

# *Indice*

<i>Resumen</i>	i
<i>Indice</i>	ii
<i>Capítulo 1</i>	1
Introducción	1
1.1 - Motivación	1
1.2 - Turbinas de gas	2
1.3 - Antecedentes	4
1.4 - Objetivos del proyecto	5
<i>Capítulo 2</i>	6
Procedimientos de diseño	6
2.1 - Dimensionado de las ruedas	6
2.2 - Cálculo del conducto de entrada y del caudal de gas requerido	20
2.3 - Cálculo del difusor de salida del compresor	22
2.3.1 - Características generales	22
2.3.2 - Ecuaciones a resolver	24
2.3.3 - Soluciones posibles	25
2.3.4 - Resolución analítica de las ecuaciones planteadas	28
2.3.5 - Resolución numérica de las ecuaciones planteadas	31
2.3.6 - Consideraciones de diseño	33
2.4 - Diseño preorientador de la turbina	36
<i>Capítulo 3</i>	39
Descripción, construcción y puesta en marcha del prototipo	39
3.1 - Descripción del prototipo	39
3.2 - Componentes del primer prototipo de nanoturbina	40
3.2.1 - Compresor	42
3.2.2 -Carcasa compresor	43
3.2.3 - Difusor	44
3.2.4 - Cámara de combustión	44
3.2.5 - Preorientador de la turbina	46
3.2.6 - Turbina y eje	47
3.2.7 - Rodamientos y separadores	48
3.2.8 - Sistema de lubricación	50
3.3 - Ensamblado	51
3.4 - Características del primer prototipo	54
3.5 - Puesta en marcha	56

<i>Capítulo 4</i>	58
Análisis Vibracional	58
4.1 - Problema vibracional	58
4.2 - Cálculo analítico del primer modo normal	59
4.3 - Cálculo de los modos normales de vibración con elementos finitos	64
4.4 - Amplitud de oscilación y huelgo necesario	67
<i>Capítulo 5</i>	71
Mediciones y caracterización	71
5.1 – Instrumentación	71
5.1.1 - Variables de interés	71
5.1.2 - Mediciones directas	72
5.1.3 - Mediciones indirectas	72
5.2 - Dispositivos de medición utilizados	74
5.2.1 - Sensor de rpm	74
5.2.2 - Sensores de temperatura	75
5.2.3 - Pitot promediador	75
5.2.4 - Sensores de presión	76
5.2.5 - Celda de presión diferencial	76
5.3 - Montaje y calibración de instrumentos de medición	77
5.3.1 - Montaje del instrumental	77
5.3.2 - Calibración de la celda de presión diferencial	77
5.3.3 - Calibración de los sensores de presión	78
5.4 - Adquisición de datos	79
5.5 - Mediciones y resultados	80
5.6 - Análisis fluidodinámico	85
5.6.1 – Relación de compresión teórica	85
5.6.2 – Efectividad del difusor	89
5.6.3 – Velocidades en la cámara de combustión	90
Este numero de mach es una cota superior es decir se tiene a lo sumo el numero de mach de la figura anterior.	91
5.6.4 – Desempeño difusor y cámara de combustión	92
5.7 - Observaciones mecánicas y estructurales	92
5.7.1 – Temperatura en la turbina	93
5.7.2 – Deformación en pre-orientador turbina.	93
5.7.3 – Desempeño de los rodamientos y sistema de lubricación	95
5.7.4 – Problemas de vibración	96
<i>Capítulo 6</i>	97
Conclusiones	97
6.1 - Trabajos concluidos	97
6.2 - Trabajos futuros	97
<i>Apéndice</i>	99
Evaluación económica	99
<i>Bibliografía</i>	104
<i>Agradecimientos</i>	105