

Feasibility of Production of Ammonia and its Derivatives with Camisea Gas in Peru

Alexander Salazar¹; Jorge Luna²; Jorge León³; Diego Orellana⁴; Luis Espinoza⁵; Elmer Laguna⁶
¹²³⁴⁵⁶ Universidad ESAN Perú. 1910914@esan.edu.pe, 2012622@esan.edu.pe, 1516803@esan.edu.pe,
1913915@esan.edu.pe, lespinoza@esan.edu.pe, elaguna@esan.edu.pe

Abstract– The Peruvian fertilizer industry has historically relied on urea and ammonia derivative imports, despite having competitive advantages such as regulated natural gas prices and reserves from the Camisea fields. In that regard, this study assesses the technical and economic feasibility of producing ammonia and its derivatives locally to reduce import dependency and support the agricultural and mining sectors. Market analysis identified an average demand of 1,200 tpd of urea and 1,125 tpd (tonnes per day) of ammonium nitrate, justifying a 2,000 tpd ammonia plant using Steam Methane Reforming (SMR) for hydrogen production. Material and energy balances estimated a natural gas requirement of 70 MMSCFD and a total power demand of 67.46 MW, partially supplied through cogeneration and external electricity supply. Pisco-Paracas was selected for its access to pipelines and port infrastructure, optimizing logistics for domestic distribution and potential exports. Economic evaluation estimated a CAPEX of USD 1.6 billion, with competitive production costs compared to imports. Financial analysis showed viability under optimized gas pricing and financing structures. Sensitivity analysis confirmed that natural gas pricing is the main variable impacting financial outcomes, followed by CAPEX and product prices.

Keywords– Ammonia production, Urea, Techno-economic evaluation, Sensitivity analysis, Steam methane reforming.

Factibilidad de la producción de amoníaco y sus derivados utilizando gas de Camisea en el Perú

Alexander Salazar¹; Jorge Luna²; Jorge León³; Diego Orellana⁴; Luis Espinoza⁵; Elmer Laguna⁶
¹²³⁴⁵⁶ Universidad ESAN Perú. 1910914@esan.edu.pe, 2012622@esan.edu.pe, 1516803@esan.edu.pe,
1913915@esan.edu.pe, lespinoza@esan.edu.pe, elaguna@esan.edu.pe

Resumen- La industria peruana de fertilizantes ha dependido históricamente de las importaciones de derivados de la urea y el amoníaco, a pesar de contar con ventajas competitivas como los precios regulados del gas natural y las reservas de los yacimientos de Camisea. En ese sentido, este estudio evalúa la viabilidad técnica y económica de producir amoníaco y sus derivados a nivel local para reducir la dependencia de las importaciones y apoyar a los sectores agrícola y minero. El análisis de mercado identificó una demanda media de 1200 tpd de urea y 1125 tpd (toneladas por día) de nitrato de amonio, lo que justifica una planta de amoníaco de 2000 tpd que utilice reformado con vapor de metano (SMR) para la producción de hidrógeno. Los balances de materiales y energía estimaron una necesidad de gas natural de 70 MMSCFD y una demanda total de potencia de 67,46 MW, cubierta parcialmente mediante cogeneración y suministro eléctrico externo. Se seleccionó Pisco-Paracas por su acceso a gasoductos e infraestructura portuaria, lo que optimiza la logística para la distribución nacional y las posibles exportaciones. La evaluación económica estimó un CAPEX de 1600 millones de dólares, con costos de producción competitivos en comparación con las importaciones. El análisis financiero mostró la viabilidad bajo precios de gas y estructuras de financiación optimizadas. El análisis de sensibilidad confirmó que el precio del gas natural es la principal variable que afecta a los resultados financieros, seguido del CAPEX y los precios de los productos.

Palabras Clave-- Producción de Amoníaco, Urea, Evaluación Técnico-Económica, Análisis de Sensibilidad, Reformado con Vapor de Metano.

I. INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes son insumos esenciales para la productividad agrícola y la seguridad alimentaria; su uso adecuado eleva rendimientos y estabiliza la oferta de alimentos. La urea es el fertilizante nitrogenado sólido más difundido y concentra alrededor del 46% de N, lo que facilita transporte y dosificación en campo [1], [2]. En el Perú, la demanda de urea se cubre mayormente con importaciones: en 2021 el país importó cerca del 90% de sus fertilizantes sintéticos y aproximadamente 53% de ese total tuvo origen en Rusia [3]. En 2025, Rusia volvió a liderar con el 71 % de las compras de urea, evidenciando alta dependencia externa y exposición a choques de oferta [4].

Actualmente, se importan cerca de 1,2 millones de toneladas de fertilizantes sintéticos al año en el Perú, como se evidenció durante la crisis global de fertilizantes de 2022 [5]. La agricultura genera aproximadamente el 24 % de la Población Económicamente Activa, equivalente a 4,3 millones de personas [6]. Esta alta dependencia de pocos proveedores genera vulnerabilidad frente a la volatilidad de precios

internacionales y a restricciones logísticas, como lo sucedido en la guerra entre Rusia y Ucrania, que ha afectado los precios y la disponibilidad de fertilizantes a nivel global.

Ante esta dependencia, el país cuenta con reservas de gas natural y precios competitivos en comparación con mercados internacionales, lo que representa una oportunidad estratégica para desarrollar capacidades locales de producción de fertilizantes nitrogenados. Desde el punto de vista medioambiental la producción de amoníaco es uno de los procesos industriales más relevantes, ya que la producción convencional consume una gran cantidad de energía y contribuye de manera significativa a las emisiones globales de dióxido de carbono. Por lo tanto, cualquier nuevo proyecto de amoníaco no solo debe evaluarse en términos de competitividad de costos, sino también en relación con su trayectoria de transición a largo plazo hacia alternativas de producción con menores emisiones de carbono [7].

Asimismo, el mercado de fertilizantes en América Latina muestra un crecimiento sostenido, con un valor de USD 46 000 millones en 2023 y un crecimiento anual proyectado de 4,9 % al 2030, lo que impulsa oportunidades de integración regional para la producción nacional [8].

En este contexto, el estudio evalúa la factibilidad técnica y económica de instalar una planta de amoníaco en el Perú utilizando gas natural de Camisea como materia prima, integrando unidades de producción de urea y nitrato de amonio. El análisis abarca la demanda de mercado, el dimensionamiento técnico, la selección de ubicación, la evaluación económica y un análisis de sensibilidad, con el objetivo de determinar la viabilidad del proyecto y aportar evidencia para fortalecer la seguridad alimentaria mediante la disponibilidad local de fertilizantes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio busca evaluar la viabilidad técnica, económica y de sostenibilidad de una planta de producción de amoníaco y sus derivados en el Perú, abarcando el análisis de mercado y demanda, el dimensionamiento técnico de la planta, la selección de ubicación, la evaluación económica y financiera, y el análisis de sostenibilidad.

A. Análisis de mercado y demanda

Para estimar la demanda de derivados del amoníaco en el Perú, se procesaron los registros diarios de importación de la base Aduanet de la SUNAT para nitrato de amonio (fertilizante

y uso minero), urea y fosfato de amonio en el período 2012–2021. Con estos volúmenes se aproximó el tamaño de mercado que, como mínimo, debería cubrir una planta local orientada a abastecer el mercado interno [9].

Asimismo, a partir de la base Aduanet de SUNAT se obtuvieron los precios promedio CIF de los derivados del amoníaco: nitrato de amonio (grado fertilizante y uso minero), urea y fosfato de amonio, con los cuales se construyeron rangos de referencia para los precios de venta en el mercado nacional.

También se revisaron las importaciones de fertilizantes en países del Pacífico sur, para identificar oportunidades comerciales para futuras exportaciones.

B. Dimensionamiento técnico

Para la selección del proceso de producción, se evaluaron diferentes tecnologías disponibles, priorizando la eficiencia energética, la sostenibilidad y la compatibilidad con los recursos disponibles en el Perú. Se revisaron procesos establecidos, como el reformado de metano con vapor (SMR), y se analizaron sus ventajas y desventajas en términos de costo, viabilidad técnica y adaptabilidad a las condiciones locales, como la disponibilidad del gas natural.

Asimismo, se realizó el dimensionamiento técnico de la planta, considerando las capacidades necesarias para satisfacer tanto el mercado local como la exportación. Para ello, se evaluaron las necesidades de gas natural, realizando estimaciones sobre el consumo de gas necesario para alcanzar la capacidad de producción proyectada. Estos cálculos se basaron en las eficiencias de los procesos seleccionados y en las capacidades de los gasoductos existentes, como el de Camisea, para asegurar un suministro constante y sostenible de gas natural.

A continuación, se llevó a cabo el dimensionamiento de la conexión a la red eléctrica, considerando la capacidad necesaria para cubrir las demandas de energía de todos los equipos operativos. Además, se evaluaron las sinergias posibles entre la producción de amoníaco y la producción de urea, analizando cómo parte del amoníaco podría ser transformado en fertilizantes, lo que permitiría maximizar el valor agregado y ofrecer una mejor integración en el mercado local de fertilizantes.

C. Selección de la ubicación

Para la selección de ubicación de la planta se evaluaron tres alternativas con condiciones geográficas e infraestructura distintas: Marcona, área previamente considerada por CF Industries para un proyecto similar; una zona al sur de San Juan de Marcona; y Paracas, en las proximidades de la planta de fraccionamiento de condensados operada por Pluspetrol.

Se definieron siete criterios de evaluación, calificados en una escala de 0 a 5, cada uno con un peso específico según su relevancia para el proyecto:

1. Reserva natural (Peso: 5): La planta debe ubicarse fuera de áreas protegidas o ecosistemas sensibles para facilitar la obtención de permisos ambientales.
2. Puerto cercano para exportación (Peso: 5): La proximidad a un puerto para la exportación de productos como amoníaco y urea.
3. Acceso cercano a gasoducto (Peso: 4): La disponibilidad de gas natural como insumo principal requiere conexión directa a ductos existentes.
4. Acceso cercano a red eléctrica (Peso: 3): La planta necesita un área adecuada para generación eléctrica con energía renovable.
5. Acceso cercano a carretera (Peso: 3): Importante para el transporte de personal, equipos y materiales durante la construcción y operación.
6. Acceso a fuente de agua dulce (Peso: 2): Se considera la disponibilidad de agua para procesos industriales y consumo humano.
7. Cercanía al Callao (Peso: 3): Para facilitar la descarga de equipos pesados, lo que podría reducir costos en la fase de construcción.

Se evaluaron costos de transporte terrestre y marítimo de productos terminados y materias primas, considerando la distancia de cada ubicación a los puertos operativos cercanos, principalmente el Puerto San Martín en Paracas y el puerto de Marcona. También se incluyó el análisis de disponibilidad de gasoducto de Camisea y la necesidad de ampliaciones en la capacidad de transporte, usando referencias de TGP y datos de capacidad del ducto.

Se incorporaron consideraciones ambientales y de seguridad, evitando zonas arqueológicas y áreas con ecosistemas frágiles, priorizando terrenos planos con viabilidad de ampliación futura y menor costo de habilitación. Se analizó también la cercanía a redes de energía eléctrica y la posibilidad de incorporar generación renovable en el mediano plazo como fuente de energía complementaria.

D. Evaluación económica y financiera

Para evaluar el CAPEX inicial del proyecto se estimó a partir de los costos de equipos y montaje industrial proporcionados por el proveedor tecnológico ThyssenKrupp. Sobre esta base se incorporaron márgenes adicionales por ingeniería, licencias, gastos indirectos, gastos de gestión y una contingencia del 15%, coherente con estándares del sector Oil & Gas. La inversión fue distribuida en un horizonte de cuatro años, con una secuencia de desembolsos del 5%, 35%, 25% y 35%, alineada con los cronogramas típicos de ejecución en proyectos industriales. Para fines de evaluación económica, el CAPEX bruto fue actualizado utilizando una tasa de descuento igual al costo de oportunidad del accionista (11,48% anual). Dicha tasa fue estimada mediante el software KAPITAL, del Instituto de Regulación y Finanzas de la Universidad ESAN, que usa información de la base de datos financiera Damodaran. Para el presente caso, se usó la categoría de “química básica”.

El OPEX se estructuró a partir de la demanda energética del proceso (principalmente gas natural), costos de operación y mantenimiento, personal técnico, servicios auxiliares y reemplazos de catalizadores. Se consideraron tres escenarios de precio del gas: Gas industrial con regalías que es la tarifa plena vigente para uso industrial, Gas industrial sin regalías y Gas tipo generación, regulada, similar a uso eléctrico. Cada escenario se aplicó en la estimación del costo de ciclo de vida (LCOA) de amoniaco, urea y nitrato de amonio, medido en (USD/t) usando la tasa de descuento del accionista del 11,48%. Además, se comparó con los precios de importación (CIF) promedio 2028-2052 como referencia de competitividad [10].

La evaluación económica del proyecto se realizó considerando exclusivamente los flujos operativos y de inversión, sin incluir estructuras de financiamiento. Para este análisis se utilizó como inversión inicial el CAPEX actualizado al año base 2029, equivalente a 1 596,31 millones de dólares (MMUSD), calculado con una tasa de descuento del 11,48%. La evaluación se basó en la estimación del Valor Actual Neto Económico (VANE) y la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) del proyecto, calculados bajo los tres escenarios anteriores. En todos los casos, los ingresos proyectados se basaron en los precios CIF promedio de importación de amoniaco, urea y nitrato de amonio, previamente estimados para el periodo 2028–2052.

La evaluación financiera del proyecto se realizó considerando una estructura de financiamiento compuesta por un 70% de deuda y 30% de capital propio. A diferencia de la evaluación económica, que toma como referencia el CAPEX actualizado al año cero, la evaluación financiera parte del CAPEX bruto nominal de 1 408,92 millones de dólares (MMUSD), sin actualización, ya que los pagos de deuda y flujos financieros se valoran en términos reales a lo largo de la vida útil del proyecto. Para el cálculo de los indicadores financieros, se estimó el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC), utilizando el software KAPITAL. En ese sentido, se tomaron como parámetros: costo de capital propio de 21,13%, costo de deuda neto de impuestos de 5,39%, proporción de deuda de 70% y proporción de capital de 30%. Con ello, se obtuvo un WACC de 10,12%, el cual fue utilizado como tasa de descuento para los flujos financieros del proyecto. Se asumió que la deuda se repaga durante los 25 años de operación, con cuotas regulares que incluyen amortización e intereses.

Previo a definir el porcentaje de apalancamiento a utilizar, se realizó un análisis técnico para identificar el límite máximo de deuda que el proyecto puede soportar sin comprometer su rentabilidad. Considerando un escenario pesimista con reducción de producción (factor de planta del 80%), aumento de inversión (+11%) y disminución del precio de venta de los productos (–10%), se determinó que la deuda máxima admisible es de 72,53%. Por ello, en la evaluación financiera se adoptó una proporción conservadora de 70%, que garantiza sostenibilidad incluso bajo condiciones adversas. La evidencia reciente en empresas latinoamericanas sugiere que los indicadores ESG pueden relacionarse con el desempeño

financiero, por lo que la incorporación de criterios ambientales podría fortalecer la evaluación integral del proyecto [11].

E. Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad univariado con el objetivo de identificar las variables que generan mayor impacto sobre el desempeño financiero del proyecto. El análisis se centró en cuatro parámetros clave: precio del gas natural, precios de venta de los productos, inversión total (CAPEX) y el factor de utilización de la planta. Cada variable fue modificada de forma independiente, manteniendo las demás constantes, para determinar el umbral crítico a partir del cual el Valor Actual Neto Financiero (VANF) se vuelve igual a cero. Experiencias en hidrocarburos muestran que la volatilidad de los precios se traduce en impactos directos sobre el balance y exige ajustes de deuda y coberturas; este patrón es consistente con la sensibilidad del proyecto frente al gas natural [12].

III. RESULTADOS

A. Análisis de mercado y demanda

Los datos de SUNAT/Aduanet sobre importaciones diarias de nitrato de amonio para fertilizante, nitrato de amonio para uso minero, urea y fosfato de amonio entre 2012 y 2021 se muestran en la Tabla I:

TABLA I
IMPORTACIONES DIARIAS DE FERTILIZANTES (TMD)

Año	Nitrato de amonio para fertilizante	Nitrato de amonio para uso minero	Urea	Fosfato de amonio
2012	216	448	1,214	494
2013	168	291	1,105	474
2014	301	191	1,036	523
2015	153	820	1,286	515
2016	388	342	1,085	573
2017	474	375	1,263	659
2018	518	426	779	493
2019	513	612	1,209	579
2020	386	364	1,132	752
2021	947	291	986	385

Fuente: SUNAT [9]. Elaboración propia

Con base en los registros de 2019 (año tomado como línea base para evitar las distorsiones de 2020-2021 por la COVID-19), el Perú importó aproximadamente 1,200 Tmd de urea y 1,125 Tmd de nitrato de amonio (grado fertilizante y minero).

Aunque la estimación de demanda se basó en la serie histórica 2012–2021 para mantener comparabilidad con los registros procesados desde SUNAT/Aduanet, la evidencia reciente confirma que la dependencia de importaciones continúa siendo elevada. Considerando el mismo supuesto de 330 días de operación al año utilizado en el dimensionamiento, en 2025 Perú importó aproximadamente 357 mil toneladas de urea, equivalentes a 1,082 Tmd, frente a 442 mil toneladas en 2024, equivalentes a 1,339 Tmd. Asimismo, las importaciones de nitrato de amonio alcanzaron alrededor de 167 mil toneladas,

equivalentes a 506 Tmd, y las de fosfato de amonio 187 mil toneladas, equivalentes a 567 Tmd. Estos valores muestran que la demanda nacional de fertilizantes nitrogenados y fosfatados sigue siendo significativa, por lo que el dimensionamiento de una planta local continúa siendo pertinente [4], [13].

En consecuencia, las capacidades mínimas de diseño orientadas a sustituir importaciones deberían ser del orden de 1,200 Tmd para la planta de urea, 1,125 Tmd para la planta de nitrato de amonio, y alrededor de 579 Tmd para fosfato de amonio, como referencia de producción complementaria.

Los precios promedio CIF de derivados del amoniaco se muestran en la Tabla II.

TABLA II
PRECIO CIF DE DERIVADOS DE AMONIACO (USD/T)

Año	Nitrato de amonio para fertilizante	Nitrato de amonio para uso minero	Urea	Fosfato de amonio
2012	404	249	462	582
2013	376	418	378	485
2014	353	390	350	480
2015	326	326	320	487
2016	300	293	235	371
2017	339	297	269	370
2018	346	281	296	440
2019	336	285	295	386
2020	286	244	266	339
2021	392	343	462	675

Fuente: SUNAT [9]. Elaboración propia

En el caso de la urea, se observaron precios promedio que oscilaron entre USD 235 y USD 462 por tonelada (USD/t), con un mínimo registrado en 2016 y máximos en 2012 y 2021. El nitrato de amonio mostró precios entre 286 y 474 (USD/t) para uso agrícola, y entre 244 y 448 (USD/t) para uso minero. Por su parte, el fosfato de amonio registró precios consistentemente más altos, entre 370 y 675 (USD/t), reflejando su mayor valor agregado como fertilizante compuesto [9].

Para identificar posibles destinos de exportación para la producción nacional, se revisó las importaciones de fertilizantes en países de América Latina, de Trade Data Monitor (2025) [14] que pueden verse en la Tabla III:

TABLA III
IMPORTACIONES DE FERTILIZANTES EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA 2022

País	Importaciones (TM)
Brasil	5 290 737
Colombia	1 030 097
Ecuador	879 390
Chile	793 438
Bolivia	253 367

Fuente: Trade Data Monitor. Elaboración propia

En el primer semestre de 2022 Brasil importó 5,29 millones de toneladas, seguido por Colombia, Ecuador, Chile y Bolivia. Estos volúmenes confirman una alta dependencia regional de

las importaciones, representando una oportunidad para que el Perú actúe como exportador.

Además, Chile importa cerca de 1,000 Tmd de amoniaco, insumo esencial en su industria de nitrato de amonio para minería. Además, en 2021, el 56% del nitrato de amonio exportado por Chile fue adquirido por Perú [15]. Estas condiciones refuerzan el potencial del Perú para ingresar al mercado regional.

B. Dimensionamiento técnico

Tras determinar la demanda de amoniaco y sus derivados, se dimensionó técnicamente la planta considerando eficiencia y sostenibilidad. Se seleccionó el proceso de reformado de metano con vapor (SMR) acoplado al proceso Haber-Bosch, por su madurez, alta eficiencia y compatibilidad con el gas natural de Camisea. Esta elección se ajusta al predominio actual en la industria de la producción de hidrógeno mediante el reformado del gas natural para la síntesis de amoniaco, mientras que las vías emergentes basadas en la electrólisis siguen estando más estrechamente vinculadas a los escenarios de descarbonización a largo plazo y dependen en gran medida del coste de la electricidad renovable [16].

El proceso Haber-Bosch, ampliamente utilizado a nivel industrial, combina hidrógeno (proveniente del SMR) y nitrógeno en presencia de un catalizador de hierro puro, a altas presiones (3 000–4 500 psig) y temperaturas (500–600 °C). Aunque la conversión por ciclo es del 30–40 %, se compensa con recirculación de gases no reaccionados y recuperación de calor, lo que permite generar vapor para otros procesos. Este enfoque es usado por empresas como KBR, Haldor Topsoe y ThyssenKrupp, esta última con mejoras como reactores dobles para mayor conversión. La Figura 1 muestra las etapas del reformado.

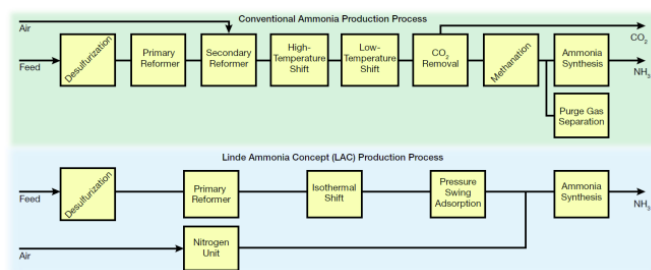


Figura 1. Esquema de producción de amoniaco con reformado al vapor [17].

La planta se dimensionó para 2,000 Tmd de amoniaco, permitiendo atender la demanda interna y disponer de excedentes para exportación. Para esta capacidad, se requerirá un consumo de ~70 millones de pies cúbicos diarios (MMSCFD) de gas natural, volumen que puede ser cubierto de manera sostenida por el gasoducto de Camisea.

Además, se dimensionaron servicios auxiliares necesarios como electricidad, agua de enfriamiento, agua de servicios, aire de instrumentos y nitrógeno, esenciales para mantener la operación segura y continua de la planta. Estos pueden verse en la Tabla IV.

TABLA IV
REQUERIMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES

Descripción	Unidad	Cantidad
Electricidad	MW	67,46
Agua de enfriamiento	m³/h	463
Agua para uso doméstico	m³/h	10
Aire de instrumentos	Nm³/h	200
Nitrógeno	Nm³/h	50

Fuente y elaboración: Propia.

Nota: El agua se obtiene por ósmosis inversa del agua de mar. El nitrógeno se obtiene por adsorción en tamices moleculares. El aire de instrumento debe tener una calidad de -40 °C de temperatura de rocío.

Además, se evaluaron los requerimientos de potencia de los principales equipos de proceso y auxiliares para estimar con precisión el consumo energético de la planta y dimensionar su conexión a la red eléctrica. La planta está diseñada para integrarse con la producción de urea, transformando parte del amoníaco en fertilizante terminado, lo que maximiza el valor agregado y reduce la exposición a la volatilidad de precios del amoníaco, reforzando la seguridad alimentaria mediante la producción local de fertilizantes.

También se muestra los servicios auxiliares para la planta de urea en la Tabla V. Se detalla los consumos de vapor, electricidad, agua de enfriamiento, aire de instrumentos y agua desmineralizada necesarios para la síntesis de urea, permitiendo dimensionar correctamente los servicios de soporte de esta línea de producción.

TABLA V
SERVICIOS AUXILIARES PARA UNA PLANTA DE UREA POR TM DE PRODUCCIÓN

		All Motor Driven Case	
	Unit	Steam Export	Steam Self Balance
Steam Import			
22 bar, 300°C	ton	0.67	0.58
42 bar, 380°C	ton		
110 bar, 510°C	ton		
Steam Export			
5 bar, Saturated	ton	0.24	-
Cooling Water (Δt=10°C)	m³	52	52
Electricity			
Process	kWh	105	105
Granulation	kWh	24	24

Fuente: Toyo Engineering (2021) [18]. Elaboración propia

Se contemplaron áreas de almacenamiento de amoníaco refrigerado, silos de urea y depósitos de nitrato de amonio, asegurando continuidad operativa y flexibilidad logística para el mercado interno y exportación. Asimismo, se consideraron sistemas de recuperación de vapor y calor, contribuyendo a la eficiencia energética del complejo.

C. Selección de la ubicación

La ubicación de la planta es un elemento decisivo para garantizar la eficiencia operativa y la competitividad del proyecto. Tras evaluar tres alternativas —Paracas, Marcona y el sur de San Juan de Marcona— se determinó que Paracas, en las cercanías del Puerto San Martín, ofrece condiciones óptimas para la instalación de la planta de amoníaco y derivados. El detalle puede verse en la Tabla VI:

TABLA VI
UBICACIÓN DE LA PLANTA

Criterio	Opción 1 (Marcona CF)	Opción 2 (Marcona Sur)	Opción 3 (Paracas)
Reserva natural	5 (Fuera de reserva)	5 (Fuera de reserva)	4 (Cerca de Paracas)
Puerto cercano	1 (200 km o nuevo puerto)	1 (200 km o nuevo puerto)	5 (10 km al puerto)
Acceso a gasoducto	5 (16.5 km)	4 (24.7 km)	3 (37.4 km)
Acceso a red eléctrica	5 (Disponible)	5 (Disponible)	5 (Disponible)
Acceso a carretera	5 (Disponible)	5 (Disponible)	5 (Disponible)
Acceso a agua dulce	1 (No disponible)	1 (No disponible)	1 (No disponible)
Cercanía al Callao	4 (600 km)	4 (600 km)	5 (400 km)
TOTAL (Ponderado)	94	90	104

Fuente y elaboración: Propia

Se eligió Paracas (Opción 3) como la mejor ubicación, al obtener un puntaje ponderado de 104 sobre 120. Destaca por su proximidad al Puerto San Martín (10 km), lo que evita una inversión portuaria estimada en 100 millones de dólares en Marcona. Asimismo, se encuentra en una zona industrial ya establecida, lo que reduce el riesgo social y posibles resistencias comunitarias, a diferencia de ubicaciones más aisladas. Aunque presenta una mayor distancia al ducto de gas (37.4 km), las tarifas de suministro son equivalentes a las de otras alternativas.

La presencia del Puerto San Martín elimina la necesidad de construir infraestructura portuaria, lo que reduce significativamente el CAPEX del proyecto y permite una vía directa de exportación hacia mercados como Chile. Además, simplifica la logística para la importación de equipos y materiales durante la construcción.

Paracas ofrece también acceso a agua de mar, la cual será tratada mediante ósmosis inversa para cubrir las necesidades industriales. La cercanía a las redes de transmisión eléctrica y la posibilidad de integración con proyectos de energías

renovables en la costa sur del país refuerzan la sostenibilidad energética del complejo. Finalmente, la buena conexión terrestre facilita el transporte interno de insumos, productos terminados y personal, fortaleciendo la eficiencia logística del proyecto.

En la Figura 2 se muestra la ubicación de las tres opciones evaluadas para la planta, en relación con la infraestructura energética y logística del país.

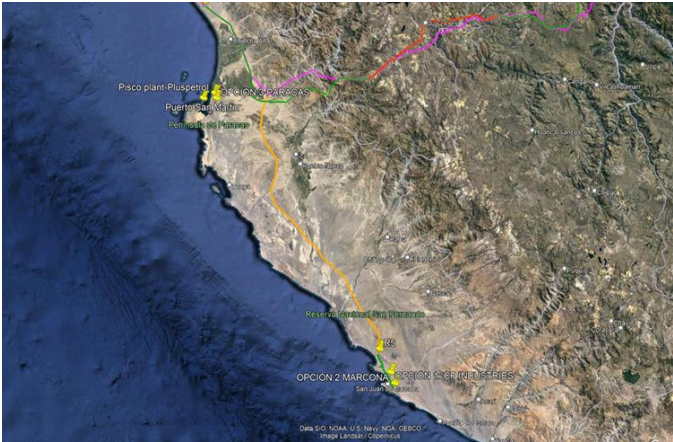


Figura 2. Ubicación de las 3 opciones de las plantas. Fuente y elaboración: Propia.

En la Figura 3 se presenta la ubicación específica de la opción seleccionada en Paracas, destacando su proximidad al Puerto San Martín y a las infraestructuras de apoyo.

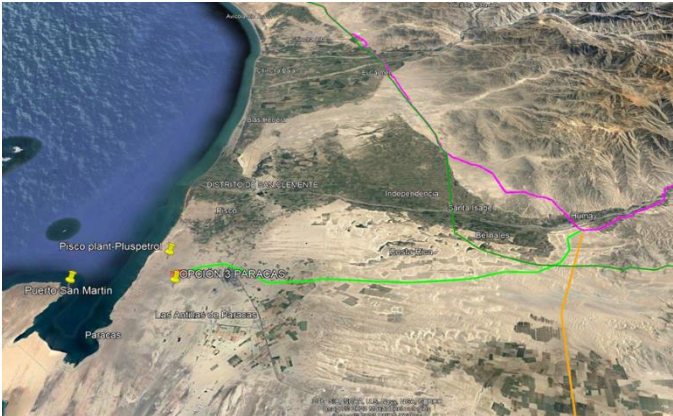


Figura 3. Ubicación de planta en Pisco. Fuente y elaboración: Propia.

La selección de Paracas como emplazamiento habilita, en etapas futuras del proyecto, la posibilidad de implementar un ducto de transporte de amoniaco hacia Bayóvar para su integración con la producción de fosfato de amonio, fortaleciendo la cadena de valor de fertilizantes en el país.

D. Evaluación económica y financiera

El CAPEX inicial ascendió a 1 225,15 millones de dólares estadounidenses (MMUSD). Luego de adicionar el 15% de la contingencia, el resultado fue un CAPEX bruto total de 1

408,92 MMUSD. Posterior al uso del descuento con el costo de oportunidad del accionista, se obtiene el CAPEX actualizado, resultando en 1 596,31 MMUSD.

Sobre los resultados del OPEX, estos se muestran en la Tabla VII:

TABLA VII COSTO DE CICLO DE VIDA (LCOA) POR PRODUCTO Y ESCENARIO DE GAS NATURAL				
Producto	Gas industrial (USD/t)	Gas sin regalías (USD/t)	Gas tipo generación (USD/t)	Precio CIF promedio (USD/t)
Amoniac	489,41	428,54	417,35	504,47
Urea	376,60	342,11	335,78	402,58
Nitrato amonio	306,66	280,16	275,30	412,99

Fuente y elaboración: Propia

Los resultados muestran que el precio del gas tiene un impacto directo en la competitividad del proyecto. El LCOA del amoniac se ubica entre 489,41 USD/t en el escenario menos favorable (gas industrial con regalías) y 417,35 USD/t en el más favorable (gas tipo generación). De igual manera, la urea presenta un LCOA entre 376,60 y 335,78 USD/t, y el nitrato de amonio entre 306,66 y 275,30 USD/t. Estos valores fueron comparados con los precios de importación promedio estimados para el periodo 2028–2052, evidenciando que el proyecto solo alcanza costos competitivos frente a las importaciones en los escenarios con precios de gas más bajos.

Además del precio del gas, el OPEX incorpora costos de mantenimiento rutinario y mayor (como reemplazo de catalizadores y overhauls), servicios auxiliares, personal operativo y consumo de agua y electricidad. No obstante, su peso relativo en la estructura total de costos es menor frente al impacto del gas natural.

Sobre la evaluación económica, los resultados obtenidos se resumen la Tabla VIII:

TABLA VIII VAN ECONÓMICO				
Escenario de gas natural	VANE (MMUSD)	TIRE (%)	Período de recuperación (años)	B/C
Gas industrial con regalías	-94,93	10,69	No recupera	0,9925
Gas industrial sin regalías	114,46	12,43	19 (2046)	1,0093
Gas tipo generación (regulado)	154,97	12,75	18 (2045)	1,0126

Fuente y elaboración: Propia

Como se observa, el proyecto no es económicamente viable bajo el escenario base con tarifa industrial plena, ya que su TIRE se ubica por debajo del Koa, y el VANE resulta negativo. La eliminación de regalías mejora los indicadores de forma marginal, alcanzando un VANE positivo y una TIRE ligeramente superior al umbral exigido, con un período de recuperación cercano a 20 años. En el escenario más favorable,

con precio de gas tipo generación, el proyecto mejora su rendimiento, aunque mantiene márgenes ajustados. Estos resultados reflejan que el proyecto es altamente sensible al costo del gas natural, y su viabilidad económica depende de la existencia de condiciones tarifarias favorables.

La relación beneficio/costo (B/C) es apenas superior a la unidad en los escenarios viables, lo que refuerza la conclusión de que el proyecto no genera excedentes significativos desde un punto de vista económico. Asimismo, la comparación entre el costo de ciclo de vida (LCOA) y los precios de importación de los productos permite corroborar que los ingresos proyectados solo superan los costos operativos bajo las tarifas más bajas de gas.

Sobre la evaluación financiera, los resultados se muestran en la Tabla IX:

TABLA IX
 INDICADORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA (CON 70% DE DEUDA)

Escenario de gas natural	VANF (MMUSD)	TIRF (%)	Período de recuperación (años)	B/C
Gas industrial con regalías	286,90	15,7	11,5 (2038)	1,023
Gas industrial sin regalías	519,84	20,1	8 (2035)	1,043
Gas tipo generación (regulado)	564,90	20,9	7,5 (2034)	1,047

Fuente y elaboración: Propia

Estos resultados muestran que, a diferencia de la evaluación económica, el proyecto resulta financieramente viable en todos los escenarios, incluso con el precio industrial pleno. Esto se debe al apalancamiento financiero: la deuda reduce la inversión inicial que debe aportar el accionista, lo que mejora la rentabilidad sobre el capital propio. La rentabilidad mejora notablemente en los escenarios con precios sin regalías o regulados, reduciendo significativamente el período de recuperación de la inversión.

Es importante señalar que la TIRF en todos los casos supera al WACC, lo que valida la decisión de inversión desde la perspectiva financiera. No obstante, se recomienda cautela en la interpretación, ya que la viabilidad financiera depende de que se mantengan condiciones favorables en el mercado de gas natural.

E. Análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la Tabla X:

TABLA X
 UMBRALES CRÍTICOS PARA VANF = 0

Variable	Valor base	Variación crítica	Valor crítico
Precio del gas natural	6,68 USD/MMBTU	+26,0%	8,42 USD/MMBTU
Precio promedio de productos	359,4 USD/t	-9,67%	324,65 USD/t

Variable	Valor base	Variación crítica	Valor crítico
Inversión total (CAPEX)	1 596,31 MMUSD	+23,7%	1 974,64 MMUSD
Factor de planta	2 000 Tmd	-16,4%	1 672 Tmd

Fuente y elaboración: Propia

El análisis de sensibilidad confirmó que el precio del gas natural es la principal variable que impacta los resultados financieros, seguido del CAPEX y los precios de los productos. En particular, un aumento del 26% en el precio del gas elimina la viabilidad financiera del proyecto (VANF = 0), mientras que una reducción del 9,7% en los precios de los productos o un incremento del 23,7% en la inversión generan el mismo efecto. Asimismo, una disminución del 16,4% en el factor de planta también vuelve inviable el proyecto desde el punto de vista financiero.

Estas dinámicas se reflejan de manera gráfica en la Figura 4, donde se observa que una reducción del precio del gas produce incrementos sustanciales en el VANF y en la TIRF, superando el costo del accionista (Ke) en condiciones favorables.

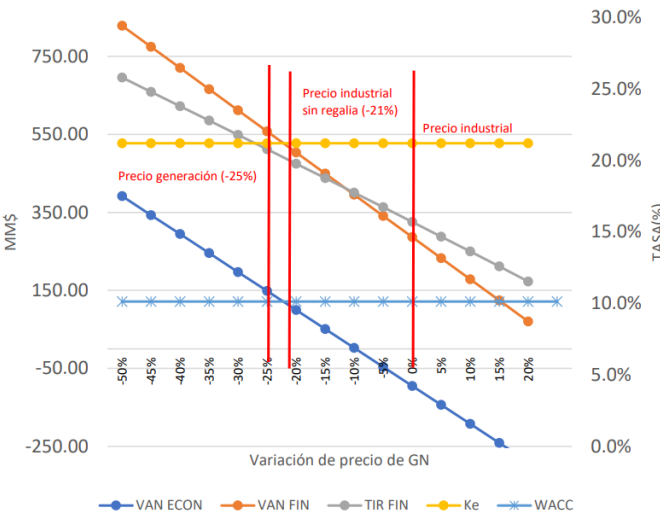


Figura 4. Sensibilidad del VANF, VANE, TIRF y Ke ante variaciones en el precio del gas natural

Si bien el desempeño financiero del proyecto está influenciado por diversos factores, el precio del gas natural se identifica como el más determinante, lo que subraya la importancia de implementar mecanismos preferenciales de acceso o exoneración de regalías para asegurar la viabilidad del proyecto.

IV. CONCLUSIÓN

El estudio confirma la viabilidad técnica de implementar en el Perú una planta de amoníaco integrada a la producción de urea y nitrato de amonio, utilizando gas natural de Camisea y aprovechando la infraestructura logística existente y las condiciones del mercado local. Este proyecto representa una oportunidad estratégica para reducir la dependencia de

fertilizantes importados, estabilizar costos en agricultura y minería, y mejorar la seguridad de abastecimiento ante choques externos; adicionalmente, abre espacio para exportaciones regionales hacia mercados con demanda insatisfecha, incrementando la resiliencia y la competitividad de la cadena de insumos agrícolas en el país.

La selección de Paracas como ubicación óptima, por su cercanía al Puerto San Martín y a redes de gas y energía, facilita la logística de exportación y el transporte interno, mejorando la competitividad del proyecto. En términos financieros, la rentabilidad se logra bajo escenarios con precios competitivos de gas natural, proyectando indicadores positivos de rentabilidad y un periodo de recuperación de inversión de aproximadamente 11.5 años.

En términos económicos, el proyecto no es económicamente viable bajo el escenario base con tarifa industrial plena. Aunque la eliminación de regalías mejora marginalmente los indicadores, el proyecto sigue teniendo una rentabilidad limitada, con un periodo de recuperación cercano a los 20 años. En el escenario más favorable, con un precio de gas tipo generación, el proyecto mejora, pero aún mantiene márgenes ajustados, lo que refleja que el proyecto es muy sensible al costo del gas natural.

El análisis de mercado permite confirmar una demanda interna suficiente para justificar una planta integrada de 2000 Tmd de amoníaco. El dimensionamiento técnico demuestra la compatibilidad del proceso SMR-Haber Bosch con el gas natural de Camisea. La evaluación de la localización identificó a Paracas como la alternativa más competitiva por su cercanía portuaria y logística. Y la evaluación económico-financiera evidencia que la viabilidad del proyecto depende principalmente de acceder a condiciones competitivas de precio de gas natural.

Este proyecto se alinea con los objetivos de sostenibilidad del país, fortaleciendo la seguridad alimentaria, impulsando la industria petroquímica local y generando empleo especializado. En conjunto, la implementación de esta planta de producción de fertilizantes contribuye al fortalecimiento de la competitividad del sector agrícola y minero, apoya la diversificación productiva del país y se proyecta como una medida clave para impulsar la sostenibilidad y el desarrollo económico del país.

Para futuras investigaciones se recomienda profundizar el análisis con datos actualizados de importaciones posteriores al 2021, desarrollar una evaluación ambiental preliminar para la zona de Paracas y analizar mecanismos de acceso competitivo al gas natural, incluyendo esquemas tarifarios que permitan reducir la exposición del proyecto a la volatilidad del costo energético. Así también, se podría incorporar un análisis de escenarios de descarbonización gradual, captura de carbono o integración con hidrógeno de bajas emisiones para fortalecer la sostenibilidad del proyecto al largo plazo.

REFERENCIAS

- [1] S. Swify, R. Mažeika, J. Baltrusaitis, D. Drapanauskaitė, y K. Barčauskaitė, “Review: Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use Efficiency (NUE)”, *Sustainability*, vol. 16, núm. 1, p. 188, dic. 2023, doi: 10.3390/su16010188.
- [2] IFA, “Urea”. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ifastat.org/supply/Nitrogen%20Products/Urea>.
- [3] M. Nacimiento, “The Russia-Ukraine War and the Peruvian Agrarian Crisis”, *Bull. Lat. Am. Res.*, vol. 43, núm. 4, pp. 340–343, sep. 2024, doi: 10.1111/blar.13592.
- [4] E. Ramos, “Rusia fue el origen del 71% de las importaciones peruanas de urea en el primer semestre de 2025”. el 21 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/rusia-fue-el-origen-del-71-de-las-importaciones-peruanas-de-40172>.
- [5] Dialogue Earth, “Peru struggles to meet fertiliser demand as global crisis takes hold”. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://dialogue.earth/en/food/57839-peru-struggles-to-meet-fertiliser-demand-as-global-crisis-takes-hold/>.
- [6] Tridge, “Agriculture generates around 4.3 million jobs in Peru”. diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.tridge.com/news/agriculture-generates-around-43-million-jobs-iqldr>.
- [7] R. M. Nayak-Luke y R. Bañares-Alcántara, “Techno-economic viability of islanded green ammonia as a carbon-free energy vector and as a substitute for conventional production”, *Energy Environ. Sci.*, vol. 13, núm. 9, pp. 2957–2966, 2020, doi: 10.1039/D0EE01707H.
- [8] Grand View Research, “Latin America Agrochemicals Market Size & Share Analysis Report, 2030”. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/agrochemicals-market/latin-america>.
- [9] Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), “Operatividad Aduanera - Aduanet”. 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.aduanet.gob.pe/operatividadAduana/>.
- [10] Argus Media, “Precios de referencia de fertilizantes y amoníaco”. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.argusmedia.com>.
- [11] A. J. Useche, J. Martínez-Ferrero, y G. E. Reyes, “Taking ESG strategies for achieving profits: a dynamic panel data analysis”, *J. Econ. Finance Adm. Sci.*, sep. 2024, doi: 10.1108/JEFAS-02-2023-0030.
- [12] A. Tacuba, “Pemex: oil price and financial management in the context of elevated fiscal burden”, *J. Econ. Finance Adm. Sci.*, vol. 27, núm. 53, pp. 175–194, jul. 2022, doi: 10.1108/JEFAS-06-2021-0094.
- [13] J. C. León Carrasco, “Importación de fertilizantes alcanzó US\$ 698 millones en 2025, mostrando un alza de 12.3%”. *Agraria.pe*, el 20 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/importacion-de-fertilizantes-alcanzo-us-698-millones-en-2025-41702>.
- [14] Trade Data Monitor, “Uncover global trade insights with Trade Data Monitor”. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.tradedatamonitor.com/>.
- [15] Ministerio de Energía de Chile, “Industria del amoníaco: estado actual y oportunidades para la descarbonización”. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2022/10/Industria-del-amoniaco-estado-actual-y-oportunidades-para-la-descarbonizacion.pdf>.
- [16] K. H. R. Rouwenhorst, A. G. J. Van Der Ham, G. Mul, y S. R. A. Kersten, “Islanded ammonia power systems: Technology review & conceptual process design”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 114, p. 109339, oct. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109339.
- [17] V. Pattabathula y J. Richardson, “Introduction to ammonia production”. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20160969.pdf>.
- [18] Toyo Engineering, “Aces21 urea process”. 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.toyo-eng.com/jp/en/solution/energy/pdf/ACES21_Brochure.pdf.