Resumen

El Sistema Arrecifal Artificial Mexicano actualmente está conformado por tres pecios ubicados en las costas de El Faro de Bucerías (barco japones), Caleta de Campos (buque Quetzalcóatl) y del puerto de Lázaro Cárdenas (Micoacán I), además de una serie de estructuras artificiales hundidas en diversos puntos de la costa adyacente al municipio de Lázaro Cárdenas.

El Sistema Arrecifal Artificial Michoacano (SAAM) es un proyecto de conservación marina diseñado para fomentar la biodiversidad y mejorar la sostenibilidad de los ecosistemas costeros en Michoacán. Este sistema proporciona hábitats artificiales que promueven la colonización de diversas especies marinas, incluyendo aquellas de interés comercial y ecológico. Además, el SAAM busca mitigar los efectos negativos de las actividades humanas, como la pesca excesiva y el turismo, mediante la creación de áreas protegidas que contribuyen a la regeneración de las poblaciones marinas y la preservación del equilibrio ecológico en la región.

Ventajas del Hundimiento de un Buque como Arrecife Artificial:

1. **Creación de Hábitats Marinos:**

Provisión de Refugios: La estructura del buque ofrece numerosos refugios y superficies para la colonización de corales, algas y otros organismos marinos, proporcionando nuevos hábitats esenciales para diversas especies.

Aumento de la Biodiversidad: La presencia de un arrecife artificial fomenta la biodiversidad al atraer a una variedad de especies, incluyendo peces, invertebrados y otras formas de vida marina que encuentran en él un lugar para vivir, alimentarse y reproducirse.

Como meta primordial del proyecto se espera el incremento en la cantidad de biomasa de hasta un 200% en el primer año, lo cual nos obliga a realizar una explotación sustentable del arrecife.

2. **Conservación y Protección de Ecosistemas Naturales:**

Desvío de Presiones Antropogénicas: Al establecer un arrecife artificial, se puede reducir la presión sobre los arrecifes naturales, permitiendo su recuperación y conservación.

Mitigación de Impactos Negativos: El arrecife artificial puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la pesca excesiva y otras actividades humanas, proporcionando una alternativa para los pescadores y contribuyendo a la recuperación de las poblaciones marinas.

Es importante señalar que dicho incremento es posible porque se convierte en un área de refugio de especies migratorias de importancia comercial como el guachinango, el jurel, la langosta, el lenguado, la sierra y el tiburón, así como áreas de desove y crianza de algunas especies como pargo, guachinango, medregal, lora, sierra, jurel, cocinero, ojoton, sardina, langosta, pulpo, caracol y ostión.

3. **Impulso a la Economía Local:**

Desarrollo del Ecoturismo: Los arrecifes artificiales atraen a buceadores y turistas, lo que puede generar ingresos significativos para las comunidades locales a través del ecoturismo y las actividades recreativas relacionadas con el buceo.

Sostenibilidad Pesquera: Al fomentar la presencia de especies comerciales, los arrecifes artificiales pueden contribuir a la sostenibilidad de las pesquerías locales, mejorando las capturas y apoyando la economía pesquera.

Lo anterior de lograrse nos permitirá el poder contar con un incremento de la biomasa de hasta un 500% en el quinto año de haber sido instalado el arrecife.

4. Educación e Investigación Científica:

Plataforma para Estudios: Los arrecifes artificiales sirven como plataformas ideales para la investigación científica y la educación ambiental, ofreciendo oportunidades para estudiar la dinámica de los ecosistemas marinos y los efectos del cambio climático.

Sensibilización Pública: Pueden ser utilizados como herramientas para sensibilizar al público sobre la importancia de la conservación marina y los beneficios de los arrecifes para la salud del océano.

El **proyecto** consiste en la creación de un arrecife artificia l mediante el hundimientos de los cascos de las ex dragas Laguna Farallón y Bahía Magdalena, a una profundidad de **20** m, ya una distancia de **800 m** de la franja costera, ocupando de una superficie total de **1,255.88** m^2 en las coordenadas:

No	Latitud	Longitud	Profundidad
1	17°58'0.83"N	102°19'42.19"O	19.8
2	17°58'45.19"N	102°22'42.50"O	20

La ejecución de las principales actividades y gestiones del proyecto requerirá de una inversión total de $ 4,849,748.00MXN (Cuatro millones ochocientos cuarenta y nueve mil setecientos cuarenta y ocho pesos 00/100 m.n.).

El hundimiento de los cascos de las ex dragas se llevará a cabo mediante la instalación y activación remota de las cargas de corte lineal y se instalará una barrera antidispersión de contaminantes tipo TROILBOOM GP 750 a base de flotadores sólidos.

Además del cumplimiento de las disposiciones en materia de impacto ambiental y de residuos contenidas en las leyes generales del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como de la observancia de las normas oficiales mexicanas aplicabless, el hundimiento de los cascos de las ex dragas en la costa frente a la localidad de Playa Azul incide directamente con el cumplimiento del principio de conservación de arrecifes y zonas costeras a través de la inducción del desarrollo y crecimiento arrecifal con especies marinas, así como de los objetivos de la de la política nacional de adaptación (fortalecimiento de la resistencia y resiliencia de playas, costas, zona federal marítima terrestre, humedales, manglares, arrecifes y ecosistemas marinos) y mitigación (captura de carbono) al frente al cambio climático indicados en la Ley General de Cambio Climático.

Asimismo, con la ejecución del proyecto SAAM, el gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo coadyuva con la Marina Armada de México en la observancia de los criterios de economía circular bajo los siguientes enfoques:

I. La inducción de generación y desarrollo de arrecifes mediante el hundimiento de los cascos de las ex dragas cual tiene un carácter regenerativo, con lo que se fomentará e impulsará actividades turísticas y de pesca y permite a los materiales que los conforman trascender en el tiempo y ser vigentes y útiles el mayor tiempo posible.
1. El empleo de los cascos de las ex dragas como sustrato para el desarrollo de especies marinas asociadas a arrecifes, extiende la vida útil de las obras navales, potenciando su valor económico.

2. El aprovechamiento circular de las ex dragas evita la generación de "chatarra" y de sus impactos ambientales.
3. La extracción de la maquinaria y arboladuras de las ex dragas y su empleo para la generación de materia prima secundaria (hierro fundido) para diferentes usos en la industrial metal mecánica y el uso de los cascos para la inducción de arrecifes promueven la gestión circular y la creación de cadenas de valor.
4. El aprovechamiento circular de la maquinaria y arboladuras de las ex dragas en la industrial metal mecánica y el uso de los cascos para la inducción de la formación de arrecifes artificiales. Por lo que toca a los cascos de las ex dragas, su vida útil como sustrato para el desarrollo del sistema arrecifal puede durar décadas, incluso siglos
5. Sustentabilidad: El SAAM contribuirá a la regeneración de los sistemas naturales (arrecife y ecosistemas litorales) e incrementar el bienestar de las personas mediante la satisfacción de sus necesidades (turismo, pesca), sin comprometer las de las generaciones futuras.

La delimitación de la RE coincide con el borde norte de la RMP 30 y los límites oriental (delta del Balsas) y occidental (Mexiquillo) hasta su intersección con la proyección al horizonte de la isóbata de 200 m.

En la escasa bibliografía para esta zona Sánchez y Raz-Guzmán (1992) frente de la zona industrial Lázaro Cardenas reportan: macroalgas marinas (*Caleurpa sertularoides*, Ulva lactuca, *Chaetomorpha antennina*, Macroscystis pyrifera, *Pandina durvillaci, Ectocarpus breviarticulatus y Amphiroa mexicana*). Estudios en la zona de Lázaro Cárdenas reportan diatomeas del género *Chaetcoeros*, especialmente *Chaetoceros affinis*, seguidas por la *Asterionella japónica* y la diatomea *Bidulphia lorenzianus*. Indican mayor diversidad fitoplantonica durante el día, tanto en la superficie como en el fondo, que alcanza una profundidad de 10 m. La variación nictimeral, entendida como el cambio de temperatura entre el día y la noche, muestra mayor abundancia de celular fitoplantócnicas en la superficie durante el mediodía y la tarde a 10 m de profundidad durante la noche.

en la RE se tienen reportes de *Dermochelys coreacea* (Laúd), *Chelonia agassizii* (Tortuga Negra) y *Lepidochelys olivácea* (Tortuga Golfina), Cocodrilo de Río (*Crocodylus acutus*) si bien no es netamente marina la cercanía con el estero con comunicación directa al mar hace que individuos de esta especie de manera esporádica incursione en el ambiente marino y zona del proyecto. De igual manera en mayo de 2026 se registró avistamiento de Tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) cerca del Campamento Tortuguero de El Habillal y los restos del Barco Betula, en la región de Lázaro Cárdenas, al igual que *Glaucus atlanticus* asociado debido al mar de fondo. También se tienen reportes de lisa (*Mugil setosus),* pargo colorado o huachinango del pacífico (*Lutjanus peru),* Pargo lunarejo o Flamenco (*Lutjanus guttatus*) y Jurel toro (*Caranx caninus*). En la zona pero mar adentro pez dorado *(Coryphaena hippurus),* Sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*), Langosta azul o negra (Panulirus inflatus), Langosta verde o güera (Panulirus gracilis), en la zona intermareal, y en esteros, desembocaduras de río o lagunas costeras Ostión de roca (Crassostrea iridescens, o Striostrea prismática, Ostión de placer o de Cortés (Crassostrea costeziensis), en fondos fangosos o arenosos de la franja costera, esteros y desembocaduras de ríos cercanos al área de Playa Azul se tienen reportes de *Callinectes bellicosus* (jaiba café o guerrera), *Callinectes arcuatus* (jaiba azul) y *Callinectes toxotes* (jaiba negra o guacho), El pulpo verde (Octopus hubbsorum), Róbalo Prieto o Negro (*Centropomus nigrescens*), Róbalo Garabato o Blanco del Pacífico (*Centropomus viridis*), Robalito o Constantino (*Centropomus robalito*), Róbalo de Aleta Prieta u Ojón (*Centropomus medius*), Baqueta o Mero Rosado (*Hyporthodus acanthistius*), juveniles de Mero Gigante del Pacífico u Ojo de Perra (*Epinephelus quinquefasciatus*) en zonas de escolleras, bahías y cerca de las desembocaduras de los ríos o esteros fangosos, Cabrilla de Diez Espinas o Mero Negro (*Hyporthodus exsul*), especies asociadas al Huachinango Ronco Chano o de Manchas Amarillas

(*Haemulon flaviguttatum*), Ronco Almejero o Condenado (*Haemulon sexfasciatum*), asociado a la Lisa del Pacífio Haemulopsis leuciscu.

La playa denominada "Azul" ocupa la el borde distal de la planicie costera. Presenta una marcada berma de tormenta que delimita una post playa plana ocupada vestigios de mangle, selva baja su caducifolia, viviendas, palapas, pasto salado (*Sporobolus virginicus*), zacate de duna (*Distichlis spicata*) y otras gramíneas, así como cultivos (cocoteros).

La anteplaya desarrolla una pendiente suave, aproximadamente del 10%, y por debajo del nivel medio del mar se construyen valles (trough) y barras a lo largo del litoral. Mar adentro, la topografía de la plataforma continental alcanza una distancia de 22 km al poniente de la Región Ecológica definida, reduciéndose a 4.3 km al oriente, en la zona de la Fosa de Petacalco.

Como punto intermedio, el pro delta del río Balsas (delta submarino) avanza 5.3 km en el lóbulo poniente y 10.3 km en el lóbulo oriental, ambos lóbulos están separados por el cañón submarino "La Necesidad" (o Lázaro Cárdenas).

La plataforma continental presenta cierta uniformidad en su pendiente en el rango de los 100 m de profundidad. Aproximadamente a 7 km del estero de Sana Ana se observa dos depresiones semi circulares de 230 y 340 m de profundidad, que se conectan con un cañón submarino (denominado Santa Ana en este estudio) que disecta el talud continental. En contraste, en el extremo sur poniente de la RE se presentan elevaciones topográficas que alcanzan los 190 y 130 m de profundidad.

Hacia el río Balsas se levanta un conjunto de montañas de rocas mesozoicas plegadas, intrusivos cretácicos y rocas volcánicas terciarias. En la región costera, estos intrusivos son por lo general de composición granodiorítica, con variaciones a granito calcoalcalino, cuarzodiorita y, en menos cantidad diorita.

Durante el Paleógeno, se depositaron sedimentos continentales constituidos por areniscas y conglomerados. A finales de este periodo se depositó un conglomerado de origen continental que se localiza como relleno en los valles intermontanos, los cuales afloran en el territorio de Guerrero de la RE, al igual que una asociación de arenisca con conglomerado del Terciario (T(ar-cg)) constituida por material clástico con diferentes grados de redondez, alternando con horizontes arenosos. Se deduce que bajo la capa de sedimentos de la plataforma continental subyacen el conglomerado del Paleógeno y unidad de arenisca y conglomerado del Terciario, intrusionados por el granito del Terciario.

Al norte de Playa Azul se presenta un horizonte de limos y arenas con gran cantidad de conchas de organismos, la característica principal de estos depósitos es que no están consolidados ni cementados. Están sobre yaciendo a andesitas y tobas líticas del miembro La Unión y están cubiertos por aluvión.

En lo sedimentos superficiales de la plataforma continental, frente a la localidad de Playa Azul se observa una franja de arena lodosa y lodo arenoso. Tocante a la composición mineralógica de la fracción arenosa de las muestras, con base en cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca, la abundancia de cuarzo varía de 17.5% a 28.5% (Tabla 2) y se encuentra presente tanto en áreas someras como en áreas profundas.

Hidrodinámica costera

En el Puerto Lázaro Cárdenas los vientos dominantes provienen principalmente del norte, noreste y noroeste, con velocidades máximas de 4 a 9 m/seg. Este flujo se origina sobre el

continente y fluye, de manera confinada, por el abra de El Infiernillo, que corta la barrera orográfica de la Sierra Madre del Sur. Este régimen imposibilita correlacionar los vientos con la dirección del oleaje, aunque los flujos provenientes del noroeste influyen en la dinámica litoral del sector deltaico occidental, orientado en esa misma dirección.

En primavera el oleaje reinante proviene del oeste (56.06%); en verano, del sur y oeste; y en otoño e invierno, del oeste-suroeste (12.14%), sur y sureste. La frecuencia del oleaje proveniente del oeste y suroeste en conjunto es de 68.20%. La localización abierta de la franja litoral frente al océano Pacífico está expuesta a la influencia dominante del oleaje distante, aquel que se genera a 5 000 km o más de distancia, con un régimen anual de procedencia oeste. Este régimen de oleaje induce la conformación de un ciclo de playa, donde se intercalan los procesos acrecionales y erosivos en un periodo anual.

Las alturas significantes muestran los comportamientos siguientes: la de mayor altura (1.60 m) se observa en los oleajes provenientes del oeste, siguiéndole en magnitud la altura de las olas del sureste (1.50 m), las del sur (0.8 m) y suroeste (0.8 m). En relación con las olas distantes, se observa que las de mayor altura provienen del sur (2.60 m) y las de menor elevación del sureste (1.60 m).

Las mareas tienen una gran importancia hidrodinámica dentro de la RE, puesto que ocasionan corrientes de flujos y reflujos en la zona estuarina, que junto con las corrientes que corren a través de los cañones submarinos (especialmente el de La Necesidad), aumentan la influencia de las ondas mareales durante el flujo y disminuyen la velocidad de las corrientes marinas por efectos de la fricción. Durante el reflujo, el cañón de La Necesidad disminuye su volumen ocasionando un efecto de succión sobre las aguas costeras, alterando la dirección de las corrientes e incrementando su velocidad (PROFEPA-SISSA 1994).

El tipo de marea que se presenta es de tipo semidiurna o sea una baja mar y dos pleamares alternadas en un día, con una pleamar máxima de 0.992 m y una bajamar mínima registrada de -0.724, con un rango de marea de 0.534 m, que equivale a la más baja de la costa del Pacífico mexicano.

La dirección de la corriente pro riberal observada en campo es W-E y la carga de sedimentos transportada calculada es de 264.59 kg/s.

La dirección y velocidad de la corriente marina fue hacia el sureste (alejándose de la costa) y con magnitudes dentro de un intervalo de 15.43 cm-1 (0.30 nudos) y 41.15 cm-1 (0.80 nudos), con una velocidad promedio de 28.29 cm-1 (0.55 nudos).

La capa de mezcla fue de alrededor de 18 m en aguas costeras y de 13 m en aguas alejadas de la costa. La temperatura superficial fue de 25°C y disminuyó rápidamente hacia el fondo marino.

A 1.5 mn de la costa se detectó la influencia de aguas continentales al encontrar la salinidad menor en la costa. La mayor inestabilidad se registró en los primeros 14 m de profundidad en la columna de agua. Los picos de mayor concentración del oxígeno disuelto se dieron entre 5 y 10 m; decayendo rápidamente a valores de 1.2 mg/L entre 12 y 18 m; por debajo de los 40 m este elemento biolimitante mostró concentraciones menores de 0.40 mg/L.

Valores mayores de fluorescencia se encontraron a 10 m de profundidad, a partir de los 15 m se detectaron concentraciones menores de 2.0 mgm-3. Los nutrientes (nitratos, nitritos, amonio y ortofosfatos) mostraron concentraciones mayores en aguas cercanas a la costa que alejada de ella.

No se encontraron organismos bentónicos en inmediaciones del área de hundimiento.

Derivado del análisis de identificación de impactos, se identificaron un total de 110, de los 252 posibles, 40 como adversos (-) y 70 como benéficos (+).

Los impactos adversos (-) se producirán en mayor cantidad sobre los componentes ambientales Atmosfera y Agua. Y en menor medida en el Sustrato Marino, Ambiente costero, Flora y Fauna.

Los impactos beneficios (+), se producirán principalmente sobre los componentes ambientales Social y Económico, y en menor medida en el Paisaje, Flora y Fauna.

Una vez implementada la metodología de evaluación de impactos, se determinó que el 64% de los impactos son Beneficios (+), mientras que el 18% son Adversos (-) Moderados, el 16% son Adversos (-) Compatibles, el 2% son Adversos (-) Severos, y el 0% Adversos (-) Críticos.

Los impactos positivos identificados se concentran principalmente en los componentes Social y Económico, los cuales garantizan a largo plazo el beneficio de la implementación del proyecto.

El programa de vigilancia ambiental tendrá como propósito vigilar el correcto cumplimiento de las medidas propuestas, para cada una de las acciones a realizar durante el proyecto y posterior.

Para ello se consideró un supervisor ambiental durante todo el proceso del proyecto.

Este programa tiene como objetivo asegurar que las medidas de mitigación y prevención sean efectivas, garantizar la sostenibilidad del proyecto y minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades locales.

Objetivos específicos.

1. Garantizar la Implementación Efectiva de las Medidas de Mitigación y Prevención: Asegurar que todas las medidas diseñadas para prevenir y mitigar los impactos ambientales se implementen correctamente durante todas las fases del proyecto, desde la preparación hasta el mantenimiento.

2. Monitorear la Calidad Ambiental: Evaluar continuamente la calidad del agua, los sedimentos y otros parámetros ambientales para detectar cualquier cambio que pudiera indicar una contaminación o alteración adversa debido al proyecto.

3. Evaluar el Impacto en la Biodiversidad: Realizar un seguimiento de la biodiversidad marina, particularmente en relación con la colonización del arrecife artificial, para identificar beneficios o impactos negativos en las comunidades biológicas.

4. Proteger y Conservar el Ecosistema Marino: Asegurar la protección del ecosistema marino circundante, minimizando cualquier efecto negativo potencial y promoviendo la recuperación y conservación de especies marinas.

5. Facilitar la Gestión Adaptativa del Proyecto: Proveer información oportuna y relevante que permita realizar ajustes en las actividades del proyecto en respuesta a los resultados de monitoreo y las condiciones cambiantes del ambiente marino.

6. Promover la Transparencia y la Participación Comunitaria: Mantener informadas a las partes interesadas y al público en general, fomentando una comunicación abierta y la participación de la comunidad en la conservación y gestión del arrecife artificial.

7. Desarrollar Conocimientos Científicos: Contribuir al conocimiento científico sobre la efectividad de los arrecifes artificiales y sus impactos en el medio ambiente, mediante la recopilación y análisis de datos ambientales y biológicos.

Monitoreo ambiental

1. Monitoreo de Calidad del Agua

Antes del Hundimiento: Evaluación de la calidad del agua para establecer una línea base de parámetros como la concentración de metales pesados, hidrocarburos y otros contaminantes.

Durante el Hundimiento: Monitoreo continuo para detectar posibles contaminantes liberados durante el proceso de hundimiento.

Después del Hundimiento: Seguimiento a largo plazo para evaluar cualquier cambio en la calidad del agua que pueda resultar del nuevo arrecife artificial.

2. Evaluación de la Biodiversidad y Salud del Ecosistema

Estudio de Línea Base: Registro de la biodiversidad existente en la zona antes del hundimiento para tener un punto de referencia.

Monitoreo Post-hundimiento: Evaluación de la colonización del arrecife por especies marinas, incluyendo peces, invertebrados y flora bentónica. Esto incluye la identificación de especies invasoras y el seguimiento de especies clave.

3. Monitoreo de Estructura del Arrecife

Integridad Estructural: Inspecciones periódicas para verificar la estabilidad y estado físico de los ex buques y cualquier estructura adicional del arrecife.

Evaluación de la Sedimentación: Control de la acumulación de sedimentos alrededor del arrecife para asegurar que no afecte negativamente la estructura o el hábitat circundante.

4. Medidas de Contingencia y Respuesta a Emergencias

Plan de Contingencia: Procedimientos establecidos para actuar rápidamente en caso de un evento inesperado, como derrames de contaminantes o colapso de estructuras.

Entrenamiento del Personal: Capacitación continua del personal en protocolos de emergencia y manejo de incidentes.

5. Informes y Transparencia

Informes Periódicos: Generación de informes de monitoreo que incluyan los resultados de las actividades de vigilancia ambiental. Estos informes deben ser accesibles al público y a las autoridades competentes.

Participación Comunitaria: Involucramiento de la comunidad local en la vigilancia y conservación del arrecife, fomentando una gestión participativa y transparente.

6. Educación y Sensibilización

Programas Educativos: Desarrollo de actividades y materiales educativos para informar al público sobre los beneficios ambientales del arrecife artificial y las mejores prácticas de conservación.

Divulgación Científica: Publicación de los resultados de las investigaciones y estudios realizados en el arrecife, contribuyendo al conocimiento científico y técnico en la gestión de ecosistemas marinos artificiales.

7. Promoción del Turismo sustentable

Desarrollo de Actividades Turísticas: Fomentar prácticas turísticas responsables que minimicen el impacto ambiental, como la regulación del número de visitantes y la educación sobre la importancia de preservar el entorno marino.

Capacitación de Operadores Turísticos: Instrucción a guías y operadores para promover la conservación del arrecife, evitar daños físicos y sensibilizar a los turistas sobre la importancia de proteger el ecosistema marino.

6. Fomento de la Pesca sustentable

Regulación de la Actividad Pesquera: Implementación de regulaciones y restricciones en las áreas cercanas al arrecife para asegurar prácticas de pesca sostenibles y prevenir la sobreexplotación de recursos marinos.

Monitoreo de Especies Pesqueras: Seguimiento de las poblaciones de especies de interés comercial para garantizar su sostenibilidad y proteger la biodiversidad del área.

A continuación, se presenta una tabla con la descripción del monitoreo ambiental y estrategias de cumplimiento.

Tabla 4. Tabla de descripción del monitoreo ambiental y estrategias de cumplimiento.

LÍNEA ESTRATÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN	TIEMPO EN EL QUE SE INSTRUMENTARÁ O DURACIÓN	RECURSOS NECESARIOS: COSTO, EQUIPOS, OBRAS, INSTRUMENTOS, ETC.	SUPERVISIÓN Y GRADO DE CUMPLIMIENTO, EFICIENCIA Y EFICACIA
Monitoreo de Calidad del Agua	Preparación, Hundimiento, Post-hundimiento	Contaminación por metales pesados, hidrocarburos y otros contaminantes	Establecimiento de líneas base, monitoreo continuo, seguimiento post-hundimiento	Continuo durante las tres fases	Equipos de muestreo de agua, laboratorio de análisis, personal capacitado	Supervisión continua por autoridades ambientales y equipo técnico especializado
Evaluación de la Biodiversidad y Salud del Ecosistema	Preparación, Post-hundimiento	Alteraciones en la biodiversidad, invasión de especies no nativas	Monitoreo de especies, identificación de especies clave e invasoras	Continuo, con énfasis en el post-hundimiento	Herramientas de muestreo biológico, cámaras submarinas, software de análisis de datos	Evaluación periódica por biólogos marinos y ecologistas
Monitoreo de Estructura del Arrecife	Hundimiento, Post-hundimiento	Integridad estructural del arrecife, acumulación de sedimentos	Inspecciones estructurales y medición de sedimentos	Cada tres meses o según sea necesario	Equipos de buceo, ROVs, equipos de medición de sedimentos	Informes técnicos trimestrales, ajustes según sea necesario

LÍNEA ESTRATÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN	TIEMPO EN EL QUE SE INSTRUMENTARÁ O DURACIÓN	RECURSOS NECESARIOS: COSTO, EQUIPOS, OBRAS, INSTRUMENTOS, ETC.	SUPERVISIÓN Y GRADO DE CUMPLIMIENTO, EFICIENCIA Y EFICACIA
Medidas de Contingencia y Respuesta a Emergencias	Todas las fases	Derrames de contaminantes, colapso estructural	Plan de contingencia, capacitación del personal	Continuo, con entrenamientos regulares	Equipos de respuesta a emergencias, materiales de contención	Auditorías de cumplimiento, simulacros periódicos
Informes y Transparencia	Todas las fases	Comunicación con la comunidad y autoridades	Publicación de informes, participación comunitaria	Informes trimestrales y anuales	Personal de comunicación, plataformas de divulgación	Revisión por autoridades competentes y feedback de la comunidad
Educación y Sensibilización	Todas las fases	Conciencia pública sobre conservación marina	Programas educativos, divulgación científica	Durante toda la vida del proyecto	Material educativo, recursos humanos, medios de comunicación	Evaluaciones de impacto educativo, encuestas de opinión
Promoción del Turismo Sustentable	Operación y Mantenimiento	Impacto del turismo en el ecosistema	Fomento de prácticas responsables, capacitación de operadores turísticos	Continuo durante la operación del arrecife	Materiales de capacitación, guías turísticos certificados	Supervisión por entidades turísticas y ambientales, encuestas de satisfacci

LÍNEA ESTRATÉGICA	ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTO AL QUE VA DIRIGIDA LA ACCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN	TIEMPO EN EL QUE SE INSTRUMENTARÁ O DURACIÓN	RECURSOS NECESARIOS: COSTO, EQUIPOS, OBRAS, INSTRUMENTOS, ETC.	SUPERVISIÓN Y GRADO DE CUMPLIMIENTO, EFICIENCIA Y EFICACIA
						ón
Fomento de la Pesca Sustentable	Operación y Mantenimiento	Sobreexplotación de recursos pesqueros	Regulación de la pesca, monitoreo de especies pesqueras	Continuo, con revisiones periódicas	Equipos de monitoreo, colaboración con pescadores locales	Informes de captura, supervisión por autoridades pesqueras

IV.6.3. Seguimiento y control (monitoreo)

El seguimiento y control de las medidas de mitigación propuestas deben ser componentes esenciales de la gestión ambiental del proyecto. El objetivo principal es garantizar la implementación efectiva de las medidas correctivas establecidas para mitigar los impactos ambientales negativos. A continuación, se presentan mejoras y enfoques adicionales basados en la guía proporcionada:

Estrategia de Seguimiento y Control

1. Verificación del Cumplimiento de Medidas

Implementar un sistema de auditorías regulares para asegurar que todas las medidas de mitigación se estén llevando a cabo según lo planificado.

Establecer protocolos detallados para la documentación y reporte de todas las actividades de mitigación realizadas, incluyendo fechas, responsables y resultados obtenidos.

2. Propuesta de Nuevas Medidas de Mitigación

En caso de que las medidas de mitigación existentes sean insuficientes o inadecuadas, se deben proponer y evaluar nuevas medidas. Esto incluye la utilización de tecnologías emergentes y la adopción de mejores prácticas basadas en la experiencia adquirida.

Realizar evaluaciones de riesgo periódicas para identificar posibles deficiencias en las medidas de mitigación actuales y desarrollar estrategias de respuesta adecuadas.

3. Detección y Gestión de Impactos No Previstos

Establecer un sistema de alerta temprana para la detección de impactos ambientales no previstos que puedan surgir durante la ejecución del proyecto.

Adoptar medidas de mitigación adicionales o ajustar las existentes para manejar adecuadamente estos nuevos impactos, asegurando la protección del medio ambiente.

4. Retroalimentación y Ajuste del Programa de Vigilancia Ambiental

Incorporar un proceso de retroalimentación continua para mejorar la eficacia del programa de vigilancia ambiental. Esto incluye la revisión periódica de los datos recopilados y la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

Ajustar la matriz de planeación y las estrategias de mitigación basándose en los resultados obtenidos y las condiciones cambiantes del proyecto.

5. Indicadores de Eficiencia y Eficacia

Desarrollar y utilizar indicadores claros y cuantificables para evaluar el desempeño de las medidas de mitigación y control. Estos indicadores deben cubrir tanto los impactos como las medidas de mitigación, compensación o restauración.

Analizar regularmente estos indicadores para identificar tendencias, áreas de mejora y oportunidades para optimizar las acciones de mitigación.

El proyecto de creación del Sistema Arrecifal Artificial Michoacano (SAAM) a través del hundimiento de dos ex buques en Playa Azul, Michoacán, representa una iniciativa de gran relevancia ambiental y socioeconómica. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del análisis integral del proyecto:

Beneficios Ambientales: La instalación de un arrecife artificial contribuirá a la conservación de los ecosistemas marinos al desviar la presión de los arrecifes naturales, permitiendo su recuperación y conservación. Además, mitigará los efectos negativos de la pesca excesiva y otras actividades humanas, proporcionando un refugio para especies marinas de importancia comercial y ecológica.

Impulso Socioeconómico: El proyecto fomentará el ecoturismo y la pesca sustentable, generando oportunidades económicas significativas para la comunidad local. Se espera que el incremento en la biomasa y la biodiversidad atraiga a buceadores y turistas, lo cual impulsará el desarrollo económico y la creación de empleo en la región.

Mitigación de Impactos: Las medidas de mitigación y prevención establecidas, junto con el monitoreo ambiental continuo, asegurarán que los impactos negativos sean minimizados. Esto incluye la gestión adaptativa de los recursos y la vigilancia de los cambios en los ecosistemas marinos.

Educación e Investigación: El arrecife artificial servirá como una plataforma para la investigación científica y la educación ambiental, facilitando estudios sobre la dinámica de los ecosistemas marinos y los efectos del cambio climático. Además, se promoverá la sensibilización pública sobre la importancia de la conservación marina.

Consideraciones Futuros: Es fundamental mantener un enfoque de gestión adaptativa, permitiendo ajustes en las estrategias de mitigación según sea necesario. La participación de la

comunidad y las autoridades será crucial para garantizar el éxito y la sostenibilidad del proyecto.

El proyecto SAAM no solo ofrece beneficios ecológicos y económicos a largo plazo, sino que también proporciona una oportunidad para la educación y la investigación, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región y la conservación de sus recursos marinos.