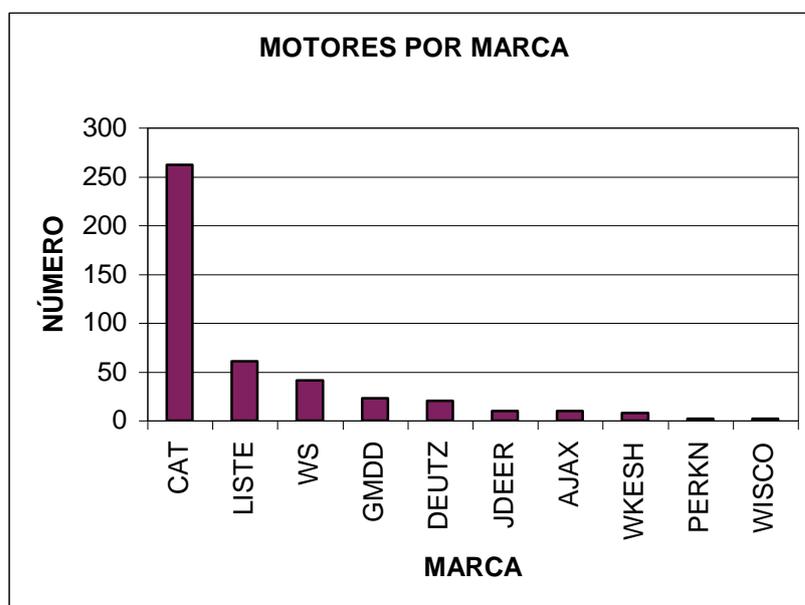


Figura 3.1 Distribución de los motores del Distrito Amazónico.

Para comprobar la importancia de algunos motores, es necesario realizar un análisis de la potencia que generan cada una de las marcas:

Tabla 3.2. Motores de PETROPRODUCCIÓN DISTRITO AMAZÓNICO por potencia.

	MARCA	POTENCIA (HP)	REPRESENTACIÓN %	ACUMULADO %
1	CAT	125720	67,55	67,55
2	WS	36751	19,75	87,29
3	WKESH	10028	5,39	92,68
4	GMDD	6136	3,30	95,98

5	AJAX	3600	1,93	97,91
6	LISTER	2424	1,30	99,21
7	DEUTZ	703,4	0,38	99,59
8	JDEER	588	0,32	99,91
9	WISCO	136	0,07	99,98
10	PERKN	40	0,02	100,00
	TOTAL	186126,4	100	

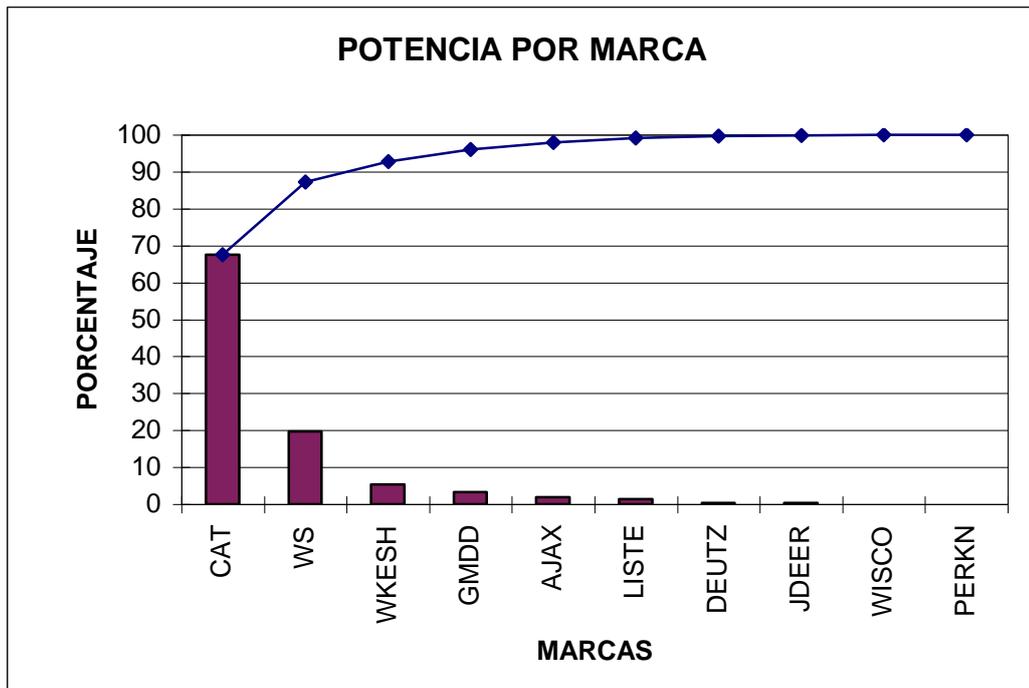


Figura 3.2 Distribución de los motores por potencia.

Partiendo de las gráficas 8 y 9 se determina que *los motores más representativos que hay en el Distrito Amazónico son los Caterpillar, con 59,7% y 67,55% de participación en número y potencia respectivamente, Como segundo tipo de motor en importancia se encuentra White Superior con una representación del 9,3% en número y 19,75% de potencia.* Partiendo de este análisis podemos decir que estas marcas en conjunto son las más representativas en todo el Distrito Amazónico. Para completar más de un 90% de representación de los motores se considerará los motores Waukesha. Estos tres tipos de motores representan alrededor del 93% de la potencia; y son los motores que se considerarán para nuestro estudio.

Los motores Lister no serán tomados en cuenta dentro del análisis, puesto que a pesar de que representan un 13.9 % de todos los motores; en potencia solo aportan con 1% del total.

ESTRATIFICACIÓN

La estratificación de los motores se hará bajo los siguientes parámetros:

- Marca
- Potencia
- Modelo
- Ubicación geográfica

Como ya se indicó en el anterior punto, las marcas a analizar serán:

- Caterpillar.
- White Superior.
- Waukesha.

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para continuar con el estudio es necesario determinar el tamaño de la muestra. Para este caso se tomará las siguientes consideraciones:

- La muestra será tomada solo de los motores representativos

Tabla 3.3. Motores representativos de Petroproducción.

		POTENCIA (kW)	NUMERO
1	CAT	125720	262
2	WS	36751	41
3	WKESH	10028	8
Total:		172499	311

- Para hacer un análisis más cercano a la realidad se subdivide la muestra por marcas, de acuerdo a la potencia que representan esos motores.
- Dentro de cada tipo de motor se utilizará un muestreo aleatorio. Cabe señalar que se analizarán motores ubicados en un mismo sector.
- El tamaño de la muestra (n) se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{PQ}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{PQ}{N}} \quad \text{Ecuación 1}^{10}$$

¹⁰ MARTINEZ, Ciro Bencardino. Estadística y Muestreo.

donde:

P: Probabilidad de que suceda la situación.

Q: Probabilidad de que no suceda la situación.

E: Error permisible.

Z: Margen de confiabilidad.

N: Numero de elementos del universo.

En nuestro caso tomaremos los siguientes valores:

$P = Q = 0.5$, por la falta de datos previos para la determinación de que suceda el hecho de que los motores funcionan de una manera rentable.

$E = 0.1$, ya que este valor es un índice aceptable de error para este tipo de estudio.

$Z = 1.29$, depende de una probabilidad de un 80% de fiabilidad en la respuesta.

Con estos valores se obtiene:

$$n = \frac{0.5 \times 0.5}{\left(\frac{0.1}{1.29}\right)^2 + \frac{0.5 \times 0.5}{311}} \approx 37 \text{ motores}$$

que serán repartidos de la siguiente manera (de acuerdo a su potencia entregada):
Tabla 3.4. Distribución de la muestra.

MARCA	NÚMERO
CAT	27
WS	8
WKESH	2
Total:	37

Los motores de estudio, dentro de cada estrato, serán determinados al azar.

TABULACIÓN DE DATOS

Todos los datos propios del motor tienen que ser ingresados en tablas para poder ser analizados posteriormente.

En la primera tabla se ingresan los datos iniciales del motor. El siguiente es un ejemplo de tabla a utilizarse:

Tabla 3.5 Ejemplo de tabla de datos base y de identificación del motor

DATOS DEL MOTOR		
MODELO:	3406	
MARCA:	CATERPILLAR	
CÓDIGO:	EMDCAT0131	
C.A.F.:	880028631	
UBICACIÓN:	LAGO AGRIO POZO 17	

USO:	GENERACIÓN (04/96--28/01/02); POWER OIL(07/03/02--continúa en funciones)	
POTENCIA:	250 HP	
AÑO DE FABRICACIÓN:		
AÑO DE ADQUISICIÓN:	1996	
VALOR HISTÓRICO	42010,56	
COMSUMO COMB.	15 GAL/H	
PRECIO DEL GALÓN	0,65 \$/GAL	

En lo referente a costos se debe obtener:

- Mantenimientos preventivos
- Mantenimientos correctivos
- Overhauls
- Operativos
- Devaluación del equipo

Para poder realizar los cálculos es necesario que todos los datos se encuentren en períodos anuales. Además se deben también incluir las horas de operación por año, que servirá para realizar una comparación con los períodos por año.

De allí se parte para la segunda tabla de los motores que se refiere al comportamiento en el uso del motor según los registros:

Tabla 3.6 Ejemplo de tabla de datos de funcionamiento del motor

AÑO	1998	1999	2000
HOROMETRO	19500	27600	35800
HORAS x AÑO	4500	8100	8200
COSTOS	5123,90	2855,94	2730,92
PREVENTIVOS	1359,95	2855,94	2719,59
CORRECTIVOS	0,00	0,00	11,32
OVERHAUL	3763,95		
VALOR DEL EQUIPO	39472,92	36322,13	33171,34

CAPITULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO AMAZÓNICO

4.1. EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE LOS MOTORES

La evaluación del estado de los elementos del motor se puede hacer de dos formas: haciendo un análisis físico del motor, o haciendo un análisis según los periodos de trabajo. En el primer caso este análisis se lo hace parando al equipo, abriéndolo y realizando medidas de éste, en el caso de los motores que se están analizando éste procedimiento no es factible, en vista de que no es posible parar al equipo para hacer el análisis de sus partes, por lo tanto se utilizará el segundo procedimiento, el de los periodos de servicio.

Antes de realizar una evaluación de los sistemas es necesario hacer un listado de las partes representativas de cada sistema según la información recolectada acerca de los motores de combustión. En este estudio se dividirá el motor como el listado siguiente:

MOTOR BASE

Bloque
Cigüeñal
Cojinetes
Chaquetas
Biela
Pistón
Camisas
Cabezotes
Válvulas de ingreso y escape
Árbol de levas

SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

Inyectores
Bomba de combustible
Bomba de inyección

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Bomba de agua
Radiador
Ventilador
Termostato

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Bomba de aceite
Tuberías

SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE

Colector de admisión
Múltiple de escape
Turbo compresor

SISTEMA ELÉCTRICO

Alternador
Motor de arranque

A través de los periodos de servicio y precios de estas partes se puede pasar al cálculo del desgaste del motor.

4.2. CÁLCULO DEL DESGASTE DE LOS MOTORES

El desgaste de un motor será determinado por su coeficiente de utilidad (ver 2.2.1.1.).

1. Determinación de la utilidad de cada parte representativa

En primer lugar se debe determinar los periodos de mantenimiento y reposición de las partes, para con estos datos saber la pérdida de utilidad de las partes por el tiempo que se encuentran éstas en funcionamiento.

En segundo lugar se determina la utilidad recuperada en las partes por motivo del mantenimiento, de acuerdo del tiempo posible de funcionamiento desde el mantenimiento hasta su próximo mantenimiento o recambio.

La utilidad inicial de cada parte es 100% al inicio de su vida útil, esta decrece con su funcionamiento pero se recupera con los mantenimientos recibidos, y su utilidad termina siendo 0 (cero) al final de su funcionamiento.

La utilidad porcentual del elemento se la denotará con la letra U y su respectivo índice, en los posteriores cálculos.

Por la variación de la importancia de cada elemento la utilidad se multiplica por un coeficiente de importancia de la parte en relación al motor, este coeficiente se lo calcula en función del costo del elemento:

$$Cr_X = \frac{Q_X}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Ecuación 2 ¹¹

donde:

Cr_X : Coeficiente de importancia de la parte X

Q_X : Costo de la parte X

$\sum_{i=1}^n Q_i$: Sumatoria de los costos de las partes representativas del motor

donde n es el número total de partes representativas.

De la muestra de motores tomada anteriormente se determinará los coeficientes para la base de datos del software.

2. Utilidad total del motor

Es el resultado de la sumatoria de las utilidades parciales de todas las partes representativas.

$$Em = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i$$

Ecuación 3 ¹²

donde:

Em: La utilidad del motor en el momento del análisis.

$E_i = Cr_i \times U_i$: La utilidad porcentual del elemento i por su coeficiente de importancia

n: número total de elementos representativos.

4.3. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de la utilidad remanente y los de la vida económica tienen una relación en los periodos de servicio de las partes, porque las partes limitantes del motor al final de su vida útil limitan el tiempo en el cual el motor es económicamente rentable. De la misma manera los tiempos de vida de las partes influyen en los costos de los mantenimientos, mientras más cambios de partes mayores costos de mantenimiento.

Con el coeficiente de utilidad se determina el estado actual del equipo, analizando este dato se determina la vida remanente del motor, además, se puede hacer comparaciones del estado de un motor con otro de similares características.

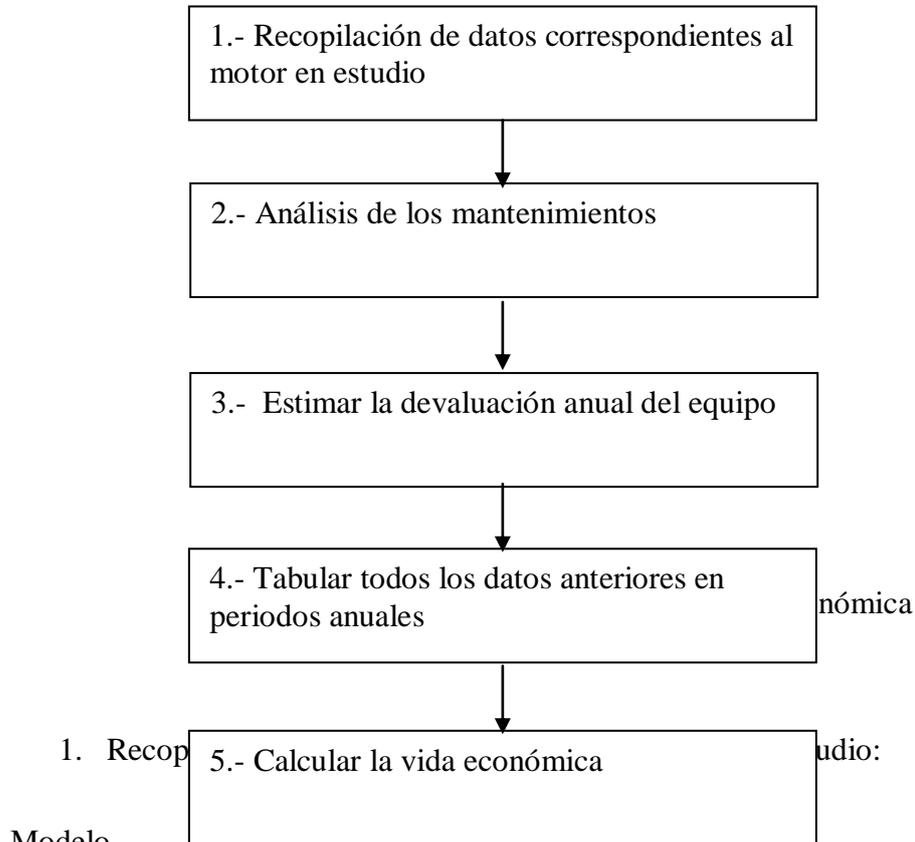
Dependiendo del coeficiente de utilidad también se puede determinar si el motor analizado necesita mantenimiento, o si ciertos sistemas necesitan más reposición de partes que otros.

¹¹ SELIVANOV, A. Teoría de envejecimiento de máquinas. Rusia: MIR, p. 48

¹² SELIVANOV, A. Teoría de envejecimiento de máquinas. Rusia: MIR, p. 59

4.4. CÁLCULO DE LA VIDA ECONÓMICA DE LOS MOTORES

Para la determinación de la vida económica se seguirán los siguientes pasos:



1. Recop
Modelo
Marca
Potencia
Año de adquisición
Costo de adquisición
Consumo promedio de combustible
Horómetro actual de funcionamiento

2. Análisis de los mantenimientos realizados sean estos:

Mantenimientos preventivos
Mantenimientos correctivos
Overhalls;

Y por otra parte:
Costos operativos

Todos estos costos entran en el cálculo como gastos del motor

3. Estimar la devaluación anual del equipo.

La devaluación del equipo influye directamente en la vida económica, ya que, un motor representa una inversión que se pierde con el uso.

Para el cálculo de la devaluación se debe tomar en cuenta el tiempo de las partes limitantes de la vida física del motor para tener un tiempo de devaluación del equipo, en este caso, los motores no quedan en desuso ni por obsolescencia ni por pérdida total de la utilidad, sino, por una elevación en los costos de mantenimiento que es relación directa del cambio de partes.

En el caso de los motores que se analizan en el programa los tiempos de devaluación están entre los 20 y los 30 años, dependiendo del motor.

Una devaluación de forma lineal es aceptable para este tipo de análisis, porque no se analiza al motor en un tiempo medio de vida económica, sino al final de ella.

4. Tabular todos los datos anteriores en periodos anuales.

Ya que el análisis debe ser realizado en periodos anuales, es necesario encontrar una relación con las horas que trabaja el motor que se analiza, es decir, horas promedio anuales de trabajo del motor.

5. Calcular la vida económica

Para el cálculo de la vida económica se partirá del siguiente modelo matemático

La ecuación C1 representa la desvalorización del motor al transcurso de los años, también incluye la estimación de la utilidad económica anual que genera el motor de acuerdo a las horas que trabaja.

$$C1 = Vi + Un - \sum Dn \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Un = Utilidad económica anual del motor

Dn = Devaluación anual

Vi = Valor inicial del motor

n = Periodo al que se está analizando (periodo anual).

La utilidad económica anual (Un) se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$Un = (Ceph - Ccph) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$Ceph$ = Costo de energía generada por el motor por las horas trabajadas anuales

$Ccph$ = Costo de combustible por las horas trabajadas anuales

La ecuación C2 representa la línea de costos que se va incrementando con el transcurso de los años.

$$C2 = Cmp + Cmc + Cov$$

Ecuación 6

Donde:

Cmp = Costo de mantenimiento preventivo por años

Cmc = Costo de mantenimiento correctivo por años

Cov = Costo de overhaul.

El cruce de estas dos curvas, nos permitirá observar el momento en que el motor ha llegado a su vida económica, ya que deja de generar utilidades.

4.5. DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZADO EN PETROPRODUCCIÓN

Analizando el estado del equipo a través del coeficiente de utilidad y la vida económica, se puede llegar a una determinación del plazo óptimo de trabajo del motor, en donde éste se encuentre funcionando en condiciones aceptables, sin generar pérdidas.

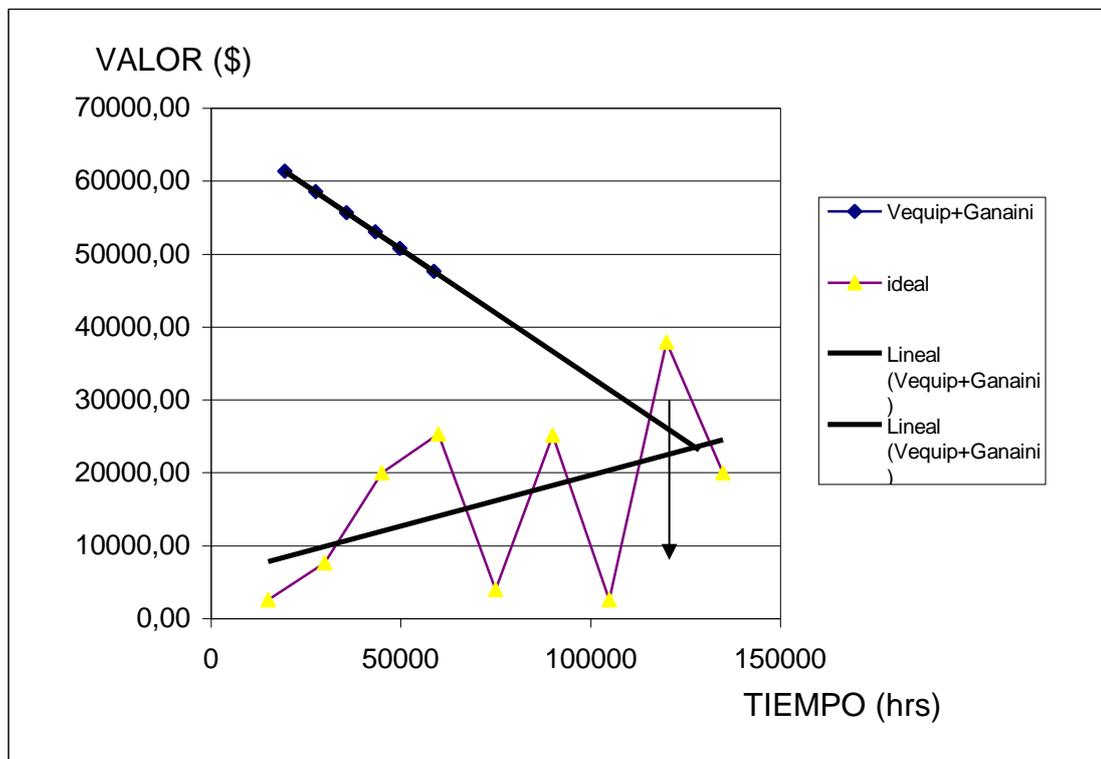


Figura 4.2: Ejemplo de cálculo de la vida económica del motor EMDCAT0131

Según este gráfico se puede determinar que la vida útil de éste motor está alrededor de las 120000 horas de funcionamiento.

Para el ejemplo anterior se podría decir que no es económico hacer funcionar al motor después de las 120000 horas, sin embargo, el usuario del motor será el único que puede determinar si el uso del motor después de su vida económica sigue siendo aceptable, ya que, puede tener un estado físico y un funcionamiento mejor que el estimado.

CAPITULO V

DESARROLLO DEL SOFTWARE

4.5. INTRODUCCIÓN

El software tiene por finalidad la de ayudar en la toma de decisiones acerca del descenso de funcionamiento de un motor de combustión interna utilizado en Petroproducción. Por este motivo se le asignó el nombre de: VUMCIP (Vida útil de los motores de combustión interna de Petroproducción)

Este software fue realizado en Visual Basic 6.0 y todas sus bases de datos en Microsoft Access con la finalidad de facilitar la programación, además de facilitar la interacción con la base.

VUMCIP al ser diseñado para los motores pertenecientes a la sección de Mantenimiento de Petroproducción toma en cuenta la información disponible en la base de la red de Equipo Pesado para de ésta forma no crear inconvenientes en el usuario del programa al momento de manejarlo.

4.6. DESARROLLO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

El programa VUMCIP tiene el objetivo específico de presentar los análisis de los motores de Petroproducción, por este motivo los componentes del software son dirigidos a los motores tipo analizados para esta tesis.

Como partes básicas del software se tienen: *las bases*, donde está toda la información requerida tanto de los motores tipo como de los motores que se van ingresando al software, y *los formularios*, que son las ventanas donde se realizan todas las presentaciones además de los cálculos.

Para el correcto funcionamiento del programa son necesarias las siguientes pantallas:

1. Pantalla de presentación del programa.
2. Pantalla principal VUMCIP
3. Pantalla de ingreso de código del motor.
4. Pantalla de ingreso de datos generales del motor.
5. Pantalla de ingreso de datos específicos del motor (estado y cambio de partes).
6. Pantalla de presentación de informe.
7. Pantalla de consulta de motores ya analizados.
8. Pantallas de ayuda:
 - a. Acerca del software.
 - b. Ayuda.

Pantalla principal VUMCIP

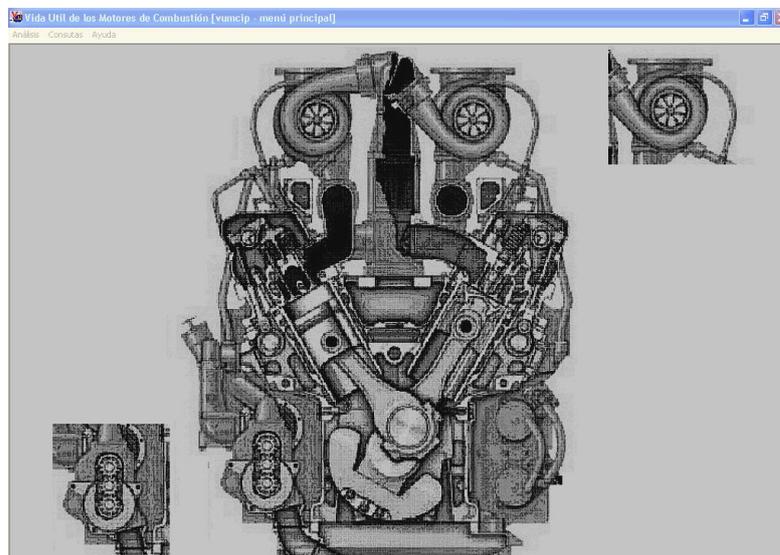


Figura 5.1 ventana principal del programa

Es la ventana principal (también llamada formulario MDI), contiene todas las otras ventanas que conforman el programa. En su estructura se tiene la barra de menús en donde el usuario puede elegir las funciones iniciales de análisis, consultas o ayuda. El funcionamiento de ésta y todas las ventanas será descrito en el manual de usuario.

Pantalla de ingreso de código del motor

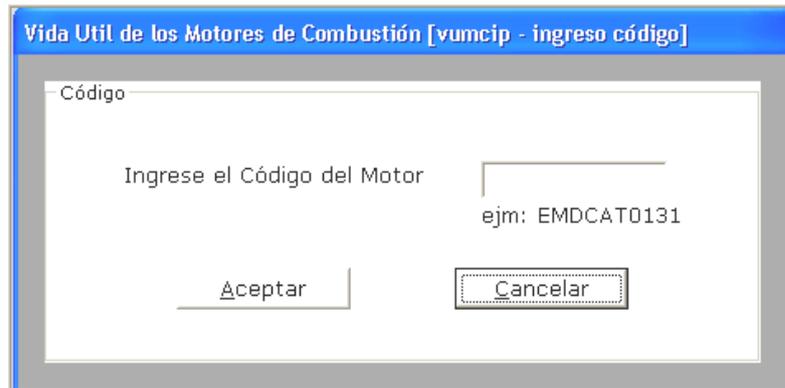


Figura 5.2 Ventana de código del motor

Se presenta al elegir análisis y es la ventana de inicio del proceso. Tiene por objetivo al ingresar el código determinar si el motor ya fue ingresado.

Pantalla de ingreso de datos generales del motor.

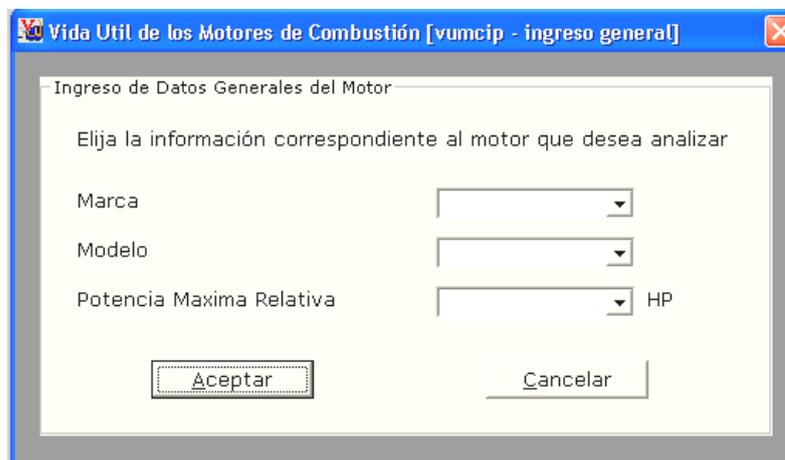


Figura 5.3 Ventana de datos iniciales

Permite el ingreso de la marca, modelo y potencia máxima que son los datos principales para el reconocimiento del tipo de motor.

Pantalla de ingreso de datos específicos del motor

The screenshot shows a software window titled 'Vida Util de los Motores de Combustión [vumcip - menú principal] - [vumcip - ingreso motor]'. The window contains several input fields and sections:

- Datos propios del motor:** A section with input fields for 'Fecha' (with an example 'Ejm: 31122004'), 'Valor del motor (\$)', 'Año de adquisición', 'Horas actuales de funcionamiento', and 'Horómetro al último overhaul'. A note at the bottom right of this section says 'Datos Obligatorios para el Análisis'.
- Ingreso de Datos de Periodos de Servicio:** A section containing several sub-sections for different engine components, each with an 'Último cambio a (horas)' input field and an 'Ok' button:
 - Motor base:** Includes radio buttons for 'Bloque', 'Cigüeñal', 'Bielas', 'Pistones', 'Cabezote', and 'Árbol de levas'.
 - Suministro de combustible:** Includes radio buttons for 'Bomba de transferencia' and 'Bomba de inyección'.
 - Sistema eléctrico:** Includes radio buttons for 'Alternador' and 'Motor de arranque'.
 - Sistema de admisión y escape:** Includes radio buttons for 'Colector de admisión', 'Múltiple de escape', and 'Turbo alimentador'.
 - Sistema de lubricación:** Includes a radio button for 'Bomba de aceite'.
 - Sistema de refrigeración:** Includes radio buttons for 'Radiador', 'Bomba de agua', 'Ventilador', and 'Termostato'.
- Mostrar Informe:** A button with a document icon and the text 'Mostrar Informe'.

Figura 5.4 Ventana de datos propios del motor

Se presenta después de la ventana de datos iniciales, y tiene por finalidad ingresar datos propios del motor como su costo, sus horas de funcionamiento, etc. Los datos de la parte superior son para determinar la vida económica, los de periodos de servicio sirven para determinar la utilidad remanente de funcionamiento del motor, si no se ingresan los datos de los periodos de servicio el programa calcula como si no existieran mayores cambios de partes, solo los necesarios dentro de los mantenimientos.

Pantalla de presentación de informe.

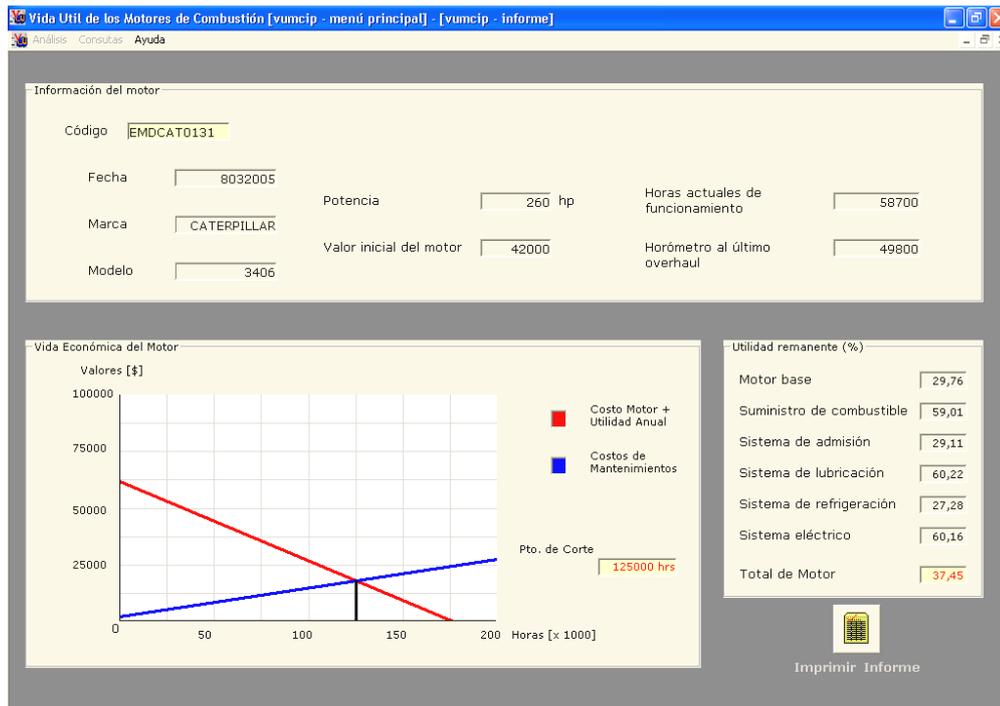


Figura 5.5 Ventana de presentación de informe

Es la ventana de presentación de los resultados, se presenta la gráfica de la vida económica y la utilidad remanente porcentual.

Pantalla de consulta de motores ya analizados

Motores Ingresados Previamente

CODIGO	FECHA	MARCA	MODELO	POTENCIA
EMDCAT0023	12390	CATERPILLAR	D399 PC T	1300
EMDCAT0030	10032005	CATERPILLAR	3304 PC	85
EMDCAT013	0	CATERPILLAR	3304 DI	90
EMDCAT0131	8032005	CATERPILLAR	3406	260
EMDCAT060	0	CATERPILLAR	3304	90
EMDCAT5555	1233445	WAKESHA	L5790GSI	1029
EMDCAT6020	31122004	CATERPILLAR	3408 DITA	475
EMDCAT6111	14042005	CATERPILLAR	3304 DI	90
EMDCATXXXX	2032005	CATERPILLAR	3304	125
EMDWS009	13042005	WHITESUPERIOR	40-S-8	597

Para realizar cambios en cualquiera de los motores ingrese a la lista de análisis e ingrese el código.

Figura 5.6 Ventana de lista de motores analizados

Esta ventana presenta un listado de todos los motores que ya han sido analizados.

Pantallas de ayuda

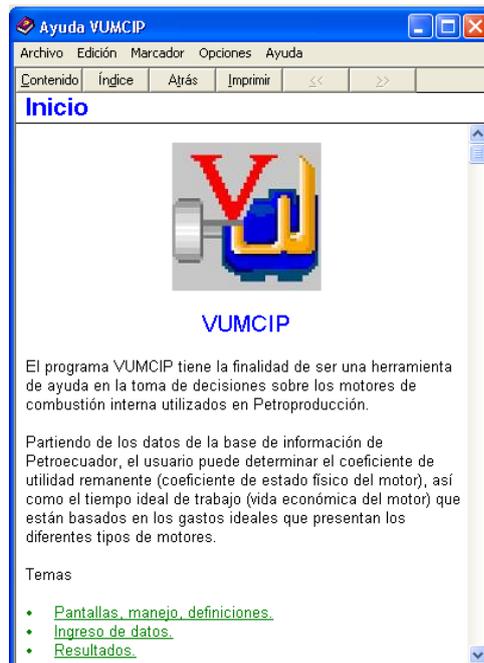


Figura 5.7: Ejemplo de las pantallas de ayuda. Pantalla de inicio de la ayuda.

Son pantallas informativas sobre el software. En el menú ayuda se encuentran las opciones “acerca de..” y “ayuda”, la primera presenta información sobre el software, y la segunda presenta una guía del manejo de las pantallas y del funcionamiento interno del programa.

4.7. DESCRIPCION DE LAS TABLAS Y BASES DE DATOS

El programa utiliza una base de datos que como ya se dijo en el comienzo del capítulo es generada en Microsoft Access por la facilidad de conexión con los formularios.

Para el correcto funcionamiento del software se ha determinado la necesidad de tres tablas de información:

1. Tabla de motores base.
2. Tabla de utilidad.
3. Tabla de motores analizados.

4.7.1. TABLA DE MOTORES BASE

Esta tabla tiene información de los motores de combustión interna tipo, muestra que se determinó en el capítulo III. Los campos de esta tabla son:

- Marca. Marca del motor.
- Modelo. Tipo de motor.

- Potencia. Potencia máxima generada.
- Periodo de overhaul. Tiempo en horas entre reparaciones de mantenimiento correctivo.
- Consumo. Consumo promedio de combustible en galones por día.
- Tipo de utilidad. Valor que relaciona cada tipo de motor con los coeficientes de la tabla de utilidad.
- Periodo anual. Promedio anual de horas trabajadas por ese tipo de motor.
- Coeficiente de devaluación. Porcentaje de valor que se devalúa el motor en el periodo anual.
- Pendiente Base (Mbase). Es el coeficiente de la pendiente de los costos de mantenimiento, se multiplica con el costo del equipo para tener una tendencia de los costos de mantenimiento del equipo.
- B2. Es el corte con el eje Y de la recta de costos de mantenimiento (C2), este valor es un estimado de los costos de mantenimientos preventivos de rutina que se realizan en el motor durante el periodo anual.

4.7.2. TABLA DE UTILIDAD

Ésta tabla posee información necesaria para el cálculo de la utilidad remanente de los motores, es decir, almacena los coeficientes de utilidad de las partes y un coeficiente de tipo de utilidad para poder relacionarlos con los diferentes motores.

Los campos de esta tabla son:

- Tipo de utilidad. Valor que relaciona los coeficientes de utilidad con el tipo de motor.
- (Parte del motor) R. Coeficiente de representación de la parte del motor indicada.
- (Parte del motor) P. Coeficiente de periodos para cambio, el número de periodos de overhaul que trabaja dicha parte.
- (Parte del motor) U. Utilidad mínima recuperada, es la utilidad mínima considerada en la parte después del mantenimiento.

Las partes del motor consideradas para generar los campos son las que están enunciadas en el capítulo 4.1.

4.7.3. TABLA DE MOTORES ANALIZADOS

En esta tabla se almacena todos los datos extraídos de la tabla de motores base, en función de la información que haya elegido el usuario, además otra información que se ingresa por teclado como por ejemplo las horas en las que fueron cambiadas las partes.

Los campos de esta tabla son al igual que la tabla de motores base:

- Marca.
- Modelo.
- Potencia.
- Periodo de overhaul.
- Consumo.
- Tipo de utilidad.
- Periodo anual.
- Coeficiente de devaluación.
- Pendiente Base (Mbase).
- B2.

Pero además también incluyen datos propios del motor que se analiza como:

- Código. Clave con la que se reconoce a un motor específico en Petroproducción.
- Fecha. Para registrar la fecha en la que se realiza el informe.
- Valor. Costo de adquisición del motor.
- Año. Año en el cual fue adquirido el motor.
- Horas actuales. Valor actual del horómetro del motor.
- Horas del último overhaul. Valor del horómetro al último overhaul.
- M1. Pendiente de la recta: valor del motor más la utilidad anual generada.
- B1. Corte de la recta: valor del motor más la utilidad generada con el eje Y.
- M2. Pendiente de la recta de costos de mantenimiento.
- (Parte del motor) T. Periodo de trabajo de la parte indicada.
- (Parte del motor) H. Último cambio de la parte indicada.

Al igual que en la tabla de utilidad las partes del motor consideradas para generar los campos son las que están enunciadas en el capítulo 4.1.

4.8. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL

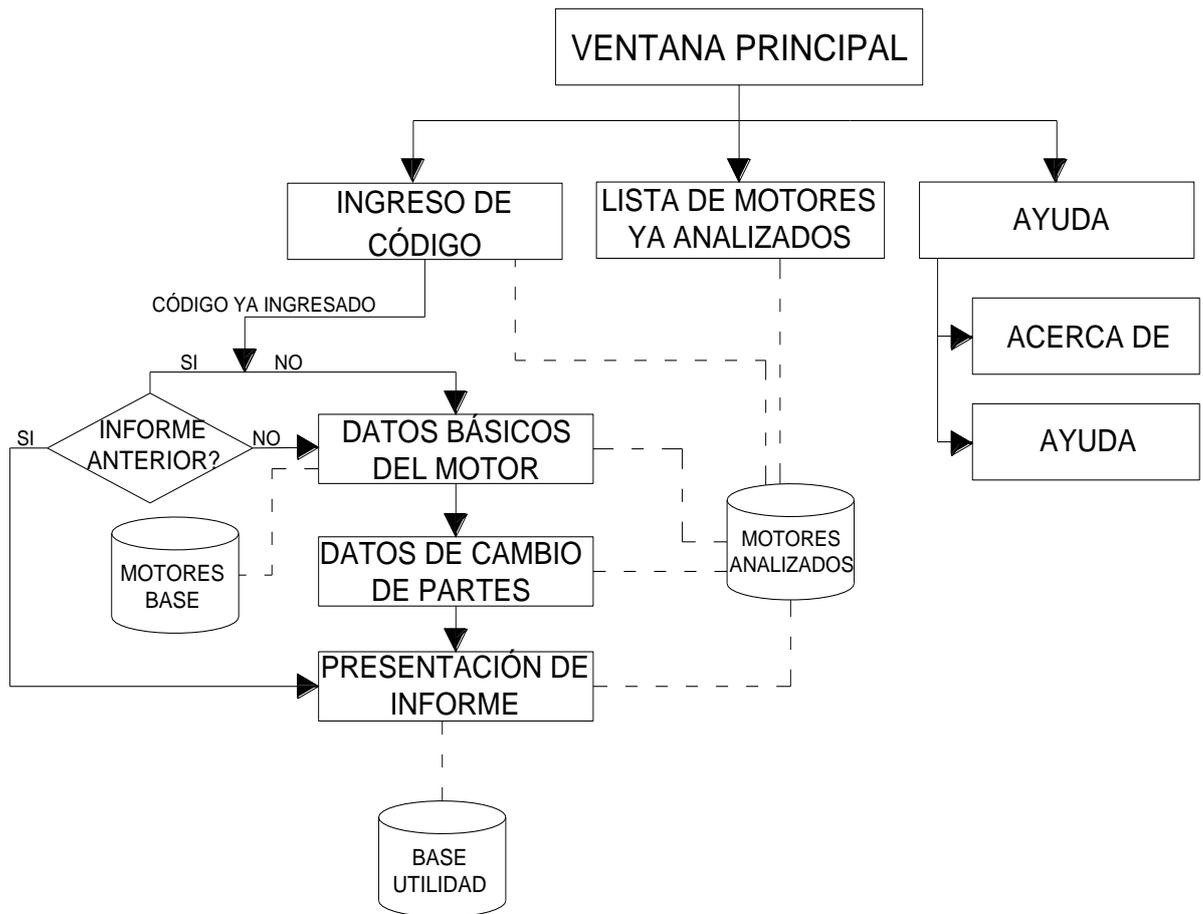


Figura 5.8

4.9. CODIFICACIÓN

A continuación se presenta las partes importantes de las diferentes ventanas que conforman el programa.

4.9.1. PANTALLA DE PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA

Es la pantalla que se presenta antes de la pantalla de inicio del programa.

Codificación:

```
Dim cont As Integer
Option Explicit
Private Sub Form_Initialize()
    cont = 0
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
    cont = cont + Timer1.Interval
    If cont >= 80 Then
        mdiprincipal.Show
        Unload Me
    End If
End Sub
```

4.9.2. PANTALLA PRINCIPAL VUMCIP (MDIPRINCIPAL)

La programación de este formulario solo incluye las llamadas de las diferentes pantallas y de las bases.

Codificación:

```
Private Sub MDIForm_Load()

Dtebases.rscmdutilidad.Open
Dtebases.rscmdtbase.Open
Dtebases.rscmdmotores.Open

End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
Dtebases.rscmdutilidad.Close
Dtebases.rscmdtbase.Close
Dtebases.rscmdmotores.Close
End Sub

Private Sub mnuacercade_Click()
frmacercade.Show
End Sub

Private Sub mnumanalizados_Click()
frmlista.Show
End Sub

Private Sub mnun analisis_Click()
```

```

frmcodigo.Show
mnu analisis.Enabled = False
End Sub

```

4.9.3. PANTALLA DE INGRESO DE CÓDIGO DEL MOTOR

La codificación comprende la determinación si el código del motor fue o no ingresado anteriormente.

Codificación:

```

Dim a As Integer
Dim b As String
Dim var As String

```

```

Private Sub cmdaceptar_Click()
If txtcodigo = "" Then
    MsgBox "código no aceptado"
    txtcodigo.SetFocus
Else
    a = 1
    b = UCase(txtcodigo.Text)
    txtcodigo.Text = b
    Dtebases.rscmdmotores.MoveFirst
    While (a = 1 And (Dtebases.rscmdmotores.EOF = False))
        If (Dtebases.rscmdmotores!CODIGO = txtcodigo.Text) Then
            a = 2
        Else
            Dtebases.rscmdmotores.MoveNext
        End If
    Wend
1:
    If a = 1 Then
        MsgBox "El motor no ha sido ingresado anteriormente"
        frmingreso.Show
    End If
    If a = 2 Then
        If Dtebases.rscmdmotores!M2 = 0 Then
            MsgBox "El código ya ha sido ingresado pero no sus datos"
            a = 1
            GoTo 1
        End If
        var = MsgBox("el motor ya ha sido ingresado desea ver el informe anterior",
vbYesNo)
        If var = vbYes Then
            frminforme.Show
        End If
        If var = vbNo Then
            frmingreso.Show

```

```

        End If
    End If
End If
End Sub
Private Sub cmdcancelar_Click()
Unload Me
mdiprincipal.mnu analisis.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
mdiprincipal.mnuconsultas.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
mdiprincipal.mnu analisis.Enabled = True
mdiprincipal.mnuconsultas.Enabled = True
End Sub

```

4.9.4. PANTALLA DE INGRESO DE DATOS GENERALES DEL MOTOR

Escoge el tipo de motor que se está analizando de acuerdo a la tabla de motores base e ingresa los datos principales del motor a la tabla de motores junto con el código ya ingresado.

Codificación:

```

Dim anterior As String
Dim a As Integer

```

```

Private Sub cmbmarca_Click()

```

```

    cmbmodelo.Clear
    cmbpotencia.Clear
    Dtebases.rscmdtbase.MoveFirst
    Dtebases.rscmdtbase.Sort = "MODELO"

```

```

Do
    If (cmbmarca.Text = Dtebases.rscmdtbase!MARCA And anterior <>
Dtebases.rscmdtbase!MODELO) Then
        cmbmodelo.AddItem (Dtebases.rscmdtbase!MODELO)
        anterior = Dtebases.rscmdtbase!MODELO
    End If
    Dtebases.rscmdtbase.MoveNext
Loop Until (Dtebases.rscmdtbase.EOF)
End Sub

```

```

Private Sub cmbmodelo_Click()
cmbpotencia.Clear
Dtebases.rscmdtbase.MoveFirst
Dtebases.rscmdtbase.Sort = "POTENCIA"
Do
    If (cmbmarca.Text = Dtebases.rscmdtbase!MARCA And cmbmodelo.Text =
Dtebases.rscmdtbase!MODELO) Then
        cmbpotencia.AddItem (Dtebases.rscmdtbase!POTENCIA)
    End If
    Dtebases.rscmdtbase.MoveNext
Loop Until (Dtebases.rscmdtbase.EOF)
End Sub

```

```

Private Sub cmdaceptar_Click()
a = 1
    If (cmbmarca.Text = "" Or cmbmodelo.Text = "" Or cmbpotencia = "") Then
        MsgBox "datos incompletos, escoja en todas las casillas"
    Else
        While (a = 1 And (Dtebases.rscmdmotores.EOF = False))
            If (Dtebases.rscmdmotores!CODIGO = frmcodigo.txtcodigo.Text) Then
                a = 2
            Else
                Dtebases.rscmdmotores.MoveNext
            End If
        Wend

        If a = 1 Then
            Dtebases.rscmdmotores.AddNew
        End If

```

```

Dtebases.rscmdmotores!CODIGO = frmcodigo.txtcodigo.Text
Dtebases.rscmdtbase.MoveFirst
While (cmbmarca.Text <> Dtebases.rscmdtbase!MARCA Or
    cmbmodelo.Text <> Dtebases.rscmdtbase!MODELO Or
    cmbpotencia.Text <> Dtebases.rscmdtbase!POTENCIA)
    Dtebases.rscmdtbase.MoveNext
Wend

```

```

Dtebases.rscmdmotores!MARCA = Dtebases.rscmdtbase!MARCA
Dtebases.rscmdmotores!MODELO = Dtebases.rscmdtbase!MODELO
Dtebases.rscmdmotores!POTENCIA = Dtebases.rscmdtbase!POTENCIA
Dtebases.rscmdmotores!CONSUMO = Dtebases.rscmdtbase!CONSUMO
Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL =
    Dtebases.rscmdtbase!POVERHAUL
Dtebases.rscmdmotores!TUTILIDAD = Dtebases.rscmdtbase!TUTILIDAD
Dtebases.rscmdmotores!PANUAL = Dtebases.rscmdtbase!PANUAL
Dtebases.rscmdmotores!CDEVALUACION =
    Dtebases.rscmdtbase!CDEVALUACION
Dtebases.rscmdmotores!MBASE = Dtebases.rscmdtbase!MBASE
Dtebases.rscmdmotores!B2 = Dtebases.rscmdtbase!B2

```

```

Dtebases.rscmdmotores.Update
Dtebases.rscmdmotores.Close
Dtebases.rscmdmotores.Open
frmingresso.Hide
frmutilidad.Show
End If
End Sub
Private Sub cmdcancelar_Click()
cmbpotencia.Clear
cmbmodelo.Clear
Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
frmcodigo.Enabled = False

Dtebases.rscmdtbase.Sort = "MARCA"
Dtebases.rscmdtbase.MoveFirst

cmbmarca.AddItem (Dtebases.rscmdtbase!MARCA)
anterior = Dtebases.rscmdtbase!MARCA
Dtebases.rscmdtbase.MoveNext
Do
    If anterior = Dtebases.rscmdtbase!MARCA Then
        Else
            cmbmarca.AddItem (Dtebases.rscmdtbase!MARCA)
        End If
        anterior = Dtebases.rscmdtbase!MARCA
        Dtebases.rscmdtbase.MoveNext
Loop Until (Dtebases.rscmdtbase.EOF)
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
frmcodigo.Enabled = True
End Sub

```

4.9.5. PANTALLA DE INGRESO DE DATOS ESPECÍFICOS DEL MOTOR (ESTADO Y CAMBIO DE PARTES).

Introduce la información que el usuario ingresa por teclado en la tabla de datos de los motores.

Codificación:

```

Dim a As Double
Dim b As Double
Dim CGALON As Double

```

```

Private Sub Form_Load()

```

```

frmcodigo.Enabled = False
Dtebases.rscmdmotores.MoveFirst
While (frmcodigo.txtcodigo.Text <> Dtebases.rscmdmotores!CODIGO)
    Dtebases.rscmdmotores.MoveNext
Wend

```

```
End Sub
```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
frmcodigo.Enabled = True
End Sub

```

Ingreso de los valores de cambio de partes en la tabla de datos del motor (se repite para cada subsistema, código no completo, solo ejemplo).

```

Private Sub cmdadmission_Click()
    If (txtadmission.Text = "" Or IsNumeric(txtadmission.Text) = False) Then
        MsgBox "ingrese valor valido"
        txtadmission.Text = ""
        txtadmission.SetFocus
    Else
        If optcadmission.Value = True Then
            Dtebases.rscmdmotores!CadmissionH = Val(txtadmission.Text)
        End If
        If optescape.Value = True Then
            Dtebases.rscmdmotores!MescapeH = Val(txtadmission.Text)
        End If
        If optturbo.Value = True Then
            Dtebases.rscmdmotores!TurboH = Val(txtadmission.Text)
        End If
    End If
End Sub

```

```
End Sub
```

```

Private Sub optcadmission_Click()
    If Dtebases.rscmdmotores!CadmissionH = 0 Then
        txtadmission.Text = ""
    Else
        txtadmission.Text = Dtebases.rscmdmotores!CadmissionH
    End If
    txtadmission.SetFocus
End Sub

```

```

Private Sub optescape_Click()
    If Dtebases.rscmdmotores!MescapeH = 0 Then
        txtadmission.Text = ""
    Else
        txtadmission.Text = Dtebases.rscmdmotores!MescapeH
    End If
    txtadmission.SetFocus

```

End Sub

```
Private Sub optturbo_Click()  
    If Dtebases.rscmdmotores!TurboH = 0 Then  
        txtadmision.Text = ""  
    Else  
        txtadmision.Text = Dtebases.rscmdmotores!TurboH  
    End If  
    txtadmision.SetFocus  
End Sub
```

```
Private Sub txtadmision_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
    If KeyAscii = vbKeyReturn Then  
        cmdadmision.SetFocus  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub cmdinforme_Click()  
  
    If (IsNumeric(txtfecha.Text) And IsNumeric(txtvalor.Text) And  
        IsNumeric(txtaño.Text) And IsNumeric(txthorasact.Text) And  
        IsNumeric(txthorasult.Text) And Val(txthorasact.Text) > Val(txthorasult.Text)) Then
```

 'solo entra cuando los datos están correctos

```
    Dtebases.rscmdmotores!FECHA = Val(txtfecha.Text)  
    Dtebases.rscmdmotores!VALOR = Val(txtvalor.Text)  
    Dtebases.rscmdmotores!AÑO = Val(txtaño.Text)  
    Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES = Val(txthorasact.Text)  
    Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO = Val(txthorasult.Text)
```

 'ingreso de constantes para graficar
 CGALON = 1

```
    Dtebases.rscmdmotores!M1 = Dtebases.rscmdmotores!CDEVALUACION  
        * Val(txtvalor.Text) / 100 / Dtebases.rscmdmotores!PANUAL  
    Dtebases.rscmdmotores!B1 = Val(txtvalor.Text) + (0.1341 *  
        Dtebases.rscmdmotores!POTENCIA * 0.746 * 0.6 -  
        Dtebases.rscmdmotores!CONSUMO / 24 * CGALON) *  
        Dtebases.rscmdmotores!PANUAL  
    Dtebases.rscmdmotores!M2 = Dtebases.rscmdmotores!MBASE *  
        Val(txtvalor.Text)
```

 'Ingreso de las horas de trabajo de las diferentes partes

 a = Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO

```
    Dtebases.rscmdmotores!CojinetesH = a  
    Dtebases.rscmdmotores!CamisasH = a
```

Dtebases.rscmdmotores!ValvingH = a
Dtebases.rscmdmotores!ValvegH = a
Dtebases.rscmdmotores!InyectH = a

b = Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES

Dtebases.rscmdmotores!BloqueT = b - Dtebases.rscmdmotores!BloqueH
Dtebases.rscmdmotores!CojinetesT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!CojinetesH
Dtebases.rscmdmotores!CigueñalT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!CigueñalH
Dtebases.rscmdmotores!BielaT = b - Dtebases.rscmdmotores!BielaH
Dtebases.rscmdmotores!PistonT = b - Dtebases.rscmdmotores!PistonH
Dtebases.rscmdmotores!CamisasT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!CamisasH
Dtebases.rscmdmotores!CabezoteT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!CabezoteH
Dtebases.rscmdmotores!ValvingT = b - Dtebases.rscmdmotores!ValvingH
Dtebases.rscmdmotores!ValvegT = b - Dtebases.rscmdmotores!ValvegH
Dtebases.rscmdmotores!ArblevT = b - Dtebases.rscmdmotores!ArblevH

Dtebases.rscmdmotores!InyectT = b - Dtebases.rscmdmotores!InyectH
Dtebases.rscmdmotores!BtransT = b - Dtebases.rscmdmotores!BtransH
Dtebases.rscmdmotores!BinyT = b - Dtebases.rscmdmotores!BinyH

Dtebases.rscmdmotores!BaguaT = b - Dtebases.rscmdmotores!BaguaH
Dtebases.rscmdmotores!RadiadorT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!RadiadorH
Dtebases.rscmdmotores!VentiladorT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!VentiladorH
Dtebases.rscmdmotores!TermostatoT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!TermostatoH

Dtebases.rscmdmotores!BaceiteT = b - Dtebases.rscmdmotores!Baceite
Dtebases.rscmdmotores!CadmisionT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!CadmisionH
Dtebases.rscmdmotores!MescapeT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!MescapeH
Dtebases.rscmdmotores!TurboT = b - Dtebases.rscmdmotores!Turbo
Dtebases.rscmdmotores!AlternadorT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!AlternadorH
Dtebases.rscmdmotores!MarranqueT = b –
 Dtebases.rscmdmotores!MarranqueH

Dtebases.rscmdmotores.Update
Dtebases.rscmdmotores.Close
Dtebases.rscmdmotores.Open
frmutilidad.Hide
frminforme.Show

Else

MsgBox "datos incorrectos"

End If

End Sub

4.9.6. PANTALLA DE PRESENTACIÓN DE INFORME

Presenta las respuestas de los cálculos tanto de la vida económica, como de la utilidad remanente.

Codificación:

Dim M1, B1, M2, B2 As Double

Dim ctex, ctey As Double

Dim a As Single

Dim X, c1, c2 As Double

Private Sub Form_Load()

Variables de ayuda para los cálculos

Dim totalmotor(1 To 6) As Double

Dim vecmotor(1 To 10), vecmotorpar(1 To 10) As Double

Dim coefmotor As Double

coefmotor = 0

Dim veccombustible(1 To 3), veccombustiblepar(1 To 3) As Double

Dim coefcombustible As Double

coefcombustible = 0

Dim vecrefrigeracion(1 To 4), vecrefrigeracionpar(1 To 4) As Double

Dim coefrefrigeracion As Double

coefrefrigeracion = 0

Dim vecelectrico(1 To 2), vecelectricopar(1 To 2) As Double

Dim coeefectivo As Double

coeefectivo = 0

Dim vecadmision(1 To 3), vecadmisionpar(1 To 3) As Double

Dim coefadmision As Double

coefadmision = 0

Dim a As Double

Dim aux, aux1 As Double

Dim contador As Integer

Dtebases.rscmdmotores.MoveFirst

While (frmcodigo.txtcodigo.Text <> Dtebases.rscmdmotores!CODIGO)

 Dtebases.rscmdmotores.MoveNext

Wend

Dtebases.rscmdutilidad.MoveFirst

While (Dtebases.rscmdmotores!TUTILIDAD <>

 Dtebases.rscmdutilidad!TUTILIDAD)

```

Dtebases.rscmdutilidad.MoveNext
Wend
lblcodigo.Caption = Dtebases.rscmdmotores!CODIGO
lblfecha.Caption = Dtebases.rscmdmotores!FECHA
lblmarca.Caption = Dtebases.rscmdmotores!MARCA
lblmodelo.Caption = Dtebases.rscmdmotores!MODELO
lblpotencia.Caption = Dtebases.rscmdmotores!POTENCIA
lblhorasact.Caption = Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES
lblhorasult.Caption = Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO
lblvalor.Caption = Dtebases.rscmdmotores!VALOR

```

Cálculo de los porcentajes de utilidad remanente del equipo(Código no completo, ejemplo, solo subsistema motor básico)

'MOTOR BÁSICO

'bloque1

```

a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!BloqueP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!BloqueT / a)
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(1) = aux
vecmotor(1) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!BloqueR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!BloqueR

```

'cojinetes2

```

a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!CojinetesP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!CojinetesT / a)
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(2) = aux
vecmotor(2) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!CojinetesR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!CojinetesR

```

'Cigüeñal3

```

a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!CigüeñalP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!CigüeñalT / a)
aux1 = (Dtebases.rscmdutilidad!CigüeñalU - (100 *
    (Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES -
    Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO) / a)) / 100
If aux1 > aux Then
    aux = aux1
End If
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(3) = aux

```

```
vecmotor(3) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!CigüeñalR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!CigüeñalR
```

'bielas4

```
a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!BielaP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!BielaT / a)
aux1 = (Dtebases.rscmdutilidad!BielaU - (100 *
        (Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES -
        Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO) / a)) / 100
If aux1 > aux Then
    aux = aux1
End If
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(4) = aux
vecmotor(4) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!BielaR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!BielaR
```

'Pistónes5

```
a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!PistonP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!PistonT / a)
aux1 = (Dtebases.rscmdutilidad!PistonU - (100 *
        (Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES -
        Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO) / a)) / 100
If aux1 > aux Then
    aux = aux1
End If
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(5) = aux
vecmotor(5) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!PistonR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!PistonR
```

'Camisas6

```
a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!CamisasP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!CamisasT / a)
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
```

```
vecmotorpar(6) = aux
vecmotor(6) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!CamisasR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!CamisasR
```

'Cabezote7

```

a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL *
    Dtebases.rscmdutilidad!CabezoteP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!CabezoteT / a)
aux1 = (Dtebases.rscmdutilidad!CabezoteU - (100 *
    (Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES -
    Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO) / a)) / 100
If aux1 > aux Then
    aux = aux1
End If
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(7) = aux
vecmotor(7) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!CabezoteR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!CabezoteR

```

```

'Valvulas de ingreso8
a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!ValvingP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!ValvingT / a)
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(8) = aux
vecmotor(8) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!ValvingR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!ValvingR

```

```

'Valvulas de escape9
a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!ValvegP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!ValvegT / a)
If aux < 0 Then
    aux = 0
End If
vecmotorpar(9) = aux
vecmotor(9) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!ValvegR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!ValvegR

```

'Árbol de Levas10

```

a = Dtebases.rscmdmotores!POVERHAUL * Dtebases.rscmdutilidad!ArblevP
aux = 1 - (Dtebases.rscmdmotores!ArblevT / a)
aux1 = (Dtebases.rscmdutilidad!ArblevU - (100 *
    (Dtebases.rscmdmotores!HACTUALES -
    Dtebases.rscmdmotores!HULTIMO) / a)) / 100
If aux1 > aux Then
    aux = aux1
End If

If aux < 0 Then
    aux = 0

```

```
End If
vecmotorpar(10) = aux
vecmotor(10) = aux * Dtebases.rscmdutilidad!ArblevR
coefmotor = coefmotor + Dtebases.rscmdutilidad!ArblevR
```

'para el informe del subsistema motor

```
contador = 0
aux = 0
While contador < 10
  contador = contador + 1
  aux = aux + vecmotor(contador)
Wend
```

```
lblmotor = aux / coefmotor * 100
totalmotor(1) = aux
```

'INFORME TOTAL DEL MOTOR

```
contador = 0
aux = 0
While contador < 6 'Porque son 6 subsistemas
  contador = contador + 1
  aux = aux + totalmotor(contador)
Wend
```

```
lbltotal = aux * 100
```

'gráfico de la vida económica

```
ctex = pictvida.Width / 200000
```

```
M1 = Dtebases.rscmdmotores!M1
M2 = Dtebases.rscmdmotores!M2
B1 = Dtebases.rscmdmotores!B1
B2 = Dtebases.rscmdmotores!B2
```

```
If X > 200000 Then
  ctex = pictvida.Width / 400000
  Label16.Caption = 100
  Label10.Caption = 200
  Label12.Caption = 300
  Label7.Caption = 400
  b = 400000
End If
```

'Determinación de la escala para el gráfico

```
If B1 < 50000 Then
  ctey = pictvida.Height / 50000
  a = 50000
Else
```

```

If B1 < 100000 Then
  ctey = pictvida.Height / 100000
  a = 100000
Else
  If B1 < 150000 Then
    ctey = pictvida.Height / 150000
    a = 150000
  Else
    If B1 < 200000 Then
      ctey = pictvida.Height / 200000
      a = 200000
    Else
      If B1 < 300000 Then
        ctey = pictvida.Height / 300000
        a = 300000
      Else
        If B1 < 500000 Then
          ctey = pictvida.Height / 500000
          a = 500000
        Else
          If B1 < 800000 Then
            ctey = pictvida.Height / 800000
            a = 800000
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If

```

‘graficación

```

lblmaximo.Caption = a
lblmediomax.Caption = a * 3 / 4
lblmedio.Caption = a / 2
lblmediomenos.Caption = a * 1 / 4

```

```

pictvida.Line (0, pictvida.Height / 8)-(pictvida.Width, pictvida.Height / 8)
pictvida.Line (0, pictvida.Height / 4)-(pictvida.Width, pictvida.Height / 4)
pictvida.Line (0, pictvida.Height * 3 / 8)-(pictvida.Width, pictvida.Height * 3 / 8)
pictvida.Line (0, pictvida.Height / 2)-(pictvida.Width, pictvida.Height / 2)
pictvida.Line (0, pictvida.Height * 5 / 8)-(pictvida.Width, pictvida.Height * 5 / 8)
pictvida.Line (0, pictvida.Height * 3 / 4)-(pictvida.Width, pictvida.Height * 3 / 4)
pictvida.Line (0, pictvida.Height * 7 / 8)-(pictvida.Width, pictvida.Height * 7 / 8)
pictvida.Line (pictvida.Width / 8, 0)-(pictvida.Width / 8, pictvida.Height)
pictvida.Line (pictvida.Width / 4, 0)-(pictvida.Width / 4, pictvida.Height)
pictvida.Line (pictvida.Width * 3 / 8, 0)-(pictvida.Width * 3 / 8, pictvida.Height)
pictvida.Line (pictvida.Width / 2, 0)-(pictvida.Width / 2, pictvida.Height)
pictvida.Line (pictvida.Width * 5 / 8, 0)-(pictvida.Width * 5 / 8, pictvida.Height)
pictvida.Line (pictvida.Width * 3 / 4, 0)-(pictvida.Width * 3 / 4, pictvida.Height)

```

```
pictvida.Line (pictvida.Width * 7 / 8, 0)-(pictvida.Width * 7 / 8, pictvida.Height)
```

```
pictvida.DrawWidth = 3  
pictvida.FillColor = vdred  
pictvida.ForeColor = &HFF&  
pictvida.Line (0, (pictvida.Height - B1 * ctey))-(b * ctex, (pictvida.Height - ((B1 -  
M1 * b) * ctey)))  
pictvida.ForeColor = &HFF0000  
pictvida.Line (0, (pictvida.Height - B2 * ctey))-(b * ctex, (pictvida.Height - ((B2 +  
M2 * b) * ctey)))  
pictvida.ForeColor = &H80000012  
X = 0  
c1 = B1  
c2 = B2  
While (c1 > c2)  
X = X + 1000  
c1 = B1 - M1 * X  
c2 = M2 * X + B2  
Wend  
pictvida.Line (X * ctex, pictvida.Height)-(X * ctex, (pictvida.Height - ((B1 - M1 *  
X) * ctey)))
```

```
lblpunto.Caption = X & " hrs"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
frmcodigo.Enabled = True  
End Sub
```

4.9.7. PANTALLA DE CONSULTA DE MOTORES YA ANALIZADOS.

Presenta una lista de los motores que ya han sido ingresados.

Codificación:

```
Private Sub Form_Load()  
Dtebases.rscmdmotores.Sort = "CODIGO"  
mdiprincipal.mnu analisis.Enabled = False  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
mdiprincipal.mnu analisis.Enabled = True  
End Sub
```

La principal codificación de esta pantalla se encuentra en el elemento DataGrid, en sus propiedades.

4.10. PRUEBAS DE VALIDACIÓN

Para probar el funcionamiento de un software por lo regular, se realiza una comparación entre resultados experimentales con resultados del software, es decir, comparando un experimento con el programa.

En el caso de VUMCIP este método no puede ser realizado por motivo de que no existen datos experimentales, sin embargo, se puede realizar una comparación entre los resultados del programa con los resultados de ejemplos de cálculo realizados anteriormente (en este caso en Excel), con los resultados del programa.

Para efecto de la validación se realizó la comparación del software con el motor EMDCAT0030, que presenta los siguientes datos:

Tabla 5.1 Ejemplo de base de datos generales del motor

DATOS DEL MOTOR		
MODELO:	3304 PC	
MARCA:	CAT	
CÓDIGO:	EMDCAT0030	
C.A.F.:		
UBICACIÓN:	SHUSHUFINDI POZO N.27	
USO:	BOMBA TRANSFERENCIA N.02	
POTENCIA:	85	HP
AÑO DE FABRICACIÓN:		
AÑO DE ADQUISICIÓN:	1991	
VALOR HISTÓRICO:	22354	\$
PERIODO OVERHAUL	15000	HRS
HORÓMETRO ULT. OVERHAUL:	30087	HRS
HORÓMETRO ACTUAL:	35189	HRS
COMSUMO COMB:	72	GAL/DIA

Este motor en Excel presentó los siguientes resultados:

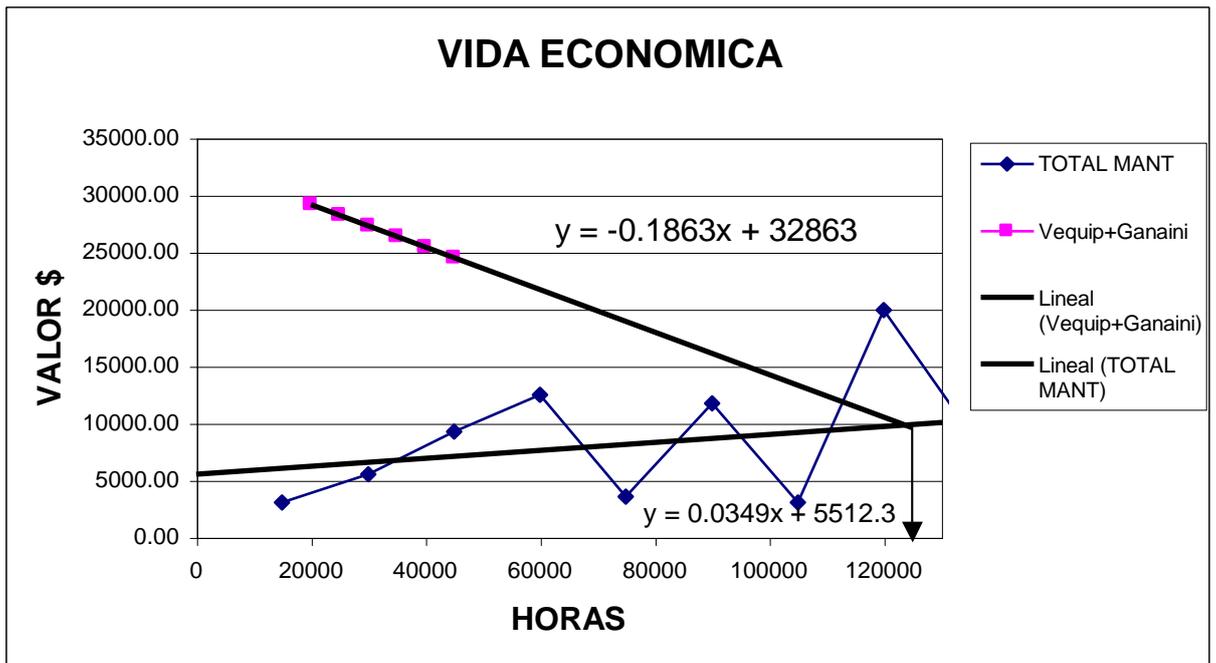


Figura 5.9: Resultado del gráfico de la vida económica del motor EMDCAT0030 en Excel

Mientras que en VUMCIP presentó:

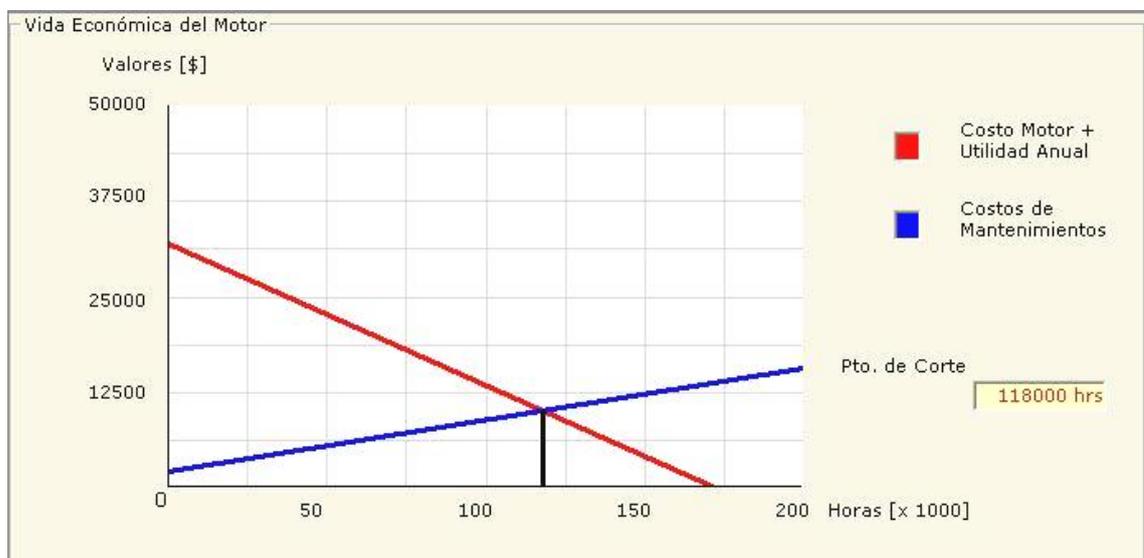


Figura 5.10: Gráfico de la vida económica del motor EMDCAT0030 en VUMCIP

Como nos podemos dar cuenta el programa VUMCIP y los cálculos realizados en Excel presentan una diferencia de 4000 horas de uso que representa un 3% de error en el cálculo de la vida económica, hay que tomar en cuenta de que gran parte de ese error se produce por la aproximación que el programa Excel realiza a los datos de los costos de mantenimiento.

Mientras que en el caso de la utilidad remanente Excel presenta:

Tabla 5.2 Resultado de la utilidad remanente motor EMDCAT0030 en Excel.

	RESULTADOS PARCIALES DE LOS SUBSISTEMAS	REPRESENTACIÓN TOTAL DEL MOTOR
MOTOR BASE	0,511	0,272
SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	0,700	0,139
SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	0,393	0,039
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	0,687	0,010
SISTEMA DE REFRIGERACION	0,439	0,058
SISTEMA ELÉCTRICO	0,665	0,015
TOTAL DEL MOTOR		0,534

Mientras que en VUMCIP:

Utilidad remanente (%)	
Motor base	51,14
Suministro de combustible	68,51
Sistema de admisión	39,33
Sistema de lubricación	68,66
Sistema de refrigeración	43,90
Sistema eléctrico	66,49
Total de Motor	53,08

Figura 5.11 Resultado de la utilidad remanente del motor EMDCAT0030 en VUMCIP. En este caso el error se produce solo por el número de decimales con los que trabajan las constantes internas del programa VUMCIP y es despreciable. Se debe señalar que el programa realiza los mismos cálculos que la tabla de Excel.

4.11. REQUERIMIENTOS DEL HARDWARE

Como requerimientos básicos para un correcto funcionamiento del software se tiene:

- Procesador Pentium II de 500 Mhz
- 32 Mgb de memoria RAM
- Pantalla VGA (Se recomienda S-VGA para una mejor visualización)
- 50 Mgb de disco duro disponible

- Teclado
- Mouse
- Windows 98 o superior

4.12. MANUAL DE OPERACIÓN

4.12.1. INTRODUCCIÓN

El software tiene por finalidad el ayudar en la toma de decisiones acerca del descenso de funcionamiento de un motor de combustión interna utilizado en Petroproducción. Por este motivo se le asignó el nombre de: VUMCIP (Vida útil de los motores de combustión interna de Petroproducción)

VUMCIP al ser diseñado para los motores pertenecientes a Equipo Pesado de Petroproducción toma en cuenta la información disponible en la base de la red de Equipo Pesado, para de esta forma no crear inconvenientes en el usuario del programa al momento de manejarlo.

4.12.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS PANTALLAS

El programa VUMCIP consta de las siguientes pantallas:

1. Pantalla de presentación del programa.
2. Pantalla principal VUMCIP
3. Pantalla de ingreso de código del motor.
4. Pantalla de ingreso de datos generales del motor.
5. Pantalla de ingreso de datos específicos del motor (estado y cambio de partes).
6. Pantalla de presentación de informe.
7. Pantalla de consulta de motores ya analizados.
8. Pantallas de ayuda:
 - c. Acerca del software.
 - d. Ayuda.

Pantalla principal VUMCIP

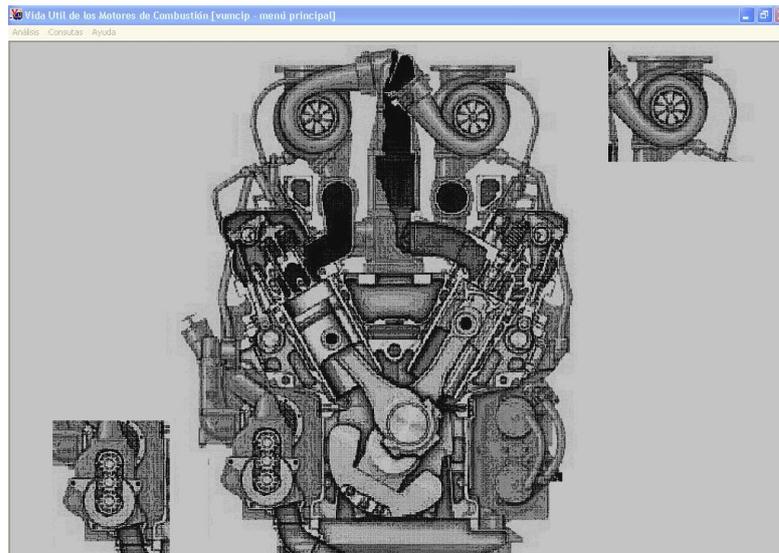


Figura 5.12: ventana principal del programa

Es la ventana principal (también llamada formulario MDI), contiene todas las otras ventanas que conforman el programa. En su estructura se tiene la barra de menús en donde el usuario puede elegir las funciones iniciales de análisis, consultas o ayuda. En su barra de menús constan los siguientes elementos:

- **Análisis.** Esta opción determina el inicio de las funciones del programa ya que se despliega “Análisis de motores” y es el paso inicial a la ventana de código que se verá más adelante.
- **Consultas.** Se despliega la opción “Lista de motores analizados” en donde se muestra la ventana con los motores previamente analizados.
- **Ayuda.** Despliega dos opciones: “acerca de..”, y “Ayuda” la primera opción abre la ventana de los créditos del programa mientras la segunda abre las ventanas de ayuda del programa, estas últimas también pueden ser abiertas presionando el botón F1 en cualquiera de las ventanas de trabajo, con excepción de la ventana principal.

Pantalla de ingreso de código del motor

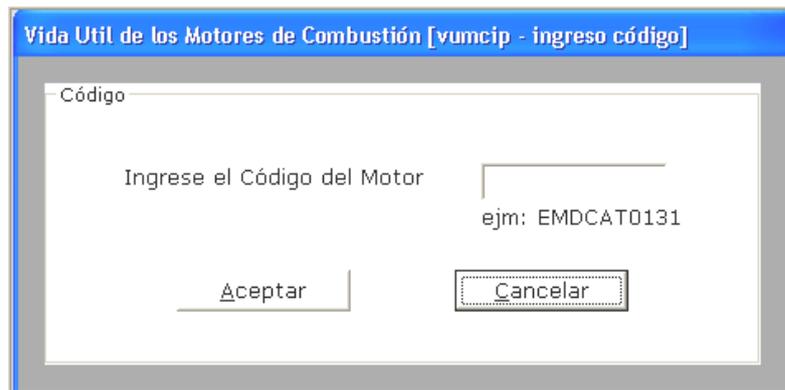


Figura 5.13: Ventana de código del motor

Se presenta al elegir análisis y es la ventana de inicio del proceso. Tiene por objetivo al ingresar el código determinar si el motor ya fue ingresado.

Se debe ingresar el código del motor que se desea analizar, es indiferente el ingreso de datos en mayúsculas o minúsculas porque el programa transforma los códigos en mayúsculas antes de ingresar el motor a la base.

Dependiendo el código que se ingrese el programa generara los siguientes mensajes:

- "Código no aceptado". Este mensaje se muestra si el usuario no ha ingresado un código, es decir, si presionó aceptar antes de introducir el código. El programa acepta cualquier tipo de código que el usuario introduzca, es necesario que el usuario adopte un solo formato de código antes de introducir cualquier motor en el programa.
- "El motor no ha sido ingresado anteriormente". Si es la primera vez que se ingresa ese código.
- "El motor ya ha sido ingresado desea ver el informe anterior". Se presenta si el código y sus datos fueron ingresados en una anterior oportunidad, dando la facilidad de ver el informe anterior o reingresar los datos del motor al rechazar el informe.
- "El código ya ha sido ingresado pero no sus datos". Este mensaje se presenta cuando el código del motor se ingresó antes pero los datos del motor no se terminaron de ingresar por alguna interrupción por parte del usuario. En este caso el programa envía al usuario a ingresar los datos como si fuera un motor no ingresado.

Pantalla de ingreso de datos generales del motor.

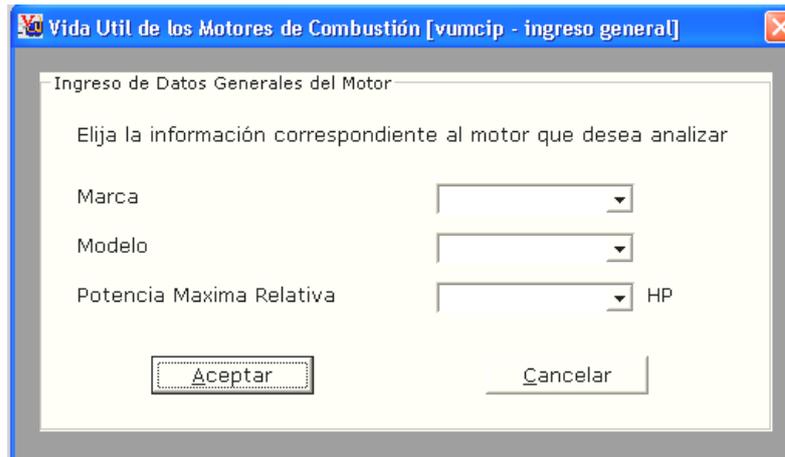


Figura 5.14: ventana de datos iniciales

Permite el ingreso de la marca, modelo y potencia máxima que son los datos principales para el reconocimiento del tipo de motor.

No se pueden ingresar datos diferentes a los contenidos en la base de datos del programa.

Pantalla de ingreso de datos específicos del motor

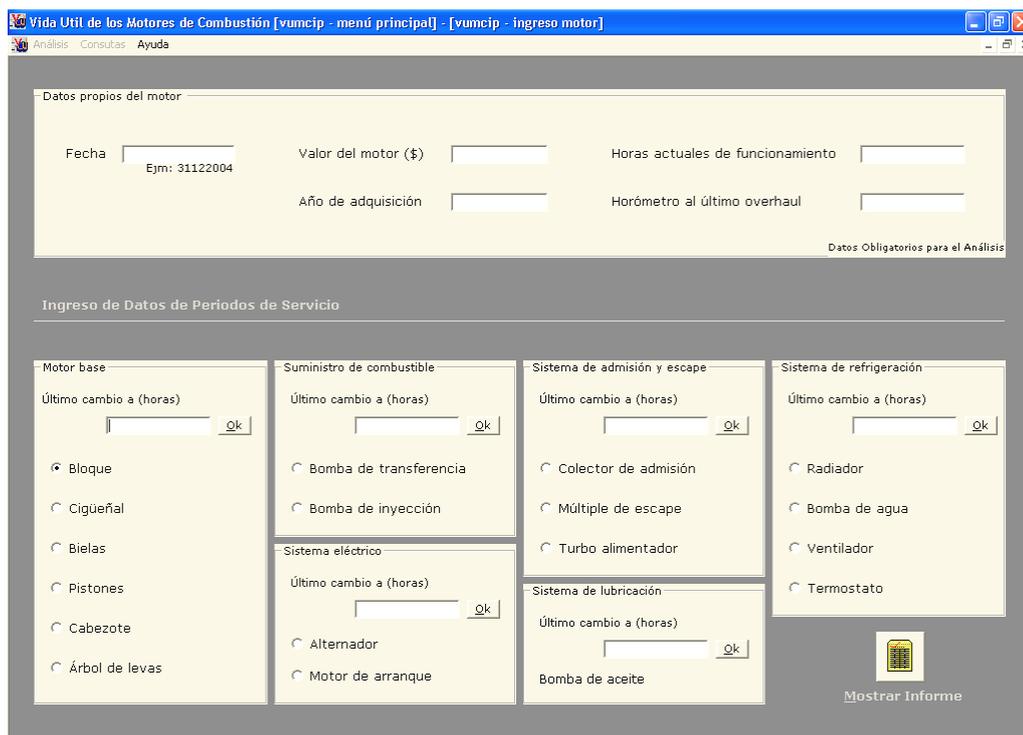


Figura 5.15: Ventana de datos propios del motor

Se presenta después de la ventana de datos iniciales, y tiene por finalidad ingresar datos propios del motor como su costo, sus horas de funcionamiento, etc.

Como datos principales del programa se tienen:

- Datos de costos

- Datos de periodos de servicio

Para el correcto funcionamiento del programa es necesario que todos los datos solicitados sean ingresados, sin embargo existen ciertos elementos que deben ser tomados a consideración

1. Todos los datos de costos son necesarios para un correcto análisis del programa
2. Los datos de periodos de servicio solo influyen en el cálculo de la utilidad remanente (coeficiente de estado del motor), en caso de no ser ingresados el programa asume, dependiendo de la parte, que estas fueron cambiadas en el último mantenimiento y de no ser así, que aún cumplían con su eficiencia normal o mínima de funcionamiento en el momento del overhaul según los criterios que se verán mas adelante.
3. Todos los datos de costos como de información de características del motor son introducidos de una manera directa.
4. Los datos de periodos de servicio de las partes se los debe de introducir de uno en uno como se indica en el ejemplo.



The image shows a dialog box titled "Motor base" with a light beige background. At the top, it says "Último cambio a (horas)" followed by a text input field and an "Ok" button. Below this, there is a vertical list of radio button options: "Bloque", "Cigüeñal", "Bielas", "Pistones", "Cabezote", and "Árbol de levas". The "Bloque" option is currently selected, indicated by a filled radio button.

Figura 5.16: ingreso de datos subsistema motor base

Ejemplo de ingreso de datos de periodos de servicio

En la pantalla de ingreso de datos del motor se tiene todas las partes importantes divididas por subsistemas, se debe elegir la parte (dentro del recuadro), ingresar las horas de recambio y aceptar las horas (Ok), si no se aceptan las horas el programa no recibirá el dato.

Este proceso se repite para cada parte que se desee ingresar la información de su cambio.

En caso de que no se ingresen los cambios de partes el programa utiliza los siguientes criterios para determinar un periodo aproximado de funcionamiento de las partes:

1. Todas las partes menores (inyectores, válvulas, etc), se las incluye como partes que se cambian en todos los mantenimientos correctivos (reparaciones de overhaul).
2. Partes que no están registradas su cambio, pero que tienen un periodo de vida limitado (pistones, bielas, árbol de levas, etc), se las considera que aún mantenían una utilidad mínima en el momento de su último overhaul.
3. Partes que se alarga la vida útil con el mantenimiento realizado en las reparaciones mayores del motor (motor de arranque, bomba de inyección, bomba de agua, etc), tienen una utilidad mínima recuperada después de cada mantenimiento.
4. Partes que tienen larga vida útil pero que no recuperan utilidad con el mantenimiento (bloque, cigüeñal, etc), son consideradas como de desgaste normal y su periodo de trabajo se lo considera desde el último cambio de parte.

Pantalla de presentación de informe.

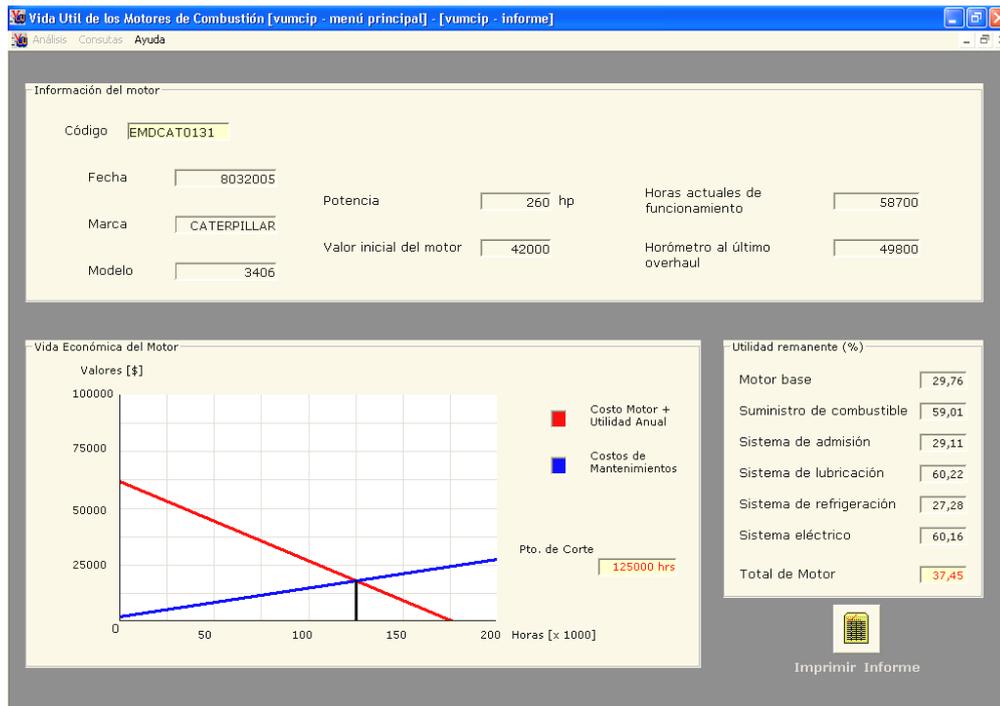


Figura 5.17: Ventana de presentación de informe

Es la ventana de presentación de los resultados y está conformada por tres zonas:

- Datos de información del motor. Sirven para identificar al motor correspondiente al análisis.
- Gráfico de la vida útil económica. Determina el periodo de funcionamiento económico del motor.
- Utilidad remanente. Representa el estado físico del motor.

Pantalla de consulta de motores ya analizados

CODIGO	FECHA	MARCA	MODELO	POTENCIA
EMDCAT0023	12390	CATERPILLAR	D399 PC T	1300
EMDCAT0030	10032005	CATERPILLAR	3304 PC	85
EMDCAT013	0	CATERPILLAR	3304 DI	90
EMDCAT0131	8032005	CATERPILLAR	3406	260
EMDCAT060	0	CATERPILLAR	3304	90
EMDCAT5555	1233445	WAKESHA	L5790GSI	1029
EMDCAT6020	31122004	CATERPILLAR	3408 DITA	475
EMDCAT6111	14042005	CATERPILLAR	3304 DI	90
EMDCATXXXX	2032005	CATERPILLAR	3304	125
EMDWS009	13042005	WHITESUPERIOR	40-S-8	597

Para realizar cambios en cualquiera de los motores ingrese a la lista de análisis e ingrese el código.

Figura 5.18: Ventana de lista de motores analizados

Esta ventana presenta un listado de todos los motores que ya han sido analizados.

No se pueden cambiar los datos de ninguno de los motores que ya se han ingresado a través de esta pantalla, para cambiar cualquier dato es necesario reingresar los datos del motor, para esto se debe cerrar esta ventana y proceder a introducir los datos del motor en el menú análisis como si fuera un motor ya ingresado que no se quiere ver el informe anterior.

NOTA: Para ingresar a las pantallas de ayuda correspondientes a cualquier pantalla del programa se puede ingresar directamente presionando F1.

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

4.13. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.13.1. COSTOS DIRECTOS

Como costos directos se tiene:

Remuneración a estudiantes

Tabla 6.1

Cantidad	Posición	Horas H.	Valor H-H.	Valor Total
1	Arroyo Daniel	1200	3,00	3600,00
1	Díaz Paúl	1200	3,00	3600,00

TOTAL CD:	7200,00
------------------	---------

4.13.2. COSTOS INDIRECTOS

Tabla 6.2

Información de campo	120,00
Capacitación	500,00

TOTAL CI:	620,00
------------------	--------

4.13.3. GASTOS ADMINISTRATIVOS

Tabla 6.3

Software	4800,00
Utiles de oficina	300,00
Materiales de taller	200,00
Material Bibliográfico	300,00
Transporte, Alimentación y vivienda	4200,00
Otros gastos de funcionamiento	200,00

TOTAL GA:	10000,00
------------------	----------

4.13.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto es la suma de todos los anteriores.

Costo Total = Total costos directos + Total costos indirectos + Total costos administrativos.

Costo Total = \$ 7200,00 + \$ 620,00 + \$ 10000,00

Costo Total = 17820 USD

4.14. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO DEL SOFTWARE REALIZADO

La metodología de criterios cualitativos y de los criterios que hacen referencia a la información relevante del proyecto o criterios de factibilidad.

Los criterios cualitativos se indican a continuación

Tabla 6.4. Calificaciones cualitativas.

Calificación	Puntuación
Muy bueno	10
Bueno	8
Medio	6
Malo	4
Muy malo	2

Tabla 6.5. Criterios cualitativos.

Criterios	Muy bueno	bueno	medio	malo	Muy malo
Criterios de factibilidad técnica					
1. Probabilidad de éxito técnico		X			
2. Propiedad industrial	X				
3. Posible desarrollo futuro	X				
4. Efectos medio ambiente	X				
5. Tiempo desarrollado			X		
Criterios	Muy bueno	bueno	medio	malo	Muy malo
Criterios factibilidad comercial					
1. Oportunidad	X				
2. Posición competitiva	X				
3. Canales de distribución					X
4. Dimensión del mercado		X			
5. Cuota de mercado					X
6. Costes de lanzamiento			X		
7. Probabilidad éxito comercial		X			
8. Precio		X			
Criterios financieros					
1. Costes I + D		X			
2. Inversión de elaboración	X				
3. Inversión de comercialización					X
4. Cash-flow					X
5. TIR					X
Criterios de producción					
1. Nuevos procesos requeridos					X
2. Disponibilidad de personal de elaboración					X
3. Compatibilidad con la capacidad actual	X				
4. Disponibilidad y coste de materia primas		X			
5. Costes de elaboración		X			
6. Seguridad		X			
7. Valor añadido de producción		X			
Criterios de investigación					
1. Instalaciones y laboratorio		X			
2. Tradición de innovación		X			
3. Equipo innovador		X			

Criterios institucionales					
1. Historial de la empresa			X		
2. Actitud ante la innovación			X		
3. Actitud ante el riesgo			X		
4. Clima laboral			X		

Los criterios que componen la lista de control o de factibilidad, se ponderan en una escala del 0 al 10, correspondiendo la ponderación cero a aquellos criterios que no tengan influencia alguna en el desarrollo del proyecto, y la 10 a los criterios especialmente relevantes para el proyecto en cuestión.

Una vez ponderados los siguientes criterios de factibilidad en sus escalas correspondientes y asignadas las calificaciones cualitativas se puede obtener para cada bloque de criterios (factibilidad técnica, comercial, etc.) el denominado índice de merito relativo (IMR) del proyecto mediante la siguiente expresión:

$$IMR = \frac{\Sigma(\text{Ponderación criterio factibilidad } x \text{ calificación})}{\Sigma(\text{Ponderación criterio factibilidad } x \text{ 10})}$$

6.2.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA

El presente proyecto tiene como fin elaborar un software especializado, que no tiene una protección eficaz, con una ventaja competitiva que puede ser asimilada por otros. A la hora de ponderar se le otorga la valoración media de (6).

$$IMR = ((6*10+6*10+6*10+6*10+6*10))/((6*10+6*10+6*10+6*10+6*10))$$

$$IMR = 1$$

Dicho índice indica que en criterio de factibilidad técnica se ha conseguido el 100% de la máxima valoración posible.

6.2.2. FACTIBILIDAD COMERCIAL

Este programa no está destinado para la comercialización, sin un estudio de mercado, ni análisis del entorno se le otorga una valoración de cero.

$$IMR = ((0*10+0*8+0*2+0*6+0*2+0*8+0*8+0*10))/(0*10+0*10+0*10+0*10+0*10+0*10+0*10+0*10)$$

$$IMR = 0$$

6.2.3. CRITERIO FINANCIERO

Este software no es un producto en que se invierta para la fabricación y comercialización, pese a tener costos de investigación y desarrollo, se le otorga un valoración de cero.

Idéntico como el índice anterior el IMR da cero.

$$IMR = 0$$

6.2.4. CRITERIO DE PRODUCCIÓN

El software no se produce en serie; por tanto se otorga una calificación de 0

$$IMR = 0$$

6.2.5. CRITERIO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto contiene un alto índice de parámetros evaluados, en pruebas técnicas, y un alto nivel de comparación de resultados, con un posible desarrollo a futuro se le otorga la máxima ponderación de 10.

$$IMR = ((10*8+10*8+10*8))/(10*10+10*10+10*10)$$

$$IMR = 0,8$$

Es un buen indicador de que el desarrollo del software ha sido meritorio, pues se ha obtenido el 80% del máximo otorgado, las investigaciones han sido desarrolladas a buen nivel, en instalaciones apropiadas logrando datos y resultados confiables, los mismos que serán expuestos en el software.

6.2.6. CRITERIOS INSTITUCIONALES

Al no tener o ser una empresa dedicada a la producción en serie de software, su ponderación será 0, y por lo tanto también su IMR.

6.2.7. RESULTADO

De acuerdo a lo analizado anteriormente se puede observar que se han obtenidos resultados excelentes en los aspectos de factibilidad técnica y de investigación. La intención del desarrollo del software no se fundamenta en el lucro, si no más bien de un aporte técnico que ayude a la empresa a tener criterios fundamentados en la toma de decisiones. Con esto se concluye que el beneficio será grande y la inversión en costo justifica este fin, comprobándose esto en los índices al mérito altos, en factibilidad técnica e investigación.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.15. CONCLUSIONES

1. El estudio se realizó en los motores tipo tomándolos como motores que trabajan a un ritmo normal, intentando generalizar el proceso de análisis y a la vez generar un resultado individual de cada motor, sin embargo, existen grandes diferencias con motores que contrastan mucho en su funcionamiento a los motores tipo, para esos motores es necesario realizar análisis particulares.
2. Los datos necesarios para la realización del programa fueron tomados de la base de datos propia de Petroproducción; con un historial de más de diez años; complementados con los criterios de los Técnicos que trabajan en la institución, lo que garantiza la fiabilidad de los resultados que se muestran en el software.

3. Los procesos del software mostraron la importancia de conocer los fundamentos teóricos de valoración técnica de máquinas, para una aplicación práctica en la industria.
4. El software desarrollado ayuda a tener una clara visión del estado actual de la vida útil de los motores de combustión interna que se usan en Petroproducción.
5. Las gráficas resultantes del análisis demuestran que tener en funcionamiento un motor una vez superado su tiempo de vida económicamente útil, genera elevados costos de mantenimiento. Dentro de una empresa implica que se está pagando en repuestos el costo de lo que pagaría por una máquina nueva, que generalmente es más eficiente.
6. El programa permite determinar la vida útil económica de los motores de combustión interna; pero no reemplaza al criterio técnico que puede complementar el resultado obtenido en el software.
7. La creación de programas que ayuden a la toma de decisiones reduce el tiempo de análisis antes de efectuar cambios dentro de un esquema de funcionamiento, además, de ayudar al entendimiento de personas que no tienen conocimientos técnicos para las decisiones de este tipo.

4.16. RECOMENDACIONES

1. Para un mejor análisis de los motores utilizando el programa generado, es necesario mejorar la base de datos de los mantenimientos, no solo con la información de las partes que se cambian, si no, con los datos que indiquen el estado de las partes extraídas, para de esa forma poder estimar de mejor manera los periodos de servicio de los motores.
2. El programa VUMCIP es una herramienta de ayuda en la toma de decisiones sobre el uso de un motor, se recomienda que el usuario del equipo sea el que tome una decisión del futuro de un motor, de acuerdo a variables externas que solo una persona puede determinar.

3. El mantenimiento realizado en los motores de Petroproducción es bueno, sin embargo, se puede reducir los errores utilizando hojas de procesos, donde se incluyan procedimientos, controles de calidad periódicos y firmas de responsabilidad en cada control.

Al final se tiene que el programa VUMCIP ayuda en la toma de decisiones sobre los motores de una manera sencilla y fácil de entender, dando al usuario una herramienta rápida para ver el estado de un motor, y si fuera necesario, hacer comparaciones entre motores basadas en criterios de costos.

BIBLIOGRAFÍA

1. SELIVANOV A.I. Fundamentos de la teoría de envejecimiento de máquinas. Traducido del idioma Ruso por E. Yudkevich. Editorial MIR, Rusia. 1980. pag 391.
2. ARIAZ-PAZ Guitian Manuel. Manual de Automóviles. 53ra edición, Cie inversiones editoriales Dossat, España. 2000. pag 980.
3. MARTINEZ, Ciro Bencardino. Estadística y Muestreo. 11ra edición, ECOE Ediciones, Bogotá. 2002. pag 877.
4. TAYLOR, George. Ingeniería Económica. Editorial Limusa, México. 1997. pag 425.
5. CATERPILLAR. Programa de mantenimiento Motores Diesel Industriales y Grupos Electrógenos. 1994. pag 70.
6. CATERPILLAR. Parts Book Multi-lingual parts nomenclature. Caterpillar tractor co. Publications div. 1980. pag 31.

7. CATERPILLAR. Operación y Conservación de Motores D379/ D398/ D399 Industriales y para grupos electrógenos. Pag 68.
8. CATERPILLAR. Manuales de partes motores series 3300 y 3400.
9. WAKEYSHA. VHP 12 cylinder G/GL/GSI. 1998. Pag 290.
10. Página de Petroecuador: www.Petroecuador.com.ec

ANEXO #1
LISTA DE MOTORES SELECCIONADOS PARA LA MUESTRA

ANEXO #2
DIVISIÓN DE LOS MOTORES POR CATEGORÍAS

ANEXO #3
EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN MOTOR MODELO

ANEXO #4
TABLAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE MOTORES
CATERPILLAR