



**CEMIE-Océano**

Centro Mexicano de Innovación  
en Energía – Océano

**Energía por Gradiente Térmico**

**G-LE2**

**MEMORIAS DE LA INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO**

**OTEC-CC-MX-1kWe**



# Centro Mexicano en Innovación de Energías del Océano

<b>Acrónimo:</b>	<b>CEMIE-Océano</b>		
<b>Número de etapa:</b>	<b>8</b>	<b>Fecha de entrega</b>	<b>18/05/2022</b>
<b>Nombre de la línea:</b>	<b>Energía por Gradiente Térmico</b>		
<b>Responsable de la línea:</b>	<b>Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta</b>		
<b>Nombre de la acción:</b>	<b>Desarrollo de prototipo 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)</b>		
<b>Responsable de la acción:</b>	<b>Dra. Estela Cerezo Acevedo</b>		
<b>Título del entregable:</b>	<b>Memorias de la instalación del prototipo OTEC</b>		
<b>Autores:</b> (Indicar entre paréntesis su adscripción)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MER. Jarmen Said Virgen Suárez (UNICARIBE)</li> <li>2. Ing. Jessica Tobal Cupul (UNICARIBE)</li> <li>3. Ing. Daniel Alejandro Amaro Rosas (UNICARIBE)</li> <li>4. Ing. Enrique Alberto Avilés Encalada (UNICARIBE)</li> <li>5. Ing. Luis Melesio García Juárez (UNICARIBE)</li> <li>6. Dra. Estela Cerezo Acevedo (UNICARIBE)</li> <li>7. M.C. Víctor Enrique Luna Gómez (ICMYL-UNAM)</li> <li>8. Pablo Andrés Ku Toval (ITC)</li> <li>9. M.C. José Francisco Martínez Ortega (UT-RIVIERA MAYA)</li> <li>10. Dr. Víctor Manuel Romero Medina (UNICARIBE)</li> </ol>		
<b>Estatus:</b> (Final, Avance, Borrador, Aprobado)	<b>Final</b>		
<b>Página de internet del proyecto:</b>	<a href="http://www.cemieoceano.mx">www.cemieoceano.mx</a>		
<b>Inicio del proyecto:</b>	<b>27 mayo 2021.</b>		
<b>Notas</b>			



## CONTENIDO

CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y EQUIPO.....	2
2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	2
2.1.1. Calentador eléctrico (Electrical heater).....	3
2.1.2. Bomba ubicada entre el tanque de almacenamiento y el calentador eléctrico (PUMP-HW-2).....	4
2.1.3. Tanque de almacenamiento de agua caliente (TK-HW).....	5
2.1.4. Bomba ubicada entre el tanque de almacenamiento y el evaporador (PUMP-HW-1).....	6
2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	7
2.2.1. Tanque de almacenamiento de agua fría (TK-CW).....	7
2.2.2. Tanque de almacenamiento de agua fría 2 (TK-CW-2).....	8
2.2.3. Mini chiller (Electrical colder).....	9
2.2.4. Bomba ubicada entre el tanque de almacenamiento y el condensador (PUMP-CW).....	10
2.2.5. Bomba del tanque de almacenamiento 2 (PUMP-CW-2).....	11
2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA OTEC.....	12
2.3.1. Tanque de condensado (TK-WF).....	12
2.3.2. Evaporador (EVAPORATOR).....	13
2.3.3. Condensador (CONDENSER).....	14
2.3.4. Bomba del fluido de trabajo (PUMP-WF).....	15
2.3.5. Turbina (TURBINE).....	16
2.3.6. Turbocompresor.....	17
2.4. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	18
2.5. COMPONENTES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	19
2.5.1. Sensores de temperatura.....	19
2.5.2. Sensores de presión.....	20
2.5.3. Sensor de flujo.....	21
2.5.4. Placa Arduino Mega.....	21



2.5.5.	Display .....	22
3.	MEMORIAS DE LA INSTALACIÓN Y EL ENSAMBLADO .....	22
3.1.	SISTEMA DE CALENTAMIENTO .....	23
3.1.1.	Calentador eléctrico (Electrical heater) .....	24
3.1.2.	Bomba de agua caliente del calentador eléctrico (PUMP-HW-2) .....	24
3.1.3.	Tanque de almacenamiento de agua caliente (TK-HW).....	24
3.1.4.	Bomba de agua del evaporador (PUMP-HW-1) .....	24
3.1.5.	Tubería para la línea de agua caliente .....	24
3.2.	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO .....	26
3.2.1.	Tanque de almacenamiento de agua fría (TK-CW) .....	26
3.2.1.	Tanque de almacenamiento de agua fría 2 (TK-CW-2) .....	26
3.2.2.	Mini chiller (Electrical colder).....	27
3.2.3.	Bomba de agua fría (PUMP-CW) .....	27
3.2.4.	Tubería para la línea de agua fría.....	27
3.3.	SISTEMA OTEC .....	29
3.3.1.	Evaporador (EVAPORATER) .....	29
3.3.2.	Condensador .....	30
3.3.3.	Bomba del fluido de trabajo (PUMP-WF).....	30
3.3.4.	Tanque de condensado (TK-WF) .....	30
3.3.5.	Turbina (TURBINE).....	31
3.3.6.	Turbocompresor (TURBOCHARGER) .....	31
3.3.7.	Tubería para la línea del fluido de trabajo .....	31
3.4.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	37
3.5.	SISTEMA ELECTRÓNICO .....	38
3.5.1.	Sensor de temperatura .....	39
3.5.2.	Sensores de presión .....	40
3.5.3.	Alimentación del sistema .....	41
4.	CONCLUSIONES .....	42
5.	REFERENCIAS.....	42
6.	ANEXOS .....	43
6.1.	ANEXO I: INSTALACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENFRIAMIENTO .....	43
6.1.1.	Protocolo para la instalación del tanque de almacenamiento .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Calentador eléctrico RHEEM del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	3
Figura 2-2 Bomba GRUNDFOS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	4
Figura 2-3 Tanque de almacenamiento de agua caliente del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	5
Figura 2-4 Bomba EVANS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	6
Figura 2-5 Tanque de almacenamiento de agua fría del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	7
Figura 2-6 Tanque de almacenamiento de agua fría 2 del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	8
Figura 2-7 Mini chiller del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	9
Figura 2-8 Bomba Siemens del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	10
Figura 2-9 Bomba Siemens del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	11
Figura 2-10 Tanque de condensado del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	12
Figura 2-11 Evaporador utilizado en el prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	13
Figura 2-12 Condensador del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	14
Figura 2-13 Bomba del fluido de trabajo .....	15
Figura 2-14 Diagrama 3D de la turbina del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe y la turbina manufacturada (TURBINE) .....	16
Figura 2-15 Turbocompresor modificado para su integración al prototipo de planta OTEC-CC-MX-1kWe .....	17
Figura 2-16 Diagrama eléctrico unifilar del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	18
Figura 2-17 Termopar de platino PT 100 de 3 hilos. ....	20
Figura 2-18 Transmisor de temperatura TxRail-USB .....	20
Figura 2-19 Sensor de presión piezoresistivo. ....	20
Figura 2-20 Flujómetro ultrasónico .....	21
Figura 2-21 Caudalímetro Vortex modelo FV100 .....	21
Figura 2-22 Placa Arduino Mega .....	21
Figura 2-23. Display TM1637 .....	22
Figura 3-1 Diseño tridimensional del prototipo de planta OTEC-CC-MX-1kWe .....	23
Figura 3-2 Diagrama 3D del sistema de calentamiento .....	23
Figura 3-3 Diagrama 3D del sistema de enfriamiento .....	26
Figura 3-4 Placa quemada de circuitos del mini chiller .....	27
Figura 3-5 Diagrama 3D del sistema OTEC .....	29



Figura 3-6 Posicionamiento del evaporador para ser levantado con el montacargas hidráulico manual.....	29
Figura 3-7 Posicionamiento del condensador para ser levantado con el montacargas hidráulico manual.....	30
Figura 3-8 Tanque de condensado fijado a su mesa metálica .....	31
Figura 3-9 Línea 3,1 del sistema OTEC .....	33
Figura 3-10 Línea 3,2 del sistema OTEC .....	34
Figura 3-11 Línea 3,3 del sistema OTEC .....	35
Figura 3-12 Línea 3,4 del sistema OTEC .....	36
Figura 3-13 Línea 3,5 del sistema OTEC .....	37
Figura 3-14 Centro de carga de los equipos del prototipo de platana OTEC-CC-MX-1kWe .....	37
Figura 3-15 Diagrama electrónico de un termopar de platino PT 100 de 3 hilos. ....	39
Figura 3-16 Conexión “divisor de voltaje” .....	40
Figura 3-17 Esquema de funcionamiento de un sensor piezoresistivo. ....	40
Figura 3-18 Esquema “Puente Wheatstone” .....	41
Figura 6-1 Sistema auxiliar de enfriamiento con el tanque de almacenamiento .....	43



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Especificaciones técnicas del calentador eléctrico del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	3
Tabla 2-2 Especificaciones técnicas de la bomba GRUNDFOS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	4
Tabla 2-3 Especificaciones técnicas del tanque de almacenamiento de agua caliente de OTEC-CC-MX-1kWe.....	5
Tabla 2-4 Especificaciones técnicas de la bomba EVANS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	6
Tabla 2-5 Especificaciones técnicas del tanque de almacenamiento de agua fría del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	7
Tabla 2-6 Especificaciones técnicas del tanque de almacenamiento de agua fría del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	8
Tabla 2-7 Especificaciones técnicas del mini chiller del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	9
Tabla 2-8 Especificaciones técnicas de la bomba SIEMENS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	10
Tabla 2-9 Especificaciones técnicas de la bomba SIEMENS del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	11
Tabla 2-10 Especificaciones técnicas del tanque de condensado del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	12
Tabla 2-11 Especificaciones técnicas del evaporador del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	13
Tabla 2-12 Especificaciones técnicas del condensador del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	14
Tabla 2-13 Especificaciones técnicas de la bomba del fluido de trabajo del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	15
Tabla 2-14 Especificaciones técnicas de la turbina del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	16
Tabla 2-15 Especificaciones técnicas del turbocompresor K16 del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe..	17
Tabla 2-16 Simbología del diagrama unifilar del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe .....	18
Tabla 3-1 Componentes de las líneas del sistema de calentamiento. ....	25
Tabla 3-2 Componentes de las líneas del sistema de enfriamiento .....	28
Tabla 3-3 Componentes de las líneas del sistema OTEC.....	32
Tabla 3-4. Componentes electrónicos instalados en las líneas del sistema del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe.....	38



## 1. INTRODUCCIÓN

Se presenta el informe técnico de la memoria de instalación del prototipo OTEC-CC-MX-1kWe en la octava etapa del proyecto “Desarrollo de prototipos y microplantas para la obtención y almacenamiento de la energía, a partir de gradientes de temperatura específicamente diseñados para optimizar los procesos, a partir de las características de los recursos naturales”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la Secretaría de Energía (SENER) a través del Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-O), y desarrollado por el Cuerpo Académico de Sistemas Energéticos y Sustentabilidad (CASES) de la Universidad del Caribe en colaboración con el Instituto de Ciencias del mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el cual se diseña y construye un prototipo de planta mareotérmica u OTEC que sea capaz de generar 1 kWe.

En el primer apartado se hace una descripción de las características técnicas de las condiciones de manufactura y operación de cada componente del sistema OTEC y de los dos sistemas auxiliares (el sistema de calentamiento y el sistema de enfriamiento), que permitan simular la temperatura del agua superficial (27 °C) y profunda (7 °C) del mar Caribe Mexicano. De igual manera, en el segundo apartado se hace una descripción de las características técnicas de los componentes y de las memorias de construcción de cada uno de los sistemas del prototipo para la generación de 1kWe.