

## INDICE GENERAL

Resumen	iii
Índice	iv
Índice de figuras	vii
Nomenclatura	viii
CAPITULO 1 INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes y motivación	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Solución del problema	2
1.4 Objetivos y alcances del proyecto	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.4.3 Alcances	3
1.5 Metodología y herramientas utilizadas	3
1.6 Resultados obtenidos	4
1.7 Organización del documento	4
CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEORICOS	5
2.1 Fundamentos teóricos aplicados a motores endotérmicos	6
2.1.1 Principios de conversión de energía aplicados a motores endotérmicos	6
2.1.2 El funcionamiento y la relación de compresión	7
2.1.3 Principios termodinámicos en los motores endotérmicos alternativos	8
2.1.4 Motores de dos tiempos y cuatro tiempos	10
2.1.5 La mezcla aire combustible	11
2.1.5.1 Mezcla pobre	12
2.1.5.2 Mezcla rica	13
2.1.6 Principios de carburación	13
2.1.7 Sistemas de inyección	13
2.2 Fundamentos de mecánica de fluidos aplicada a aforo	15
2.2.1 Elementos de mecánica de fluidos	15
2.2.2 Conservación de masa	15
2.2.3 Consideraciones de energía	16
2.2.4 Alcances de la mecánica de fluidos para el caso de la admisión de aire	17
2.2.5 Método volumétrico	19

2.2.6	Métodos de estrangulación	20
2.2.7	Medidor de Venturi	20
2.2.8	Placa orificio	20
2.2.9	Tobera de aforo	21
2.2.10	El Coeficiente de descarga y la medición de caudal	21
2.2.11	Medición normalizada	24
2.3	Problemática del flujo pulsante	25
2.3.1	Necesidad de atmósfera de estancamiento	33
CAPITULO 3 DISEÑO Y CONSTRUCCION		34
3.1	Descripción de lo existente. Caracterización del motor de pruebas disponible	35
3.2	Diseño conceptual del equipo	35
3.3	Alternativas de medición	35
3.4	Diseño del equipo	37
3.4.1	Diseño de los elementos mecánicos	37
3.4.1.1	Determinación de la relación de diámetros	37
3.4.1.2	Determinación del número de Reynolds	37
3.4.1.3	Determinación del coeficiente de descarga	38
3.4.1.4	Diseño de la tobera de aforo	38
3.4.1.5	Sistema del estanque medidor de combustible	38
3.4.1.6	Cálculo del volumen de la caja amortiguadora de pulsos	39
3.4.1.7	Manómetro utilizado	40
CAPITULO 4 ENSAYOS		41
4.1	Elementos utilizados	42
4.1.1	Equipo consumo de aire	42
4.1.2	Equipo consumo de combustible	43
4.1.3	Sujeción del manómetro	44
4.2	Instrumentos utilizados en la experiencia	44
4.3	Protocolo de ensayos	44
4.4	Presentación de los resultados alcanzados	46
4.5	Aplicaciones	49
CONCLUSIONES		51
BIBLIOGRAFIA		52
ANEXOS		53
ANEXO A	NORMA DIN	54
ANEXO B	Cálculo del caudal teórico de aire aspirado	55
ANEXO C	Cálculo de la altura teórica medida en el manómetro	55
ANEXO D	Cálculo del volumen de la caja amortiguadora de pulsos	56

ANEXO E	Diseño de la tobera de aforo	57
ANEXO F	Tabla de propiedades del aire a presión atmosférica estándar	57
ANEXO G	Tabla de recomendación de relación de diámetros $\beta$	58
ANEXO H	Anexo fotográfico	59
ANEXO I	Planos	63

## **INDICE DE FIGURAS**

FIGURA 2.1	Diagrama real para un motor de cuatro tiempos con ciclo Otto	9
FIGURA 2.2	Esquema de Medición por aforo	18
FIGURA 3.1	Geometría de construcción para toberas normalizadas ASME	36
FIGURA 3.2	Fotografía de bureta graduada utilizada	39

## NOMENCLATURA

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDAD
$\eta_{vol}$	Rendimiento volumétrico	-
$\eta_{mec}$	Rendimiento mecánico	-
$r_c$	Relación de compresión	-
$r_{a/c}$	Relación aire combustible	$kg_a/kg_c$
$\rho$	Densidad del aire	$kg/m^3$
$\rho_{comb}$	Densidad del combustible	$kg/m^3$
$C_d$	Coefficiente de descarga	-
$d_{cil}$	Diámetro del cilindro	pulg
L	Largo de la carrera del cilindro	pulg
n	Velocidad de giro del motor	r.p.m.
z	Cantidad de cilindros del motor	-
$\Delta h$	Diferencia de altura medida en el manómetro	mm
$\gamma_f$	Peso específico del fluido medido	$kN/m^3$
$\gamma_M$	Peso específico del fluido manométrico	$kN/m^3$
d	Diámetro de garganta de la tobera	m
D	Diámetro anterior a la garganta de la tobera	m
$A_2$	Área de la sección de medida	$m^2$
$\zeta$	Coefficiente de amortiguamiento	-
$\omega_n$	Frecuencia natural	1/s
$\beta$	Relación de diámetros en la tobera	-
$\alpha$	Ángulo de inclinación de la columna de líquido del manómetro	°