

## **SOLICITUD DE EXPRESIONES DE INTERÉS** **SERVICIOS DE CONSULTORÍA**

*Selección #: CO-T1663-P001*

*Método de selección: Selección Competitiva Simplificada*

*País: Colombia*

*Sector: Energía*

*Financiación - TC #: ATN/PI-19633-CO*

*Proyecto #: CO-T1663*

*Nombre del TC: Apoyo a la transición energética en Colombia*

*Descripción de los Servicios: Estudio de ingeniería conceptual avanzada para una planta de producción de urea verde a partir de hidrógeno renovable*

*Enlace al documento TC: <https://www.iadb.org/es/project/CO-T1663>*

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está ejecutando la operación antes mencionada. Para esta operación, el BID tiene la intención de contratar los servicios de consultoría descritos en esta Solicitud de Expresiones de Interés. Las expresiones de interés deberán ser recibidas usando el Portal del BID para las Operaciones Ejecutadas por el Banco <http://beo-procurement.iadb.org/home> antes de *23 de noviembre de 2022* 5:00 P.M. (Hora de Washington DC).

Los servicios de consultoría ("los Servicios") incluyen: contratar una ingeniería conceptual avanzada de una planta de producción de urea verde con capacidad de producción de entre 60-100 TPD. El hidrógeno que se emplea como reactivo del proceso de síntesis de amoníaco deberá ser producido mediante electrólisis del agua y usando energía eléctrica de fuentes renovables no convencionales. El plazo estimado para realizar los servicios es de cinco (5) meses y el valor de la consultoría será de aproximadamente de US\$ 200.000.

Las firmas consultoras elegibles serán seleccionados de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Banco Interamericano de Desarrollo: [Política para la Selección y Contratación de Firmas Consultoras para el Trabajo Operativo ejecutado por el Banco - GN-2765-4](#). Todas las firmas consultoras elegibles, según se define en la política, pueden manifestar su interés. Si la Firma consultora se presentara en Consorcio, designará a una de ellas como representante, y ésta será responsable de las comunicaciones, del registro en el portal y del envío de los documentos correspondientes. Las firmas deberán enviar información que demuestren su experiencia conforme los siguientes aspectos:

- Experiencia en la estructuración de proyectos que utilizan por insumo energía proveniente de fuentes no convencionales de energía y tienen como parte de su objeto minimizar las emisiones de GEI en sus procesos productivos.
- Experiencia en el desarrollo, construcción y operación de proyectos industriales en sectores intensivos en el consumo de energía, incluyendo específicamente los sectores de químicos y fertilizantes o relacionados.
- Experiencia en el diseño e ingeniería de plantas industriales, de generación de energía eléctrica, energía térmica, o sistemas de carácter industrial para manufactura o producción, incluyendo experiencia en la región de América Latina y el Caribe.

El BID invita ahora a las firmas consultoras elegibles a expresar su interés en prestar los servicios descritos arriba donde se presenta un [borrador del resumen de los Términos de Referencia](#) de esta asignación. Las firmas consultoras interesadas deberán proporcionar información que indique que están calificadas para suministrar los servicios (folletos, descripción de trabajos similares, experiencia en condiciones similares, disponibilidad de personal que tenga los conocimientos pertinentes, etc.). Las firmas consultoras elegibles se pueden asociar como un emprendimiento conjunto o en un acuerdo de sub-consultoría para mejorar sus calificaciones. Dicha asociación o emprendimiento conjunto nombrará a una de las firmas como representante.

Las firmas consultoras elegibles que estén interesadas podrán obtener información adicional en horario de oficina, 09:00 a.m. - 5:00 PM (Hora de Washington DC), mediante el envío de un correo electrónico a: *Alvaro Mejia Villegas, correo: [alvarome@iadb.org](mailto:alvarome@iadb.org) y Julian Gonzalez, correo: [juliango@iadb.org](mailto:juliango@iadb.org)*

Banco Interamericano de Desarrollo

División: *Energía*

Atención: *Alexandra Planas*

Carrera 7 N 71-21, Torre B Piso 19, Bogotá, Colombia.

Tel: *(57-1) 325-7000*

Fax: *(57-1) 325-7050*

Email: *[BIDColombia@iadb.org](mailto:BIDColombia@iadb.org)*

Sitio Web: *[www.iadb.org](http://www.iadb.org)*

*Proceso de selección #CO-T1663-P001*

## **BORRADOR TÉRMINOS DE REFERENCIA**

*Estudio de ingeniería conceptual avanzada para una planta de producción de urea verde a partir de hidrógeno renovable*

Colombia

ATN/PI-19633-CO

CO-T1663

<https://www.iadb.org/es/project/CO-T1663>

*Apoyo a la transición energética en Colombia*

### **1. Antecedentes y Justificación**

- 1.1. El hidrógeno verde y de bajas emisiones se ha posicionado como un eje de descarbonización estratégico a nivel global, dadas sus aplicaciones complementarias como vector para los sectores de industria, transporte, y energía. Entre sus aplicaciones más relevantes y emergentes se encuentran su uso como un insumo para las industrias químicas, de alimentos, y fertilizantes, su potencial para desplazar al gas natural como combustible en las industrias siderúrgica, cementera, y de generación de calor, su uso como vector energético para movilidad cero emisiones, almacenamiento de electricidad, y producción de combustibles sintéticos, entre otros.
- 1.2. El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Minas y Energía ha desarrollado instrumentos de política pública que denotan un claro interés en avanzar en el despliegue de proyectos de hidrógeno verde y azul en el territorio nacional. Entre los instrumentos públicos más relevantes para dinamizar la economía del hidrógeno se encuentran la Hoja de Ruta para el Hidrógeno en Colombia, la expedición de la Ley 2099 de 2021 que integró los conceptos de hidrógeno verde y azul al marco normativo vigente para Fuentes No Convencionales de Energía, y el Decreto 1476 de 2022 del Ministerio de Minas y Energía que adopta disposiciones dirigidas a promover la innovación, investigación, producción, almacenamiento, distribución y uso del hidrógeno.
- 1.3. El artículo 5 de la Ley 2099 de 2021 define el hidrógeno verde como “el hidrógeno producido a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable, tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, el calor geotérmico, la solar, la mareomotriz, entre otros; y se considera Fuente No Convencional de Energía Renovable (FNCER).
- 1.4. Así mismo, el Artículo 2.2.7.1.2 del Decreto 1476 de 2022 del Ministerio de Minas y Energía denota que “los proyectos de producción de Hidrógeno Verde podrán utilizar energía eléctrica autogenerada o tomada de la red. La totalidad de la energía proveniente de la red debe ser respaldada con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), para lo cual se deberá suscribir un contrato bilateral de suministro de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), además de contar con certificados de energía renovable expedidos por un tercero bajo estándares internacionales reconocidos y verificables a través de una plataforma de consulta pública de registro”.

- 1.5. El Decreto 1476 de 2022 también indica que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía definirán el umbral máximo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para que el hidrógeno sea considerado de bajas emisiones.
- 1.6. Dentro de las alternativas de aprovechamiento del hidrógeno, la producción de amoníaco y fertilizantes verdes aparecen como una opción promisorio a corto plazo, en especial para un país como Colombia que tiene una alta dependencia de fertilizantes importados. La empresa beneficiaria de este estudio (en adelante LA EMPRESA) no es ajena a esta realidad y desea explorar y explotar sus capacidades en generación y comercialización de energías renovables no convencionales para la obtención de productos de mayor valor agregado, visualizando así una nueva oportunidad de negocio en esquemas de electrificación indirecta de la industria agrícola.
- 1.7. LA EMPRESA busca contratar, a través del Banco Interamericano de Desarrollo, una firma que pueda apoyarle en elaborar un estudio de Ingeniería conceptual avanzada de una planta para la producción de amoníaco y urea verdes, que tendrá una capacidad de producción proyectada de 60 -100 TPD. Este trabajo se realizará con base en una ingeniería conceptual, ya desarrollada y ejecutada para LA EMPRESA, en la cual se realizó un dimensionamiento general de la planta de producción y de los subsistemas que la componen.
- 1.8. El proceso de producción de la urea verde previsto para la planta se compone por: (a) el bloque de producción de hidrógeno verde vía electrólisis del agua, (b) el bloque de separación de aire (ASU) para la obtención de nitrógeno ( $N_2$ ), (c) recuperación y almacenamiento de oxígeno ( $O_2$ ), (d) el loop de producción de amoníaco vía Haber -Bosch, (e) el tren de producción (combustión) y limpieza de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), (f) el loop de síntesis de urea verde, (g) la planta de tratamiento de aguas, y (h) granulación, almacenamiento y empaquetado de la Urea. La figura 1 ilustra los principales componentes y consumos estimados de potencia, agua, vapor de proceso, de manera preliminar para la planta objeto de este estudio.

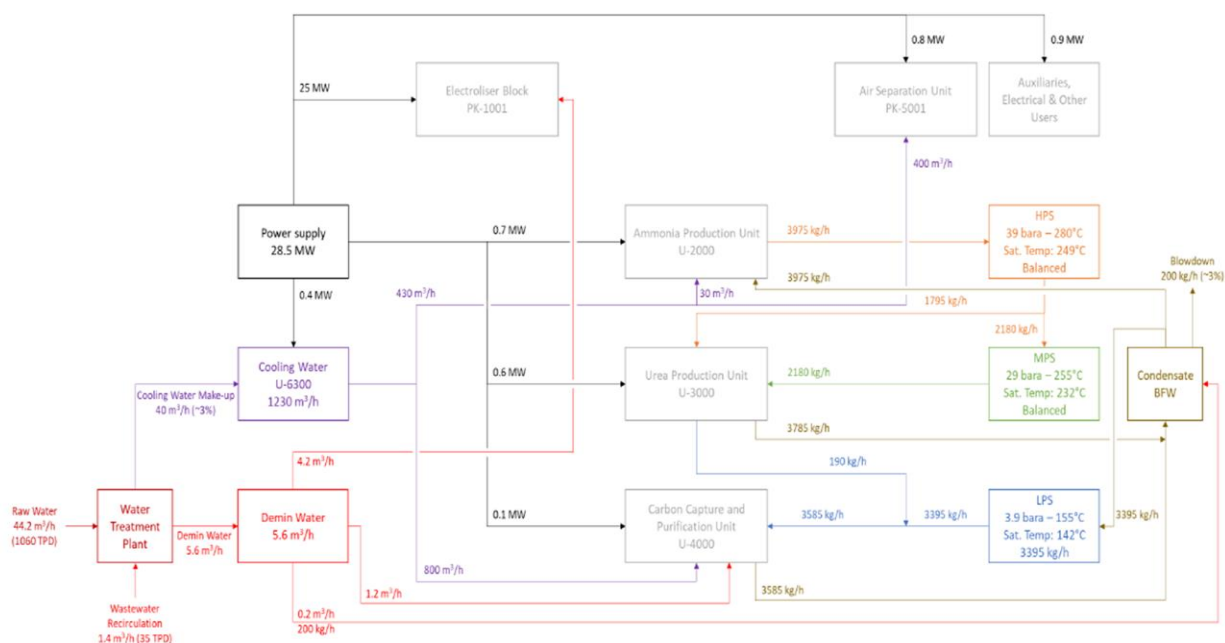


Figura 1. Esquema general de la planta de Urea.

1.9. Según los resultados de la ingeniería conceptual, la potencia estimada total para una producción máxima de 100 TPD de Urea es de 28,5 MWe, de los cuales 25 MWe corresponden al consumo en el electrolizador. Se estima una demanda de 75 TPD de CO<sub>2</sub>, 11 TPD de H<sub>2</sub>, 49 TPD de N<sub>2</sub> como insumos principales para la síntesis, cerca de 44,2 m<sup>3</sup>/h de agua de reposición de los circuitos de enfriamiento, 4,2 m<sup>3</sup>/h de agua para el proceso de producción de hidrógeno. Las fuentes de energía eléctrica renovables no convencionales para el suministro de potencia del proceso completo serán suministradas por LA EMPRESA con plantas de su pipeline instalado.

## 2. Objetivo

El objetivo del proyecto consiste en contratar una ingeniería conceptual avanzada de una planta de producción de urea verde con capacidad de producción de entre 60-100 TPD. El hidrógeno que se emplea como reactivo del proceso de síntesis de amoníaco deberá ser producido mediante electrólisis del agua y usando energía eléctrica de fuentes renovables no convencionales.

## 3. Alcance de los servicios

3.1. La Firma de ingeniería deberá desarrollar el alcance del estudio de tal forma que desarrolle un análisis técnico detallado del proyecto propuesto por LA EMPRESA, considerando todos los componentes de la cadena de valor, incluyendo, pero sin limitarse, a: (a) el bloque de producción de hidrógeno verde vía electrólisis del agua, (b) el bloque de separación de aire (ASU), (c) recuperación y almacenamiento de oxígeno, (d) el loop de producción de amoníaco vía Haber - Bosch, (e) el tren de producción y limpieza de CO<sub>2</sub>, (f) el loop de síntesis de urea, (g) la planta de tratamiento de aguas, y (h) granulación, almacenamiento y empaquetado de la Urea. La figura 1 ilustra los principales componentes y consumos estimados de potencia, agua, vapor de proceso, de manera preliminar para la planta objeto de este estudio.

3.2. La firma de ingeniería deberá completar la ingeniería avanzada de cada uno de los componentes del proceso con la ingeniería complementaria del balance de planta, que permita la integración y el comisionamiento de la misma.

3.3. Además de lo anterior, se busca:

- Estimado **discriminado** del CAPEX de equipos. Costos **clase III para equipos y loop de NH<sub>3</sub> y Urea**.
- Estimados de costos de montaje civil, eléctrico, mecánico, instrumentación y control.
- Estimado discriminado de OPEX por subsistema, indicando consumibles, partes, mano de obra, overhaul, entre otros.
- Estimado de emisiones contaminantes (atmosféricas, efluentes, residuos sólidos, ruido) como insumo para iniciar estudios de impacto ambiental.
- Configuración y distribución de planta.
- Este estudio deberá servir como base para estudios de ingeniería más avanzados (FEED).

**3.4. Límites de batería:** Se establece como límite inferior de batería la conexión al barraje principal de 13.8 y/o 34.5 kV donde se conectan las distintas fuentes de generación de energía eléctrica y la red (es alcance de LA EMPRESA la definición de estas fuentes de generación). A su vez se debe especificar el nivel de confiabilidad y/o redundancia de las barras de 4,16KV, 480V, sistemas de alimentación ininterrumpida etc. lo cual determinara un tipo de configuración en específico. (la subestación es del alcance de la propuesta). Como límite superior se define la bodega de almacenamiento de la urea empacada, incluyendo el sistema de empaque. Se entregará como información de entrada la calidad de agua disponible antes de ser alimentada a la planta de tratamiento de agua, es alcance de la propuesta la selección y dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua más adecuada para toda la planta de producción de urea verde. De igual manera, se entregará la composición química de los gases de combustión/Fermentador disponibles de una fuente existente de CO<sub>2</sub>.

#### **4. Actividades clave**

Para cumplir con los objetivos y el alcance del presente estudio, la Firma de ingeniería deberá realizar las siguientes actividades, sin perjuicio de aquellas que, de acuerdo con el avance del trabajo, resulten necesarias para el logro de los objetivos.

##### **4.1. Ingeniería conceptual avanzada de la planta de producción de urea verde**

*a. Elaboración de los entregables de ingeniería por componentes:* Para cada uno de los componentes de la planta, realizar las tareas y entregables que se listan a continuación.

##### **4.1.1. Electrolizador.**

El fundamento del proyecto es la producción de urea verde obtenida a partir del hidrógeno generado en un electrolizador. Hay dos tecnologías de producción de H<sub>2</sub> con TRL>8 (PEM, Alcalino). Se quiere saber cuál es la tecnología más recomendable desde el punto de vista técnico y económico para la planta de producción a pequeña escala, en este sentido, el objeto fundamental de este capítulo es:

- Seleccionar la tecnología y recomendar un vendor list del tipo de electrolizador seleccionado. Dentro de los criterios de selección considerar: consumo específico (kWh/kg H<sub>2</sub>); consumo de agua (m<sup>3</sup>/h); vida útil del Stack completo (años), presión (barg) y temperatura de operación (°C); footprint (m<sup>2</sup>); requerimientos de conexión eléctrica (V, A, Hz), mecánica; pureza del hidrógeno (% V/V); equipos auxiliares incluidos (Deoxy; deshumidificador, ventiladores, bombas, banco de rectificadores, transformador, chiller); CAPEX, OPEX.

Para el electrolizador seleccionado se requiere:

- Entregar los requerimientos de calidad de agua, reactivos, solventes y energía eléctrica para operar el electrolizador.
- Elaborar el estimado de CAPEX, CAPEX de reposición, INCOTERMS de los equipos y repuestos, plan de O&M año por año (por 15 años) indicando consumibles, overhaul, mano de obra, consumo de solventes, químicos, entre otros. Todo en moneda original (COP, USD, EUROS, etc.).

- Dimensionar el tamaño del tanque de almacenamiento de H<sub>2</sub> para respaldar la operación (para una parada segura) ante una contingencia de planta.
- Verificar que la calidad del Hidrógeno que entregue el electrolizador deberá estar en línea con las exigencias del proceso de amoniaco seleccionado.
- Entregar la hoja de especificaciones básico del equipo con información de pesos, medidas, embalaje para su importación, consumos de energía eléctrica, agua, solventes y químicos, marca del equipo y definición de límites de batería del equipo.
- Entregar el diagrama FPD-P&ID básico del equipo (LOD 200).
- Elaborar el cronograma de suministro, procura e instalación del electrolizador.
- Entregar el estimado de costos para obras civiles e hidrosanitarias, eléctricas, mecánicas y de control y automatización para la instalación del electrolizador y sus equipos auxiliares.

#### **4.1.2. Unidad Separadora de Aire (ASU).**

Hay dos tecnologías maduras que pueden encajar en el esquema de una planta de producción de fertilizantes a pequeña escala: Destilación criogénica y separación con PSA. La expectativa en este capítulo es:

- Seleccionar entre la destilación criogénica y PSA la mejor alternativa para el suministro de nitrógeno para la planta de producción de urea verde. En este aparte se solicita recomendar un vendor list del tipo de ASU seleccionado. Dentro de los criterios de selección considerar: consumo específico (kWh/tonN<sub>2</sub>); consumo de agua (m<sup>3</sup>/h); vida útil del equipo completo, recambio de material adsorbente si aplica (años), presión (barg) y temperatura de operación (°C); footprint (m<sup>2</sup>); requerimientos de conexión eléctrica (V, A, Hz), mecánica; pureza del nitrógeno (% V/V); equipos auxiliares incluidos (deshumidificador, ventiladores, bombas, chiller, compresores); CAPEX, OPEX.

Para el ASU seleccionado se requiere:

- Elaborar el estimado de CAPEX, CAPEX de reposición, INCOTERMS de los equipos y repuestos, plan de O&M año por año (por 15 años) indicando consumibles, overhaul, mano de obra, consumo de solventes, químicos, entre otros. Todo en moneda original (COP, USD, EUROS, etc.).
- Dimensionar el tamaño del tanque de almacenamiento de N<sub>2</sub> para respaldar la operación (para una parada segura) ante una contingencia de planta.
- Entregar la hoja de especificaciones básico del ASU con información de pesos, medidas, embalaje para su importación, consumos de energía eléctrica, agua, solventes y químicos, marca de la unidad y definición de límites de batería del equipo, presión de operación, flujo y composición química de los gases obtenidos.
- Entregar el diagrama PFD-P&ID básico (LOD 200) del sistema con sus balances de masa y energía.
- Entregar los requerimientos de calidad de agua, reactivos, solventes y energía eléctrica para operar el ASU.
- Entregar el cronograma de suministro, procura e instalación del ASU seleccionado.

- Entregar el estimado de costos de obras civiles, eléctricas, mecánicas para la instalación del ASU, sistemas auxiliares y unidad de back-up (si aplica).

#### **4.1.3. Aprovechamiento y almacenamiento de Oxígeno**

Se pretende valorar las corrientes de oxígeno puro disponibles en el electrolizador y ASU, por tanto, se quiere un estimativo de los costos de captura, conducción al sitio de compresión, compresión y almacenamiento del oxígeno para uso final. Si el oxígeno debiera purificarse considerar los equipos y accesorios requeridos para ello.

En el subsistema propuesto se pide realizar:

- Estimado de los consumos de energía eléctrica, agua, solventes, aceite, requeridos en el sistema de aprovechamiento de oxígeno.
- Estimativo detallado de CAPEX, INCOTERMS de los equipos y repuestos importados y OPEX del sistema de aprovechamiento de oxígeno puro, discriminando CAPEX y CAPEX de reposición por equipos, OPEX por repuestos, consumibles, overhaul del compresor y mano de obra.
- Elaborar el diagrama P&ID básico (LOD 200) del sistema de aprovechamiento de oxígeno.
- Estimado de costos de obras civiles, montajes, obras mecánicas y eléctricas requeridas para la implementación de la planta de aprovechamiento y almacenamiento de oxígeno.
- Elaborar la hoja de especificaciones básico de los equipos principales, indicando pesos, medidas, embalaje para su importación.

#### **4.1.4. Unidad Separación, Limpieza y generación de CO<sub>2</sub>.**

El proyecto aún no tiene una ubicación específica, sin embargo, los sitios potenciales cuentan con dos fuentes de suministro de CO<sub>2</sub>: una proveniente de gases de combustión de una caldera de biomasa y otra proveniente de los gases producto de la digestión anaeróbica en un fermentador de una planta de producción de etanol. El proyecto contemplará usar una u otra fuente según esquemas comerciales que se definirán con el cliente final, es decir, no hay nada preestablecido, sin embargo, se quiere saber en esta etapa las tecnologías disponibles para limpiar estas corrientes de gases, su CAPEX, OPEX, entre otros. En este aparte es importante:

- Definir requerimientos de cantidad y calidad de CO<sub>2</sub> requerido para el loop de síntesis de Urea.
- Seleccionar la mejor tecnología para la limpieza de una corriente de flue gas (composición entregada por LA EMPRESA) para obtener el CO<sub>2</sub> requerido en la síntesis de urea.
- Seleccionar la mejor tecnología para la limpieza de una corriente de gases provenientes de un fermentador (composición entregada por LA EMPRESA) para obtener el CO<sub>2</sub> requerido en la síntesis de urea.

Tanto para la tecnología seleccionada de limpieza de flue gas como de gases de fermentación se requiere:

- Elaborar el PFD- P&ID básico con balances de masa y energía de la planta de limpieza de CO<sub>2</sub>.



- Entregar vendor list de tecnologías de limpieza de CO<sub>2</sub>, hacer cuadro comparativo resaltando los consumos energéticos, equipos auxiliares requeridos, footprint, consumos de solventes, agua, químicos, tiempo de vida de equipos, materiales, costos de inversión, costos de operación y mantenimiento discriminados, estimado de disponibilidad anual de la planta.
- Elaborar la hoja de especificaciones (básica) de los equipos indicando pesos, dimensiones, embalaje para importación, consumos de energía eléctrica, agua, solventes y químicos, marca del equipo y definición de límites de batería del equipo, presión de operación, flujo y composición química de los gases obtenidos.
- Elaborar cronograma de suministro, procura e instalación del sistema de limpieza de CO<sub>2</sub>.
- Entregar estimado de costos de obras civiles, eléctricas, mecánicas para la instalación del sistema de CO<sub>2</sub> y equipos auxiliares.
- Elaborar el CAPEX, CAPEX de reposición, INCOTERMS de los equipos y repuestos importados, plan de O&M año por año (por 15 años) indicando consumibles, overhaul, mano de obra, insumos entre otros. Todo en moneda original (COP, USD, EUROS, etc.).
- Dimensionar, si aplica, un back up o buffer (almacenamiento de CO<sub>2</sub>) consistente con la operación de la planta de urea.

#### **4.1.5. Planta de tratamiento de aguas**

La calidad del agua es exigente para preservar la integridad de los electrolizadores, en la planta en su conjunto se requiere de alimentación de agua de distintas calidades (para generar vapor, circuitos de refrigeración, entre otros). La calidad del agua de entrada a la planta de tratamiento de aguas será suministrada por LA EMPRESA. La expectativa en este ítem es:

- Estimar la cantidad y calidad de agua para el electrolizador, unidades de generación de vapor, agua de enfriamiento, indicando el flujo, composición química, presión y temperatura.
- Seleccionar la mejor alternativa de tratamiento, resaltando aspectos técnicos, consumo de energía eléctrica, eficiencia, consumo de reactivos, disponibilidad de la planta, footprint, costos de inversión, costos de operación considerando dentro de estos los químicos necesarios para la operación periódica, los requerimientos normativos de uso de estos (permisos etc.) y mantenimiento.

Para la tecnología de tratamiento seleccionada:

- Entregar un vendor list de la tecnología de tratamiento de aguas seleccionada, hacer cuadro comparativo de las mismas indicando CAPEX, CAPEX de reposición, ICONTERMS, OPEX estimado de repuestos, consumibles, manos de obra, overhaul.
- Elaborar el estimado de efluentes y contaminantes liberados durante la operación de la planta de tratamiento y sistemas de aprovechamiento de dichos efluentes con sus respectivos costos CAPEX y OPEX. Posibles escenarios de reúso de dichos efluentes.
- Elaborar el diagrama FPD-P&ID básico (LOD 200) de la planta de tratamiento de aguas.

- Elaborar la hoja de especificación (básica) de los equipos auxiliares de la planta de tratamiento de aguas, definiendo peso, dimensiones, condiciones de embalaje, requerimientos eléctricos para la operación.
- Elaborar cronograma de suministro, procura e instalación del sistema de tratamiento de aguas seleccionada.
- Entregar estimado de costos de obras civiles, eléctricas, mecánicas para la instalación del sistema de tratamiento de aguas y equipos auxiliares.

#### 4.1.6. Loop de síntesis de amoníaco

La tecnología probada y más utilizada para la síntesis de amoníaco verde es a través del **proceso Haber-Bosch**, sin embargo, hay variantes en las condiciones de operación: Presión, Temperatura, Tipo de Catalizador, entre otros. Se pretende identificar la mejor configuración del proceso Haber Bosch para la planta de producción de urea a pequeña escala (100 TPD). El alcance técnico para este tópico es:

- Identificación de las variantes de proceso Haber Bosch disponibles para producción de amoníaco verde. Hacer cuadro comparativo resaltando eficiencia energética, grado de conversión, footprint, consumo de agua, producción de vapor, requerimiento de equipos especiales (compresores, sistemas de enfriamiento, calderas, recuperadores de calor, materiales de equipos), tipo de catalizador y cantidad de catalizador requerido, CAPEX OPEX.
- Selección del proceso de síntesis de amoníaco verde de acuerdo con los criterios previamente establecidos.

Para el proceso de síntesis de amoníaco verde seleccionado se requiere:

- Entregar un vendor list de los licenciadores de la tecnología y hacer cuadro comparativo donde se destaque: Experiencia de los proveedores, CAPEX, CAPEX DE REPOSICIÓN, INCOTERMS, OPEX, footprint, equipos auxiliares requeridos, materiales de los equipos, disponibilidad de la tecnología, consumos energéticos, agua, solventes, entre otros, tiempos de entrega, garantías.
- Elaborar el dimensionado y selección del tren de mezclado de gases ( $N_2$ ,  $H_2$ ), tubería, válvulas de seguridad, válvulas reguladoras, tanques de amortiguación, compresor(es) para las corrientes de oxígeno puro del electrolizador y ASU.
- Elaborar el diagrama FPD-P&ID básico (LOD 200) con los balances de masa y energía del loop de síntesis de amoníaco verde.
- Elaborar el estimativo de los costos de comisionamiento, obras civiles, mecánicas, eléctricas, instrumentación y control para el montaje y puesta en operación del loop de síntesis de amoníaco.
- Dimensionar, si aplica, el tanque de back up o buffer de amoníaco necesario para un apagado seguro de la planta de producción de urea.
- Elaborar la hoja de especificación (básica) de los equipos principales del loop de amoníaco verde, definiendo peso, dimensiones, condiciones de embalaje, requerimientos eléctricos para la operación.

- Elaborar el cronograma de suministro, procura e instalación del loop completo de síntesis de amoníaco.

#### **4.1.7. Loop de síntesis de Urea**

A diferencia del loop de amoníaco, existen varios procesos y licenciadores del loop de síntesis de urea (StamiCarbon, SnamProgetti, TOYO...). Se pretende identificar la mejor alternativa para una planta de producción de urea verde a pequeña escala (100 TPD). Este es uno de los aspectos más importantes que LA EMPRESA quiere conocer dentro de la propuesta técnica, el alcance pretendido es:

- Identificación de las principales tecnologías de síntesis de urea, hacer cuadro comparativo de las ventajas, desventajas, capacidades de producción típicas, requerimientos energéticos, requerimientos de vapor en cantidad, presión, temperatura, consumo de agua, solventes, aire (flujo, presión y temperatura), materiales de los reactores, producción de agua, emisión de contaminantes, CAPEX, OPEX, vida útil de la planta, índice de disponibilidad anual de la tecnología.
- Selección de la tecnología de síntesis de urea e identificación de principales proveedores de esta. Hacer estimativo del CAPEX, CAPEX de reposición, ICONTERMS, OPEX anual discriminando repuestos, mano de obra, consumibles, repuestos críticos.

Con la tecnología seleccionada para el loop de síntesis de urea se requiere:

- Entregar un vendor list con los principales licenciadores de la tecnología.
- Entregar FPD-P&ID básico (LOD 200) del loop de síntesis de urea, con sus respectivos balances de masa y energía.
- Elaborar el estimativo de los costos de comisionamiento, obras civiles, mecánicas, eléctricas, instrumentación y control para el montaje y puesta en operación del loop de síntesis de urea.
- Elaborar la hoja de especificación (básico) de los equipos principales del loop de urea, definiendo peso, dimensiones, condiciones de embalaje, requerimientos eléctricos para la operación.
- Elaborar el cronograma de suministro, procura e instalación del loop completo de síntesis de urea.

#### **4.1.8. Granulación, almacenamiento y empacado de la Urea**

La urea como producto terminado es recibida por los off-taker en forma sólida, que se acopla bien a los distintos esquemas de fertilización de los clústeres agrícolas. Hay disponibles tres tecnologías para la entrega final de la urea en forma sólida: Granulación con lechos fluidizados, torres de prilado, sistemas de pastillación. No se ha contemplado la producción, almacenamiento y distribución de urea líquida, el mercado colombiano no es demandante de este tipo de presentación. En este sentido, se requiere el siguiente alcance:

- Selección de la tecnología de entrega final de urea (granulada, prilada, pastillada), resaltando consumo energético, footprint, tiempo de vida útil, CAPEX, OPEX, tiempo de implementación,

indicador de disponibilidad anual, flexibilidad en la operación (regímenes de operación), consumos de agua, aire, solventes. Identificación de principales proveedores de tecnologías de granulación de urea, hacer cuadro comparativo de los mismos.

Para la tecnología seleccionada se requiere:

- Elaborar el estimativo de costos de obras civiles, eléctricas, automatización y control, mecánicas para la planta de granulación, empaque y almacenamiento de urea.
- Elaborar el dimensionamiento y estimado de costos del sistema para el empaque de la urea obtenida y la bodega de almacenamiento de producto empaquetado, con su respectiva estimación de CAPEX, footprint y servicios auxiliares requeridos.
- Elaborar la hoja de especificación (básico) de los equipos principales del sistema de granulación, empaque y almacenamiento de urea, definiendo peso, dimensiones, condiciones de embalaje, requerimientos eléctricos para la operación.
- Elaborar el cronograma de suministro, procura e instalación del sistema de granulación, empaque de urea y almacenamiento.
- Elaborar el diagrama FPD-P&ID básico (LOD 200) con los balances de masa y energía de la planta de granulación, empaque y almacenamiento de urea.

#### 4.1.9. Integración de proceso – Balance de Planta (BoP)

Se busca estimar los requerimientos de tuberías, conexión eléctrico, subestación, tableros eléctricos, loop de control y conexiones de instrumentación y control, equipos auxiliares requeridos para la integración de **cada subsistema previamente seleccionado**. Los siguientes son los principales tópicos que se quieren conocer:

- a. *Dimensionamiento de tubería:* Definir, seleccionar y dimensionar la tubería apropiada para el conexión mecánico de los distintos equipos y subprocesos. Mostrar las longitudes, diámetros, espesores y tipo de material requerido para la integración mecánica. Hacer estimativo de los costos de la tubería requerida, instalación y pruebas.
- b. Dimensionamiento del BOP global: Definir, seleccionar y costear los equipos, elementos, partes y accesorios, así como aspectos de control y automatización del BOP (balance de planta) entendiéndose esto como lo requerido en todas las disciplinas para acoplar/integrar los diferentes loop o subsistemas, por ejemplo y sin limitarse a instrumentación, tanques de expansión u otros, válvulas de corte – reguladoras entre otros requeridos, enclavamientos y seguridades etc. Selección y dimensionado de torre de enfriamiento para unidades auxiliares de proceso, estimación de CAPEX, OPEX. Elaborar la selección y dimensionado de torre de enfriamiento para unidades auxiliares de proceso, estimación de CAPEX, OPEX.
- c. *Unifilar de planta:* A partir del diagrama unifilar indicativo suministrado, que puede incluir la conexión eléctrica de la planta a las facilidades existentes, realizar un diagrama unifilar indicativo de toda la planta, dimensionamiento de los cables principales para el conexión eléctrico, **dimensionado de la subestación eléctrica**, equipos principales, tableros principales, listado de

cargas, requerimientos de voltaje y corriente de las principales cargas, costos de obras eléctricas incluyendo equipos principales, mano de obra y comisionamiento. Definir los puntos clave de medición de consumos eléctricos de los distintos subsistemas de la planta (a nivel básico).

- d. *Infraestructura de soporte*: Dimensionado estimado de edificios, bodegas, cuarto de control, y otros requeridos en los distintos subprocesos la planta de síntesis de urea. Mostrar dimensiones, diagrama general de los edificios, CAPEX.
- e. *Diagrama 2D*: Elaborar un diagrama en 2D de la distribución de planta de todos los equipos (LOD 200)
- f. *Diagrama P&ID total*: Elaborar el diagrama de proceso, FPD-P&ID básico de la planta completa.
- g. *Filosofía de operación*: Proponer filosofía de operación y estrategia de control de la planta completa.
- h. *Costos de comisionamiento*: Estimar el costo de un “process commissioning” es decir un comisionamiento integrado de planta validando todos los escenarios operativos, cumplimiento de especificaciones, desempeño y objetivos de producción-consumos de energía, así como de otros insumos, validación de KPI definidos, etc. por parte de un comisionador especialista ajeno al EPCista.
- i. *Sistemas complementarios*: *Dimensionar sistemas de seguridad básicos y red contraincendios, (detección y extensión), sistemas de tea, elaborar el HAZID de toda la planta de producción de urea verde. Entregar listado del personal requerido para la operación de la planta, indicando la especialidad y turnos de operación.*
- j. Para la planta de síntesis de urea. Proponer sistema de monitoreo y SCADA básico de las principales señales de la planta de síntesis de urea. Evaluar los requerimientos, equipos, mínima configuración, costos de una posible sala de control.
- k. Cuadro resumen con los principales equipos de la planta, resaltando sus tamaños, capacidad, peso, consumos de energía, entre otros.
- l. *Plan de ejecución estimado*: Elaborar un cronograma tentativo (diagrama de Gantt) integrado de ejecución de las obras estimadas civiles, eléctricas, mecánicas, procura de equipos, comisionamiento, identificando ruta crítica.
- m. *Costos desagregados*: Elaborar un compilado con discriminado de CAPEX y OPEX por equipo de toda la planta.

#### **4.2. Análisis ambiental**

- a. Elaborar el listado con todas las emisiones gaseosas, efluentes líquidos, residuos sólidos, niveles de ruido generados en la operación de la planta. Indicar cantidades, composiciones, temperatura, flujos.
- b. Elaborar un balance de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de la planta de producción de urea.

#### **4.3. Análisis de riesgos**

- a. Identificar los riesgos potenciales durante la etapa de construcción y operación, tales como riesgos de ensamble de los diferentes elementos, consecución de insumos, demoras de los

- proveedores, comisionamiento de los equipos, de mantenimiento, suministro de mano de obra etc.
- b. Elaborar una valoración de riesgos de forma cualitativa y cuantitativa que permita evidenciar la probabilidad y el impacto de ocurrencia de los riesgos identificados de tal forma que se puedan diseñar mecanismos de mitigación de estos.
  - c. Proponer mecanismos de identificación, control y mitigación de riesgos implementados en proyectos similares a nivel internacional.

#### **4.4. Validación de modelo de negocio**

- a. Revisar el modelo financiero y la estructura de negocio para la planta de urea verde desarrollado por LA EMPRESA, con el fin de validar los supuestos y proveer recomendaciones sobre los resultados de este a nivel de flujos de caja, indicadores financieros, variables críticas (CAPEX, OPEX, precios), entre otros. Es importante resaltar que no se pide construir un modelo financiero nuevo, sino afinar el modelo que LA EMPRESA ha construido, con base en los resultados de la ingeniería y best practices de otros modelos de negocio en comercialización de amoníaco verde.
- b. Proponer a LA EMPRESA ajustes concretos al modelo de negocio basados en los resultados de la ingeniería conceptual avanzada y con base a mejores prácticas internacionales para proyectos de urea verde bajo un esquema operativo como el propuesto por LA EMPRESA.
- c. Proponer una guía o fórmula indicativa para la aplicación de correcciones sobre los valores de CAPEX y OPEX en el tiempo, teniendo en cuenta actuales coyunturas y posibles interrupciones del mercado (ej. disponibilidad de materiales, tecnología, logística, etc.).

#### **4.5. Elaboración de los términos de referencia para contratar la ingeniería**

- a. Elaborar los términos de referencia para la contratación de la ingeniería para el EPC con base en toda la información recopilada durante este estudio y en discusiones adelantadas con el equipo de trabajo de LA EMPRESA.

### **5. Resultados y Productos Esperados**

La Firma Consultora entregará los siguientes informes:

- 5.1. El Plan de Trabajo con la propuesta de metodología de trabajo, cronograma de desarrollo de actividades y un índice anotado del contenido del informe final, considerando los temas mencionados en la lista de actividades de estos Términos de Referencia.
- 5.2. Una memoria descriptiva, que tiene por objeto describir técnicamente la configuración de la planta de síntesis de urea verde. Contempla como alcance los entregables asociados a las actividades detalladas en la sección 4.1. En adición a estos entregables por sistema/bloque, se listan a continuación los entregables complementarios asociados a la planta completa.

- 5.3. Una memoria de control, que incluye los siguientes ítems: (a) Diagrama P&ID básico; (b) Indicativo de arquitectura de Control; (c) Memoria y lógica del control. – diagramas de principio (d) Listado indicativo de instrumentación, sensores funciones y cantidades, listado de señales y variables a monitorear y control.
- 5.4. Un balance de masa y energía, con los requerimientos energéticos (eléctrico y térmico) de cada subunidad y general de la planta de urea, además de los consumos y generación de agua, vapor, solventes, químicos, lubricantes, refrigerantes, entre otros.
- 5.5. Compendio de Planos. Incluye los diagramas de proceso por subunidad y de toda la planta, diagramas P&ID de subsistemas y toda la planta integrada; Layout en AutoCAD de la planta completa (todos en LOD 200); Diagrama unifilar de la planta. Diagramas de control. Diagrama en 2d y 3d de la planta (LOD 200).
- 5.6. Recomendaciones de obras civiles e hidrosanitarias. Elaborar recomendaciones del tipo de suelo, áreas requeridas, especificaciones de placas de equipos, bases, edificios, estructuras metálicas, techos, cubiertas, zonas de almacenamiento, parqueo, cuartos de control, cuartos eléctricos, red contraincendios, encerramientos, canalizaciones, sistemas de seguridad. Definir los criterios de aceptación y calidad de obras civiles.
- 5.7. Recomendaciones de obras eléctricas. Diagrama unifilar, tabla de cargas eléctricas de la planta, dimensionado y selección del cableado, dimensionado y selección los tableros eléctricos, esquemas de protecciones eléctricas, dimensionado de la subestación principal, diagrama de conexiones eléctricos de los tableros, diseño y diagramas de sistemas de apantallamiento y puesta a tierra, identificación de punto de conexión, dimensionado de la planta de respaldo para cargas críticas.
- 5.8. Recomendaciones de obras mecánicas. Indicar recomendaciones del tipo de estructuras mecánicas, plataformas, redes de tuberías por fluido, indicando material, diámetro, longitud, espesor, requerimientos para montajes e instalación de equipos y tuberías, válvulas, accesorios. Definir los criterios de aceptación y calidad de obras mecánicas.
- 5.9. Presupuesto y operación, indicando desagregado el CAPEX y OPEX por 15 años de la planta.
- 5.10. Informe con las recomendaciones de seguridad de planta completa y análisis HAZID de la misma.
- 5.11. Informe de análisis ambiental
- 5.12. Informe de riesgos y de validación del modelo de negocio para la operación de la planta.
- 5.13. Términos de referencia para la contratación de la ingeniería.
- 5.14. Informe con estimado del tiempo de comisionamiento de la planta y los costos para tener en cuenta para el arranque y pruebas iniciales en la planta.
- 5.15. Listado final de los principales equipos de la planta, resaltando sus tamaños, capacidad, peso, consumos de energía, proveedor, marca.

- 5.16. Entregar archivo (en Excel) discriminando el CAPEX y OPEX por equipo de toda la planta de síntesis de urea, incluyendo los operarios, repuestos críticos, tubería, obras civiles, eléctricas, mecánicas, instrumentación y control.

## **6. Calendario del Proyecto e Hitos**

- 6.1. El proyecto debe ser ejecutado en un plazo de cinco (5) meses. Debe indicarse por la firma oferente un cronograma propuesto en estos marcos de tiempo.

## **7. Requisitos de los informes**

- 7.1. Los productos serán entregados al Banco en el idioma español y en un archivo electrónico en formatos compatibles con MS Office y Adobe Reader. Las memorias de cálculo, gráficas, tablas, planos y o cualquier otro documento producido con motivo de esta Consultoría formarán parte de los productos al que correspondan.

## **8. Criterios de aceptación**

- 8.1. Los productos serán aceptados por parte del Banco Interamericano de Desarrollo, previo visto bueno del comité técnico.

## **9. Otros requisitos**

- 9.1. La Firma de Ingeniería deberá demostrar experiencia de mínimo diez (10) años en actividades similares al objeto del estudio y experiencia acreditada en el segmento industrial específico del mismo objeto.
- 9.2. Para el desarrollo del trabajo se designará personal, designado o contratado, que permitirá garantizar el cumplimiento del objetivo señalado. Esto debe respaldarse con un organigrama del equipo, indicado calificaciones y rol de cada miembro, destacando su experiencia específica relevante al alcance de la contratación.

## **10. Supervisión e informes**

- 10.1. La Firma de Ingeniería enviará los entregables al Banco Interamericano de Desarrollo a través del especialista de la División de Energía en la Representación de Colombia, y a la Corporación Interamericana de Inversiones (BID Invest) a través del oficial de servicios de asesoría.
- 10.2. Los entregables serán enviados para su revisión a funcionarios de LA EMPRESA.
- 10.3. La Firma de Ingeniería deberá asistir a reuniones presenciales y/o virtuales con la frecuencia que se considere necesaria para lograr los fines de la consultoría.



## 11. Calendario de pagos

- 11.1. Las condiciones de pago se basarán en los hitos o entregables del proyecto.
- 11.2. El Banco no realizará pagos por adelantado en virtud de contratos de consultoría a menos que se requiera una cantidad significativa de viajes. El Banco desea recibir la propuesta de costos más competitiva para los servicios descritos en el presente documento.

Plan de pagos	
Entregable	%
Plan de Trabajo	20%
Primer Informe	20%
Segundo Informe	20%
Informe final y entregables completos	40%
TOTAL	100%