

Términos de referencia (TdR) para la adquisición de servicios por debajo de los umbrales de la UE



CONFIDENTIAL

PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PRONÓSTICO PARA LA GENERACIÓN RENOVABLE (SOLAR Y EÓLICA)

**N.º de proyecto /
unidad de costos:

G-012161-001**

0. Índice de abreviaturas	2
1. Contexto.....	3
2. Tarea para el contratista	5
3. Plan de personal	9
Jefe o jefa de equipo.....	9
Experto o experta clave 1.....	10
4. Pautas sobre formato de la oferta.....	11

0. Índice de abreviaturas

CNDC	Comité Nacional de Despacho de Carga
CPERv	Centro de Pronóstico y Energías Renovables variables
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia
ERv	Energías Renovables variables
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo
IIDEPROQ	Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos
PADEM	Pronóstico y Análisis de Datos de Energía y Meteorológicos
PEERR	Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética
ProTransición	Programa de Fortalecimiento a la Transición Energética en Bolivia
SIN	Sistema Interconectado Nacional
TdR	Términos de referencia
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
VMEER	Viceministerio de Electricidad y Energías Renovables

1. Contexto

1.1 Información general

Bolivia posee un alto potencial para diversificar su matriz energética a través de fuentes renovables, especialmente la energía eólica y solar fotovoltaica, gracias a su geografía privilegiada. Regiones como el Altiplano presentan niveles elevados de radiación solar, mientras que los llanos orientales experimentan vientos constantes que pueden ser aprovechados para una generación eléctrica sostenible. No obstante, la integración de estas fuentes al sistema eléctrico nacional requiere una planificación adecuada, ya que su producción depende de factores climáticos y presenta una alta variabilidad.

En este contexto, contar con pronósticos precisos de generación renovable es fundamental para optimizar la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), garantizar la estabilidad de la red y reducir la dependencia de fuentes fósiles, contribuyendo así a la diversificación energética y a la reducción de emisiones de carbono en el país.

Con este objetivo, la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), a través de su Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética (PEERR), apoyó al sector eléctrico boliviano en el desarrollo del Centro de Pronóstico de Energías Renovables variables (CPERv). Esta plataforma tiene como finalidad brindar un servicio continuo de pronóstico de energías renovables variables (ERv) que permita una operación más estable del SIN, frente al creciente aporte de fuentes eólica y solar.

El CPERv fue desarrollado juntamente con actores clave del sector eléctrico: el Viceministerio de Electricidad y Energías Renovables (VMEER), la Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia (ENDE), el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC), y la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), a través del Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos (IIDEPROQ).

En 2020, el programa PEERR-II implementó los primeros pronósticos de recursos eólico y solar a través del CPERv, en coordinación con el Centro de Modelación y Simulación Numérica del IIDEPROQ de la UMSA. Esta etapa inicial permitió generar reportes diarios de pronóstico para los operadores de parques eólicos y solares fotovoltaicos del país.

Durante la etapa operativa, el posprocesamiento de datos requiere de validación y retroalimentación constante, en coordinación con los operadores de los parques generadores, quienes proporcionan datos de operación diarios. Para fortalecer esta dinámica, se realizaron visitas técnicas a los parques eólicos de Qollpana (Cochabamba) y Warnes (Santa Cruz), así como al Parque Solar Fotovoltaico de Oruro. En estas visitas se identificaron limitaciones en el envío y recepción de datos de monitoreo, así como necesidades de capacitación técnica en tratamiento de datos y retroalimentación efectiva hacia el CPERv.

En los próximos años, el SIN incorporará nuevas unidades de generación eólica y solar, lo que implicará un incremento en la producción de datos, una mayor complejidad en el tratamiento de información y mayores requerimientos de formación para el personal operativo. Por ello, es esencial asegurar la transferencia tecnológica de las herramientas digitales desarrolladas y del conocimiento adquirido durante los últimos tres años de operación del CPERv, con el objetivo de garantizar su sostenibilidad y continuar avanzando en las líneas de investigación para el pronóstico de ERv.

Asimismo, la programación del despacho de carga realizada por el CNDC requiere pronósticos con bajo margen de error y datos de alta calidad sobre la generación de energía renovable. Para lograrlo, es indispensable establecer un marco regulatorio que garantice la calidad y confiabilidad del servicio de pronóstico. En este sentido, en diciembre de la gestión 2025 tras la transferencia de tecnología de las herramientas digitales, el CNDC crea la División de Pronóstico y Análisis de Datos de Energía y Meteorológicos (PADEM), la cual se encargará de operar técnicamente el CPERv.

En esta línea, el nuevo Programa “Fortaleciendo la Transición Energética en Bolivia” (ProTransición) implementada por la GIZ busca apoyar al sector eléctrico en la creación de condiciones técnicas, financieras y organizativas que fomenten el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la movilidad eléctrica. Entre sus acciones, ProTransición brinda asistencia técnica para la estandarización y optimización del pronóstico de generación renovable (solar fotovoltaica y eólica), contribuyendo así a una transición energética ordenada y sostenible.

1.2 Objetivo General

Desarrollar una propuesta normativa que estandarice formatos, plazos y niveles de calidad de pronóstico centralizado de energías renovables variables (eólica y solar fotovoltaica), que establezca obligaciones de entrega y validación de información, así como también, defina periodicidad de reportes para optimizar su uso en la programación y operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

1.3 Objetivos Específicos

- I. Realizar un diagnóstico del marco normativo vigente en Bolivia, con relación al pronóstico de energías renovables (eólica y solar fotovoltaica).
- II. Realizar el análisis del marco normativo vigente en por lo menos 5 países, con relación a las mejores prácticas internacionales (a nivel Latinoamérica y a nivel global), aplicadas al pronóstico de energías renovables (eólica y solar fotovoltaica).
- III. Analizar qué actividades específicas realizará la División de Pronóstico del CNDC (PADEM) con relación a la recepción y validación de los pronósticos enviados por los Agentes Generadores, así como la generación de reportes y gestión de nivel de confianza en el procesamiento de la información (gestión de la incertidumbre y confiabilidad de los pronósticos para su uso en la operación del SIN).
- IV. Analizar y proponer metodologías estadísticas y/o probabilísticas, así como de gestión de nivel de confianza, aplicables a la validación periódica de los pronósticos de generación eólica y solar.
- V. Proponer tipos de pronóstico y definir criterios o estándares mínimos para su evaluación.
- VI. Desarrollar una propuesta técnica y regulatoria para establecer, evaluar, implementar y asegurar la sostenibilidad en el tiempo del sistema pronóstico de energías renovables variables (eólica y solar), en el sector eléctrico boliviano.
- VII. Evaluar los costos de operación y mantenimiento asociados a la implementación de la propuesta normativa.

VIII. Diseñar una estrategia de gestión y capacitación, que establezca un cronograma escalonado para asegurar la implementación progresiva de la propuesta normativa de pronósticos.

2. Tarea para el contratista

El contratista será responsable de la realización de las prestaciones siguientes:

Usar los formatos establecidos por la GIZ para la entrega del plan de trabajo, informes y presentaciones, los cuales serán provistos mediante una reunión introductoria y aclaratoria en temas comunicacionales.

Establecer un flujo de comunicación con un actor principal para la coordinación directa de: solicitud de información (cuando corresponda), revisión y aprobación de informes.

Realizar y socializar el plan de trabajo en una reunión introductoria (kick-off), en la cual se explique: la duración de las actividades para el cumplimiento de los hitos, la metodología de trabajo, las fechas de presentación de productos y los resultados obtenidos.

Desarrollar e implementar una metodología de trabajo a través de reuniones y talleres con los puntos focales del sector eléctrico, la GIZ y otros actores que se requieran incorporar, para:

- Evaluar los avances realizados durante el desarrollo de la consultoría.
- Recibir los insumos y directrices necesarios para el desarrollo de las actividades.
- Consensuar los resultados obtenidos en cada componente.
- Promover la apropiación de los resultados por los actores socios del sector eléctrico.

Elaborar un informe final que contenga todas las actividades, tareas y resultados obtenidos durante la consultoría.

Socializar y consensuar los resultados obtenidos mediante una presentación a los actores del sector eléctrico participantes de la consultoría.

Las actividades descritas en la siguiente sección deben ser aplicables a sistemas solares fotovoltaicos y eólicos; son las mínimas necesarias para realizar la consultoría, siendo que estas no son limitativas para el cumplimiento del objetivo y que cualquier adición será considerada en la evaluación. Asimismo, la GIZ/ProTransición apoyará en la gestión de información correspondiente necesaria para cada actividad:

2.1. Actividad 1: Diagnóstico del marco normativo de energías renovables en Bolivia y benchmarking internacional

Tareas mínimas del consultor:

- Revisión documental de la normativa vigente en Bolivia sobre pronóstico de energías renovables variables (eólica y solar fotovoltaica).
- Identificación de vacíos regulatorios y oportunidades de mejora en la normatividad actual.
- Análisis del marco normativo y experiencias internacionales de por lo menos 5 países, relacionados con regulación de pronósticos de energías renovables para identificar buenas prácticas aplicables al contexto boliviano.

- Conformar un grupo de trabajo con actores clave del sector eléctrico boliviano (VMEER, AETN, CNDC, IIDEPROQ-UMSA, IBMETRO, Agentes Generadores y otros interesados) desde las perspectivas técnica y regulatoria. De ser necesario, realizar un viaje (de al menos cuatro (4) días) en sitio para recopilar más información sobre el estado actual de la generación renovable en Bolivia.
- Elaboración de un informe de diagnóstico normativo con hallazgos y recomendaciones iniciales.

2.2. Actividad 2: Evaluación y fortalecimiento de la División de Pronóstico y Análisis de Datos de Energía y Meteorológicos (PADEM) del CNDC.

Tareas mínimas del consultor:

- **Diagnóstico de factibilidad y posibles brechas operativas de PADEM.** Realizar un análisis técnico-operativo de la capacidad actual del PADEM en el rol de centro de pronóstico de generación eólica y solar del SIN, considerando:
 - Validación y control de calidad de la información, la gestión de niveles de confianza e incertidumbre, y la emisión de reportes operativos para programación y operación en tiempo real.
 - El diagnóstico deberá identificar brechas, riesgos, dependencias de datos (SCADA/mediciones/meteorología), y condiciones habilitantes para su sostenibilidad.
- **Diagnóstico del modelo funcional de PADEM y sus responsabilidades.** Analizar el alcance y funciones mínimas de PADEM en su rol de centro de pronóstico y proponer mejoras en relación a los procesos y responsabilidades para:
 - Relacionamiento y coordinación con Agentes Generadores (formatos, plazos, intercambio de datos, retroalimentación y cumplimiento).
 - Interfaz con programación operativa (day-ahead, intra-day) y con la operación de la generación (tiempo real, rampas, eventos).
 - Gestión de requerimientos e interacción con el Organismo Regulador y con las entidades competentes del sector eléctrico con respecto a la generación de fuentes renovables variables (criterios de validación, auditoría, trazabilidad, indicadores y reportabilidad).
 - Priorización explícita: mejoras estructurales al pronóstico eólico (principal) y ajustes puntuales al pronóstico solar FV (secundario), indicando qué mejoras corresponden a datos, modelado, validación y operación.
- Estandarización de flujos y entregables operativos.
- **Proponer el flujo “pronóstico, validación, publicación, uso operativo”**, incluyendo: periodicidad, ventanas de publicación, versiones, bitácora, trazabilidad, y niveles de agregación (por planta, zona y sistema), asegurando compatibilidad con las necesidades del despacho.

- **Propuesta de gobernanza mínima y sostenibilidad.** Recomendar mecanismos para asegurar continuidad en el tiempo: procedimientos documentados, controles de cambios, repositorio de datos/modelos, esquema de auditoría, y capacidades mínimas del equipo (perfiles y turnos, si aplica), con foco en operación robusta y mejora continua.
- **Metodología de pronóstico eólico.** Diseñar la metodología para pronóstico eólico, incluyendo:
 - Requerimientos y fuentes de datos (SCADA/planta, mediciones meteorológicas disponibles, datos NWP como WRF/GFS/ECMWF u otros disponibles para PADEM).
 - Preprocesamiento y control de calidad, consistencia temporal, tratamiento de datos faltantes y trazabilidad.
 - Enfoque de modelado: corrección de sesgo, downscaling, conversión viento a potencia eléctrica (curva de potencia y/o modelos estadísticos/inteligencia artificial).
 - Definición de horizontes y resolución temporal de entrega para uso operativo (ej., 24h, 48–72h), alineado a la programación del despacho.
 - Metodología de incertidumbre y nivel de confianza (p. ej., bandas/percentiles/ensambles) y reglas de uso operativo.
- **Metodología de pronóstico solar fotovoltaico.** Diseñar la metodología para pronóstico solar fotovoltaico, incluyendo:
 - Complementar la metodología para pronóstico solar, incluyendo:
 - Definición de horizontes y resolución temporal de entrega para uso operativo (ej., 24h, 48–72h), alineado a la programación del despacho.
 - Metodología de incertidumbre y nivel de confianza (p. ej., bandas/percentiles/ensambles) y reglas de uso operativo.
 - Ajustes puntuales a la metodología existente en PADEM priorizando mejoras de validación y reporte.
- **Implementación mínima.** Implementar y dejar operativo en PADEM el sistema de pronóstico para dos casos piloto, como mínimo:
 - Un parque eólico de Santa Cruz, y ○ Un parque eólico de Cochabamba.
 - Para cada piloto, el consultor deberá:
 - Configurar la ingesta de datos (captura y recepción de datos).
 - Entrenar/calibrar el modelo y ejecutar backtesting con el histórico disponible.

- Entregar pronóstico en formato utilizable por despacho (ej., CSV/JSON/API o plantilla acordada), incluyendo nivel de confianza.
- Reportar desempeño y recomendaciones de mejora (técnicas y operativas).

2.3. Actividad 3: Propuesta técnica y regulatoria.

Tareas mínimas del consultor:

- Desarrollo de una propuesta técnica y regulatoria para establecer, estandarizar procedimientos, evaluar, implementar y asegurar la sostenibilidad en el tiempo del sistema pronóstico de energías renovables variables (eólica y solar fotovoltaica) en el sector eléctrico boliviano.
- Análisis y propuesta de al menos 2 metodologías de evaluación del pronóstico y gestión de nivel de confianza, que incluyan indicadores de calidad y criterios de validación.
- Asimismo, entrevistarse con un profesional con experiencia en la operación de la red con alta incorporación de Energías Renovables de la región (ej., CEN-Chile, CAMMESA Argentina, ONS Brasil, u otros).
- Planteamiento de recomendaciones para la implementación de un sistema de pronóstico centralizado en el contexto regulatorio actual.
- Elaboración de una guía estratégica de gestión y capacitación, que establezca un cronograma escalonado para asegurar la implementación progresiva de la propuesta normativa de pronósticos, así como el fortalecimiento de conocimientos en la metodología desarrollada en la propuesta.

Socializar los resultados obtenidos en el marco de todas las actividades desarrolladas, incluyendo la validación con el VMEER y actores relevantes del sector eléctrico, y presentar el informe final consolidado de la consultoría.

Durante el período de vigencia del contrato se deberán alcanzar determinados hitos, tal como se recoge en la siguiente tabla:

Hitos / pasos del proceso / Productos / prestaciones parciales	Plazo / lugar / persona responsable
Presentación del plan de trabajo (cronograma de actividades y metodología)	24.04.2026 / La Paz / Personal técnico a designar (GIZ)
Presentación del diagnóstico del marco normativo de energías renovables en Bolivia y benchmarking internacional.	25.05.2026 / La Paz / Personal técnico a designar (GIZ)
Presentación de la evaluación de la división PADEM del CNDC.	24.08.2026 / La Paz / Personal técnico a designar (GIZ)
Presentación de la propuesta técnica y regulatoria.	26.10.2026 / La Paz / Personal técnico a designar (GIZ)

Socialización de los resultados y presentación del informe final.	16.11.2026 / La Paz / Personal técnico a designar (GIZ)

Período de asignación: Del **24/04/2026** al **16/11/2026**.

Se prevé la siguiente forma de pago:

N ^o	Hito de pago	Fecha	Días de trabajo [DT]	Porcentaje de pago [%]
1	A la entrega de la evaluación y fortalecimiento del PADEM.	31.08.26	40	40,49%
1	A la entrega del informe final aprobado.	16.11.26	63	59,51%

3. Plan de personal

Habilidades interpersonales de los y las miembros del equipo

Más allá de sus cualificaciones técnicas, los y las miembros del equipo también deberían poseer las siguientes aptitudes:

- Capacidad de trabajar en equipo
- Iniciativa propia
- Aptitudes comunicativas
- Competencia sociocultural
- Actuación eficiente orientada a socios y clientes
- Pensamiento interdisciplinario

A continuación, se describen las responsabilidades y aptitudes del equipo para el desarrollo del estudio:

Jefe o jefa de equipo

Tareas del jefe o de la jefa de equipo

- Responsabilidad general sobre los paquetes de asesoramiento del contratista (calidad y plazos).
- Revisar, comprender y analizar la normativa actual vigente para el desarrollo efectivo de la consultoría.
- Coordinar y asegurar la comunicación con la GIZ, los socios y otras partes involucradas en el proyecto.
- Atender las consultas y solicitudes de modificación y/o complementos necesarios para la elaboración del informe.
- Gestionar al personal bajo su responsabilidad.
- Presentar los informes acordes a los plazos establecidos.

- Materializar la experiencia regional e internacional para el desarrollo de los productos y el informe final.
- Revisar, comprender y analizar la legislación y normativa vigente nacional para el desarrollo efectivo de la consultoría.
- Recopilar y sistematizar la información nacional, regional e internacional necesaria para el desarrollo de las actividades.
- Presentar los resultados obtenidos de cada componente a la contraparte.

Cualificaciones del jefe o de la jefa de equipo

- Formación (2.1.1):
Título universitario (licenciatura / máster) en Ciencias Atmosféricas, Física, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Ingeniería Ambiental y/o ramas afines. Especialización modelado meteorológico (NWP), meteorología aplicada a energía, pronóstico de generación renovable, análisis de datos meteorológicos/energéticos, y/o integración con SCADA/EMS (deseable).
- Experiencia profesional general (2.1.2):
Experiencia profesional de al menos diez (10) años en meteorología aplicada, energía o analítica de datos para pronóstico.
- Experiencia profesional específica (2.1.3):
Experiencia directa en al menos dos (2) proyectos desarrollo, implementación u operación de sistemas de pronóstico meteorológico y/o de potencia renovable (eólico y solar fotovoltaico) y conocimiento práctico de modelos y fuentes de predicción meteorológica: WRF/WRF-Solar, GFS, ECMWF u otros, incluyendo su integración con modelos de pronóstico de energía.
Participación en al menos cuatro (4) estudios, publicaciones o consultorías vinculadas a la integración de generación variable en el despacho operativo.
- Experiencia en dirección / gestión (2.1.4):
Demostrar por lo menos tres (3) años de experiencia en la dirección / gestión de equipos en proyectos o como directivo o directiva en empresas o instituciones.
- Experiencia regional (2.1.5):
Experiencia regional en al menos dos (2) estudios relacionados al pronóstico en energías renovables.
- Otros (2.1.6):
Se valorará las capacidades y/o habilidades que complementen y beneficien el desarrollo de la consultoría. Además, se contabilizará el valor agregado que pueda agregar a la consultoría en función a su expertis.

Experto o experta clave 1

Tareas del experto o de la experta clave 1

- Revisar, comprender y analizar la legislación y normativa vigente regional para el desarrollo efectivo de la consultoría.
- Apoyar en la coordinación y asegurar la comunicación con la GIZ, los asociados y otras personas que participan para: la solicitud de información, presentación de avances según los hitos mencionados para su aprobación.
- Desarrollar las actividades descritas y analizar los impactos con las correspondientes recomendaciones a la normativa, regulaciones y/o metodologías aplicadas.
- Atender las consultas y solicitudes de modificación y/o complementos necesarios para la elaboración de cada hito.

- Presentación de informes de acuerdo con los plazos.
- Presentar los resultados obtenidos para la elaboración del informe final.

Cualificaciones del experto o de la experta clave 1

- Formación (2.2.1):
Título universitario (licenciatura / máster) en Ciencias de la Computación, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Informática, Ciencia de Datos, Matemática/Estadística, Ingeniería Eléctrica o ramas afines.
Especialización o posgrado deseable en: Inteligencia Artificial / Machine Learning, series de tiempo, aprendizaje profundo, optimización, ingeniería de datos, y/o arquitectura de sistemas para analítica.
- Experiencia profesional general (2.2.2):
Experiencia profesional de al menos tres (3) años en el desarrollo de software, ciencia de datos o IA aplicada a problemas industriales, preferiblemente en energía o infraestructuras críticas.
- Experiencia profesional específica (2.2.3):
Experiencia directa en al menos dos (2) proyectos y/o estudios de diseño, entrenamiento, validación y despliegue de modelos de pronóstico (series de tiempo), idealmente para potencia renovable (eólico/FV) o variables meteorológicas.
Dominio de técnicas de IA/ML relevante:
 - Modelos de series de tiempo (p. ej., regresión, árboles/boosting, redes recurrentes tipo LSTM/GRU, Transformers para series, modelos híbridos físico-estadísticos).
 - Cuantificación de incertidumbre (predicción probabilística): quantile regression, ensambles, conformal prediction u enfoques equivalentes para bandas de confianza
 - Implementación de pipelines de datos: ingesta, limpieza, feature engineering, manejo de datos faltantes, y trazabilidad (lineage).
 - Participación en estudios o consultorías para integración de generación variable, aportando desde IA: evaluación de calidad, mejora de desempeño, automatización de reportes y tableros.
- Experiencia regional (2.2.5):
Experiencia regional en al menos dos (2) estudios o proyectos relacionados a implementación de modelos de IA.
- Otros (2.2.6):
Capacidades y/o habilidades que complementen y beneficien el desarrollo de la consultoría.

4. Pautas sobre formato de la oferta

La estructura de la oferta del licitador deberá corresponderse con la estructura de los TdR. En particular, la estructura detallada de la concepción (capítulo 3) debería estar organizada de acuerdo con la estructura de los criterios ponderados (no puestos a cero) en los criterios de valoración. La oferta deberá ser fácilmente legible (tamaño de fuente 11 o superior) y estar escrita en un estilo comprensible. El idioma de la oferta será el español.

La oferta al completo no podrá abarcar más de 10 páginas (excluidos los currículos). En caso de excederse uno de los números de páginas máximos establecidos, no se tendrán en cuenta para la evaluación los contenidos de las

páginas que superen el límite. Tampoco se tendrán en cuenta los contenidos externos (p. ej., enlaces a páginas web).

Los currículos del personal ofrecido conforme al capítulo 4 de los TdR deberán presentarse en el formato especificado en las condiciones de solicitud. Los currículos no excederán las 4 páginas. Del CV debe desprenderse el puesto y la función asumida por la persona propuesta en los proyectos relevantes mencionados y la duración de su actividad en dichos proyectos. Los CV deben estar redactados en español.

Calcule su oferta de precios exactamente sobre la base de los parámetros mencionados en el capítulo 5 “Pautas para el cálculo”. En virtud del contrato no existe un derecho a agotar los días o presupuestos o realizar todos los talleres previstos. El número de días, talleres y el importe de los presupuestos se acordarán contractualmente como valor “máximo”. Las pautas sobre la formación de precios están recogidas en la especificación de precios.

Facturación

La Empresa deberá necesariamente entregar la factura correspondiente por el total de cada pago percibido del costo de la consultoría, emitida a nombre de GIZ, con Número de Identificación Tributaria NIT 99001.

Propiedad Intelectual

Los materiales producidos bajo los presentes Términos de Referencia, tales como diseños metodológicos, escritos, reportes, gráficos, fotografías, cintas magnéticas, programas de computación y demás son de propiedad exclusiva de la GIZ. Este derecho propietario continuará vigente aún después de la conclusión de la relación contractual de las partes.