

El Centro Mexicano de Innovación Energías Renovables del Océano: Avances y oportunidades

Posada Vanegas Gregorio¹, Silva Casarín Rodolfo²,
Félix Delgado Angélica³, Mendoza Baldwin Edgar², Vega Serratos Beatriz E.¹

¹Instituto EPOMEX Universidad Autónoma de Campeche, Av. Héroe de Nacozari No 480 Campus VI, Col. Multunchac, San Francisco de Campeche, Campeche, gposadav@uacam.mx , beavega@uacam.mx

²Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. RSilvaC@iingen.unam.mx ; EMendozaB@iingen.unam.mx

³CONACYT-Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. AFelixD@iingen.unam.mx

RESUMEN

El proyecto Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano, CEMIE-Océano, inició, oficialmente, labores en enero de 2017, pero su concepción, diseño y puesta en marcha se remonta a diciembre de 2014 cuando, por medio del Instituto de Ingeniería de la UNAM, comenzó el esfuerzo para conjuntar el trabajo de 43 instituciones que son conscientes que, para el desarrollo del país, a mediano y largo plazo, es necesario e imperativo desarrollar tecnología que permita utilizar eficientemente las fuentes de energía asociada al Océano, tal como pueden ser las relacionadas con el oleaje, corrientes, gradiente térmico y salino, así como el desarrollo de nuevos materiales y formas de almacenar y vincular los dispositivos generadores a la red eléctrica nacional; igualmente la formación de recursos humanos, generación de empresas y difusión de conocimientos adquiridos a la sociedad hacen parte de las actividades transversales del Centro. Al día de hoy, los primeros 6 meses, han estado enfocados a la compra de equipos científicos necesarios para el cumplimiento de las actividades propuestas por cada una de las instituciones, desarrollo de campañas de campo, análisis de datos que algunos equipos ya han comenzado a recabar, puesta a punto de la normatividad interna del proyecto CEMIE-Océano y difusión de resultados, reuniones y actividades por medio de la página www.cemieoceano.mx y redes sociales, así como desarrollo de publicaciones en las cuales se condensa el estado del arte en las líneas gradiente termino, salino e integración a la red eléctrica. Las oportunidades de desarrollo del proyecto son positivas ya que el grupo de trabajo está en proceso de consolidación y crecimiento ya que la cantidad de instituciones que desean, en etapas futuras, ingresar al CEMIE-Océano es alta, igualmente, al contar con la mayoría de los equipos, la generación de datos oceanográficos se incrementará sustancialmente lo que permitirá tener información real para validar, física y numéricamente, los prototipos que previamente las instituciones han desarrollado.

Palabras clave: Energía del océano, oportunidades, CEMIE-Océano

INTRODUCCIÓN

El presente artículo se divide en dos partes, en la primera se detallan los avances, por línea, del Centro Mexicano de Innovación en Energía del Océano (CEMIE-Océano) durante los primeros 6 meses de trabajo, en la segunda parte se enuncian los resultados esperables durante las siguientes etapas en las cuales trabajan 43 instituciones de México, más de 150 investigadores y aproximadamente 100 estudiantes de pregrado y posgrado cuyas tesis están relacionadas directamente con los objetivos del CEMIE-Océano.

AVANCES CEMIE-OCÉANO

Línea estratégica de Oleaje

- Resultados de simulaciones numéricas para el periodo 1960-2014, y posibles actualizaciones y complementación de resultados.
- Evidencia de mapas de caracterización del espectro direccional del oleaje en zonas específicas.
- Prototipo de sistema de protección catódica.
- Reporte de diseño conceptual de prototipos de CEO.
- Reporte global de la eficiencia de funcionamiento de los dispositivos CEO y recomendaciones de mejoras.
- Reporte de detalle de diseño de un generador MHD.
- Evidencia de la implementación del laboratorio natural con detalles de avance y factibilidad de desarrollo.
- Evidencia del estado del arte y recomendaciones para funcionamiento técnico y económico de sitios de prueba.
- Selección de sitios de prueba y de las condiciones marítimas imperantes históricas y con escenarios.
- Evidencia de funcionamiento de dispositivos conversores de energía incluyendo estudios de factibilidad.

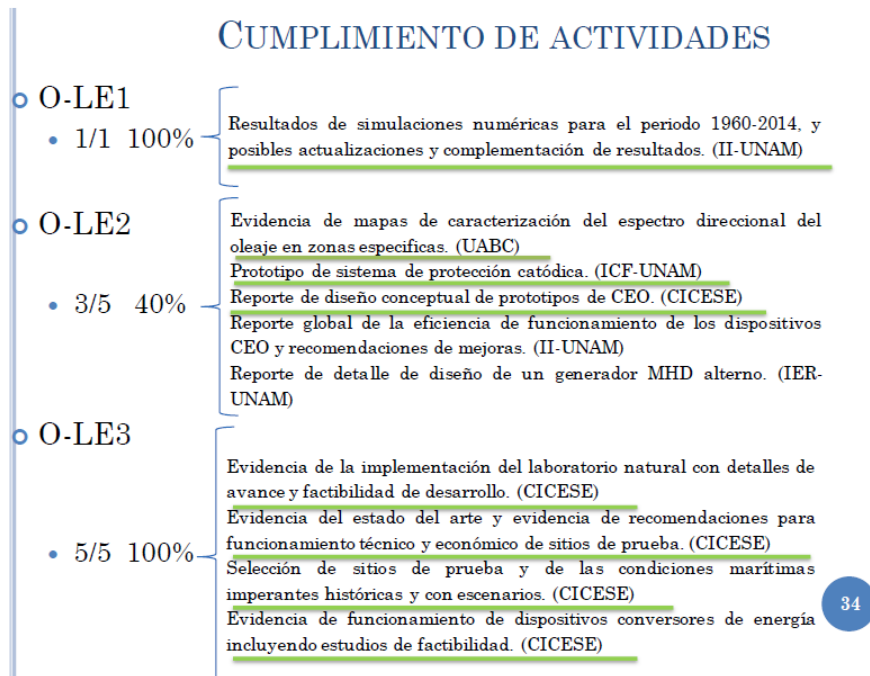


Figura 1. Esquema de actividades Líneas O-LE1, O-LE2, O-LE3

Línea estratégica Corrientes y Mareas

- Reporte de integración del estado del arte: informe de 65 páginas, resumiendo el comportamiento de las corrientes a nivel nacional y detallando las tecnologías existentes para extraer energía de las corrientes marinas. (33 dispositivos)
- Reporte con objetivos y metas de recopilación de datos y procesos a estudiar en base en el equipo que alcance a comprar con el dinero autorizado.
- Reporte, dos publicaciones y una tesis de maestría.

Tipos de artefactos (turbinas de eje horizontal):



• Tipos de artefactos (turbinas de eje vertical):

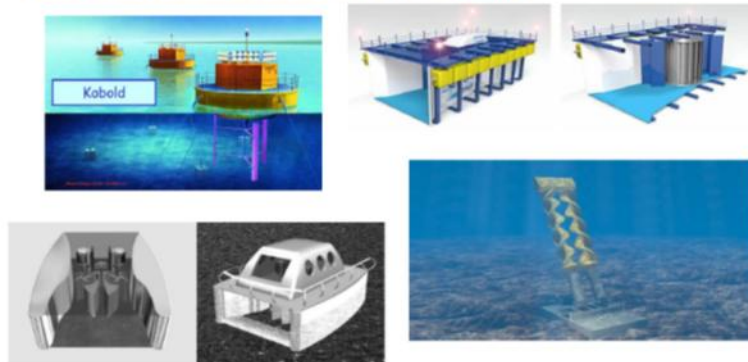


Figura 2. Ejemplos de dispositivos evaluados por línea Líneas C-LEI

Línea estratégica Gradiente Salino

- Generación de un inventario nacional de campos salinos, características ambientales de las zonas con potencial energético en los mates y zonas conteras de México, y detección de lugares de aprovechamiento de gradientes salinos con potencial energético de explotación en las zonas costeras de México con caracterización del medio físico.
- Estudios y experimentos para adquirir energía eléctrica a partir de gradientes de salinidad para desarrollo de la ingeniería básica y de prototipos piloto.

Línea estratégica Gradiente Térmico

- Reporte del plan de campaña oceanográfica.
- Evidencia de la base de datos de reporte de investigación etapa 1.
- Evidencia de un atlas de gradiente de temperatura, zona noreste.
- Libro Conversión de Energía Térmica Oceánica.

Línea Transversal Unidad de Negocios

ENTREGABLES	
1	2 Tesis de Licenciatura o equivalente, 3 de Maestría a lo largo de las 8 etapas (reportes de avances semestral)
2	Plan semestral de actividades
3	1 informe de realización de la primera autoevaluación de 10 ideas y prototipos, abarcando las 4 áreas de los PTs.
4	1 informe de actualización del catálogo de integrantes del Grupo de Consultores de Industrias, Empresas y Expertos (GC IEE \times).
5	1 informe de actualización y evaluación y recomendaciones para el desarrollo de ideas y prototipos de PPS abarcando las areas de producto, proceso, equipo y operación de 2 PTs.

6	2 ideas o prototipos de PTs registrados para los PTs más avanzados.
7	Un documento de las dimensiones tecnológicas e “índice del libro negro” para los PTs seleccionados.
8	Un formulario requisitado para documentar la tecnología de producto, proceso y operación de dos PTs.

Línea Transversal Difusión, Divulgación y Prensa

- Generar la imagen del CEMIE-Océano a través de un logotipo simple pero explicativo de objetivos.
- Creación de una base de datos con todos los participantes de CEMIE Océano y sus líneas de trabajo, esta base de datos será pública y se encontrará actualizada.
- Difusión, en página web y redes sociales de actividades en la que participan los miembros del CEMIE Océano
- Publicación semestral de una revista electrónica, en la cual se detallen los avances alcanzados por los participantes de CEMIE Océano
- Diseño y publicación de trípticos y folletos con información general del CEMIE Océano.
- Publicaciones de libros y manuales con resultados de los participantes del CEMIE-Océano

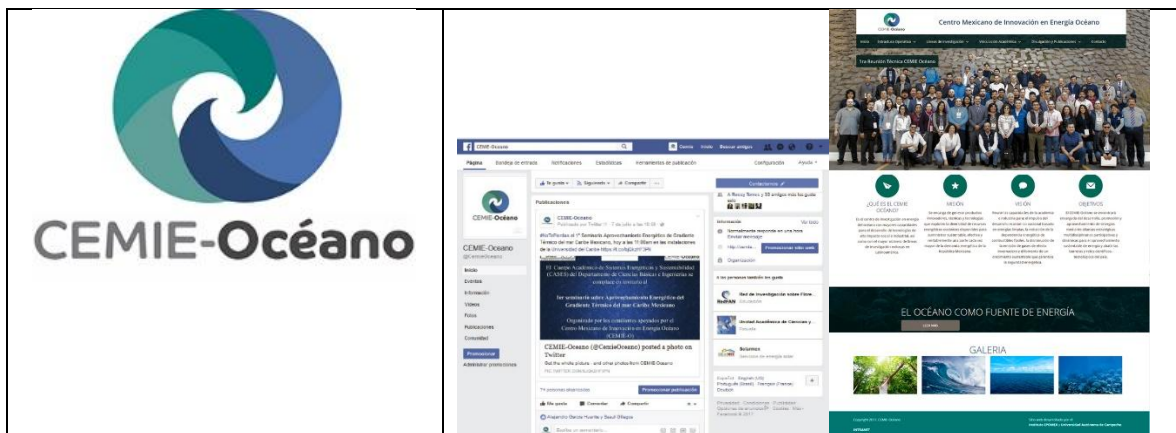




Figura 3. Resultados línea Difusión, Divulgación y Prensa etapa 01

Línea Transversal Ecología e Integración al ambiente de tecnologías de energía marina

Nicho ecológico

- Cartografía digital de los dominios ambientales del estado de Veracruz y su franja costera.
- Mapas de distribución potencial de la flora presentes en los ecosistemas costeros, así como la representación gráfica de su nicho ecológico.
- Generación de mapas geográficos donde se identifiquen las áreas más viables para la instalación de plantas generadoras de energía marina.
- Entrega de un índice de vulnerabilidad con el que se permita identificar áreas costeras en riesgo por cambio climático.

Ecosistemas Costeros

- Diagnósticos de los factores físicos, químicos y biológicos fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas costeros.
- Diagnóstico en la costa veracruzana, considerando los ecosistemas costeros y especies clave.
- Mapa con la identificación de sitios óptimos y sitios no óptimos para la implementación de las nuevas tecnologías, especificando las variables ambientales clave y la caracterización de los ecosistemas costeros.
- Medidas de mitigación para el impacto potencial de las nuevas tecnologías.
- 4 artículos científicos.
- Formación de al menos 1 tesista de doctorado, 3 de maestría y 3 de licenciatura

Bioclima

- Base de datos con información de los materiales y sistemas constructivos utilizados en las entidades costeras del país
- Inventarios de los sistemas pasivos para aprovechar la brisa marina en las costas mexicanas

- Proponer los sistemas pasivos que podrían aprovechar el efecto de la brisa marina para el ahorro de energía
- Beneficios en ahorro de energía en cada región costera, por el aprovechamiento de la brisa marina
- Potencial por aprovechamiento de los efectos de la brisa marina en los sectores
- Publicación de un artículo en revistas nacionales
- Publicación de 2 de artículos en revistas indizadas

Línea Transversal Gestión de Infraestructura

- Se ha solicitado la adquisición de la gran mayoría de los equipos solicitados al fondo. Algunos se han entregado ya, principalmente los equipos de cómputo de alto, medio y bajo rendimiento.
- Los equipos especializados se encuentran, la mayoría en fabricación o en proceso de entrega a las instituciones participantes del CEMIE-O



Figura 4. Equipos emblemáticos adquiridos por CEMIE-Océano, Etapa 01

Línea Transversal Tecnologías y estrategias de interconexión eléctrica de energías del océano para el mar territorial mexicano

- Tres reportes bimestrales, en ellos se documentan las diversas actividades realizadas para la gestión de la línea de investigación, destacan dos reuniones de todo el grupo en donde se establecieron los mecanismos de colaboración hacia dentro del grupo y con el resto de las líneas de investigación del CEMIE-Océano

Línea Transversal Modelación Física y Numérica

- Foro de discusión en modelado numérico
- Estructura del foro de discusión, en conjunto con línea Difusión, Divulgación y Prensa.
- Modelado de la variación espaciotemporal del recurso por oleaje
- El documento se entregó y se encuentra en el repositorio electrónico del CEMIE-O
- Se ha iniciado con las pruebas de modelado de algunos dispositivos con OpenFoam y con Flow-3D, sin todavía resultados significativos.

OPORTUNIDADES

En los siguientes apartados se presenta, por línea y de manera resumida, las principales aportaciones y por lo tanto oportunidades que se desarrollarán en los próximos años a partir del trabajo en equipo de las personas e instituciones que conforman el CEMIE-Océano

Línea estratégica de Oleaje

- Identificar las costas mexicanas con mayor potencial energético, caracterizando su distribución espectral, utilizando simulaciones numéricas como observaciones para diseñar e implementar dispositivos adecuados de generación de energía.
- Caracterizar el clima de oleaje generado por ciclones tropicales en mares mexicanos (Océano Pacífico, Golfo de México y el Mar Caribe), así como establecer tendencias ante distintos escenarios de cambio climático. Con este trabajo, se podrá determinar el riesgo que existe para distintos dispositivos que puedan ser implementados en el futuro para la extracción de energías renovables y no renovables en estas zonas.
- Determinar parámetros de diseño de estructuras y dispositivos con base al clima actual y con base a los escenarios de cambio climático.
- Fortalecer a las Instituciones de Educación Superior (IES) del sur de Tamaulipas, Veracruz y Yucatán que ofrecen carreras relacionadas con las Energías Renovables a través de la impartición de un curso de capacitación intensivo y especializado dirigido al entrenamiento de las técnicas del trabajo de campo, al procesamiento de datos de oleaje y la conversión de energía de las olas.

Línea estratégica Corrientes y Mareas

- Elaborar un atlas nacional del potencial energético de los mares mexicanos, para ser utilizado como una base a proyectos de producción de energía renovable que involucren a las corrientes y mareas.
- A partir de climatologías globales, realizar corridas con modelos numéricos regionales en toda la costa mexicana para la evaluación del potencial energético en costas y algunas lagunas de interés.
- Realizar un estudio socio- económico- ambiental en las regiones con mayor potencial energético, para la determinación de la factibilidad del uso de tecnologías renovables.
- Caracterizar el potencial de generación de energía mareomotriz e hidro- cinética basada en condiciones actuales que cubra la duración del ciclo de vida del proyecto, en zonas de alto potencial del Golfo de California, y cuantificar la incertidumbre anual sobre el recurso energético.
- Caracterizar el posible aprovechamiento del recurso energético, incluyendo las restricciones espaciales debidas a la batimetría, la granulometría, y los diferentes usos del espacio marino.
- Comparar y contrastar la capacidad de extracción de recursos y los impactos hidro- sedimentarios de diferentes tecnologías, tanto de embalse como puntuales.
- Hacer, a través de simulaciones numéricas bajo condiciones de tormenta, una estimación de la razón de incremento del mar durante eventos extremos (tormentas tropicales), y evaluar de este modo el impacto de estos eventos sobre el aprovechamiento energético.
- Con base en estos resultados fabricar y probar en laboratorio nuevos modelos físicos de 500 watts de potencia, con la finalidad de conocer la eficiencia de los dispositivos, relacionando la potencia entregada del dispositivo y la potencia teórica del fluido.
- Evaluar el funcionamiento y estabilidad de los hidrogeneradores ante condiciones reales (en campo), relacionando el desempeño del sistema con el clima de oleaje y corrientes. Para esto se instrumentarán los dispositivos para monitorear su desempeño en tiempo real y a la par monitorear el ambiente marino.
- Probar distintos materiales y recubrimientos para proteger al hidrogenerador de la corrosión del ambiente marino y poder evaluar los costos de mantenimiento y la durabilidad del sistema.

Línea estratégica Gradiente Térmico

- Atlas de potencial energético del océano en México: gradiente térmico.
- Estudios de viabilidad: Distancia a las costas, eventos meteorológicos extremos, distancia a centros de consumo, etc.
- Monitoreo del gradiente térmico en el sitio más adecuado con cadenas de termistores.
- Monitoreo ambiental del sitio que cuente con las mejores características para la extracción de energía.
- Capturar la información en una base de datos que proporcione las características térmicas de los sitios estudiados e integrarla con las demás variables en el proyecto del Atlas que cumpla con los lineamientos de proyectos afines.
- Identificación de los sitios con potencial para la generación de energía a partir del gradiente de temperatura
 - oceánico.
- Caracterización hidrológica del ambiente marino y costero, paisajes y poblaciones del Golfo de México y del Mar Caribe Mexicano.
- Evaluación de la eficiencia, impactos técnico- ambientales y socio- económicos originados por la explotación de los gradientes térmicos en el Golfo de México, Pacífico y Mar Caribe Mexicano.
- Formación de un grupo de trabajo en torno a la Energía Térmica Marítima.
- Investigación de una planta OTEC a nivel laboratorio con fines de aprendizaje.

Línea estratégica Gradiente Salino

- Obtener las variables recopiladas y generadas por las distintas componentes de esta línea estratégica e integrarlas en una base de datos global que incluya los sitios costeros y los marinos tanto del Pacífico como del Golfo y Caribe.
- Identificar los sitios con posible potencial para la generación de energía eléctrica a partir de gradientes de temperatura y de gradientes de salinidad.
- Determinar y analizar los cambios temporales y espaciales de la temperatura y salinidad de los sitios seleccionados
- Determinar el potencial energético a partir de los gradientes para cada sitio y su variación temporal a partir de los resultados de la línea estratégica LE- GTH- 002.
- Capturar la información en una base de datos que proporcione las características termohalinas de los sitios estudiados e integrarla con las demás variables en el proyecto del Atlas
- Utilizar los Sistemas de Información Geográfica en conjunto con imágenes satelitales como herramienta para establecer e integrar, en un contexto espacialmente explícito la información generada y recopilada.
- Adquirir los conocimientos del estado del arte en tecnologías existentes para aprovechar los gradientes salinos para
 - obtener energía eléctrica.
- Innovar para adaptar las tecnologías existentes a las capacidades y realidades del recurso de gradientes salinos nacional.
- Explorar en laboratorio diferentes materiales y técnicas para optimizar el proceso de osmosis a través de membranas para generar flujos que permitan la obtención de energía eléctrica.
- Realizar experimentos con materiales, técnicas, tratamientos previos y otros procesos para analizar las maneras en que se produce energía eléctrica a partir de masas de agua con diferente salinidad y cuantificar y registrar los resultados.
- Diseñar un prototipo que extraiga la energía térmica marítima.
- Optimizar la extracción de energía térmica mediante el avance tecnológico y científico que se desarrolle en este proyecto.

Línea Transversal Unidad de Negocios

- Integrar, probar y documentar paquetes tecnológicos (PTec), incluyendo la caracterización de PPS y sus dimensiones tecnológicas, la de los procesos de elaboración, la especificación de los equipos para producción y las operaciones para el buen funcionamiento, de tecnologías desarrolladas a partir de los resultados de las líneas estratégicas.

- Transferir los 8 PPS y sus PTec para investigación y explotación de Energía Oceánica, incluyendo la desagregación, asimilación y capacitación para la explotación de los desarrollos logrados por el CEMIE Océano en las líneas ; Realizar los estudios correspondientes de Valoración de la Tecnología, Posicionamiento Tecnológico, Mercado y de Impacto Socio Económico de los PPS; Además realizar las negociaciones y elaborar los Contratos y Convenios de Transferencia Tecnológica, todos con Empresas y otras Entidades para los resultados contemplados en las líneas estratégicas.
- Integrar el Grupo Consultor Industrial, Empresarial y de Expertos (GC IEEEx)
- Apoyo al CEMIE – Océano con servicios especializados en temas de transferencia tecnológica y de Propiedad Intelectual
- Apoyo al CEMIE – Océano en la creación de su Oficina de Transferencia de Tecnología, basado en una metodología de desarrollo de especialistas a través de la impartición de un Diplomado en Estrategias de Diseño, Creación y Operación de Oficinas de Transferencia de Tecnología.
- Elaborar estrategias de Protección intelectual.
- Redactar solicitudes y gestionar los títulos y registros de Protección Intelectual.
- Realizar cursos de Innovación tecnológica, en 4 en 4 años abarcando aspectos de: Integración de PT; transferencia de tecnología de PPS; planes de negocios para EBT; generación, aceleración y operación de EBTs, Propiedad Industrial para las entidades participantes.
- Realizar 4 talleres en 4 años abarcando aspectos de Emprendedores de EBT: generación, aceleración y operación de EBTs.
- Realizar 4 talleres en 4 años abarcando aspectos de Propiedad Industrial: Patentes, Marcas y Derechos de Autor.
- Documentar el procedimiento de actualización bibliográfica y documentos de apoyo, directorio de expositores y, organización de cursos y talleres.
- Elaborar documentos sobre generación y operación de EBT para el aprovechamiento de la Energética Oceánica.
- Realizar el estudio de alternativas de la conformación jurídica del CEMIE- Océano.

Línea Transversal Gestión de Infraestructura

- Integrar la base de datos (inventario) del equipo a disposición (adquirido con recursos del CEMIE- Océano y del existente en las Instituciones participantes) de los Grupos Estratégicos y de Operación Temática del CEMIE- Océano.
- Integrar informes del equipo institucional a disposición de los Grupos Estratégicos y de Operación Temática del CEMIE Océano en 4 años.
- Integrar informes del equipo financiado por el CEMIE Océano en 4 años a los Grupos Estratégicos y de Operación Temática.
- Realizar talleres de Acreditación para Aseguramiento de la Calidad los laboratorios donde los Grupos Estratégicos y los Equipos de Operación Temática del CEMIE Océano desarrollarán los PPS y sus PTec.
- Certificación de los laboratorios donde los Grupos Estratégicos y los Equipos de Operación Temática del CEMIE Océano desarrollarán los PPS y sus PTec.

Línea Transversal Integración a la red eléctrica y manejo de recursos energéticos

- Conformación de un grupo interdisciplinario de investigadores nacionales y colaboradores extranjeros, el cual estudiará y evaluará la gama disponible de tecnologías para la colección, almacenamiento y entrega de las energías del océano.
- Desarrollar perfiles posibles de producción eléctrica del mar y evaluar la aplicabilidad de los métodos de estudio de integración a la red. El grupo interdisciplinario considerará temas regulatorios que pueden influir en la selección de tecnologías o la implantación de sistemas que afecte el desarrollo de sistemas colectores de energías marinas en aguas territoriales.
- El grupo proporcionará datos de viabilidad técnica y económica necesarios para producir una ruta tecnológica de la incorporación de las energías del océano a la red eléctrica nacional, que a su vez ayudará al esfuerzo nacional para lograr una mayor penetración de las energías renovables y posesionar

a México en el panorama mundial de esta área. Integrar la base de datos (inventario) del equipo a disposición (adquirido con recursos del CEMIE- Océano y del existente en las Instituciones participantes) de los Grupos Estratégicos y de Operación Temática del CEMIE- Océano.

Línea Transversal Materiales, subsistemas y componentes

- Innovación de nuevos recubrimientos cerámicos y/o poliméricos capaces de brindar protección anticorrosiva a componentes y subsistemas. El propósito en este paquete es el de desarrollar una nueva gama de materiales capaces de brindar propiedades anticorrosivas, antivegetativas y de resistencia mecánica a diferentes tipos de componentes metálicos, reduciendo o evitando la necesidad de darles servicio por periodos de más de 10 años. Se espera que la aplicación de estos recubrimientos permita hacer uso de aceros u aleaciones de bajo costo y mejor maleabilidad lo cual facilite la fabricación de nuevos sistemas y componentes.
- Desarrollo de componentes y subsistemas inherentemente resistentes a daños mecánicos y corrosivos en ambientes marinos. La principal tarea de este paquete de trabajo es el desarrollo de componentes y subsistemas innovadores a base de materiales inherentemente resistentes a la corrosión y con buenas propiedades mecánicas que disminuyan los altos costos actuales de reparación, servicio o reemplazo de piezas en sistemas en el mar. Para ello, se plantea como objetivo que cada componente o sistema tenga una vida útil de 20 años, sin la necesidad de servicios mayores.
- Desarrollo de nuevos prototipos, equipos y sistemas para generación de energía del océano. En este apartado se busca innovar en el desarrollo de nuevos sistemas o componentes para generación de energía del océano. En esta sección se integran sistemas en etapas tempranas de investigación que permitan evaluar su factibilidad y acoplamiento a generadores de energía del océano. La integración de los resultados en los paquetes de trabajo en los incisos anteriores es fundamental para el desarrollo de las tareas de este paquete de trabajo. Conformación de un grupo interdisciplinario de investigadores nacionales y colaboradores extranjeros, el cual estudiará y evaluará la gama disponible de tecnologías para la colección, almacenamiento y entrega de las energías

Línea Transversal Ecología e Integración con el Medio Ambiente

- Obtener una visión a nivel regional de la diversidad, distribución y abundancia de ecosistemas y especies clave característicos de las zonas costeras, recopilando y resumiendo la información existente.
- Caracterizar los elementos más relevantes para el funcionamiento de ecosistemas focales.
- Realizar una evaluación que permita establecer índices de afectación ecológica de tecnologías de aprovechamiento energético para la determinación relativa de la huella ecológica marina y en ecosistemas costeros.
- Elaborar un diagnóstico ecológico que se combinará con el diagnóstico energético para determinar, con colaboradores de otras disciplinas (ingenieros, hidrólogos, meteorólogos, geomorfólogos), la ubicación óptima para la generación de energía alternativa en la zona costera y el mar.
- Elaborar recomendaciones y medidas para mitigar el efecto potencial de las instalaciones generadoras de energía oceánica, en relación con el funcionamiento e integridad de los ecosistemas costeros.
- Monitorear los efectos de la instalación y puesta en marcha de prototipos de generación de energía oceánica en el funcionamiento e integridad de los ecosistemas focales.
- Emitir recomendaciones sobre medidas de mitigación en cuanto al efecto potencial de las instalaciones generadoras de energía sobre la distribución y abundancia de mamíferos marinos.
- Desarrollar y gestionar una base de datos de ciclo de vida para las tecnologías de generación y almacenamiento de energía del océano, a partir de la integración de los datos existentes y de información generada en nuevas investigaciones desarrolladas como parte del CEMIE Océano.
- Seleccionar y evaluar, desde el punto de vista ingeniero- geológico, geomorfológico y ecosistémico, sitios potencialmente idóneos para el emplazamiento de plantas energéticas de diferente tipo.
- Identificar localidades con características geológicas resistentes y estables para la instalación de las estructuras de los prototipos de generación de energía sostenible propuestos.
- Realizar el levantamiento geomorfológico, a escala detallada, mayor a 1:20 000 y revelar los procesos geomórficos activos y estimar sus tendencias dinámicas.

- Levantar perfiles topográficos y morfológico- estructurales de las playas aledañas a los sitios para los emplazamientos.
- Analizar las tendencias morfodinámicas de las playas circundantes antes de las fabricaciones de los prototipos y pronosticar sus cambios a futuro.
- Desarrollar el análisis espacial de los factores abióticos (geología y relieve) y bióticos (cobertura vegetal costera) involucrados, con vistas a seleccionar los sitios idóneos para el emplazamiento industrial.
- Presentar la cartografía detallada de los sitios para los emplazamientos, en interacción sostenible con el medio ambiente.
- Evaluación de impactos potenciales de las plantas energéticas a los ecosistemas.
- Modelar el nicho ecológico y distribución potencial de especies de flora presente en los diferentes ecosistemas costeros.
- Identificar las áreas más biodiversas de vegetación costera para planear la instalación de plantas generadoras de energía marina en sitios con menor riesgo de efectos sobre la biodiversidad.
- Generar un índice de vulnerabilidad ante el cambio climático en las zonas costeras del país.
- Identificar el nivel de vulnerabilidad, exposición y peligro ante el cambio climático en el que se encuentran las especies de flora costeras del país.

Línea Transversal Modelación Física y Numérica

- Análisis de la interacción de dispositivos de conversión de energía marina a pequeña escala. Pretende el aprovechamiento de la infraestructura existente dentro de los miembros del consorcio (e.g. canales de oleaje) para la prueba en pequeña escala de dispositivos de conversión de energía marina y para su posterior implementación en sitios de pruebas bajo condiciones reales. La interacción con la modelación numérica será indispensable para la disminución de los costos de pruebas y para la complementación de resultados.
- Adecuación de la infraestructura sitios de prueba y experimentales. Incluye el equipamiento e instrumentación adecuados para el análisis de los dispositivos con condiciones marinas reales. se pretende la determinación de cuerpos de agua semi- cerrados o sitios de experimentación para la realización pruebas de dispositivos.
- Fabricación de un prototipo de generación (tanque de oleaje) y sistema de propagación de oleaje tridimensional. Los objetivos de este paquete de trabajo son las de Crear un prototipo experimental que cumpla con los más altos estándares a nivel internacional para la generación de oleaje espectral- direccional en el que se puedan hacer pruebas de dispositivos para el aprovechamiento de la energía marina en escalas reducidas (1:20- 1:30). Las dimensiones de esta instalación permitirán probar, además de dispositivos aislados, grupos de dispositivos a fin de verificar su adecuando funcionamiento, distancias de colocación, interacción entre dispositivos y flujos, sistemas de anclaje y alteración a los patrones de flujo en sus inmediaciones. Obtener una visión a nivel regional de la diversidad, distribución y abundancia de ecosistemas y especies clave característicos de las zonas costeras, recopilando y resumiendo la información existente.
- Capacitación de estudiantes, profesionales y miembros del consorcio en el uso e interpretación de los resultados de los diversos modelos numéricos y físicos, así como técnicas de modelado, medición, instrumentación, calibración, validación y análisis de los resultados que se podrán ser utilizados en los proyectos que así lo tengan contemplado.
- Desarrollo de tutoriales basados en las secuencias de modelaciones desarrolladas.
- Caracterización de la fuente (viento, oleaje, marea, corrientes, distribución de salinidad y temperatura).
- Evaluación de la interacción del dispositivo o grupo de dispositivos con el medio (reflexión, transmisión, alteración de patrones, fuerzas inducidas, flujos, vorticidad)
- Determinación de los efectos en la costa (protección, erosión, reducción del riesgo).
- Dentro del modelado físico se cubrirán los temas de:
 - Técnicas de medición en laboratorio y en campo.
 - Análisis, interpretación básica de resultados.
 - Diseño de experimentos y pruebas.

Línea Transversal Formación de Recursos Humanos y Colaboración Internacional

- Generar alianzas, vinculaciones y convenios de colaboración entre distintos participantes que permitan el crecimiento mutuo de las partes asociadas en términos tanto financieros como científico-tecnológicos y/o de fortalecimiento de la formación de recursos humanos.
- Impulso a la formación actualmente ofrecida en programas de licenciatura y posgrado en áreas orientadas a temas de energías del océano.
- Fortalecimiento de la formación de expertos de alto nivel de forma integral en temas afines a energías del océano o su especialización en un rubro particular (tecnológico, ambiental, de negocios, etc.).
- Capacitación de personal de empresas y de IES, CI miembros del CEMIE- Océano para un mejoramiento de los productos generados del CEMIE- Océano.
- Apoyo para la realización de prácticas profesionales, tesis, servicio social, publicación de artículos y de resultados innovadores y de valor agregado.

Línea Transversal Difusión, Divulgación y Prensa

- Establecimiento de la imagen de CEMIE- Océano (logo, slogan y colores), generación, mantenimiento y divulgación de la base de datos de participantes y trabajos, así como su difusión incluyendo además la presentación oportuna y actualizada de: información sobre el CEMIE, resultados, proyectos, bases de datos libres, reportes de acceso público, eventos, seminarios, cursos, talleres, convocatorias, etc. Para ello se dispondrá de recursos impresos y electrónicos entre los que se incluye el desarrollo de sitios web/redes sociales y promoción en espacios propios de las IES, CI y empresas participantes así como divulgación al público en general por medio de notas de prensa y folletos explicativos.
- Difusión, en página web y redes sociales de actividades en la que participan los miembros del CEMIE Océano, actividades propias del CEMIE Océano, tales como reuniones, publicaciones, seminarios y congreso.
- Publicación semestral de una revista electrónica, en la cual se detallen los avances alcanzados por los participantes de CEMIE Océano
- Diseño y publicación de trípticos y folletos con información general del CEMIE Océano
- Diseñar, editar, corregir y publicar dos libros técnicos que sintetice los trabajos realizados por los participantes del CEMIE Océano, el primero durante el segundo año, el segundo en el último en el cuarto año del CEMIE Océano.
- Diseñar, editar, corregir y publicar manuales técnicos enfocados a proyectos transversales del CEMIE Océano, esta bibliografía se editará tanto física como electrónicamente.
- Editar un libro internacional
- Realizar, durante el cuarto año del proyecto, un congreso en México en el cual los participantes del CEMIE- Océano, divulguen, ante público general y especializado, los resultados adquiridos durante 3 años y medio, igualmente que sirva para discutir, con expertos nacionales e internacionales los avances en el conocimiento adquiridos.
- Realizar una sesión exclusiva en un congreso nacional (Hidráulica, AMIP o Unión Geofísica Mexicana entre otros) para difusión y discusión de resultados con la comunidad científica nacional.

CONCLUSIONES

El proyecto CEMIE-Océano, actualmente en su segunda etapa semestral, tuvo una excelente evaluación de su primera etapa por parte de los árbitros nacionales e internacionales, esto confirma que la planeación realizada para el inicio del proyecto, el grupo humano e institucional que conforma el centro y los objetivos de cada una de sus líneas son los adecuados para lograr cumplir la visión general del centro, ser el núcleo multidisciplinario proveedor de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación, dirigidos a la extracción de las diversas formas de energía del océano, su conversión y distribución más importante de Latinoamérica. Reunir las capacidades de la academia e industria para: el impulso del desarrollo económico nacional basado en energías limpias, la reducción

de la dependencia energética de combustibles fósiles, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y el fomento de un crecimiento sustentable que garantice la seguridad energética.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por el apoyo financiero otorgado al proyecto del CEMIE-Océano 249795: Línea Transversal D-LT1 Identidad del centro, creación y divulgación de bases de datos de participantes y trabajos y difusión y divulgación en medios impresos, electrónicos y redes sociales de actividades del CEMIE- Océano. Se agradece la colaboración de las Ing. Adriana Dzib Mendicuti y Rosa Torres Celbán y la Lic Lucía Cu Chin por la recopilación de información

BIBLIOGRAFÍA

Alatorre, Miguel, 2017, Informe Línea estratégica Gradiente Térmico, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Ángeles, Cesar, 2017, Informe Línea Transversal Integración a la Red Eléctrica, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Cadena, Gustavo, 2017, Informe Línea Transversal Unidad de Negocios, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Enríquez, Cecilia, 2017, Informe Línea estratégica Gradiente Salino, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Mariño Tapia, Ismael, 2017, Informe Línea estratégica Corrientes y Mareas, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Martínez, María Luisa, 2017, Informe Línea Transversal Ecología, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Mendoza Baldwin, Edgar G., 2017, Informe Línea Transversal Simulación Física y Numérica, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Ocampo, Francisco, 2017, Informe Línea estratégica Oleaje, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Posada Vanegas, Gregorio, 2017, Informe Línea Transversal Difusión, Divulgación y Prensa, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Silva Casarín, R., 2017, Informe General Etapa 01, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.

Silva Casarín, R, 2014, Proyecto CEMIE-Océano.

Silva Casarín, Rodolfo, 2017, Informe Línea Transversal Formación de Recursos Humanos, Proyecto CEMIE-Océano, CONACyT-SENER.