



CEMIE-Océano
Centro Mexicano de Innovación
en Energía – Océano

Energía por Gradiente Térmico
G-LE2

PROTOTIPO DE TURBINA DE BAJA POTENCIA

Centro Mexicano en Innovación de Energías del Océano

Acrónimo:	CEMIE-Océano	
Número de etapa:	8	Fecha de entrega 18/04/2022
Nombre de la línea:	Línea Estratégica de Energía por Gradiente Térmico	
Responsable de la línea:	Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta	
Nombre de la acción:	Desarrollo de prototipos y microplantas para la obtención y almacenamiento de energía a partir de gradientes de temperatura específicamente diseñados para optimizar los procesos a partir de las características de los recursos nacionales	
Responsable de la acción:	Dra. Estela Cerezo Acevedo	
Título del entregable:	Prototipo de turbina de baja potencia	
Autores: (Indicar entre paréntesis su adscripción)	<ol style="list-style-type: none">1. Dr. Víctor Manuel Romero Medina (Unicaribe)2. M. I. Marcelo Hugo Sánchez Núñez (Unicaribe)3. Dra. Estela Cerezo Acevedo (Unicaribe)4. Luis Melesio García Juárez (Unicaribe)5. Jessica Guadalupe Tobal Cupul (Unicaribe)	
Estatus: (Final, Avance, Borrador, Aprobado)	Final	
Página de internet del proyecto:	www.cemieoceano.mx	
Inicio del proyecto:	1o de julio 2017	
Notas		

CONTENIDO

CONTENIDO.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.2.1. Turbinas de Impulso o Acción.....	2
1.2.2. Turbinas de Reacción.....	4
1.2.3. Turbinas Francis.....	4
1.2.4. Turbinas Kaplan.....	5
1.2.5. Turbinas Curtis.....	6
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1. DISEÑO DE LA TURBINA.....	6
2.1.1. Principio de funcionamiento.....	6
2.1.2. Información preliminar.....	8
2.1.3. Etapas de diseño.....	9
a. Entrada y salida del rotor de la primera etapa.....	10
b. Salida del rotor de la primera etapa.....	10
c. Longitud de los álabes a la salida del primer rotor.....	11
d. Entrada del rotor de la segunda etapa.....	11
e. Longitud de los álabes a la salida del segundo estator.....	11
a. Salida del rotor de la segunda etapa.....	12
b. Longitud de los álabes a la salida del segundo rotor.....	12
c. Pérdidas.....	12
d. Impulso.....	13
e. Entrada del rotor.....	13
f. Longitud de los álabes a la salida del primer estator.....	14
g. Salida del rotor.....	14
h. Longitud de los álabes a la salida del primer rotor.....	14

i.	Pérdidas de disco.....	14
j.	Rendimiento interno total.....	14
k.	El rendimiento interno total es:	15
2.1.4.	Paso y anchura del alabe.....	19
2.1.5.	Altura del alabe.	19
2.1.6.	Álabes del rotor de la primera etapa	19
2.1.7.	Álabes del rotor de la segunda etapa.....	19
2.1.8.	Álabes para el rotor de impulso (tercera etapa)	20
2.1.9.	Toberas del estator de la segunda etapa	20
2.1.10.	Toberas del estator de la tercera etapa	20
2.1.11.	Cálculo de la carcasa.	20
2.1.12.	Estator	22
2.1.13.	Diafragmas	22
2.1.14.	Caja de rodamientos	22
2.1.15.	Boquilla de admisión de la turbina.....	22
2.1.16.	Boquilla de escape de la turbina	23
2.1.17.	Determinación del espesor de la carcasa.....	23
2.1.18.	Diámetro de la flecha	24
2.1.19.	Momento T debido a la carga.	25
2.1.20.	Nomenclatura del diseño de la turbina.....	26
3.	RESULTADOS	28
4.	CONCLUSIÓN.....	31
5.	REFERENCIAS.....	31
6.	ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Accionamiento de una turbina de impulso tipo Pelton; la flecha de la turbina gira cuando el fluido de alta velocidad de uno o más chorros incide en los álabes de la turbina. a) Vista lateral, marco de referencia absoluto, b) vista de la sección transversal	2
Figura 1-2 Diagrama de velocidad de flujo que entra y sale del cucharón de una turbina Pelton.	3
Figura 1-3 Rotor de una turbina Francis de flujo radial de la estación hidroeléctrica del río Pend Oreille, WA.	4
Figura 1-4 Hélice de cinco aspas de una turbina Kaplan de la hidroeléctrica de Warwick, GA.	5
Figura 2-1 Diagrama Entalpía & Entropía.....	18
Figura 3-1 Componentes de la turbina diseñada para el prototipo OTEC-CC-MX-1kWe	29
Figura 3-2 Diagrama 3D de la turbina del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe y la turbina manufacturada (TURBINE).....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Parámetros de entrada y salida de la Turbina	8
Tabla 2-2 Triángulos de velocidades	15
Tabla 2-3 Resumen de valores obtenidos	17
Tabla 2-4 Diagrama Entalpía – Entropía.....	18
Tabla 3-1 Especificaciones técnicas de la turbina del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	30

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el diseño de la turbina de baja potencia del proyecto “Desarrollo de prototipos y microplantas para la obtención y almacenamiento de energía a partir de gradientes de temperatura específicamente diseñados para optimizar los procesos a partir de las características de los recursos nacionales” (G-LE2) de la línea estratégica Energía por Gradiente Térmico del Centro Mexicano de Innovación en Energía-Océano (CEMIE-Océano), a cargo del Cuerpo Académico de Sistemas Energéticos y Sustentabilidad (CASES) del Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías la Universidad del Caribe.

Bajo el conocimiento del tipo de planta OTEC (Conversión de Energía Oceánica, por sus siglas en inglés) a diseñar, se seleccionó como fluido de trabajo al refrigerante R152a después de evaluar cincuenta fluidos de trabajo de la base de datos del programa Engineering Equation Solver (EES) y ponderarse de acuerdo con parámetros económicos, ambientales y seguridad. Una vez determinado el refrigerante, se llevaron a cabo evaluaciones termodinámicas con el objetivo de evaluar el balance de masa y energía para realizar el dimensionamiento de los equipos que componen el ciclo OTEC, reportado en el 1er Informe técnico del avance por etapa (Cerezo et. al.,2017).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y probar la turbina del prototipo de planta OTEC para la generación de 1kWe de energía eléctrica.

1.2. ANTECEDENTES

La clasificación de las turbinas de vapor está relacionada con la forma en la que se aprovecha la energía que se encuentra contenida en el flujo de vapor (reacción o acción), de acuerdo con el número de etapas (multi-etapa o mono-etapa) que se tenga. Las turbinas de vapor también pueden clasificarse por su dirección del flujo de vapor en axiales o radiales, y finalmente, también se les suele clasificar por la presión de salida del vapor (contrapresión, escape libre o condensación).

Como se mencionó en el párrafo anterior, existen varias formas de clasificar a las turbinas de vapor, sin embargo, generalmente la clasificación de las turbinas se restringe a 2 tipos de características principales, siendo una de ellas la dirección de entrada o de choque del fluido, la cual puede ser axial (en dirección paralela al eje de rotación de la turbina) o de forma radial, así como las características de acción y reacción.