

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (SAG)  
PROYECTO DE SEGURIDAD HÍDRICA EN EL CORREDOR SECO DE HONDURAS  
IDA-6680HN - P169901

# Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrológicos, Meteorológicos y Climáticos de Honduras



Centro Nacional de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos (CENAOS-COPECO)  
Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH-SERNA)

Mayo de 2024

# Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrológicos, Meteorológicos y Climáticos de Honduras





**GFDRR**  
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



Administered by  
**THE WORLD BANK**  
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

Este Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrológicos, Meteorológicos y Climáticos en Honduras fue posible gracias al apoyo financiero del Programa Japón-Banco para la integración de la gestión del riesgo de desastres en los países en desarrollo, que está financiado por el Gobierno de Japón y recibe apoyo técnico del Centro de Gestión del Riesgo de Desastres de Tokio del GFDRR del Banco Mundial.

#### **Descargo de Responsabilidad**

Este trabajo es un producto de apoyo facilitado por el personal del Banco Mundial con contribuciones externas. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en este trabajo no reflejan necesariamente las opiniones del Banco Mundial, su Junta de Directores Ejecutivos o los gobiernos que representan. El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos incluidos en este trabajo. Los límites, colores, denominaciones y otra información que se muestra en cualquier mapa de este trabajo no implican ningún juicio por parte del Banco Mundial sobre el estado legal de ningún territorio ni la aprobación o aceptación de dichos límites. Nada de lo aquí contenido constituirá ni se considerará como una limitación o renuncia a los privilegios e inmunidades del Banco Mundial, todos los cuales están específicamente reservados. El informe refleja la información disponible hasta mayo de 2024.

---

This Optimization Plan for the Modernization of Hydrological, Meteorological, and Climate Services in Honduras was made possible with the financial support from the Japan-Bank Program for Mainstreaming DRM in Developing Countries, which is financed by the Government of Japan and receives technical support from the World Bank GFDRR Tokyo Disaster Risk Management Hub."

#### **DISCLAIMER**

This work is a product of the staff of The World Bank with external contributions. The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent. The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries. Nothing herein shall constitute or be considered to be a limitation upon or waiver of the privileges and immunities of The World Bank, all of which are specifically reserved. The report reflects information available up to May 2024.

## ÍNDICE

DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	2
RESUMEN EJECUTIVO .....	3
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVOS.....	7
Componente 1: Mejora de la Provisión de Servicios .....	7
Componente 2: Modernización de la Infraestructura de Observación y Pronósticos .....	7
Componente 3: Fortalecimiento Institucional .....	7
ÁREA DE INTERVENCIÓN .....	8
PLAN DE OPTIMIZACIÓN .....	9
Implementación del Plan de Optimización .....	9
Alcance del Plan de Optimización.....	12
Componentes del Plan de Optimización.....	12
Mejora de la Provisión de Servicios.....	13
Actividad 1. Formación y capacitación del personal .....	13
Actividad 2. Desarrollo de página web interactiva.....	13
Actividad 3. Mejorar la calidad del pronóstico .....	13
Actividad 4. Caracterización de amenazas, vulnerabilidad y riesgo para ensayos de pronósticos por impacto.....	14
Modernización de la Infraestructura de Observación y Pronósticos .....	15
Actividad 5. Mejora de las redes de observación meteorológica, hidrológica y climática .....	15
Actividad 6. Calibración y mantenimiento de equipos de observación hidrometeorológicos, incluidos los radares.....	19
Actividad 7. Evaluación y mejoramiento del monitoreo de agua subterránea .....	20
Actividad 8. Evaluación y monitoreo de la calidad del agua .....	21

Actividad 9. Acceso a información satelital en tiempo real a través de la Integración de datos hidrometeorológicos y climáticos en una base de datos .....	24
Actividad 10. Mejora de la observación y monitoreo sísmico de la hidroeléctrica José Cecilio del Valle .....	25
Fortalecimiento Institucional.....	25
Actividad 11. Establecimiento de plataforma nacional para el intercambio de datos y el desarrollo de servicios hidrometeorológicos y climáticos .....	25
ELEMENTOS CLAVE PARA EL ÉXITO DEL PLAN .....	26
Indicadores de Éxito y Métricas de Evaluación .....	26
Sostenibilidad .....	26
Participación de Partes Interesadas.....	27
EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. —	Propuesta de equipo a adquirir para la mejora de los pronósticos meteorológicos. ....	14
Tabla 2. —	Propuesta de equipo para estaciones a adquirir para la cuenca del río Nacaome .....	16
Tabla 3. —	Propuesta de equipo para análisis de subsuelo. ....	20
Tabla 4. —	Propuesta de equipo para inventario de pozos en la cuenca del río Nacaome. ....	21
Tabla 5. —	Propuesta de equipo y otros para la evaluación y monitoreo de la calidad del agua.....	23
Tabla 6. —	Propuesta de equipo para manejo de MCH .....	24
Tabla 7. —	Propuesta de equipo a adquirir para la mejora del monitoreo sísmico .....	25

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Mapa de ubicación cuenca del río Nacaome.....	8
Ilustración 2.	Organigrama DGRH - SERNA .....	9
Ilustración 3.	Organigrama CENAOS - COPECO .....	11
Ilustración 4.	Áreas de acción del Plan de Optimización.....	12
Ilustración 5.	Mapa de la red de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca del río Nacaome.....	17
Ilustración 6.	Mapa de la red propuesta de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca del río Nacaome.....	18

## GLOSARIO

Término	Significado
COPECO	Secretaría de Estado en los Despachos de Riesgos y Contingencias Nacionales
SERNA	Secretaría de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente
CENAO	Centro Nacional de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos
DGRH	Dirección General de Recursos Hídricos
SAG	Secretaría de Estado en los Despachos de Agricultura y Ganadería
UAP	Unidad Administradora de Proyectos
AHAC	Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ENEE	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
UNAH	Universidad Nacional Autónoma de Honduras
SAT	Sistema de Alerta Temprana
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
MCH	Sistema de gestión de bases de datos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos
WRF	Weather Research and Forecasting (modelo de predicción meteorológica)
ICA-CWQI	Índice de Calidad de Agua - Canadian Water Quality Index
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GPRS	Servicio General de Paquetes vía Radio
RSS	Really Simple Syndication (para distribución de contenidos)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
CRRH	Comité Regional de Recursos Hidráulicos
CEPREDENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CARE	Cooperative for Assistance and Relief Everywhere
AIF	Asociación Internacional de Fomento
CESCCO	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

## DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>Nombre del proyecto:</b>	Seguridad hídrica en el corredor seco de Honduras
<b>Área de intervención:</b>	Corredor Seco
<b>Cuenca:</b>	Río Nacaome
<b>Financiamiento:</b>	Fondos de la Asociación Internacional de Fomento y contraparte nacional (Acuerdo de Financiamiento Crédito IDA- 6680 HN)
<b>Entidades ejecutoras:</b>	Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) Secretaría de Estado en los Despachos de Gestión de Riesgos y Contingencias Nacionales (COPECO) Secretaría de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)
<b>Duración</b>	5 años

## RESUMEN EJECUTIVO

El Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrológicos, meteorológicos y Climáticos de la Cuenca del Río Nacaome tiene como objetivo fortalecer las capacidades institucionales de COPECO y SERNA en las áreas de meteorología, hidrología y clima. A través de la mejora de la calidad de los pronósticos, la modernización de la infraestructura de observación y la capacitación del personal, el plan busca satisfacer la creciente demanda de servicios hidrometeorológicos y climáticos en Honduras.

El plan tiene un enfoque inicial en la cuenca del río Nacaome y se espera que los resultados beneficien a todo el país. Se incluyen actividades **como la instalación y mejora de estaciones de hidroclimatológicas, la mejora de la infraestructura tecnológica actual y calidad de los pronósticos** entre otras. La capacitación continua del personal técnico es fundamental para asegurar una respuesta eficiente y eficaz ante eventos meteorológicos extremos, contribuyendo así a una gestión más sostenible y resiliente de los recursos hídricos en Honduras.

## ANTECEDENTES

En marzo de 2018, el Banco Mundial presentó a las autoridades de gobierno y sociedad en general, el documento final del Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrometeorológicos y Climáticos para Honduras; este fue el resultado de un diagnóstico y una propuesta de un plan de modernización para el desarrollo resiliente al clima en Honduras mediante el mejoramiento de los servicios climáticos, meteorológicos e hidrológicos, así como el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana para los riesgos hidrometeorológicos y climáticos y la gestión de los recursos hídricos.

En este diagnóstico se incluyeron las instituciones que tienen en su mandato el ejercicio de actividades sobre meteorología, hidrología y clima en el país en materia de observación y colecta de datos y en alguna medida de desarrollo de productos; estas fueron: COPECO a través del Centro de Estudios Atmosféricos, Oceánicos y Sísmicos (CENAOS), SERNA a través de la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH), Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC), Servicio de Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).

Con relación al estado actual del CENAOS, la DGRH y la SAG el diagnóstico concluyó<sup>1</sup> en:

---

<sup>1</sup> Banco Mundial, Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrometeorológicos y Climáticos para Honduras, 2018.

- Una limitante fuerte para el desempeño de sus tareas asignadas es la falta de personal capacitado. Destaca la falta de especialistas y personal operativo en meteorología e hidrología, así como las limitaciones para formarlos y capacitarlos en las propias instituciones y en las académicas de Honduras. Todas las instituciones participantes manifestaron la urgente necesidad de mantener el personal técnico y profesional capacitado y actualizado sobre nuevas técnicas y procedimientos en meteorología e hidrología.
- Las instituciones expresaron la necesidad de contar con un mecanismo nacional que facilite el intercambio y fácil acceso a los datos por las instituciones públicas.
- Uno de los problemas en la operación de redes de estaciones hidrometeorológicas y climáticas es la falta de mantenimiento y calibración de los equipos, limitando con ello la obtención de datos de manera regular y de buena calidad.
- SAG necesita información climática para ayudar a los agricultores en particular los pequeños productores del Corredor Seco a diversificar sus cultivos.

Algunas de las conclusiones sobre el estado de la infraestructura hidrometeorológica, generación y difusión de productos para estas instituciones, fueron:

- Las redes de estaciones climatológicas y meteorológicas presentan densidad baja de las estaciones en la zona oriental, así como zonas sin registros en el centro y norte del país. A la vez hay zonas en el centro y sur con alta densidad de estaciones.
- El número de estaciones agrometeorológicas es reducido para la extensión del área agrícola. La red sinóptica también muestra baja densidad de estaciones en las cuencas del oriente y norte del país.
- La red hidrométrica tiene una densidad baja de estaciones de aforo en la zona este del país, así como áreas sin medición de escurrimientos en las zonas sur y suroeste. En el caso de las estaciones que miden niveles en los ríos, no todas tienen curvas de tirante – gasto, y por lo tanto no se puede cuantificar el caudal. Los perfiles topográficos para actualizar las estimaciones de la curva de elevaciones-gastos con las mediciones hidrométricas son insuficientes. Las estaciones de aforo no registran sedimentos.
- COPECO cuenta con dos radares meteorológicos, los cuales presentan una herramienta poderosa para el monitoreo y la vigilancia meteorológica en Honduras en particular de eventos meteorológicos extremos, así como estimación de la lluvia y el pronóstico inmediato en apoyo a los avisos de inundaciones repentinas para al menos un radio de 150 km.
- Honduras no cuenta con estación de radiosondeo para realizar observaciones meteorológicas en altitud y cuyos datos son muy útiles para la elaboración de pronósticos meteorológicos. Sin embargo, la operación y mantenimiento de este tipo de estaciones es costoso, sobre todo si se hacen 2 observaciones por día como recomienda la OMM.

- No se cuenta con protocolos actualizados para el mantenimiento de las estaciones meteorológicas o hidrológicas. Tampoco se realiza calibración de instrumentos meteorológicos e hidrológicos, ya que no se tienen los equipos y los laboratorios para llevarlo a cabo.
- Los presupuestos anuales son variables para mantenimiento, los cuales no observan las recomendaciones de las prácticas internacionales de dedicar el 10% de la inversión en infraestructura, a la operación y mantenimiento.
- La recopilación de datos meteorológicos, climáticos e hidrológicos se lleva a cabo de forma casi independiente por las diferentes instituciones. Cada institución sigue sus propias normas. Las instituciones reconocen la gran necesidad de un sistema único integrado de manejo de datos hidrometeorológicos en Honduras, para que la información pueda ser debidamente procesada, archivada y disponible para las instituciones públicas y desde luego para las actividades de un SMHN.
- Los SAT de inundación operan principalmente con base en métodos cualitativos o en los métodos de alerta de umbral con base en datos en tiempo real o redes de comunicación de la comunidad.

El Plan de Modernización final es una estrategia por seguir, pero también una herramienta para reconocer los recursos necesarios y los ya existentes, las relaciones entre estos recursos y las habilidades, tecnologías y requerimientos necesarios para la modernización de los servicios meteorológicos e hidrológicos en Honduras. El Plan indica las áreas prioritarias que deben fortalecerse, por ejemplo: formación y capacitación de personal, mejora de pronósticos y sistemas de alerta temprana, mejora de la infraestructura y análisis de datos, mejora de los servicios a los usuarios, entre otros.

El Plan de Modernización es una herramienta útil para gestionar las expectativas de las partes interesadas, así como también para comunicar los planes y coordinar los recursos con las demás instituciones. El Plan de Modernización contiene una descripción de la agenda de 20 actividades clave propuestas a desarrollarse en un periodo de 6 años.

Durante los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 CENAOS ha podido trabajar tomando como guía El Plan de Modernización. Con apoyo del Banco Mundial, Cruz Roja Hondureña, CRRH, CEPREDENAC, COSUDE, CIAT y CARE, se ha logrado:

- Contar con instalaciones nuevas para el desarrollo adecuado de las actividades diarias.
- Rehabilitar y ampliar la red de estaciones a nivel nacional.
- Adquirir e instalar un equipo receptor de imágenes satelitales GOES en tiempo real.
- Activar e incorporar la red de estaciones de detección de rayos a la red Centroamericana.
- La instalación, captura y almacenamiento automático de los datos hidrometeorológicos y mantenimiento de la base de datos MCH.

- Adquirir e instalar un servidor de última generación para correr el modelo de pronóstico WRF.
- Desarrollar productos específicos para el sector agrícola, el sistema nacional de gestión de riesgos, municipalidades y usuarios varios, como ser boletines a nivel nacional del estado del tiempo y pronósticos.

El 08 de marzo de 2021 El Gobierno de Honduras ha suscrito con la Asociación Internacional de Fomento (AIF), el Acuerdo de Financiamiento referente al Crédito IDA- 6680 HN, para el financiamiento del Proyecto de Seguridad Hídrica en el Corredor Seco (el Proyecto), el cual será ejecutado con el apoyo de diferentes dependencias del Gobierno Central y de las alcaldías municipales.

El objetivo de desarrollo del Proyecto es mejorar la prestación del servicio de agua y fortalecer la gobernanza del agua en áreas seleccionadas del Corredor Seco de Honduras, a través de cuatro (4) Partes, que son:

- Parte 1: Fortalecimiento de la capacidad institucional para la gobernanza y gestión de los recursos hídricos;
- Parte 2: Ampliación de la infraestructura hidráulica resiliente para la seguridad hídrica en el Corredor Seco;
- Parte 3: Gestión de Proyectos y Desarrollo de Capacidades, y
- Parte 4: Componente Contingente de Respuesta a Emergencias.

## OBJETIVOS

El objetivo de este Plan de Optimización es fortalecer las capacidades de las instituciones que tienen en su mandato el ejercicio de actividades sobre meteorología, hidrología y clima en el país y actores locales, a fin de satisfacer la creciente demanda de servicios hidrológicos y climáticos, y así mejorar la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Nacaome.

El Plan de Optimización se desarrollará a través de los siguientes componentes:

### Componente 1: Mejora de la Provisión de Servicios

El objetivo específico del primer componente es mejorar la calidad de las predicciones meteorológicas e hidrológicas, así como el acceso a la información y alertas hidrometeorológicas. También, desarrollar servicios climáticos de acuerdo con el marco global para los servicios climáticos de la OMM. El Componente 1 financiará el desarrollo de una serie de herramientas para asimilación de datos y sistemas; un programa de mejora continua para fortalecer las habilidades profesionales del personal, incluyendo la predicción meteorológica de muy corto plazo (nowcasting) y la predicción de inundaciones repentinas como parte de los sistemas de alerta temprana, la información sobre clima e hidrología: predicción estacional o de mediano plazo.

### Componente 2: Modernización de la Infraestructura de Observación y Pronósticos

Las principales actividades son: aumento de la credibilidad y la disponibilidad de datos hidrometeorológicos mediante la modernización y mejora de la infraestructura de observación y de instrumentación, automatización de los procesos de medición en lugares seleccionados con el fin de obtener información en tiempo real, mejora de la cobertura de la red de recolección de datos en la cuenca del río Nacaome, establecimiento de redes especializadas de monitoreo de calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca y fortalecimiento de la operación y mantenimiento.

### Componente 3: Fortalecimiento Institucional

El objetivo específico del tercer componente del Plan de Optimización es fortalecer la capacidad técnica e institucional de CENAOS, la DGRH y actores locales dentro de la cuenca del río Nacaome y apoyar el desarrollo de los servicios meteorológicos, climáticos e hidrológicos.

## ÁREA DE INTERVENCIÓN

El Proyecto de Seguridad Hídrica en el Corredor Seco de Honduras, tiene como objetivo mejorar la prestación del servicio de agua y fortalecer la gobernanza hídrica en áreas seleccionadas del Corredor Seco de Honduras, enfocándose como área piloto en la cuenca del río Nacaome.

La cuenca del río Nacaome tiene una superficie de 2,805km<sup>2</sup> y una red hídrica amplia de 2,777.51 kilómetros de cauces superficiales de agua, así como cuerpos de agua artificiales usados en la agroindustria y el embalse de la Hidroeléctrica José Cecilio del Valle.

La cuenca se localiza en cinco departamentos de la zona centro-sur que forman parte del corredor seco del país: Francisco Morazán 51.26%, Valle 26.41%, Choluteca 21.36%, El Paraíso 0.96% y La Paz (0.01%).

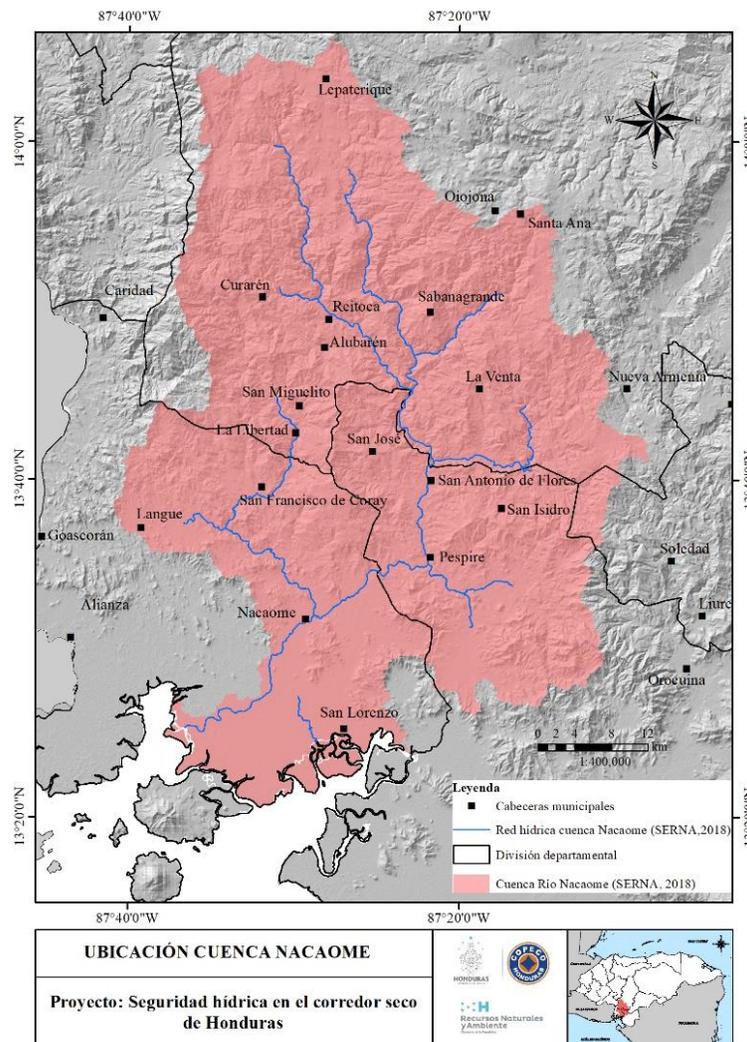


Ilustración 1. Mapa de ubicación cuenca del río Nacaome. Fuente: CENAOS 2023.

Las actividades contempladas en este Plan de Optimización tienen como objetivo satisfacer la creciente demanda de servicios hidrológicos, meteorológicos y climáticos de diferentes usuarios y sectores dentro de la cuenca del río Nacaome, sin embargo, los resultados esperados a través del fortalecimiento institucional y la modernización de los sistemas de observación y pronóstico repercutirán positivamente en la provisión de los servicios a nivel nacional.

## PLAN DE OPTIMIZACIÓN

### Implementación del Plan de Optimización

Las instituciones que participan en la implementación del Plan de Modernización son: COPECO a través del CENAOS, SERNA a través de la DGRH, Banco Mundial y la SAG a través de la UAP.

La Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) es la encargada de normar, regular, administrar, planificar, conservar y controlar los recursos hídricos, mediante la formulación de políticas en torno del recurso, recolección y análisis de información hidroclimatológica para la toma de decisiones oportunas que aseguren la calidad, cantidad y perpetuidad del agua en el tiempo.

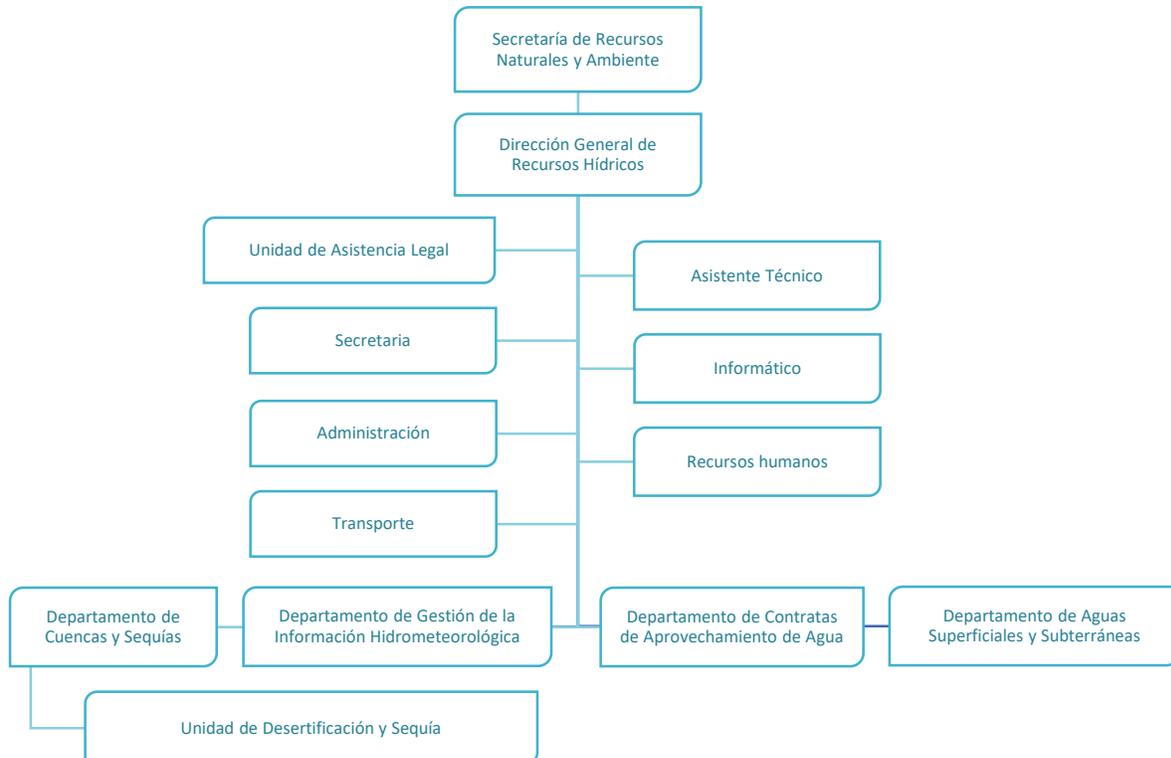


Ilustración 2. Organigrama DGRH - SERNA

La DGRH cuenta con 22 personas distribuidas de la siguiente manera:

1. Dirección General de Recursos Hídricos: 9 personas en total. 1 director, 1 asistente técnico, 1 secretaria, 2 personas de administración, 1 persona de recursos humanos y 3 personas de transporte. No hay personal contratado para asistencia legal e informática.
2. Departamento de Cuencas y Sequías: 5 personas en total (conformación de consejos de cuencas, subcuencas y microcuencas, gobernanza hídrica y acompañamiento en las comunidades)
  - a. Unidad de desertificación y sequía: cumplimiento de lineamientos de lucha contra desertificación y sequías según plan de país, monitoreo en conjunto con otras instituciones y actualización del mismo.
3. Departamento de contratas de agua: 1 persona y en espera de contratación de 3 técnicos (aprobación de permisos para la explotación del recurso hídrico superficial y subterráneo)
4. Departamento de gestión de información hidrometeorológica: 5 personas (mantenimiento de estaciones hidroclimatológicas que son 110 incluidas hidrológicas, pluviométricas y climatológicas, digitar información de estaciones convencionales, revisión de la data y aplicación de control de calidad)
5. Departamento de aguas subterráneas: 2 personas y en espera de contratación de una persona. (monitoreo de aguas subterráneas, catastro de pozos, legislación de las A.S.)

El Centro Nacional de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos (CENAOS) de la Secretaría de Estado en los Despachos de Riesgos y Contingencias Nacionales (COPECO) en su calidad de Servicio Meteorológico Nacional de Honduras ostenta la Autoridad Meteorológica Nacional y es el responsable de cumplir los compromisos establecidos por Honduras ante la Organización Meteorológica Mundial, en adición es el ente técnico científico encargado del manejo de los Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones y sequías a nivel nacional.

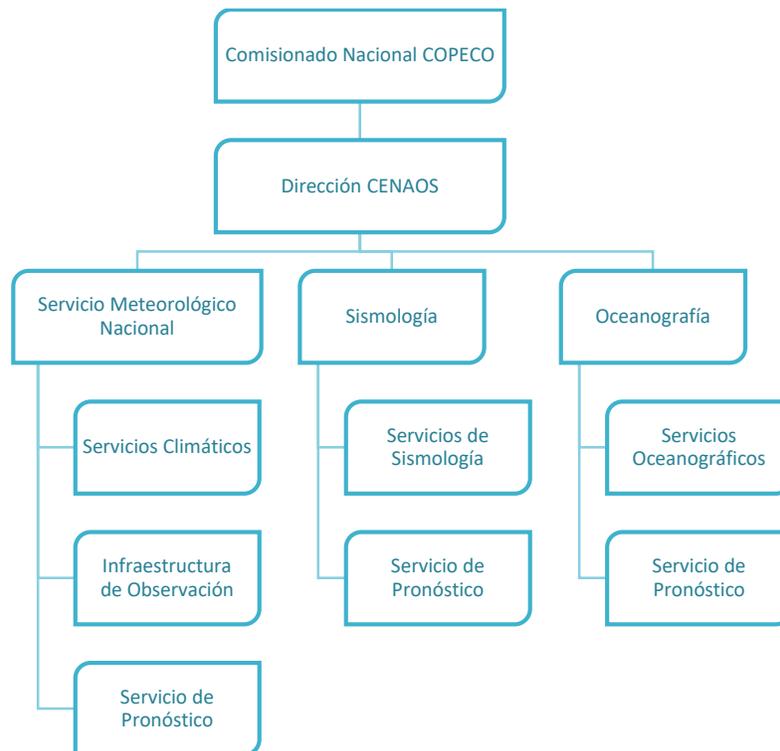


Ilustración 3. Organigrama CENAOS - COPECO

Actualmente la Dirección de CENAOS cuenta con 45 personas, distribuidas de la siguiente manera:

1. Dirección CENAOS: 1 persona
2. Servicio Meteorológico Nacional: 43 personas
  - a. Servicios climáticos: 7 personas (recolección de la información, procesamiento, análisis y envío al usuario final si es requerido, presentación de perspectiva cada 3 meses o de mayor periodo si es requerido)
  - b. Infraestructura de observación: 3 personas (mantenimiento preventivo y correctivo a la red de estaciones hidrometeorológicas que son 107 incluidas hidrológicas, pluviométricas y climatológicas)
  - c. Servicio de pronósticos: 33 personas en total. 22 observadores climáticos a nivel nacional, 7 pronosticadores de tiempo diario y extendido (3 a 4 días), 4 observadores meteorológicos horarios para envío de información a la red global.
3. Sismología: 1 persona (monitoreo de los sismos y coordinar con el equipo el mantenimiento para la red de estaciones sísmicas que son aproximadamente 17). Según el organigrama existente no existe personal asignado a los servicios de sismología y servicios de pronóstico como tal, la única persona actual hace las funciones de jefe de unidad y labores técnicas.
4. Oceanografía: 0 personas. Esta área no cuenta con personal asignado.

La Unidad Administradora de Proyectos (UAP) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) es responsable de coordinar, planificar y dar seguimiento y control a los aspectos técnicos, administrativos, y fiduciarios, así como el monitoreo, seguimiento y evaluación de resultados del Proyecto.

### Alcance del Plan de Optimización

Este Plan de Optimización es una herramienta para reconocer las capacidades instaladas existentes y los componentes, tecnologías, sistemas y requerimientos necesarios para la modernización de los servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos en Honduras.

El Plan de Optimización es una planificación de actividades priorizadas a desarrollarse y coordinarse en un periodo de 5 años, que permitan fortalecer las capacidades de las instituciones que tienen en su mandato el ejercicio de actividades sobre meteorología, hidrología y clima en el país, así como actores locales, a fin de satisfacer la creciente demanda productos hidrometeorológicos y climáticos actuales y futuros en la cuenca del río Nacaome.

### Componentes del Plan de Optimización

El Plan de Optimización se desarrollará a través de los siguientes componentes:

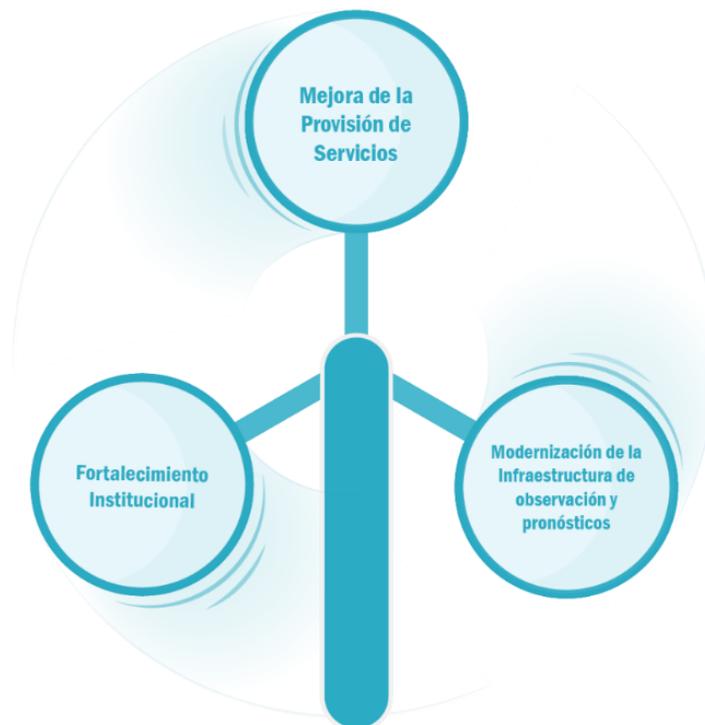


Ilustración 4. Áreas de acción del Plan de Optimización

## MEJORA DE LA PROVISIÓN DE SERVICIOS

### Actividad 1. Formación y capacitación del personal

- Desarrollar talleres y seminarios para entrenar al personal del CENAOS, la DGRH y la SAG en Sistemas de Información Geográfica para que conozcan la cuenca del río Nacaome, conocer mejor los microclimas e identificar zonas de riesgos a inundaciones, sequía, deslizamientos, sismos y tsunamis.
- Desarrollar capacitaciones en técnicas estadísticas de control de calidad de la información hidrometeorológica ingresada y la información futura a ingresar a la Base de Datos MCH al personal responsable de estas actividades.
- Desarrollar talleres sobre Sistemas de Alerta Temprana Multiamenazas en distintos niveles de la Cuenca para hacer una mejor gestión del riesgo ante eventos meteorológicos severos como la sequía, inundaciones, deslizamientos, sismos, Tsunamis y marejadas
- Diseñar y desarrollar talleres con usuarios en Mancomunidades, Municipales y locales de la cuenca talleres para la interpretación adecuada de los pronósticos hidrometeorológicos de corto y mediano plazo, pronósticos estacionales y escenarios climáticos, aprovechando las buenas prácticas y lecciones aprendidas desarrolladas por otros organismos en la cuenca.

### Actividad 2. Desarrollo de página web interactiva

- Gestionar la contratación de ingenieros en sistemas especialistas en el diseño y administración de página WEB para mejorar las páginas actuales del CENAOS y la SAG, así como el sitio WEB de la DGRH, de manera que sean más interactivas y muestren más productos de interés para los usuarios de la información hidrometeorológica, sísmica, oceanográfica, hidrológica y agroclimática para la cuenca y de todo el territorio nacional.
- Gestionar fondos para alojar las páginas WEB en la nube, para mejorar la conectividad y velocidad de descarga de productos elaborados en CENAOS, la DGRH y la SAG.
- Desarrollar aplicaciones para telefonía móvil que permita hacer una distribución efectiva y oportuna de pronósticos, boletines que elabore CENAOS y la SAG, así como los boletines de alertas que emita COPECO.

### Actividad 3. Mejorar la calidad del pronóstico

- Desarrollar e implementar pronósticos hidrológicos de corto y mediano plazo y pronósticos estacionales.
- Utilización de datos meteorológicos en la predicción meteorológica. Desarrollo de herramientas y aplicaciones para combinar los datos meteorológicos con las técnicas de modelación numérica.
- Desarrollar e implementar mecanismos de validación de los pronósticos del tiempo y climáticos de corto y mediano plazo y pronósticos estacionales.<sup>i</sup>

- Generar la base de datos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos nacional, junto al desarrollo de aplicaciones para poder visualizar, transmitir y exportar los datos, así como la transmisión de alertas.
- Gestionar la adquisición de equipo de cómputo que permita correr varios modelos de predicción numérica, meteorológica e hidrológica de alta resolución espacial y con varias parametrizaciones para la cuenca del río Nacaome y el territorio nacional.

Tipo de estación	Cantidad	Propósito	Operador	Precio
Sistema de Almacenamiento NAS	1	Almacenamientos eficaces, escalable y económica.	CENAOS	\$ 600.00
Clúster para correr el WRF	6	Modelamiento climatológico	CENAOS	\$ 216,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 216,600.00</b>

Tabla 1. — Propuesta de equipo a adquirir para la mejora de los pronósticos meteorológicos.

- El sistema NAS proporcionará un almacenamiento eficaz, escalable y económico para gestionar grandes volúmenes de datos climatológicos e hidrológicos. Este sistema facilitará el acceso y la seguridad de los datos, permitiendo su uso continuo en el análisis y la modelación.
- El clúster es un conjunto de servidores de alta capacidad diseñados para ejecutar el modelo de predicción meteorológica WRF (Weather Research and Forecasting) a alta resolución espacial. Este clúster permitirá el modelamiento climatológico y la realización de simulaciones detalladas para mejorar la precisión de los pronósticos climatológicos.

#### Actividad 4. Caracterización de amenazas, vulnerabilidad y riesgo para ensayos de pronósticos por impacto

- Gestionar una consultoría para realizar una caracterización de las amenazas y vulnerabilidades a inundaciones, deslizamientos y sequía en la cuenca del río Nacaome. Esta consultoría incluirá el análisis de datos históricos y actuales para identificar áreas de mayor riesgo y desarrollar mapas de vulnerabilidad.

- Hacer ensayos de pronóstico de impacto de eventos hidrometeorológicos en la cuenca como un proyecto piloto, con el objetivo de evaluar cómo estos eventos podrían afectar a la población, infraestructura y actividades económicas. Los resultados de estos ensayos proporcionarán información valiosa para desarrollar estrategias de mitigación y respuesta ante desastres, y servirán como base para la implementación de pronósticos por impacto a nivel nacional en el mediano plazo.

## Modernización de la Infraestructura de Observación y Pronósticos

### Actividad 5. Mejora de las redes de observación meteorológica, hidrológica y climática

La seguridad de los habitantes de Honduras depende en buena medida de la disponibilidad oportuna de datos fiables, tanto para la mejora del funcionamiento de los SAT y las infraestructuras, como para la posibilidad de contar con diseños de ingeniería con menos incertidumbre para construir obras más seguras. Para contar con datos oportunos y fiables, no solamente para el sector de riesgo de desastres, sino también para atender a muchos otros sectores económicos y sociales, se requiere una red de observación hidrometeorológica robusta y coordinada que proporcione datos fiables y oportunos.

CENAOS-COPECO, cuenta con una amplia red de estaciones entre ellas, meteorológicas, pluviométricas, hidropuviométricas y agroclimáticas, las cuales se encuentran distribuidas a nivel nacional; dichas estaciones alimentan la base de datos MCH.

Para el funcionamiento adecuado y mantener un control de calidad de acuerdo con las normas establecidas por la OMM, CENAOS-COPECO, realiza los mantenimientos preventivos cada 3 meses y los mantenimientos correctivos cuando las estaciones presentan alguna inconsistencia o estas no estén realizando la transmisión en tiempo real.

Con el fin de dar cumplimiento y obtener datos meteorológicos de calidad el CENAOS, ha firmado diferentes cartas de entendimiento, convenios o acuerdos con múltiples Instituciones u ONG'S, que puedan aportar para la sostenibilidad de la red de estaciones.

Sin embargo, cabe mencionar que, a pesar de todos los esfuerzos, la cantidad de estaciones aun no es suficiente para realizar los diferentes estudios meteorológicos e hidrológicos necesarios para el país, sobre todo en la cuenca del río Nacaome donde se cuenta solamente con 2 estaciones hidrológicas, 1 estaciones meteorológica y 3 estación pluviométrica con registros de datos desde el año 2018.

Con base al análisis realizado sobre la red existente de observación hidrometeorológica y climática en la cuenca del río Nacaome y la necesidad de datos por los diversos sectores, y para fines de estimación de costos, la siguiente tabla muestra el total de estaciones de observación nuevas que

se requieren, donde es importante mencionar que esto sería lo mínimo necesario para la caracterización hidroclimatológica de la cuenca y que la misma puede variar dependiendo del diagnóstico en campo y otras necesidades que surjan del mismo.

Tipo de equipos	Cantidad	Propósito	Operador	Precio
Equipos para estación hidropiuviométrica con sensor de río, calidad de agua y precipitación	6	SAT, GIRH, agricultura	CENAO DGRH	\$ 130,000.00
Equipos para estación meteorológica automática	11	Pronóstico Meteorológico, SAT, GIRH, agricultura	CENAO DGRH	\$ 270,000.00
Repuestos para realizar mantenimiento correctivo a la red de estaciones existente	6	Pronóstico meteorológico, SAT, GIRH, agricultura	CENAO DGRH	\$ 130,000.00
Obras civiles para estaciones hidrológicas, meteorológicas y climatológicas	17	Pronóstico meteorológico, SAT, GIRH, agricultura	CENAO DGRH	\$170,000.00
Sistema integrado y equipos informáticos para la visualización de la data hidroclimatológica en tiempo real.	1	Pronóstico meteorológico, SAT, GIRH, agricultura	CENAO DGRH	\$200,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 900,000.00</b>

Tabla 2. — Propuesta de equipo para estaciones a adquirir para la cuenca del río Nacaome

Los equipos de las estaciones meteorológicas en este caso son estaciones con sensor de precipitación, temperatura y humedad relativa, dirección y velocidad de viento, radiación solar, horas de sol y presión atmosférica. Cada integración de los diferentes sensores está asociado a un registrador y transmisor satelital y no a GPRS debido a la escasa cobertura de la telefonía en zonas alejadas de las ciudades principales, también se necesita un sistema de suministro de energía que le brinde autonomía a la estación y obras civiles asociadas que resguarden los equipos y conecten los sensores hasta el punto de medición (por ejemplo, obras en ríos). Los costos de las obras civiles deberán estimarse con base a la ubicación de cada estación y los mismos pueden variar considerablemente de un sitio a otro. Adicionalmente una red de monitoreo debe estar integrada por software desarrollado para dicha función que permita trabajar con altos volúmenes de información en tiempo real y apoyar a la GIRH a través de la creación de productos especializados y adaptados a las necesidades de cada institución.

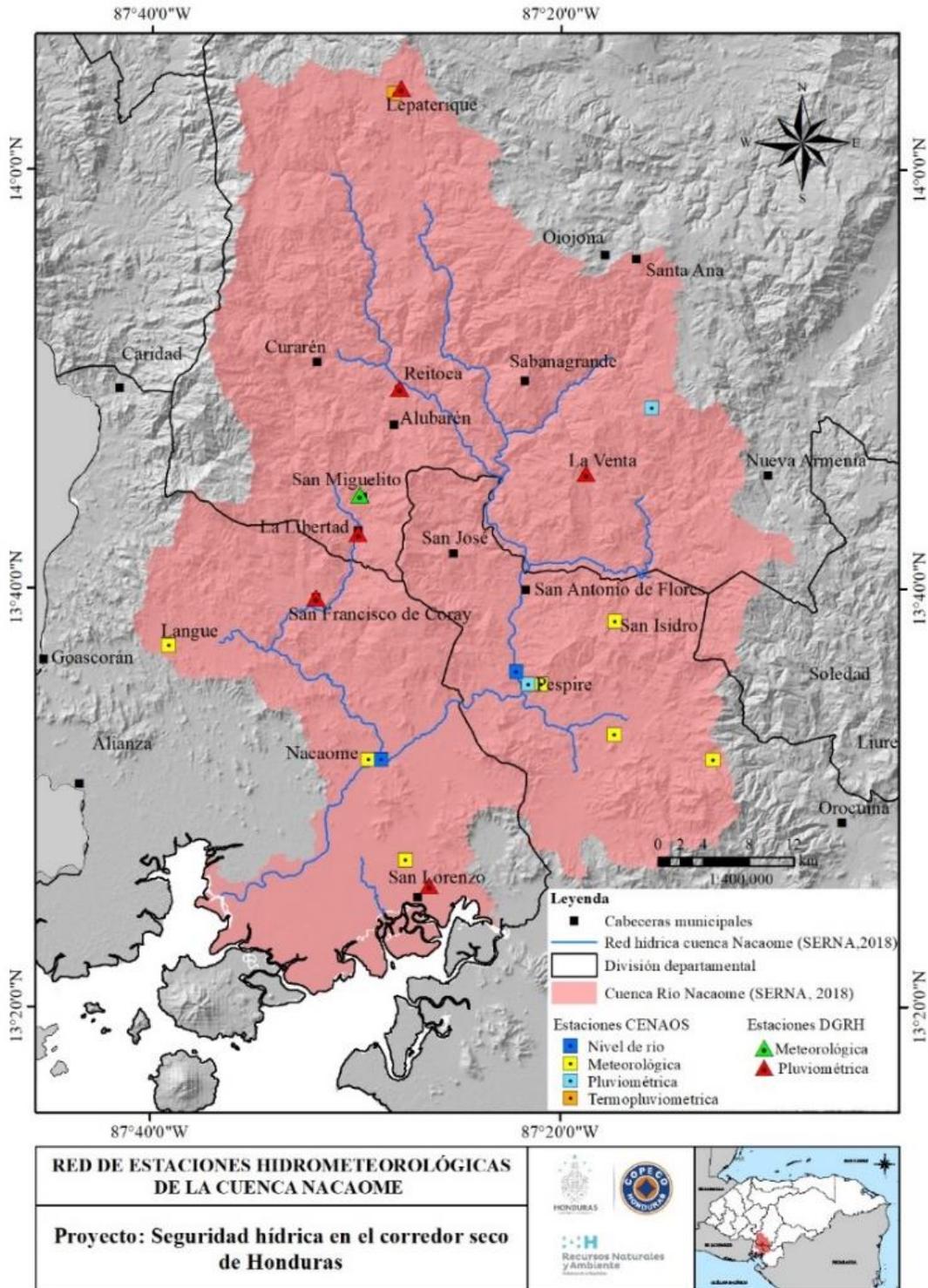


Ilustración 5. Mapa de la red de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca del río Nacaome. Fuente: CENAOS 2023.

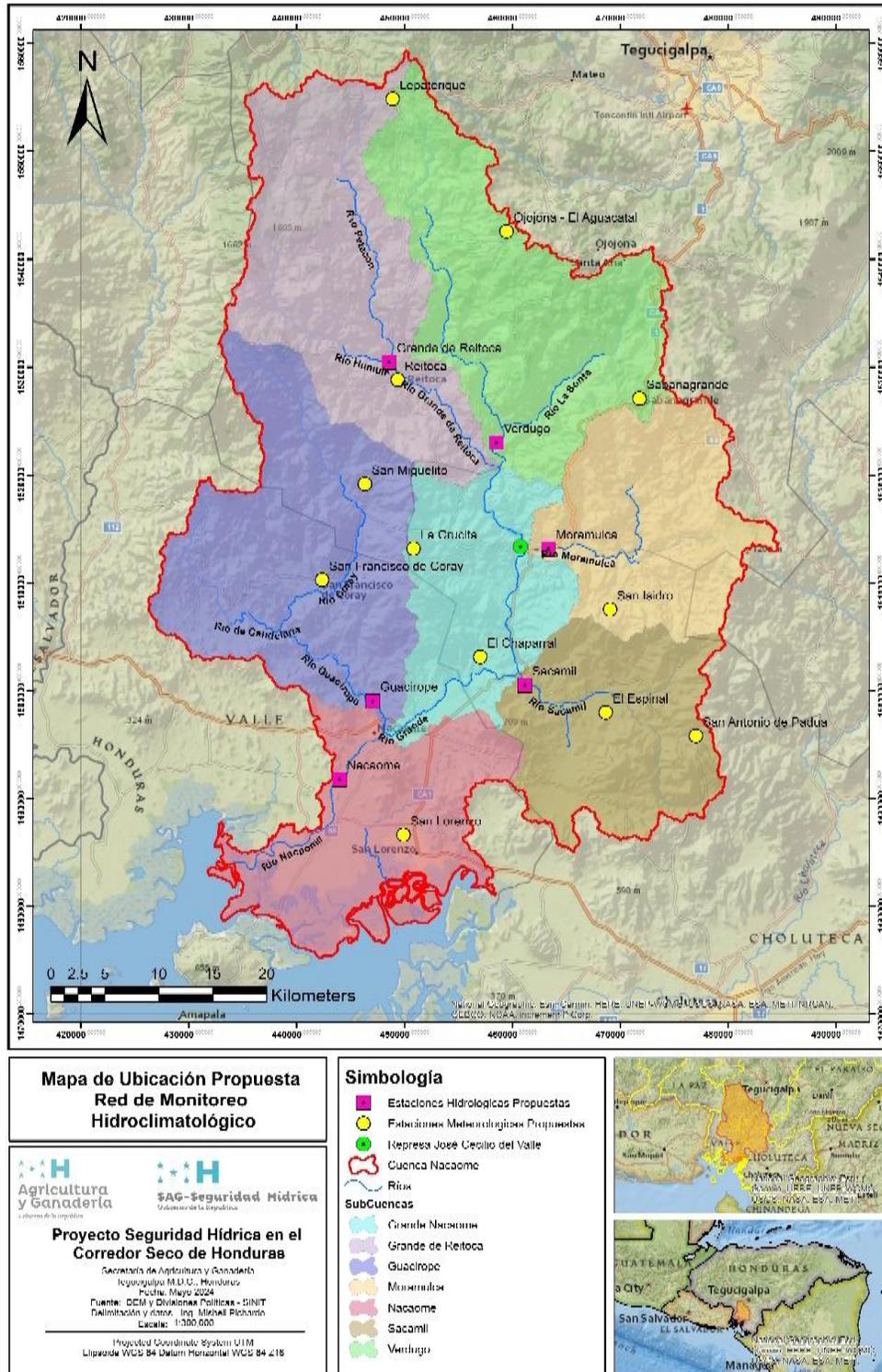


Ilustración 6. Mapa de la red propuesta de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca del río Nacaome.  
Fuente: Proyecto Seguridad Hídrica en el Corredor Seco de Honduras.

La ubicación de estaciones propuesta es la mínima recomendable y es con base en las estaciones actualmente existentes tanto de COPECO como SERNA, así como en la ubicación de los principales afluentes para ser monitoreados y otras áreas de las subcuencas sin monitoreo actual.

### **Actividad 6. Calibración y mantenimiento de equipos de observación hidrometeorológicos, incluidos los radares**

La inversión en redes de observación y el aseguramiento de la calidad de los datos pueden ser mantenidos solamente si los instrumentos están adecuadamente calibrados. Por lo tanto, aquí se incluye también una actividad relacionada con el establecimiento y ejecución anual de un plan de calibración y mantenimiento de estaciones automáticas y manuales e instrumentos meteorológicos e hidrológicos **mediante la elaboración de un manual de procedimientos, el establecimiento de un laboratorio de calibración y haciendo uso de equipos portátiles para trabajo en campo.**

CENAOS cuenta con un equipo de técnicos entrenados para el mantenimiento y calibración de estaciones meteorológicas e hidrológicas, los que tienen una formación profesional en electrónica e informática, sin embargo, la calibración y mantenimiento de equipos, requiere más personal entrenado en los procedimientos y equipos para llevar a cabo la calibración y mantenimiento. Es necesario la elaboración o actualización de manuales técnicos de procedimientos a seguir para el mantenimiento y calibración de los diferentes tipos de estaciones que se tienen actualmente en operación. Se requiere también la adecuación de instalaciones, tanto en CENAOS como en la DGRH, para alojar un laboratorio donde tengan repuestos para las estaciones y se lleve a cabo el trabajo de calibración para asegurar la calidad de las mediciones.

Se estima que un mínimo de 6 personas de ambas instituciones (3 de cada una) sería necesario para el adecuado mantenimiento (profesionales y técnicos en electrónica y comunicación, con experiencia en equipos hidrometeorológicos), más personal para las inspecciones de campo dependiendo del número de estaciones y la frecuencia de las inspecciones. Todo este personal debería recibir la capacitación necesaria para el desempeño eficaz de su trabajo.

CENAOS-COPECO, tiene instalado dos radares meteorológicos Doppler, uno de banda S y el otro de banda X, los cuales se encuentran fuera de funcionamiento debido a que no se tiene presupuesto para poder realizar el mantenimiento correctivo necesario. Se necesita contratar una consultoría para diagnóstico de las fallas del radar y con base en ello contratar la empresa que pueda reparar el mismo.

El resultado que se espera con esta actividad es contar con datos de calidad y sin interrupciones reconociendo el rango de variabilidad y detección de tendencias y manteniendo equipos funcionales y calibrados, con personal entrenado y los instrumentos de calibración y recursos necesarios. Los resultados esperados de la calibración de radares son mejores pronósticos y sistemas de alerta temprana y datos de lluvia espaciales y temporales para diferentes periodos de tiempo para la gestión de recursos hídricos y apoyo al sector agropecuario.

### Actividad 7. Evaluación y mejoramiento del monitoreo de agua subterránea

Las gerencias técnicas de los municipios del corredor seco no cuentan con el personal ni el equipo para llevar a cabo estos análisis, por lo que, cuando existen emisiones de alerta o emergencia debido a un déficit de precipitación y/o déficit del recurso hídrico en la cuenca los alcaldes hacen la solicitud a COPECO para poder apoyar con identificación de sitios de aprovechamiento de agua subterránea.

Para esto es necesario adquirir equipo especializado como un Terrameter, el cual permite hacer sondeos de forma no invasiva al subsuelo, y adquirir actualización de software de equipo con el que ya cuenta COPECO.

Descripción	Cantidad	Propósito	Operador	Precio Unitario (\$)
Terrameter LS 2 Advanced 4/81	1	Sondeos de subsuelo	COPECO	\$ 54,000.00
Software de actualización	1	Sondeos de subsuelo	COPECO	\$ 15,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 69,000.00</b>

Tabla 3. — Propuesta de equipo para análisis de subsuelo.

La evaluación de la calidad de las aguas subterráneas es importante en lugares donde ésta representa la principal fuente de agua para uso y consumo; tienen características apreciadas para consumo y usos domésticos, pues resultan más difíciles de contaminar en comparación a las aguas superficiales, pero cuando esto ocurre es más difícil tratarlas ya que su renovación y recarga es muy lenta (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015) por tanto es necesario conocer la profundidad de los pozos de uso tradicionales que existen dentro de la cuenca y realizar un monitoreo dos veces por año (estiaje e invierno) para conocer el comportamiento de sus niveles en el tiempo.

Considerando el aumento de la demanda de agua subterránea que se prevé en el mediano y largo plazo, junto con la posibilidad de que aumenten los episodios de sequía, es crítico contar con una caracterización de los acuíferos, para conocer los límites de la explotación sustentable, cuidar la calidad del agua y mejorar la asignación del recurso.

El resultado es obtener un inventario de la cantidad y calidad del agua subterránea en la cuenca del río Nacaome con el fin de tener una línea base del estado actual del recurso hídrico, generar insumos para el desarrollo de un balance hídrico y mejorar la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca.

Equipo	Cantidad	Propósito	Operador	Precio
Pozómetro (750m profundidad)	2	Sondeos de nivel de agua del pozo y otras variables físico/químicas	DGRH	\$ 1,800.00
Receptor GPS, Garmin map 65s	2	Georreferenciación de pozos	DGRH	\$ 1,000.00
Tableta: Pantalla: 11", RAM: 6GB-8GB, almacenamiento: 128GB, expansión: microSD, Cámara: Dual, 13MP+5MP, batería: 8000 mAh, iOS: Android 10	2	Llenado de formularios de caracterización de pozos	DGRH	\$ 1,000.00
Dron Rango de 15 km, duración de vuelos de 46 min, cámara de 20 megapíxeles.	1	Fotogrametría	DGRH	\$ 3,100.00
<b>Sub Total</b>				<b>\$ 6,900.00</b>

Tabla 4. — Propuesta de equipo para inventario de pozos en la cuenca del río Nacaome.

Los pozómetros permitirán medir el nivel de agua y variables físico-químicas en los pozos, mientras que los receptores GPS asegurarán la georreferenciación precisa de estos pozos. Las tabletas facilitarán la recolección y gestión de datos en campo en tiempo real, complementando las mediciones obtenidas. Finalmente, el dron proporcionará imágenes aéreas detalladas para caracterizar áreas de interés y optimizar la identificación de sitios, integrando datos visuales con las mediciones en tierra para una gestión más efectiva del agua subterránea.

### Actividad 8. Evaluación y monitoreo de la calidad del agua

En el país y principalmente a nivel rural, la principal fuente productora de agua para consumo humano la constituyen las áreas de vocación forestal. En estas se ubican sistemas de abastecimientos que suplen de agua a los pobladores de las comunidades para diferentes propósitos, pero esencialmente, para consumo humano.

Para poder conservar y mantener la cantidad y calidad del agua disponible, es necesario la implementación de un monitoreo continuo del recurso. Esto permite a los usuarios del recurso verificar si la calidad de este cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertimiento de contaminantes originados por actividades humanas y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a los ríos o aguas subterráneas, lagos y océanos.

La cuenca del río Nacaome se ve expuesta a un déficit hídrico que limita el acceso a agua para servicios de agua potable y saneamiento básico y para uso en actividades productivas, entre otros usos. Actualmente en la cuenca se presentan problemas de contaminación hídrica por residuos sólidos y líquidos, debido a la escasa infraestructura de saneamiento básico; así como por el uso de químicos en las actividades agrícolas y mineras.

El uso de dicho recurso se encuentra destinado tanto para el consumo humano como para las actividades productivas de las comunidades y empresas que cultivan productos agroindustriales que dependen del agua para el desarrollo de sus cultivos (camarón, caña de azúcar, melón, y okra), por lo que es necesario poder conocer la calidad actual del agua de dicha cuenca, esto para definir si el agua puede ser utilizada para estas actividades o usos específicos.

Se prevé realizar una evaluación de la Calidad de Agua de la Cuenca del Río Nacaome, teniendo como objetivos: evaluar la Calidad del Agua superficial de la cuenca del río Nacaome utilizando el **Índice de Calidad de Agua ICA-CWQI**, establecer usos potenciales a cada transecto evaluado según resultados de calidad del agua obtenidos y establecer simultáneamente la calidad del agua del río Nacaome utilizando evaluación de organismos macroinvertebrados.

La propuesta planteada obedece a un monitoreo de 5 años en donde se estiman 20 puntos de muestreo a través de toda la cuenca estos con una frecuencia trimestral, para tener 80 muestras por año y un total de 400 muestras en 5 años a las cuales se les realizarán los análisis físico-químicos correspondientes. Los 20 puntos de muestreo incluyendo la medición de calidad de los aportantes (microcuencas del Río Nacaome) pueden ser establecidos según criterios técnicos y/o priorización.

El índice de calidad de agua ICA-CWQI, es ampliamente utilizado para medir la calidad de los cuerpos de agua categorizando su calidad. Este índice en comparación a otros índices utilizados internacionalmente, propone una evaluación más amplia de la calidad del agua en un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta el número de parámetros que supera un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación; con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de la calidad del cuerpo de agua, con un valor único que califica el estado de la calidad del agua.

Los parámetros para evaluar son los siguientes: DBO, Oxígeno disuelto, pH, Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Plomo, Zinc, Coliformes termotolerantes, Cloruro, Conductividad, Aluminio, Boro, Huevos y larvas de helmintos, Cromo total, Fosforo Total, Nitrógeno Total, Sólidos suspendidos, Índice Biológico de Calidad

Para la medición del índice de calidad de agua CWQI se propone realizar monitoreo de los parámetros en los que se pueda generar datos para las siguientes subcategorías:

Categoría: Abastecimiento de poblaciones

- Subcategoría: Aguas que pueden ser potabilizadas por desinfección
- Subcategoría: Aguas que pueden ser potabilizadas por tratamiento convencional.
- Subcategoría: Aguas que pueden ser potabilizadas por tratamiento avanzado.
- Subcategoría: Uso recreativo de contacto primario
- Subcategoría: Uso recreativo de contacto secundario

Categoría riego de vegetales y bebida de animales

- Subcategoría: Agua para riego no restringido
- Subcategoría: Agua para riego restringido

○ Subcategoría: Agua para bebida de animales

Descripción	Cantidad	Precio (USD)
<b>Software y Equipos Necesarios para Implementar las Actividades de Monitoreo y Análisis</b>		
<b>Espectrofotómetro UV/VIS de Alta Precisión:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de luz: Lámpara de destellos de xenón</li> <li>Rango espectral: 190 nm – 1.100 nm</li> <li>Precisión fotométrica: <math>\pm 0,005</math> A (K2Cr2O7)</li> <li>Precisión de longitud de onda: <math>\pm 0,9</math> nm</li> <li>Resolución: <math>&gt;1,5</math> (tolueno en hexano)</li> <li>Accesorios incluidos: Cambiador de cubetas, cubetas, impresora, Software LabX para PC, CertiRef</li> </ul>		
<b>Digestor de Nitrógeno Kjeldahl:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad: 20 posiciones</li> <li>Características: Unidad de enfriamiento y tratamiento de gases integrada</li> </ul>		
<b>Balanzas Analíticas y de Precisión:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Especificaciones eléctricas: Adaptador de CA 100/240 V, 0,3 A, 50/60 Hz</li> <li>Interfaz de usuario: Pantalla táctil</li> </ul>	Global	79,011.33
<b>Equipo Multiparamétrico Portátil ProDSS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS integrado</li> <li>Cable de 10 metros</li> <li>4 puertos de conexión</li> <li>Sensores incluidos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Sensor de profundidad</li> <li>Sensor óptico de oxígeno disuelto (ODO)</li> <li>Sensor de temperatura y conductividad</li> <li>Sensor de pH/ORP con módulo</li> <li>Sensor de amonio</li> <li>Sensor de cloruro con módulo</li> </ul> </li> <li>Accesorios: Batería externa recargable de iones de litio de alta capacidad, estuche de transporte resistente</li> </ul>		
<b>Insumos de Laboratorio y Reactivos para Muestreo y Análisis:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Parámetros a analizar:</b> pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), aceites y grasas, Nitrógeno Total, Fósforo Total, sólidos suspendidos totales, conductividad, cloruros, amoníaco</li> <li><b>Procedimientos adicionales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de cristalería</li> <li>Análisis de nitritos e interferencias en DBO</li> <li>Preservación de muestras para DQO y DBO</li> <li>Filtración de muestras para reducción de turbidez</li> </ul> </li> <li><b>Equipamiento de seguridad:</b> Materiales para bioseguridad y Buenas Prácticas de Laboratorio</li> <li><b>Análisis biológicos:</b> Índice biológico de calidad de agua con macro invertebrados</li> <li><b>Análisis de metales:</b> Aluminio, hierro, mercurio, cromo, cobre</li> </ul>	Global	111,757.33
<b>Sub Total</b>		<b>190,768.66</b>

Tabla 5. — Propuesta de equipo y otros para la evaluación y monitoreo de la calidad del agua

Existen algunas opciones en el país para el análisis de muestras por lo que se debe hacer una valoración de estas opciones previo a la compra y equipamiento presentado. Tal es el caso del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) que depende de SERNA y presta servicios de análisis laboratorial en las matrices agua, aire, suelo, sedimentos y alimentos y que podría ser fortalecido. También se podría evaluar el establecimiento de algún convenio como apoyo al análisis de algunos de los parámetros físico-químicos con otros laboratorios o instituciones que puedan apoyar tal fin como es el caso de la UNAH que ahora cuenta con un laboratorio propio en el Centro Experimental y de Innovación del Recurso Hídrico o con la ENEE que históricamente cuenta con un laboratorio que es el encargado de realizar análisis físico – químicos a la calidad del agua de distintos afluentes en cuencas hidrográficas de centrales hidroeléctricas y en el Lago de Yojoa.

### Actividad 9. Acceso a información satelital en tiempo real a través de la Integración de datos hidrometeorológicos y climáticos en una base de datos

El sistema de observación hidrometeorológico y climático que operan COPECO a través de CENAOS y SERNA a través de la DGRH, está compuesto de estaciones de tipo manual y automáticas, con diferentes formas de transmisión (telefonía, satelital, radio e internet), esta situación presenta un problema para gestionar los datos, empezando por la disponibilidad, acceso e integración de datos con control de calidad antes de su análisis y procesamiento.

CENAOS-COPECO actualmente cuenta con la instalación y operatividad del sistema de gestión de bases de datos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos de la OMM, conocido como MCH, el cual gestiona las tres áreas, al hacerlo, facilita el intercambio de datos entre las instituciones, en dicho se reciben los datos de todas las estaciones entre ellas meteorológicas, pluviométricas e hidropuviométricas que están instaladas a nivel nacional, incluidas las estaciones pertenecientes a la Dirección General de Recursos Hídricos.

La DGRH recopila la información, meteorológica, climática e hidrológica de forma independiente, es por ello que se ve la necesidad de la adquisición de 4 servidores robustos, en donde se instalará la base de datos MCH en cada uno de ellos. 2 de los servidores estarían instalados en CENAOS y 2 en la DGRH donde uno de ellos será un espejo del que se instalara en CENAOS y el otro tendrá los datos ya codificados con las unidades de las variables como está establecido que se deben manejar.

Por medio del proyecto Adaptación climática de USAID, CENAOS, DGRH y AHAC están trabajando en el fortalecimiento y la integración de la información hidroclimatológica de sus instituciones, utilizando el MCH para almacenamiento.

Equipo	Cantidad	Propósito	Operador	Precio
Servidores	4	Instalación y manejo de MCH	CENAOS (2) DGRH (2)	\$ 40,000.00
<b>Sub Total</b>				<b>\$ 40,000.00</b>

Tabla 6. — Propuesta de equipo para manejo de MCH

## Actividad 10. Mejora de la observación y monitoreo sísmico de la hidroeléctrica José Cecilio del Valle

CENAOS como Centro Nacional de Estudios Sísmicos cuenta con una red de estaciones sísmicas a nivel nacional que permiten realizar una mejor localización e información más detallada de la actividad sísmica en el país. Con la modificación que se realizará a la infraestructura de la cortina de la hidroeléctrica José Cecilio del Valle es necesario contar un acelerógrafo para la medición de eventos sísmicos, monitorear la intensidad de dicho evento y mejorar la densidad de la red nacional. En adición también se necesita un equipo de refracción sísmica para el estudio del suelo para determinar la microzonificación del área de la cuenca y actualizar el mapa de amenaza a sismos.

Tipo de estación	Cantidad	Propósito	Operador	Precio
Equipo de refracción sísmica DOREMI	2	Estudios de microzonificación	CENAOS	\$ 112,000.00
Acelerógrafo	1	Detección de movimientos sísmicos en la cortina del embalse JCV	CENAOS	\$ 35,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 147,000.00</b>

Tabla 7. — Propuesta de equipo a adquirir para la mejora del monitoreo sísmico

## Fortalecimiento Institucional

### Actividad 11. Establecimiento de plataforma nacional para el intercambio de datos y el desarrollo de servicios hidrometeorológicos y climáticos

Se debe realizar un Acuerdo interinstitucional de coordinación y cooperación para intercambiar datos e información entre la DGRH y CENAOS, el cual contenga Anexos Técnicos de Cooperación en temas específicos, como, por ejemplo:

- Protocolos para el intercambio de datos comunes y estandarización de la adquisición y control de calidad;
- Integración de bases de datos existentes en una base de datos nacional que incluya el acopio de datos diarios hidrometeorológicos en tiempo real, datos climáticos e hidrométricos históricos;
- Estándares para operación y mantenimiento de estaciones, incluyendo la calibración;
- Coordinación y colaboración en el desarrollo de productos en consulta con los sectores de usuarios;

- Sistemas de Información Geográfica para información hidrológica y climática, entre otros.

Además de establecer la plataforma nacional para el intercambio de datos, se incluirán actividades de capacitación del personal en temas relevantes para el fortalecimiento institucional. Se desarrollará un plan de formación, para asegurar que el personal de la DGRH y CENAOS esté adecuadamente capacitado. En caso de necesitar mayor personal, se detallarán los perfiles requeridos, especificando las habilidades y experiencias necesarias para cumplir con las nuevas responsabilidades o se podrían aunar esfuerzos con otras instituciones gubernamentales u organismos de cooperación. Asimismo, se evaluará y detallará cualquier cambio necesario en la estructura organizacional para garantizar una implementación eficiente y efectiva del plan. Estas medidas asegurarán que las instituciones cuenten con la capacidad y estructura necesarias para operar y mantener los sistemas hidrometeorológicos y climáticos mejorados. Para esto se realizará un documento con los detalles y se utilizará la base de datos del MCH, tal como se describió en los apartados anteriores.

## ELEMENTOS CLAVE PARA EL ÉXITO DEL PLAN

### Indicadores de Éxito y Métricas de Evaluación

Para asegurar el seguimiento y la evaluación efectiva del Plan de Optimización, se deben establecer indicadores claros que permitan medir el progreso y el éxito de las actividades planificadas, incluyendo el número de estaciones de observación instaladas y operativas, la capacitación del personal, la integración de la base de datos MCH y la satisfacción de los usuarios. Las métricas de evaluación podrían incluir la frecuencia y precisión de los datos recolectados, la eficacia de los ensayos de sistemas de alerta temprana y el impacto de la capacitación.

### Sostenibilidad

Para garantizar la sostenibilidad del plan a largo plazo, se debe establecer un plan de operación y mantenimiento anual dentro del presupuesto de las instituciones, incluyendo además la actualización regular de equipos y software. Es fundamental fomentar la colaboración con instituciones gubernamentales que también posean estaciones hidroclimatológicas, como la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil (AHAC) y la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). Esta colaboración no solo proporcionará apoyo técnico, sino que también fortalecerá las capacidades de todas las instituciones involucradas, asegurando un enfoque cohesivo y robusto en la gestión de los recursos hidrometeorológicos y climáticos a nivel nacional.

## Participación de Partes Interesadas

La participación activa de las partes interesadas es fundamental para el éxito del plan. Se detallarán las estrategias para involucrar a las partes interesadas en todas las fases de implementación y seguimiento del plan. Se puede involucrar a las partes interesadas a través de talleres y consultas públicas, colaboraciones con instituciones gubernamentales y no gubernamentales, el desarrollo de mecanismos de comunicación efectiva para denotar el progreso y resultados del plan.

## EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Actividades	Corto Plazo						Mediano Plazo				Costo					
	Años		Meses		Meses		Meses		Meses							
	1	2	3	4	5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
<b>Mejora de la Provisión de Servicios</b>																
<b>Actividad 1:</b> Formación y capacitación de personal																\$1,273,800.00
<b>Actividad 2:</b> Página Web interactiva para las tres instituciones CENAOs, DGRH y SAG. Primer año construcción/actualización de las páginas. Último año actualización de productos digitales desarrollados a través del proyecto.																\$60,000.00
<b>Actividad 3:</b> Mejora de la calidad del pronóstico																\$216,600.00
<b>Actividad 4:</b> Desarrollo de estudios en la cuenca del río Nacaome para definir mapas de amenazas, vulnerabilidad y riesgo para ensayos de pronósticos por impacto.																\$150,000.00
Sub total															\$1,700,400.00	
<b>Modernización de la Infraestructura de observación y pronósticos</b>																
<b>Actividad 5:</b> Mejora de las redes de observación meteorológica, hidrológica y climática. Adquisición de equipo, instalación, mantenimiento y aforos.																\$900,000.00
<b>Actividad 6:</b> Calibración y mantenimiento de los radares. El primer año es para la adquisición de repuestos y mantenimiento de los radares, el segundo año es para la calibración.																\$280,000.00
<b>Actividad 7:</b> Evaluación y mejoramiento del monitoreo de agua subterránea.																\$75,900.00
<b>Actividad 8:</b> Evaluación y monitoreo de la calidad del agua																\$190,768.66
<b>Actividad 9:</b> Integración de datos hidrometeorológicos y climáticos en una base de datos nacional.																\$40,000.00
<b>Actividad 10:</b> Mejora de observación y monitoreo sísmico de la hidroeléctrica José Cecilio del Valle. Primer año adquisición de acelerógrafos e instalación. Segundo y tercer año adquisición de equipo de refracción sísmica para estudio de microzonificación en la cuenca.																\$147,000.00
Sub total															\$1,633,668.66	
<b>Fortalecimiento Institucional</b>																
<b>Actividad 11:</b> Establecimiento de plataforma nacional para el intercambio de datos y el desarrollo de servicios hidrometeorológicos y climáticos.																\$5,000.00
Sub total															\$5,000.00	
<b>TOTAL</b>															<b>\$3,339,068.66</b>	

El desarrollo de este Plan de Optimización para la Modernización de los Servicios Hidrológicos, Meteorológicos y Climáticos de Honduras ha sido posible gracias al liderazgo de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) a través de la Unidad Administradora de Proyectos (UAP), y a la valiosa colaboración y el compromiso inquebrantable de dos instituciones clave:

La Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), cuya experiencia en la gestión integral de los recursos hídricos ha sido fundamental para la elaboración de este plan.

El Centro Nacional de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos (CENAOS) de la Secretaría de Estado en los Despachos de Riesgos y Contingencias Nacionales (COPECO), cuyo conocimiento técnico y dedicación a la meteorología y la gestión de riesgos han enriquecido significativamente este documento.

Su participación activa, aporte de conocimientos y compromiso con la mejora de los servicios hidrometeorológicos en Honduras han sido esenciales para la creación de este plan integral y estratégico.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la SAG y su UAP por su liderazgo, así como a las instituciones mencionadas por su invaluable contribución a este esfuerzo, que sin duda fortalecerá la resiliencia climática y la gestión de recursos hídricos en la región.

