



2.0 Descripción del Proyecto



JGP

**Consultoria e
Participações Ltda.**

Rua Américo Brasiliense, 615 - São Paulo
CEP 04715-003 - Fone / Fax 5546-0733
e-mail: jgp@jgpconsultoria.com.br

Zona Franca y Planta de Producción de Fertilizante Verde de ATOME Paraguay S.A.

Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS)

Febrero de 2024

RESUMEN

2.0 Descripción del Proyecto	1
2.1 Resumen General del Proyecto	1
2.2 Ubicación Geográfica	3
2.2.1 Propiedad y Tenencia de la Tierra	3
2.2.2 Zonificación de Villeta	4
2.3 Aspectos Técnicos del Diseño del Proyecto	4
2.3.1 Códigos y Normas en el Diseño, la Fabricación y Pruebas de las Instalaciones	4
2.3.2 Reducción de Emisiones Atmosféricas	6
2.3.3 Detectores de Gases	12
2.3.4 Ruido	14
2.3.5 Aspectos de Protección y Seguridad	16
2.4 Propiedades y Riesgos Generales asociados a las Materias Primas y Productos	17
2.4.1 Hidrógeno (H ₂)	17
2.4.2 Nitrógeno (N ₂)	18
2.4.3 Amoníaco (NH ₃)	18
2.4.4 Ácido Nítrico (HNO ₃)	19
2.4.5 Solución de Nitrato de Amonio (NH ₄ NO ₃)	20
2.4.6 Nitrato de Amonio y Calcio (CAN)	21
2.5 Descripción General del Proceso de Producción	22
2.6 Descripción de las Instalaciones Principales y Auxiliares	25
2.6.1 Instalaciones Principales	28
2.6.2 Instalaciones auxiliares	51
2.6.3 Otras Instalaciones	69
2.7 Aspectos Constructivos	77
2.7.1 Servicios Preliminares	78
2.7.2 Obras Civiles	86
2.7.3 Montaje	92
2.7.4 Residuos de Construcción y Demolición	92
2.7.5 Desmovilización y Recuperación de Obra	94
2.7.6 Mano de Obra de Construcción, Equipos y Maquinarias	94
<i>Movimiento de Suelos (Relleno)</i>	98
2.7.7 Cronograma de Obras	98
2.8 Aspectos de Operación y Mantenimiento	101
2.8.1 Operación de la Planta	101
2.8.2 Mantenimiento de la Planta	103
2.8.3 Mantenimiento de la LT	104
2.8.4 Mano de Obra de Operación y Mantenimiento	105

2.0

Descripción del Proyecto

Este capítulo describe en detalle las instalaciones y procesos contemplados en el Proyecto “Zona Franca y Planta de Producción de fertilizantes (Nitrato de amonio cálcico – CAN) verdes”. La descripción del Proyecto se basa en el diseño de ingeniería básica (FEED, por sus siglas en inglés) desarrollado por la contratista de ingeniería constituida por un consorcio de firmas denominado URBAS Energy-Ingeser, TSK y Casale.

2.1

Resumen General del Proyecto

El Proyecto de ATOME, objeto de este EIAS, consiste en la construcción y operación de una Planta de producción de fertilizante (Nitrato de amonio cálcico – CAN) verde con una demanda de potencia eléctrica de 120 MW. Esta planta se instalará en el distrito de Villeta, Paraguay, y será la primera en Latinoamérica con capacidad de producir fertilizantes verdes a escala industrial y tasa constante (**270,000 ton/año de CAN**), a partir de hidroelectricidad (**120 MW**), energía 100% renovable; agua (**165.4 m³/h**); aire ambiente y dolomita (**173 ton/día**).

Con su producción ATOME estará respondiendo a la demanda local de fertilizantes amoniacales y regional para países vecinos como Brasil, el mayor importador de fertilizantes amoniacales del mundo (13.7% del nitrato de amonio del mundo).

Las principales materias primas del Proyecto son la hidroenergía y el agua. Por lo tanto, forman también parte del Proyecto los siguientes componentes:

- Una línea de transmisión eléctrica (LT) de 220 kV y cerca de 550 m de longitud, la cual transmitirá la hidroenergía desde la (SE) Buey Rodeo de la ANDE hasta la SE de ATOME.
- Un sistema de captación, bombeo y tuberías para la provisión de agua desde el río Paraguay hasta la Planta de ATOME y tuberías de vertido de efluentes al río mencionado.

El Proyecto de producción de CAN tendrá seis principales bloques de procesos, los cuales se desarrollarán en las siguientes instalaciones:

- Planta de electrólisis, en donde se genera el hidrógeno (H₂) a partir de agua y energía.
- Unidad de separación de aire (USA), en donde se produce el nitrógeno (N₂) a partir de aire ambiente.
- Unidad de síntesis de amoníaco (NH₃), cuya producción se realiza a partir del H₂ y N₂.
- Planta de ácido nítrico – AN (HNO₃), en donde se produce el HNO₃ a partir del NH₃.
- Planta de solución de nitrato de amonio – SNA (NH₄NO₃), que producirá NH₄NO₃ en solución a partir del NH₃ y HNO₃.
- Planta Granuladora de materia prima sólida (dolomita/caliza) (GRAN), en donde se generará el CAN a partir del NH₄NO₃ y materia prima sólida.
- Envasado y almacenamiento.

En la **Tabla 2.1.a** se resumen las características principales del Proyecto.

Tabla 2.1.a
Características principales de la Planta

Nº	Ítem/Componente	Detalles
1	Ubicación	Villeta (Localidad Puerto Sara – Surubi’y)
2	Fuente de energía	Hidroelectricidad de la subestación Buey Rodeo de la ANDE a través de una LT de 220 kV
3	Superficie de la propiedad (ha)	30 ha
4	Huella de construcción	20 ha aproximadamente
5	Vida útil de la Planta	25 años
6	Cronograma de Obra	31 meses, iniciando en el primer cuatrimestre del año 2024. Se estima la fase de pre-comisionamiento iniciará en el mes 19 y el comisionamiento en el mes 21.
7	Recursos Humanos (empleos directos)	Construcción: entre 200 - 500 personas, con picos de 1020 a 1073 personas en los meses 21 al 24. Operación: 90-100 personas.
8	Energía eléctrica (hidroenergía)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de energía eléctrica total: 112.9 MW. <p>Cabe destacar que el Proyecto contempla unos turbosets capaces de generar energía a partir de la generación de vapor resultado de la recuperación de calor en la Planta de AN. Esta energía podrá alimentar a los procesos de las Plantas de AN-SNA-GRAN. Asimismo, podrá ser utilizada como energía extra a 6 kV en la Planta de NH₃ para reducir la demanda energética de los compresores syngas. El excedente generado por los turbosets es de 2.7 MW.</p>
9	Consumo neto de agua	165.4 m ³ /h.
10	Consumo de dolomita/caliza	173 ton/día.
11	Características operativas	La operación normal de la industria considera un régimen de operación de 24 hs durante 350 días/año, excepto por la planta granuladora con régimen de 22 hs durante 330 días/año. Se contempla que todas las plantas operen simultáneamente.
12	Instalaciones clave de la planta	<p>Instalaciones principales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Planta de electrólisis; ▪ Unidad de separación de aire (USA); ▪ Unidad de síntesis de NH₃; ▪ Planta de ácido nítrico (AN); ▪ Planta de solución de nitrato de amonio (SNA); ▪ Planta Granuladora (GRAN); ▪ Envasado y almacenamiento. ▪ Sistema de antorchas (<i>flare</i>); <p>Instalaciones auxiliares</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de captación de agua y tuberías de provisión de agua y descarga de efluentes; ▪ Línea de transmisión de 220 kV; ▪ Sistema de pre-tratamiento de agua cruda; ▪ Sistema de tratamiento de agua cruda; ▪ Sistema de almacenamiento y distribución de agua de servicio; ▪ Sistema de almacenamiento de agua desmineralizada; ▪ Sistema de aire para Instrumentos y Planta; ▪ Sistema de nitrógeno utilitario y líquido;

Tabla 2.1.a
Características principales de la Planta

Nº	Ítem/Componente	Detalles
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de refrigeración; ▪ Sistema de extinción de incendios; ▪ Estación de tratamiento de aguas residuales (ETAR).
13	Energía de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un grupo electrógeno de emergencia. ▪ Un grupo diésel del sistema contra incendios.
14	Cantidad de efluentes	77.30 m ³ /h, con picos de 84.20 m ³ /h. Los efluentes serán tratados en la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR) de la Planta.
15	Descarga de efluentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En el Río Paraguay a través de tuberías de 2.3 km de longitud aproximadamente que conectan la Planta de tratamiento de efluente de ATOME y el río y un emisario subfluvial que contempla dispersores.

2.2

Ubicación Geográfica

Como mencionado en la **Sección 1.4**, la Planta de CAN se ubicará en la localidad denominada Puerto Sara en Surubí'y, al sur de la ciudad de Villeta, Paraguay, cerca de la orilla oriental del río Paraguay, 50 km al sur de la ciudad de Asunción, junto a la carretera Villeta-Alberdi y la SE Buey Rodeo (ver **Mapa 1.4.a – Mapa de Localización del Proyecto**, en la **Sección 1.4**).

El terreno propiedad de ATOME Paraguay S.A. es de 30 ha aproximadamente y se halla identificado con Padrón 16.490, según título de propiedad. Del total de la superficie se estima que 20 ha aproximadamente serán ocupadas por las instalaciones de la Planta, como se muestra en *layout* general (ver **Figura 2.6** en la **Sección 2.6**).

2.2.1

Propiedad y Tenencia de la Tierra

Como se verá en la **Sección 3.1.1** del estudio de alternativas, el terreno elegido para la construcción de la Planta corresponde a una superficie de 30 ha formada por las fracciones 1 y 2 del Padrón 8369, comprada de la empresa Monteclaro S.A., según indicado en título de propiedad a nombre de ATOME. Este terreno fue adquirido mediante un proceso de negociación y adquisición simple y amigable (*willing buyer - willing seller*), aplicándose valores de mercado.

En el caso de las áreas necesarias para la instalación del sistema de captación de agua en la margen del río Paraguay, la LT y las tuberías de agua y efluentes, se establecerán servidumbres de paso y acueducto, respectivamente, sustentadas en el Art. 2188 del Código Civil Paraguayo (Ley 1183/85). En las áreas de servidumbre se constituye un derecho de uso a largo plazo y se fija una compensación de mutuo acuerdo con el dueño de la propiedad.

Los usos actuales en el área donde se establecerá la franja de servidumbre de la LT incluyen vegetación tipo sabana y cultivos de arroz. También en el estudio de alternativas, en la **Sección 3.1.2**, se verá que la alternativa elegida para el establecimiento de la franja de servidumbre de la LT se localiza en la fracción 1B del Padrón 9722 de propiedad de El Arreglo S.A., la cual posee una superficie de 22.52 ha. Si bien la Ley Nº 6681/2020 establece un ancho de 50 metros para

servidumbres de LT de 220 kV, el área real afectada por la supresión de cultivo de arroz y sabana se limita a 0.33 ha o 3,300 m². Para esta superficie, se ha acordado previamente un costo de compensación con el propietario y se suscribirá un contrato entre el mismo y ATOME para constituir la servidumbre.

En el caso de las tuberías de agua y efluentes, la franja de servidumbre a establecer mediante contrato tendrá 5 metros de anchura aproximadamente y 2.3 km de longitud, totalizando una superficie de 1.15 ha o 11,500 m². Cabe destacar que las dimensiones podrían ajustarse durante la fase de proyecto ejecutivo de las tuberías y sistema de captación de agua cruda. El trazado elegido para estas tuberías, descrito en la **Sección 3.1.3**, se encuentra dentro de dos predios, la mayor parte dentro de la Fracción A, de propiedad de la empresa Omega Green, y una parte más pequeña en terreno identificado con Padrón 8262 que constituye propiedad de Jörn Wenger.

2.2.2

Zonificación de Villeta

La Planta de CAN estará situada en la localidad denominada Puerto Sara en Surubí'y, al sur de la ciudad de Villeta, Paraguay. Esta ciudad se encuentra en proceso de desarrollo de un Plan de Ordenamiento Territorial conforme a lo consultado a la Municipalidad de Villeta, por lo tanto, la zona no cuenta aún con una designación oficial o clasificación.

Sin embargo, de acuerdo con la Nota I.M.V N° 283/2023 de la Municipalidad, la zona no presenta restricciones para el emplazamiento del proyecto de ATOME, considerando las características del entorno y la existencia de industrias de diversos ramos actualmente instaladas.

Por otro lado, cabe destacar que la propiedad de ATOME ha sido declarada zona franca industrial y de servicios, según Decreto Presidencial N° 651 emitido en fecha 09 de noviembre de 2023. Conforme con la Ley 523/95, las zonas francas son espacios de territorio nacional dentro de los cuales su funcionamiento es autorizado para realizar actividades comerciales, industriales o de servicios.

2.3

Aspectos Técnicos del Diseño del Proyecto

2.3.1

Códigos y Normas en el Diseño, la Fabricación y Pruebas de las Instalaciones

En este apartado se enlistan los códigos y estándares de referencia considerados para el diseño, fabricación y pruebas de las instalaciones de la planta. Estos se ajustarán a la edición vigente de las normas y a sus modificaciones más recientes. En caso de discrepancia entre algún código y estándares, la más exigente prevalecerá y será aplicada.

La jerarquía de los diferentes estándares a ser considerados en el diseño y fabricación se imponen en el siguiente orden:

- Códigos y estándares internacionales:

- Guías Generales de Medio Ambiente, Salud y Seguridad (MASS) de la Corporación Financiera Internacional (CFI)/Banco Mundial.
- Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la producción de fertilizantes nitrogenados del Banco Mundial/CFI.
- Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la transmisión y distribución de electricidad de la CFI;
- BAT o Mejores Técnicas Disponibles y criterios de Gestión (BPEM – Mejores prácticas de gestión ambiental).
- Buenas prácticas internacionales recomendadas para la industria.
- Legislación y estándares nacionales relevantes:
 - Ley N° 1100/97 de Prevención de la Polución Sonora.
 - Resolución MADES N° 259/15 Por la cual se establecen los parámetros permisibles de calidad de aire.
 - Resolución MADES N° 222/02 Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional.
- Estándares de ATOME.

Tabla 2.3.1.a

Códigos de Referencia para el Diseño, Fabricación y Pruebas de Instalaciones de la Planta

CODIGOS	DESCRIPCION
AGMA	Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes
AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero
AISC	Instituto Americano de la Construcción en Acero
ANSI	Instituto Nacional Americano de Normalización
API	Instituto Americano del Petróleo
ASTM	Sociedad Americana de Ensayo de Materiales
AWS D1.1	Sociedad Americana de Soldadura
AWWA	Asociación Americana de Obras Hidráulicas
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
PTC	Código ASME de Pruebas de Potencia
PTC 36	Medición del Sonido Industrial
AFBMA	Asociación de Fabricantes de Rodamiento Antifricción
ASHRAE	Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
DIN	Instituto Alemán de Normalización
CTI	Instituto de Torres de Refrigeración
FEM	Asociación Europea de Fabricantes de Equipos de Manipulación, Elevación y Almacenamiento de Materiales
EJMA	Asociación de Fabricantes de Juntas de Dilatación
HI	Instituto de Hidráulica
HEI	Instituto de Intercambio de Calor
ISO	Organización Internacional de Normalización
MSS	Sociedad de Normalización de Fabricantes
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios
OSHA	Asociación de Seguridad y Salud en el Trabajo
TEMA	Asociación de Fabricantes de Intercambiadores Tubulares
TIMA	Asociación de Fabricantes de Aislamiento Térmico
SIS	Comisión de Normas de Suecia
SSPC	Directivas sudamericanas

2.3.2

Reducción de Emisiones Atmosféricas

Los diferentes bloques de proceso que conforman la Planta consideran en su diseño las Mejores Técnicas Disponibles (BAT, por sus siglas en inglés) y recomendadas internacionalmente para la industria. De esta manera, la Planta incorpora adaptaciones necesarias para cumplir ampliamente con las regulaciones locales y de la CFI como las mencionadas en el ítem 2.3.1.

En la **Tabla 2.3.2.a** se presentan las principales fuentes de emisiones atmosféricas previstas durante la operación, discriminándolas según su régimen de funcionamiento; continuo o eventual. La ubicación de las fuentes de emisiones atmosféricas se muestra en la **Figura 2.3.4.a** en la **Sección 2.3.4**, identificadas por las siglas E1 a E12.

En las secciones siguientes se presentan las tecnologías elegidas para cada planta cuyas emisiones se consideran contaminantes y de régimen continuo y las medidas de mitigación contempladas.

Tabla 2.3.2.a

Fuentes de Emisiones Atmosféricas durante la Operación

Sigla Figura 2.3.4.a	Descripción	Tipo de Emisión	Funcionamiento	Caudal (kg/h)	Composición (%Vol)
E1	USA	Salida de aire enriquecido con O ₂	CONTINUO	13,200	Aire ambiente enriquecido en O ₂ (90% O ₂ , 10% N ₂ , <0.5% Ar y trazas de CO ₂)
E2	Planta de Electrólisis	Venteo de O ₂ en dos puntos	CONTINUO	17,820	98.5% O ₂ ; 1.5% H ₂ ; 4g/ Nm ³ de H ₂ O y 1 mg/ Nm ³ de KOH
E3		Venteo de H ₂ en dos puntos	EVENTUAL <500h/año	1,980	98.5% H ₂ ; 1.5% O ₂ , 4g/ Nm ³ de H ₂ O y 1 mg/ Nm ³ de KOH
E4	Antorcha Principal	Combustión (quema)	EVENTUAL <500h/año	29,626	Quemador + piloto: 22.38 kg/h CO ₂ , 6,664.22 kg/h H ₂ O, 22,920.34 kg/h N ₂ , 2.28 kg/h NO _x , 12.42 kg/h CO, inquemados 4.70 kg/h
		Llama Piloto	CONTINUO	124	Piloto: 22.38 kg/h CO ₂ , 12.22 kg/h H ₂ O, 89.34 kg/h N ₂ , 0.010 kg/NO _x , 0.055 kg/h CO, inquemados 0.021 kg/h
E5	Descarga de la Planta de AN tras abatimiento	-	CONTINUO	73,929	Aire con NO _x 10 ppmv, NH ₃ 5 ppmv, N ₂ O 20 ppmv
E6	Unidad de Síntesis de NH ₃	Venteo de gas proceso	CONTINUO	5	53% H ₂ , 43% N ₂ , 2% Ar y 0.3% de H ₂ O

Tabla 2.3.2.a
Fuentes de Emisiones Atmosféricas durante la Operación

Sigla Figura 2.3.4.a	Descripción	Tipo de Emisión	Funcionamiento	Caudal (kg/h)	Composición (%Vol)
E7	Antorcha Secundaria	Combustión (quema)	EVENTUAL <500h/año	29,626	Quemador + piloto: 22.38 kg/h CO ₂ , 6,664.22 kg/h H ₂ O, 22,920.34 kg/h N ₂ , 2.28 kg/h NO _x , 12.42 kg/h CO, inquemados 4.70 kg/h Piloto: 22.38 kg/h CO ₂ , 12.22 kg/h H ₂ O, 89.34 kg/h N ₂ , 0.010 kg/NO _x , 0.055 kg/h CO, inquemados 0.021 kg/h
		Llama Piloto	CONTINUO (piloto)	124	
E8	Planta Granuladora	Descarga de molienda	CONTINUO	<0.629 PM ₁₀ 0.221 PM _{2.5}	Aire con <37 mg/Nm ³ PM ₁₀ y 13 mg/Nm ³ PM _{2.5}
E9		Descarga del scrubber de molienda	CONTINUO	269,500	Aire con < 50 mg/ Nm ³ polvo, y <50 mg/ Nm ³ NH ₃
E10	Generador diésel del sistema contra incendios	Combustión diésel	EVENTUAL 0h/año	1,078	71% N ₂ , 9.5% H ₂ O, 9% CO ₂ , 8,5% CO, 2% Ar <2,500 mg/ Nm ³ NO _x , <25 mg/ Nm ³ PM, <450 mg/ Nm ³ CO, <125 mg/ Nm ³ HC, SO ₂ dependerá del contenido de S en el diésel
E11	Generador de emergencia	Combustión diésel	EVENTUAL <500h/año	1,594	71% N ₂ , 9.5% H ₂ O, 9% CO ₂ , 8,5% CO, 2% Ar <2,500 mg/ Nm ³ NO _x , <25 mg/ Nm ³ PM, <450 mg/ Nm ³ CO, <125 mg/ Nm ³ HC, SO ₂ dependerá del contenido de S en el diésel
E12	Chimenea de escape de la caldera auxiliar de la Planta de AN	Combustión diésel	EVENTUAL <500h/año	1,078	71% N ₂ , 9.5% H ₂ O, 9% CO ₂ , 8.5% CO, 2% Ar <2,500 mg/ Nm ³ NO _x , <25 mg/ Nm ³ PM, <450 mg/ Nm ³ CO, <125 mg/ Nm ³ HC, SO ₂ dependerá del contenido de S en el diésel

2.3.2.1

Unidad de Síntesis de NH₃

2.3.2.1.1

Elección de la Tecnología

El proceso optado para la síntesis de amoníaco es el método de Haber-Bosch, proceso con más de 100 años de uso, en el cual reaccionan hidrógeno y nitrógeno en un lecho catalítico a 450-550 °C y 200 bar. La producción de amoníaco actual se basa en hidrógeno producido a partir de fuentes no renovables, siendo el hidrógeno verde una alternativa para la descarbonización de la industria del amoníaco. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la etapa de producción de amoníaco conllevan CO₂, CH₄ y NO_x del reformado de vapor para producir hidrógeno y de la quema de gas natural para generar electricidad.

El uso de hidrógeno verde y uso de electricidad a partir de energías renovables disminuye drásticamente la huella de carbono de la producción de amoníaco. El proceso resultante es más limpio y menos intensivo en energía, traduciéndose en un menor consumo de recursos naturales, mayor eficiencia energética evitando pérdidas asociadas a la conversión de hidrocarburos en hidrógeno, reducción de costos operativos y la huella de carbono.

2.3.2.1.2

Medidas Incorporadas en el Diseño

En la **Tabla 2.3.2.1.2.a** se describen las medidas adoptadas en el diseño de la Unidad de Síntesis de NH₃ aplicando las Mejores Técnicas Disponibles (BAT).

Tabla 2.3.2.1.2.a

Acciones tomadas en el diseño de la Unidad de Síntesis NH₃ aplicando BAT

BAT	Diseño
Uso de partículas pequeñas de catalizador para la malla de catalizador	Elección del catalizador AMOMAX-Casale, con características beneficiosas en comparación con catalizadores estándares, teniendo actividades catalíticas más estables, mayor conversión, tasa de circulación y presión de síntesis reducida, mayor resistencia y fuerza mecánica, siendo estable ante elevadas caídas de presión.
Enfriamiento indirecto del reactor de síntesis de amoníaco	El reactor de síntesis de amoníaco está diseñado en secciones/partes con intercambiadores de calor indirectos. El calor retirado es usado para producir vapor de alta presión y/o para precalentamiento de las corrientes de gas de alimentación.
Implementación de un sistema de control avanzado del proceso	Un sistema avanzado de control basado en modelos o de tipo predictivo basado en modelos será incorporado con el fin de proporcionar una optimización ponderada y jerárquica.
Remoción de amoníaco de los condensados del proceso	Condensados provenientes de lavadores de gases, purgas y tanques flash estarán en un circuito cerrado de condensados conteniendo valores elevados de amoníaco. Estos serán reutilizados en procesos dentro de la planta de amoníaco y/o planta de AN dependiendo del contenido de amoníaco, como forma de recuperación del componente nitrogenado. En caso contrario, será almacenado en tanques para su posterior disposición y tratamiento por empresas tercerizadas especializadas.

BAT	Diseño
Producción de amoníaco a partir de hidrógeno electrolítico	Hidrógeno será producido en la planta de hidrógeno empleando electrolizadores alcalinos. Emisiones directas e indirectas son mínimas comparadas con el hidrógeno producido a partir de reformado de vapor y/u oxidación parcial.

Como resultado de estas medidas se espera obtener beneficios significativos en la eficiencia de conversión, disminución del volumen del catalizador, aumento de la capacidad de producción de amoníaco y reducción del consumo energético.

2.3.2.2

Planta de Ácido Nítrico - AN

2.3.2.2.1

Elección de Tecnología

La tecnología elegida para la producción de ácido nítrico (AN) es la de doble presión (M/H)¹, la cual permite controlar la temperatura en las etapas de oxidación del amoníaco a presiones medias y aumentar la eficiencia de absorción a presiones altas. Esto permitirá reducir la formación de gases de óxidos de nitrógenos, por lo tanto, menores emisiones de NOx en los gases de cola.

Las plantas de doble presión tienen la ventaja de una mayor eficiencia en la conversión del amoníaco, es decir, se necesita menos materia prima de amoníaco para producir ácido nítrico. Además, las plantas de doble presión tienen una vida útil de catalizador más larga y requieren menos reemplazos frecuentes de catalizador

Sin un sistema de abatimiento a la salida de los gases, se encuentran composiciones de NOx a la salida en el rango de 100-200 ppmv en comparación con 1,000-2,000 ppmv en tecnologías de presiones medias y bajas

2.3.2.2.2

Medidas Incorporadas en el Diseño

En la **Tabla 2.3.2.2.a** se describen las medidas adoptadas en el diseño de la Planta de AN aplicando BAT.

Tabla 2.3.2.2.a

Acciones tomadas en el diseño de la Planta de AN aplicando BAT

BAT	Acciones tomadas en el diseño
Optimizar eliminación de impurezas de materia prima	Filtros en corriente de aire y amoníaco líquido/vapor para aumentar la eficiencia del catalizador (reducción en el rendimiento NO).
Optimizar mezcla de materias primas	Mezclador estático aire-amoníaco para evitar exceso de amoníaco en el quemador y sobrecalentamiento del catalizador.
Optimizar distribución de gases sobre el catalizador	Mezcla aire-amoníaco es distribuido uniformemente, se emplea hidrógeno para activar el catalizador previamente a la oxidación del

¹ Oxidación tiene lugar a presión media 5 bar(a) y absorción a presión alta 11.5 bar(a)

Tabla 2.3.2.2.a

Acciones tomadas en el diseño de la Planta de AN aplicando BAT

BAT	Acciones tomadas en el diseño
	amoníaco. Se controla la distribución de la mezcla, velocidad, tiempo de contacto y temperatura de oxidación.
Monitoreo de la eficiencia del catalizador	Composición del catalizador será ajustada para minimizar la pérdida de componentes y costos asociados. Se realizarán monitoreos de niveles de N ₂ O en el gas de cola.
Optimización de NH ₃ /aire	Se asegura eficiente conversión de NH ₃ y se evita riesgos de explosión en el reactor con una composición NH ₃ /(NH ₃ +aire) = 9.85% (v/v).
Optimización de condiciones de presión y temperatura en la oxidación	Condiciones de presión y temperatura en línea con plantas de ácido nítrico nuevas. Oxidación tiene lugar a presión media 5 bar(a) y absorción a presión alta 11.5 bar(a), temperatura de reacción a 890°C.
Sistema de abatimiento combinada de NOx y N ₂ O	Sistema de abatimiento compuesto por catalizadores de Fe y zeolita a la salida de los gases de cola.

2.3.2.2.3

Sistema de Abatimiento

Como sistema de abatimiento se entiende a operaciones de reducción de las concentraciones de NOx en los gases de cola pudiéndose emplear procesos adicionales como absorción con agua, reacciones catalíticas no selectivas² y selectivas³. Para nuevas plantas, se opta por la última tecnología ya que no generan GEI adicionales, como el CO₂, CO, hidrocarburos sin quemar; y permite mayor reducción de NOx de valores < 100 ppmv.

El sistema de abatimiento diseñado para el Proyecto de ATOME consiste en un sistema de control terciario⁴ de reacción catalítica a la salida de los gases de cola compuesto por mallas de catalizadores de Fe y zeolita para la eliminación simultánea de NOx y N₂O. Emisiones alcanzadas con este sistema se encuentran en cumplimiento con parámetros nacionales e internacionales.

2.3.2.2.4

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - GEI

En la **Tabla 2.3.2.2.4.a** se presenta una comparación de los límites/estándares de los parámetros de emisiones de GEI y las emisiones del Proyecto de ATOME.

Tabla 2.3.2.2.4.a

Comparativa de parámetros de los límites/estándares de los parámetros de emisiones de GEI y las emisiones del proyecto 120 MW Villeta

Gas de efecto invernadero	Unidades	Emisiones a alcanzar con BAT		Límites de CFI	Proyecto 120 MW Villeta – ATOME
		Nuevas Plantas	Plantas existentes		
NOx	ppmv	20-100	20-300	200	< 10
N ₂ O	ppmv	-		800	< 20

² NSCR por sus siglas en ingles del Non-selective catalytic reduction

³ SCR por sus siglas en ingles de Selective catalytic reduction

⁴ Existen tres tipos de controles para el N₂O en las plantas de ácido nítrico, según la ubicación del control dentro del proceso de producción de ácido nítrico.

2.3.2.3

Planta de Solución de Nitrato de Amonio - SNA

El diseño de la planta de Solución de Nitrato de Amonio - SNA considera medidas BAT haciendo énfasis en la optimización del proceso de neutralización/evaporación tomando las siguientes acciones:

- Uso del calor de la reacción exotérmica entre el amoniaco y el ácido nítrico para precalentar la alimentación de ácido nítrico y/o vaporizar amoniaco;
- Controles de pH, flujos y temperatura en la etapa de neutralización/evaporación, contenido de agua y de impurezas, permitirán obtener mayor eficiencia en la producción de SNA evitando su descomposición durante el proceso;
- El uso del vapor generado de la planta de AN para la evaporación del SNA, y para el tratamiento del condensado de proceso;
- Todos los vapores producidos en el proceso se condensarán y el condensado se reutilizará en la planta de AN como reposición al fluido absorbedor y en la sección de lavado de gases de la planta de SNA y GRAN.

Como resultado de la optimización de la etapa de neutralización/evaporación se obtienen beneficios medio ambientales como de eficiencia de proceso, logrando mayor seguridad, menor concentración de amoniaco y AN en el vapor y condensados (< 50 mg/L de AN en el condensado), recirculación de componentes nitrogenados al proceso de producción, menor energía para evaporar agua de la SNA y generación de vapor a elevada temperatura con SNA con mayor concentración 95% sin necesidad de energía adicional.

2.3.2.4

Planta Granuladora

La planta granuladora - GRAN estará sellada/aislada y diseñada para operar de forma autotérmica mediante la recirculación de corriente caliente de gases desde la salida de los lechos enfriadores de producto hacia el tambor de secado, lo que resulta en un ahorro significativo de energía al reducir en un 50% el flujo volumétrico de gas de salida. Además, estará equipada con un sistema eficiente de eliminación/recolección de material particulado para mitigar su emisión a la atmósfera. Los gases de salida de la planta serán tratados mediante ciclones y/o filtros mangas⁵ alcanzando valores <50 mg/Nm³. Adicionalmente, se tendrá en cuenta BAT para la selección apropiada de equipamiento en el sector de clasificación de finos y recirculación de agua de proceso al sitio.

⁵ De acuerdo con el vendedor de la unidad de molienda

2.3.3

Detectores de Gases

2.3.3.1

Amoniaco

El sistema de detección de gases será capaz de controlar todas las áreas en las que pueda producirse el riesgo de liberación accidental y acumulación de gases de amoníaco debido a fugas localizadas en el equipo de la planta o en líneas de proceso específicas.

Los detectores de gas amoníaco serán del tipo de célula electroquímica o del tipo sólido (semiconductor) y dispondrán de alarmas de nivel bajo y alto ajustados según los estándares de la planta normalmente correspondientes a los valores de límite de exposición a largo plazo (*LTEL en inglés*, igual a 20 ppmv) y límite de exposición a corto plazo (*STEL en inglés*, igual a 50 ppmv), respectivamente, con colores diferentes para cada nivel de alarma, así como un indicador de velocidad y dirección del viento, botones de reinicio de alarma y de prueba.

Si bien no se tienen definidos aún los puntos específicos de instalación de estos detectores, las empresas encargadas del *FEED* sugieren como potenciales puntos a las siguientes instalaciones, áreas y equipos:

- Unidad de síntesis de amoníaco.
- Sección de refrigeración de la unidad de síntesis de amoníaco.
- Tanque buffer de amoníaco.
- Edificios de la planta que puedan estar expuestos a nubes tóxicas (en la entrada de aire del sistema de calefacción y aire acondicionado, HVAC en inglés).
- Planta de ácido nítrico.
- Planta de solución de nitrato de amonio.
- Separadores e intercambiadores.
- Compresores de gas y caseta de compresores.
- Bombas y caseta de bombas.
- Zonas con alta densidad de bridas y conexiones.

Dado que el amoníaco es un gas más ligero que el aire (densidad con respecto al aire ≤ 1), los detectores de gas amoníaco se instalarán normalmente a 1000~2000 mm por encima de la ubicación de la fuente potencial de liberación en función de la dirección predominante del viento.

El sistema de detección de gas será un sistema independiente. Las alarmas se mostrarán en una pantalla de alarma de gas específica situada en la sala de control. La pantalla será fácilmente visible desde el puesto del operador y mostrará la posición real en la que está instalado cada detector.

Se instalarán alarmas de gas visuales y acústicas para advertir al personal operativo. Por lo general, en la zona vigilada por los detectores de gas se instalan lámparas/balizas intermitentes y bocinas/timbres/sirenas. La intensidad sonora de los dispositivos de alarma acústica en el interior de los edificios será de 85~90 dB a 1 m, mientras que será de 110~115 dB a 1 m para los dispositivos de alarma acústica situados en las paredes exteriores de los edificios y en las zonas

de las instalaciones. La elevación de las alarmas acústicas y visuales en las zonas de las instalaciones será de 2.4 m como mínimo.

2.3.3.2

Dióxido de Nitrógeno

Se instalarán detectores de gas NO₂ en la Planta de ácido nítrico para controlar la liberación accidental de gases nitrosos.

Los detectores de gas amoniaco serán del tipo de célula electroquímica y dispondrán de alarmas de nivel bajo y alto ajustados según los estándares de la planta (normalmente correspondientes a los valores LTEL 0.5 ppmv y STEL 1 ppmv, respectivamente), con colores diferentes para cada nivel de alarma, así como de un indicador de velocidad y dirección del viento, botones de reinicio de la alarma y de prueba.

Algunas zonas/equipos en la Planta de ácido nítrico que requieren vigilancia con detectores de gas NO₂ son los siguientes:

- Edificio del turboset.
- Edificio de la caldera auxiliar de ebullición.
- Entrada de aire de edificios/analizadores que puedan ser alcanzados por nubes tóxicas de gases nitrosos.

Dado que el gas nitroso es un gas más pesado que el aire (densidad con respecto al aire ≥ 1.5), los detectores de gas NO₂ se instalarán de la siguiente manera:

- Ubicación a 500 mm por encima del nivel del suelo o del nivel de la plataforma en caso de instalación en elevación.
- Ubicación del transmisor/*display* a 1,000 ~ 1,500 m sobre el nivel del suelo o nivel del andén en caso de instalación en elevación.

En lo referente a las alarmas visuales y acústicas de NO₂, se aplican las mismas recomendaciones formuladas para la detección de gas amoniaco.

2.3.3.3

Nitrógeno

El nitrógeno liberado en espacios confinados o de baja ventilación tienen el riesgo de agotar el oxígeno. En la Planta, el nitrógeno se encuentra principalmente en Unidad de Separación de Aire (USA), en el bucle de síntesis de amoniaco (gas de síntesis), en la planta de ácido nítrico y en la planta de electrólisis.

Se prevé la instalación de un detector de agotamiento de oxígeno que será de tipo electroquímico y se instalará a 1,500 ~ 1,700 mm por encima del suelo acabado. Los detectores se activarán cuando la concentración de oxígeno en el aire sea igual al 19% en volumen.

Al igual que en los casos anteriores, no se tienen definidos aún los sitios de instalación de estos detectores, pero los contratistas del *FEED* recomiendan las siguientes áreas:

- Edificio de compresores de nitrógeno de la USA.
- Otros espacios completamente cerrados donde exista la posibilidad de que haya gases asfixiantes.

En cuanto a las alarmas visuales y acústicas de agotamiento de oxígeno, se aplican las mismas recomendaciones formuladas para la detección de gas amoníaco.

2.3.3.4

Oxígeno

El oxígeno se produce principalmente en la planta de electrólisis y en la USA. Para estos casos, se utilizan detectores de enriquecimiento de oxígeno en gas en las instalaciones donde puede ocurrir acumulación debido a la falta de condiciones de ventilación adecuadas después de una liberación.

- En donde hay líneas de oxígeno presentes.
- En áreas cerradas como analizadores y edificios de procesos (área de proceso de plantas de electrolizadores y USA).

Los detectores de enriquecimiento de oxígeno serán de tipo electroquímico y se instalarán a 1,500 ~ 1,700 mm sobre el nivel del suelo.

Para el enriquecimiento de oxígeno, el umbral de alarma normalmente se establece en una concentración del 23% en volumen, por lo tanto, se tomará como referencia. En lo que respecta a las alarmas visuales y sonoras de enriquecimiento de oxígeno, se aplican las mismas recomendaciones formuladas para la detección de gas amoníaco.

2.3.3.5

Hidrógeno

Se instalarán detectores de gas hidrógeno en la planta de electrólisis, en el área del tanque buffer de hidrógeno y compresores asociados, y en la unidad de síntesis de amoníaco.

Dado que el gas hidrógeno es mucho más ligero que el aire (densidad con respecto al aire ≤ 1), los detectores se instalarán únicamente en puntos donde el gas pueda acumularse debido a la falta de condiciones de ventilación adecuadas (por ejemplo: estructuras equipadas con techo, edificios, salas de baterías, etc.).

Los detectores de gas hidrógeno serán de tipo catalítico y estarán provistos de los siguientes umbrales de alarma: i) en las plantas (límite explosivo inferior; *LEL en inglés*: 20% alarma alta, LEL: 50% alarma muy alta), ii) edificios, entrada de aire del HVAC (LEL: 10% alarma alta, LEL: 25% alarma muy alta).

2.3.4

Ruido

El ruido que se producirá en la fase de operación de la Planta procederá del funcionamiento de vehículos pesados y algunos equipos, de forma continua. Vehículos pesados podrán contribuir

ocasionalmente. El ruido de los equipos principales será continuo y de larga duración, y, por tanto, se utilizarán equipos que respeten los límites de ruido, y los más ruidosos serán colocados lo más lejos posible del límite de la propiedad. Los niveles de ruido que deben respetarse son el límite para las zonas industriales dentro de la Planta y el estándar para zonas residenciales en la propiedad del vecino. Se llevará a cabo un monitoreo del ruido para comprobar el cumplimiento de estas especificaciones.

En cuanto a los equipos, los que más ruido emiten son los que se enumeran a continuación, acompañados de las siglas R1 a R5 que los representan en la **Figura 2.3.4.a**:

- Compresores principales – R1a y reserva – R1b de la USA
- Torre de refrigeración – R2
- Turboset – R3
- Compresor de *syngas* - R4a y compresor de reserva - R4b
- Compresor de Unidad de Síntesis de NH_3 – R4c
- Refrigerador de NH_3 – R5

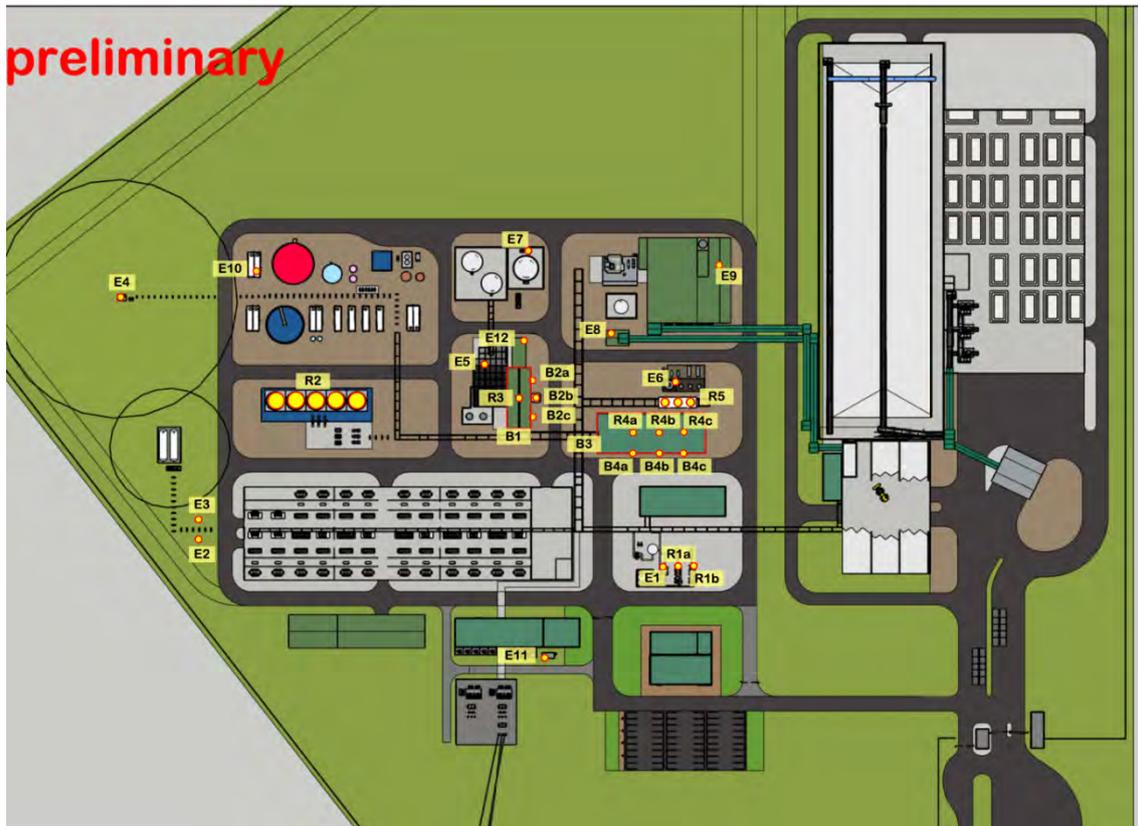
Se prevé que los compresores y turbosets cuenten con medidas de abatimiento como encapsulamiento. El material de encapsulamiento previsto será tipo sándwich panel en la cubierta y fachada. Adicionalmente, se consideran silenciadores para sistemas de ventilación axiales de las salas de compresores (silenciadores SDM) y silenciadores de filtro de admisión en el turboset.

Estos equipos estarán diseñados para emitir un nivel de ruido máximo de 85 dBA a 1 m del equipo (distancia en cota de suelo). Se preverán medidas de mitigación para alcanzar 70 dBA en el límite de la propiedad.

Con el fin de estimar la efectividad de las medidas incorporadas, se realizó una modelación de emisiones sonoras (ver impacto 8.03 en el **Capítulo 6.0**) considerando los valores máximos de ruido diurno y nocturno permitidos por la legislación paraguaya y normas internacionales, tanto para zonas industriales como residenciales.

Figura 2.3.4.a

Ubicación de las instalaciones que emiten gases en la operación (E1 a E12 en la Figura) y las que emiten ruido (R1 a R5)



De acuerdo con los resultados de la modelación del nivel de presión sonora de la condición de operación de la Planta, las medidas de abatimiento son adecuadas para prevenir impactos en la calidad acústica futura al receptor más cercano considerado, la vivienda vecina.

2.3.5

Aspectos de Protección y Seguridad

Como parte del Diseño de Ingeniería Básica o FEED se realizarán estudios de seguridad tales como:

- Evaluación cuantitativa del riesgo (QRA).
- Estudio RAM (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad).
- Informes HAZID/ENVID.
- Consideraciones de diseño de protección contra incendios.
- Evaluación de riesgos ambientales.
- Datos preliminares de ruido.
- Sistemas de llamaradas y alivio (radiación, cabezales, etc.).
- Informe HAZOP.
- Rastreador de acciones HAZID/ENVID/HAZOP/SIL e informes de cierre de acciones.
- Informe de Nivel de Integridad de Seguridad (SIL por sus siglas en inglés).

- Informes de análisis de riesgo de incendio (FHA por sus siglas en inglés).
- Estudio ATEX que incluye clasificación de áreas peligrosas Informe y dibujos.
- Estudio de Plant&Building Siting.
- Zonas ignífugas (dibujos) / Programa de áreas peligrosas.
- Informe de manipulación mecánica.
- Detección de O₂ y H₂ en edificios.

De acuerdo con los resultados de estos estudios, se definirán e implementarán los controles y medidas de mitigación para los riesgos identificados.

2.4

Propiedades y Riesgos Generales asociados a las Materias Primas y Productos

2.4.1

Hidrógeno (H₂)

El H₂ es un gas (a 20°C) incoloro, inoloro, con bajo peso molecular y alta inflamabilidad. Es estable en condiciones normales, pero puede reaccionar violentamente con materias oxidantes y formar mezclas explosivas con el aire. Debe mantenerse alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. En la **Tabla 2.4.1.a** a continuación, se presentan las características y datos de seguridad del H₂.

Tabla 2.4.1.a

Características y datos de seguridad del H₂

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	1333-74-0
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	Gas extremadamente inflamable A presión puede explotar si se calienta Puede formar mezclas explosivas con el aire Arde con llama invisible
Propiedades físicas y químicas	Masa molecular	2 g/mol
	Punto de fusión	-259.2 °C
	Punto de ebullición	-252.9 °C
	Temperatura crítica	-239.9 °C
	Temperatura de autoignición	566 °C
	Densidad	0.089 g/l
	Solubilidad en agua	Agua: 1.6 mg/l
Información toxicológica	Límites de explosividad	4 – 77 vol%
	Toxicidad aguda	No clasificado.
Información ecológica	CL50 (ppm)	>15,000 ppm/1h (rata)
	Ecología – general	No causa daños ecológicos

Fuente: Praxair (2015).

2.4.2

Nitrógeno (N₂)

El N₂ es un gas incoloro e inoloro. Es estable en condiciones normales, pero bajo ciertas condiciones puede reaccionar violentamente con Litio, Neodimio, Titanio y Magnesio para formar nitruros. A alta temperatura también puede combinarse con el oxígeno e hidrógeno.

En la **Tabla 2.4.2.a** a continuación, se presentan las características y datos de seguridad del N₂.

Tabla 2.4.2.a
Características y datos de seguridad del N₂

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	7727-37-9
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	A presión puede explotar si se calienta
Propiedades físicas y químicas	Masa molecular	28 g/mol
	Punto de fusión	210 °C
	Punto de ebullición	-195.8 °C
	Temperatura crítica	-149.9 °C
	Temperatura de autoignición	No aplica
	Solubilidad en agua	Agua: 20 mg/l
	Límites de explosividad	Sin datos disponibles
Información toxicológica	Toxicidad aguda	No clasificado.
	CL50 (ppm)	Sin datos disponibles.
Información ecológica	Ecología - general	No causa daños ecológicos

Fuente: Praxair (2015).

2.4.3

Amoníaco (NH₃)

El NH₃ es un gas líquido incoloro a temperatura y presión normales, de olor picante e irritante. Es una sustancia corrosiva o tóxica cuya inhalación o contacto debe ser evitada. Se presenta estable en condiciones normales, puede formar atmósferas potencialmente explosivas en aire y reaccionar violentamente con materias. Los productos normales de su combustión son N₂ y agua, también se puede formar H₂ a temperaturas superiores a 840 °C.

En la **Tabla 2.4.3.a** a continuación, se presentan las características y datos de seguridad del NH₃.

Tabla 2.4.3.a
Características y datos de seguridad del NH₃

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	7664-41-7
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	Gas inflamable. A presión puede explotar si se calienta.

Tabla 2.4.3.a
Características y datos de seguridad del NH₃

Ítem	Detalle	
	Tóxico en caso de inhalación. Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.	
Propiedades físicas y químicas	Masa molecular	17.03 g/mol
	Punto de fusión	-77.7 °C
	Punto de ebullición	-33 °C
	Temperatura crítica	132.0 °C
	Temperatura de autoignición	651 °C
	Solubilidad en agua	531 g/l (20 °C) (afecta pH)
	Límites de inflamabilidad	33.6 % - superior 15.4 %(v) - inferior
	Densidad de vapor (aire=1)	0.59 AIRE = 1
Información toxicológica	Toxicidad aguda	No clasificado.
	LD50	350 mg/kg (ingestión) (rata)
	LC50	2,000 ppm (inhalación) (rata)
Información ecológica	Ecología - general	Evitar su liberación al medio ambiente. No se permite la descarga del producto en aguas subterráneas o al medio ambiente acuático.
	Toxicidad aguda	Pez LC50: 0.44 mg/l (flujo semi-continuo) Invertebrados acuáticos: LC 50 (48 h): 101 mg/l Microorganismos: Dependiendo de las condiciones locales y las concentraciones existentes, son posibles alteraciones en el proceso de biodegradación.
	Toxicidad crónica	Pez LOEC (Pez, 73 Días): 0.022 mg/l Invertebrados acuáticos LC 50 (Daphnia magna, 96 h): 4.07 mg/l (flujo continuo) Plantas acuáticas LC 50 (Algae, algal mat (Algae), 18 Días): 2,700 mg/l

Fuente: Linde (2020).

2.4.4 Ácido Nítrico (HNO₃)

El HNO₃ es un líquido café rojizo con un característico olor irritante y sofocante. Es estable y no combustible pero facilita la combustión de otras sustancias, por lo que no debe tener contacto con ácido acético y materiales combustibles. El ácido nítrico puede formar una niebla fotoquímica (smog) de la reacción del óxido nítrico e hidrocarburos. Tras su descomposición se pueden formar productos como el monóxido y dióxido de nitrógeno.

En la **Tabla 2.4.4.a** a continuación, se presentan las características y datos de seguridad del HNO₃.

Tabla 2.4.4.a
Características y datos de seguridad del HNO₃

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	7697-37-2
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	Puede agravar un incendio, comburente. Puede ser corrosivo para los metales. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Debe mantenerse lejos de fuentes de calor. No se debe mezclar con materiales combustibles.
Propiedades físicas y químicas	Masa molecular	63.02 g/mol
	Punto de fusión	-42 °C
	Punto de ebullición	86 °C
	Solubilidad en agua	100%
	Densidad de vapor (aire=1)	2.2
Información toxicológica	LD50	110 mg/kg (humano)
	LC50	N.D.
Información ecológica	Ecología - general	Peligroso para la fauna y flora acuática en muy bajas concentraciones. Peligroso para el agua potable contaminándola. Alta movilidad en el suelo.

Fuente: UNAM (2016).

2.4.5

Solución de Nitrato de Amonio (NH₄NO₃)

El NH₄NO₃ es una sal formada por iones nitrato y amonio. Se trata de un compuesto incoloro a ligeramente opaco y altamente soluble en agua. Presente un leve olor amoniacal (acre). Es estable en condiciones normales, pero a temperaturas superiores a 210°C se empieza a descomponer y emitir óxidos de nitrógeno (NOx) y vapor de agua y puede explotar si el ambiente es cerrado.

Como sustancia oxidante puede incrementar la inflamabilidad y explosividad de otras sustancias. El fertilizante con nitrato de amonio no tiene la propiedad de sufrir una combustión espontánea.

En la **Tabla 2.4.5.a** a continuación, se presentan las características y datos de seguridad del NH₄NO₃.

Tabla 2.4.5.a
Características y datos de seguridad del NH₄NO₃

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	6484-52-2
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	Puede agravar un incendio, oxidante. Causa irritación grave en los ojos.

Tabla 2.4.5.a
Características y datos de seguridad del NH₄NO₃

Ítem		Detalle
		Se debe mantener alejado de temperaturas extremadamente altas, fuentes de ignición y materiales incompatibles.
Propiedades físicas y químicas	Masa molecular	80.05 g/mol
	Punto de fusión	75.5 °C
	Punto de ebullición	130 °C
	Temperatura de descomposición	Comienza a ≥ 170 °C
	Solubilidad en agua	100%
	Límites de inflamabilidad	No inflamable
Información toxicológica	Toxicidad aguda	No clasificada
	Datos de LD50 y LC50 (tasa)	> 5,000 mg/kg de peso/día por ingestión.
Información ecológica	Ecología - general	Puede ser tóxico para las formas de vida acuática; los derrames pueden causar la proliferación de algas en aguas estancadas.

Fuente: CF Industries (2016).

2.4.6

Nitrato de Amonio y Calcio (CAN)

El CAN es un fertilizante inorgánico granulado de uso agrícola. Es un producto estable, de color blanquecino a gris, e inoloro. Su descomposición térmica puede producir vapores de óxidos de nitrógeno (NOx).

El nitrato de amonio calcáreo no tiene propiedades explosivas. Su estructura molecular no contiene grupos que puedan conducir a la ignición en contacto con el agua y/o a la evolución de un gas inflamable.

En la **Tabla 2.4.6.a** se presentan las características y datos de seguridad del CAN.

Tabla 2.4.6.a
Características y datos de seguridad del CAN

Ítem		Detalle
Identificador del Producto	Nº CAS	6484-52-2
Identificación del peligro/s	Indicaciones de peligro	No aplica.
Propiedades físicas y químicas	Densidad (25 °C)	Densidad aparente: 1.0 - 1.3 g/cm ³ según su granulometría y empaque
	Punto de fusión	1,600-1,709 °C, según contenido de humedad
	Punto de ebullición	No aplicable
	Temperatura de descomposición	Se descompone a más de 210 °C

Ítem		Detalle
	Solubilidad en agua (20 °C)	Altamente soluble (1,920 g/l); los carbonatos de calcio y magnesio son apenas solubles. El fertilizante es higroscópico.
	Punto de inflamación	Sin propiedades explosivas.
Información toxicológica	LD50	Oral (rata, OECD 425): > 2,000 mg/kg Dérmica (ratas, OCDE 402): > 5,000 mg/kg
	LC50	Inhalación (4hs, rata, OCDE 403): 88 mg/l.
Información ecológica	Ecología - general	El producto es muy soluble en agua y de baja toxicidad para algunos organismos acuáticos. Peces (48 hs, Poecilia reticulata): 490 mg/l; (48 hs, Daphnia magna) EC50: 490 mg/l Algas (10 días, Varias especies) EC50: > 1,700 mg/L. Actividad microbiana: 3 hs EC50: >1,000 mg/l, NOEC: 180 mg/l (OECD 209, c/ nitrato de sodio).

Fuente: Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (s.f).

Según el Sistema de Clasificación de Productos Peligrosos de las Naciones Unidas (UN), el CAN es significativamente más seguro que el AN y no es considerada una sustancia peligrosa debido a que principalmente no tiene las características explosivas del AN.

2.5

Descripción General del Proceso de Producción

Las dos principales materias primas para la producción de hidrógeno, amoníaco y CAN verdes son la hidroenergía y el agua. La primera, provendrá de la Sub-Estación de Buey Rodeo, perteneciente a la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), que ingresaría a través de una línea de transmisión (LT) de 220 kV y transformada a medio y bajo voltaje en una subestación en la planta para alimentar a los sistemas. Para la provisión de electricidad ATOME cuenta con un contrato de suministro de potencia con la ANDE.

En cuanto al agua, será obtenida del Río Paraguay y tratada para producir agua potable y desmineralizada con el fin de disponer de agua potable para consumo humano, alimentar a los electrolizadores para la producción de hidrógeno (H₂) y otros procesos, generar vapor, y almacenar agua para el combate de incendios. En la **Figura 2.5.a** se presenta el flujograma conceptual del proceso productivo.

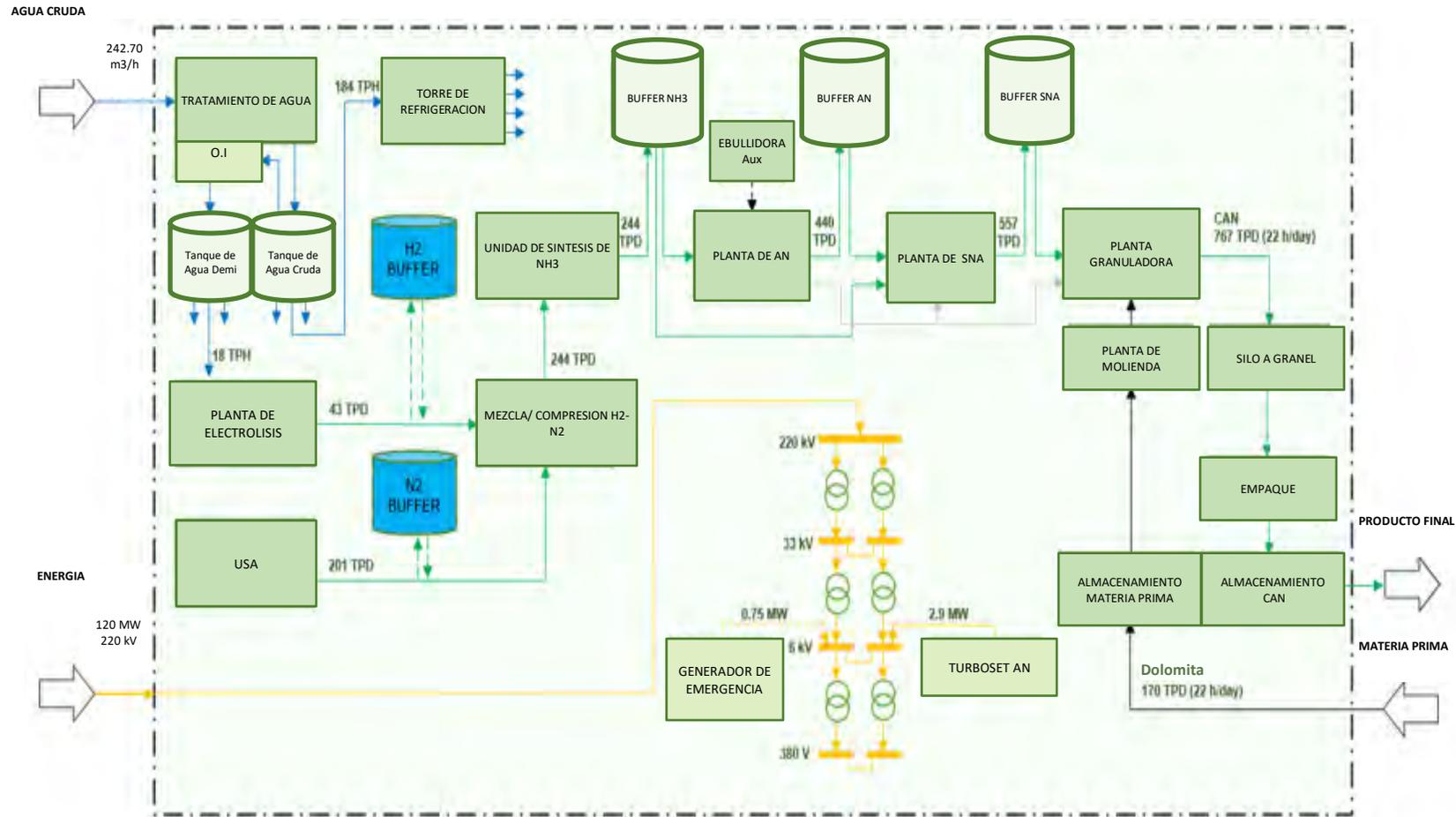
El proceso principal para generar H₂ verde es la electrólisis del agua a través de la cual las moléculas son separadas en sus constituyentes; oxígeno e hidrógeno. El H₂ producido se enfría, seca y separa antes de ser comprimido para su almacenamiento en el tanque buffer que alimentará el siguiente proceso. El oxígeno generado en el electrolizador se venteará a la atmósfera.

En la unidad de separación de aire (USA), el aire se filtra, seca, comprime y enfría camino a las columnas de destilación criogénica para separar los constituyentes del aire. El nitrógeno producido en la USA se almacena para el siguiente proceso. Como resultado de este proceso se generan Argón y Oxígeno, los cuales serán asimismo venteados.

El proceso continúa con la mezcla del H_2 producido y N_2 obtenido del aire, se comprime hasta 200 bares y se circula hacia la unidad de síntesis de NH_3 . Una vez que el NH_3 es producido a través del proceso Haber-Bosch (HB) en un reactor, éste ingresa a la cadena de producción de fertilizante, incluyendo la planta de ácido nítrico (AN), planta de solución de nitrato de amonio (SNA), y planta granuladora (GRAN). Para la producción de CAN, SNA ingresa a la planta GRAN para su combinación con dolomita molida. El paso final es el envasado y almacenamiento del CAN, con capacidad para almacenar 2 meses de producción de planta a plena carga.

La operación normal de la Planta considera todas las unidades funcionando simultáneamente. Se prevén tanques de almacenamiento buffer que interconecten la unidad de síntesis de NH_3 , AN, SNA y GRAN con el fin de proveer suficiente flexibilidad a los bloques de proceso.

Figura 2.5.a
Diagrama de proceso conceptual



2.6

Descripción de las Instalaciones Principales y Auxiliares

En las secciones a continuación se describen las *instalaciones principales y auxiliares* del proceso de producción que se muestran y enumeran en la **Figura 2.6.a – Layout General**. Además de dichas instalaciones, la Planta dispondrá de instalaciones de apoyo adicionales tales como:

Instalaciones de almacenamiento, carga y transporte

- Zona de acceso y expedición de productos, la cual comprende:
 - Control de acceso 1, para el acceso a la zona de carga de camiones y a la Planta respectivamente;
 - Zona de espera de camiones;
 - Oficina de aduanas;
 - Báscula de camiones;
 - Aparcamiento interno y recarga de e-cars;
 - Aparcamiento externo;
 - Estación de autobuses;
 - Estación de reserva de H₂;
 - Terminal de carga de CAN envasado;
 - Terminal de exportación de CAN a granel;
 - Salida de emergencia.
- Almacenamiento y empaque:
 - Parque de tanques de almacenamiento buffer de H₂;
 - Tanque de almacenamiento buffer de NH₃;
 - Tanque de almacenamiento buffer de AN;
 - Tanque de almacenamiento buffer de SNA;
 - Almacenamiento de materia prima de la planta granuladora;
 - Empaque de CAN;
 - Almacenamiento de CAN a granel;
 - Almacenamiento a corto plazo de CAN.

Otras instalaciones

- Área administrativa y de mantenimiento, que consta de:
 - Oficinas;
 - Edificio de operadores;
 - Primeros auxilios;
 - Depósito;
 - Taller.
- Instalaciones de suministro de energía a la Planta, tales como:
 - Subestación eléctrica de la Planta;
 - Línea de transmisión de 220 kV;
 - Zanja de cables de MT;
 - Edificio eléctrico principal y secundario;
 - Sala de control;
 - Generador de emergencia.

Figura 2.6.a
Layout General

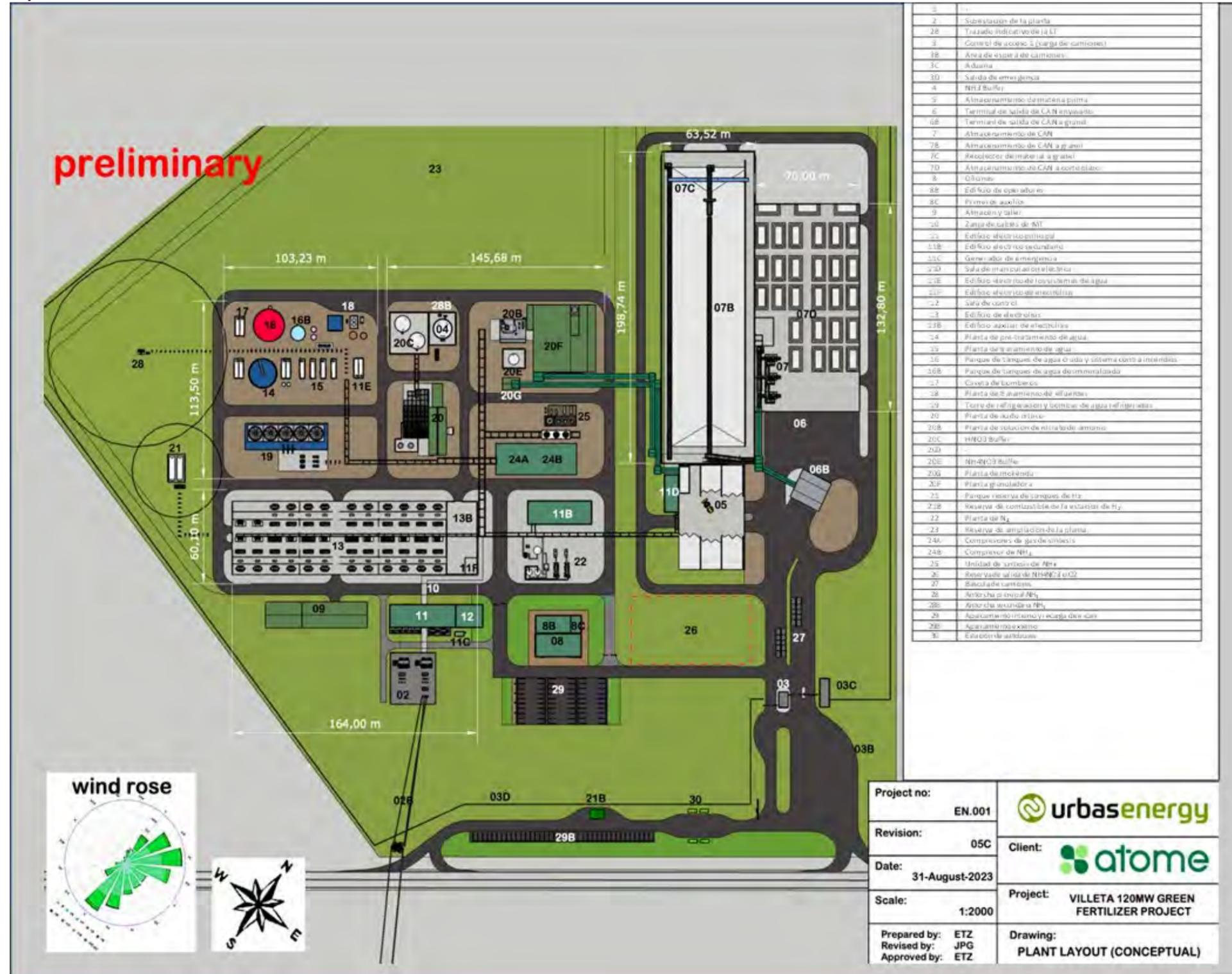
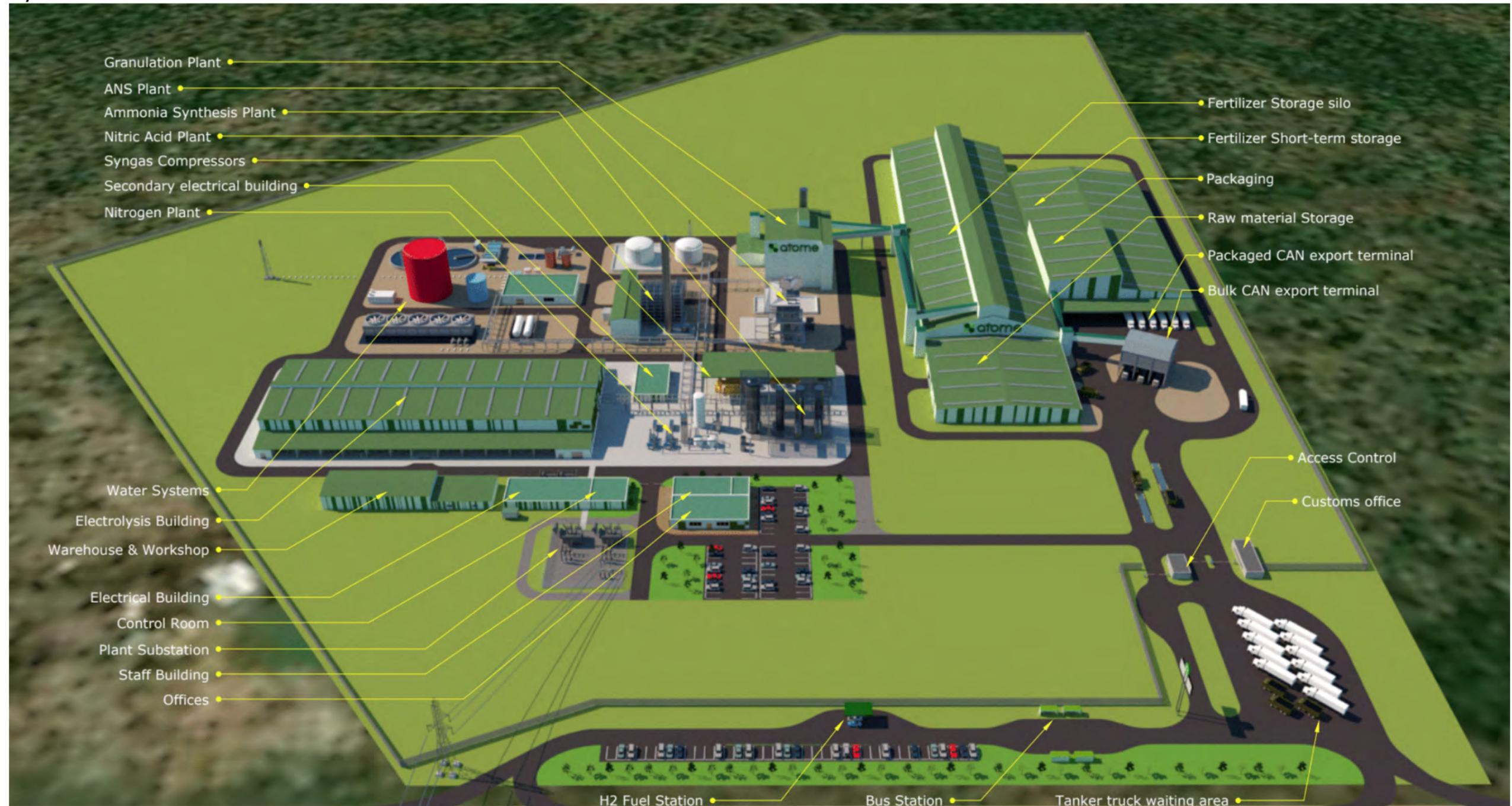


Figura 2.6.a
Layout General



2.6.1

Instalaciones Principales

2.6.1.1

Planta de Hidrógeno (H₂) Verde

En la Planta de Hidrógeno se lleva a cabo el proceso de electrólisis en las unidades electrolizadoras. Los electrolizadores están compuestos de diferentes componentes que son necesarios para producir H₂ verde y subproductos como el oxígeno a partir de energía eléctrica (corriente alterna y voltaje medio) y agua desmineralizada.

Las características principales de la Planta son:

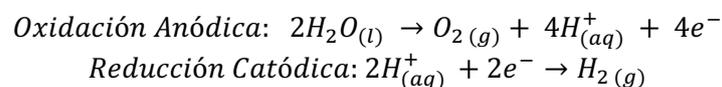
- Capacidad de producción máxima: 1,982 kg/h, a 15 bar.
- Potencia instalada: 110 MW, valor incluyendo hasta un 10% de capacidad adicional de la capacidad nominal total de la Planta al inicio de su vida útil y capacidad de sobrecarga adicional del 10% para situaciones de emergencia o transitorias.
- Capacidad de almacenamiento (Tanque Buffer): 700 kg, capacidad prevista para acomodar el equivalente a una reducción de carga de emergencia.
- Tipo de almacenamiento: presurizado.
- Instrumentación y control: válvulas de seguridad que se abren o cierran de acuerdo con las señales de control de caudal, presión, temperatura y calidad a la que sale el hidrógeno.

2.6.1.1.1

Tecnología y procesos en la Planta de Hidrógeno

La tecnología seleccionada para la electrólisis es la tecnología alcalina presurizada. La electrólisis alcalina del agua es un proceso de descomposición/disociación del agua en sus moléculas elementales (H₂ y O₂) por la acción de una corriente eléctrica. Para que esto sea posible, el agua desmineralizada entra en contacto con el electrolito hidróxido de potasio (KOH) que favorece a la circulación de electrones a través del fluido. El electrolito no se consume directamente, y se recupera durante el proceso y se reinyecta en un circuito cerrado.

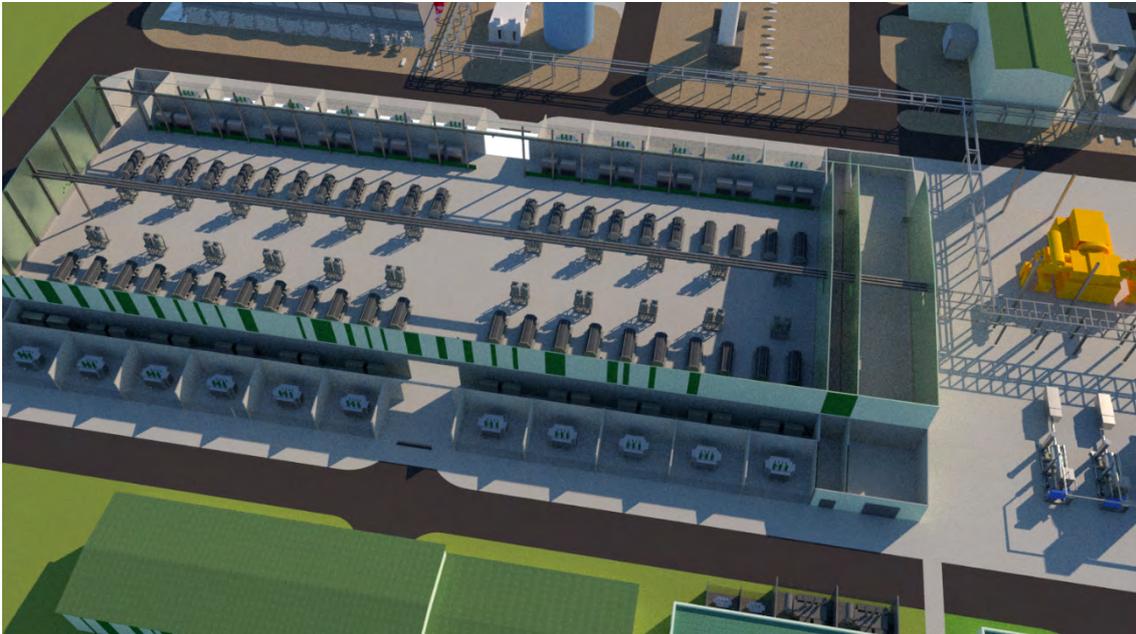
Las reacciones que tienen lugar en la planta de electrólisis son las siguientes:



La reacción se produce en una pila de electrólisis presurizada a 15 bar, reduciendo las dimensiones generales del equipo y evitando requisitos de compresión posteriores, igualando la presión de entrada del compresor de gas de síntesis.

Las corrientes finales de H₂ y O₂ circulan por separado a través de una unidad diferente de separación y purificación para reducir el contenido de impurezas electrolíticas y condensar cualquier rastro de agua, lo que resulta en H₂ con una pureza del 99.9995% (como contenido de H₂), el resto son trazas de O₂ y H₂O.

Figura 2.6.1.1.1.a
Vista superior de la planta de electrólisis de 110 MW de Villeta



2.6.1.1.2 **Electrolizadores**

Los electrolizadores se encuentran conformados por sistemas principales y auxiliares, los cuales se describen brevemente a continuación:

- **Pilas electrolíticas:** la producción de hidrógeno se realiza mediante pilas basadas en la tecnología alcalina. El agua que entra en el equipo se disocia en moléculas de hidrógeno y oxígeno;
- **Sistema de almacenamiento y dosificación del electrolito (electrolizador alcalino):** el agua desmineralizada es introducida en el circuito electrolítico antes de enviarse a las pilas electrolíticas. La solución de KOH se almacena en un depósito y la solución electrolítica se conduce a las pilas mediante bombas;
- **Bombas de agua de alimentación:** estas bombean el agua desionizada a las pilas electrolíticas;
- **Separadores de hidrógeno y oxígeno:** estos separan el hidrógeno y el oxígeno de las corrientes de salida del electrolizador. Además, el separador de oxígeno se utiliza como depósito de almacenamiento de agua desmineralizada para garantizar la alimentación continua del electrolizador;
- **Sistema de refrigeración del gas:** enfrían las corrientes de oxígeno e hidrógeno una vez que salen de las pilas electrolíticas con la posterior separación y reutilización del agua condensada;
- **Sistema de purificación de hidrógeno:** el hidrógeno se purifica en un reactor de combustión catalítica, comúnmente llamado desoxidante, donde reacciona con las moléculas de oxígeno residuales presentes en la corriente que produce agua. Un sistema de torres de secado elimina los restos de agua formados en la corriente. Estos secadores se regenerarán cuando el absorbente se sature, normalmente cada 4 horas. Por lo tanto, el sistema de

depuración consta de dos torres de secado por adsorción para garantizar funcionamiento cuando uno de los secadores se esté regenerando;

- **Sistema de purificación de oxígeno:** acondiciona el flujo de oxígeno para satisfacer los requisitos de calidad del suministrador;
- **Tuberías de interconexión, válvulas, soportes y accesorios;**
- **Instrumentación de proceso, detección y seguridad asociada;**
- **Tuberías de purga, descarga y válvulas de seguridad:** consisten en tuberías de descarga y válvulas de seguridad que conducen todos los venteos generados en el interior de la sala del electrolizador a un lugar seguro en el exterior.

Si bien las características específicas de los electrolizadores serán definidas tras la selección del proveedor, existen parámetros fijos que los mismos cumplirán y se muestran en la siguiente **Tabla 2.6.1.1.2.a**.

Tabla 2.6.1.1.2.a

Especificaciones técnicas del electrolizador

Parámetro	Valor
Frecuencia de red	50 Hz, trifásica
Tensión de red	220 kV
Capacidad de los electrolizadores	100 MW (1)
Presión de suministro de H ₂	≥20 bar (2)
Nivel de pureza del H ₂	≥ 99.99% en peso
Nivel de pureza del O ₂	≥ 99.5% en peso
Vida útil de diseño	25 años (3)
Nivel de pureza del H ₂ O	Max 3 ppm vol

(1) sin considerar los auxiliares.

(2) a confirmar por el proveedor.

(3) excluida la sustitución de las pilas electrolíticas.

2.6.1.1.3

Especificaciones Técnicas del H₂ Producido

El H₂ resultante del proceso y que alimentará a la Unidad de Síntesis de Amoníaco, cumplirá con las siguientes características (**Tabla 2.6.1.1.3.a**).

Tabla 2.6.1.1.3.a

Especificación del H₂ para alimentación de la Planta de amoníaco

Parámetro	Valor
Pureza del H ₂ , %	≥ 99.9%
Agua, %	3 ppm vol (max)
Oxígeno, %	3 ppm vol (max)

2.6.1.2

Unidad de Separación de Aire (USA)

El segundo paso en la Planta se lleva a cabo en la unidad de separación de aire (USA) para producir el nitrógeno necesario para la síntesis de amoníaco y el nitrógeno utilitario para los procesos de la Planta.

Si bien en la USA se generan subproductos como el Argón y Oxígeno, su captación y almacenamiento para venta o uso no se considera actualmente.

Las características principales de la Planta son:

- Capacidad de producción máxima: 8,363 kg/h, a 15 bar. Esta planta también produce 300 kg/h extra de nitrógeno utilitario para la purga de equipos en la planta.
- Capacidad de almacenamiento (Tanque Buffer): 9,300 kg a 15 bar, capacidad prevista para acomodar el equivalente a una reducción de carga de emergencia.
- Tipo de almacenamiento: presurizado.
- Instrumentación y controles: las corrientes de aire de la planta y la de instrumentación están equipadas con un manómetro, un indicador de temperatura, un caudalímetro y una válvula de retención. La USA podrá arrancarse y pararse desde la sala de control central.

2.6.1.2.1

Tecnología y procesos en la USA

La tecnología seleccionada es de tipo **criogénico**, y el proceso de funcionamiento sigue los siguientes pasos:

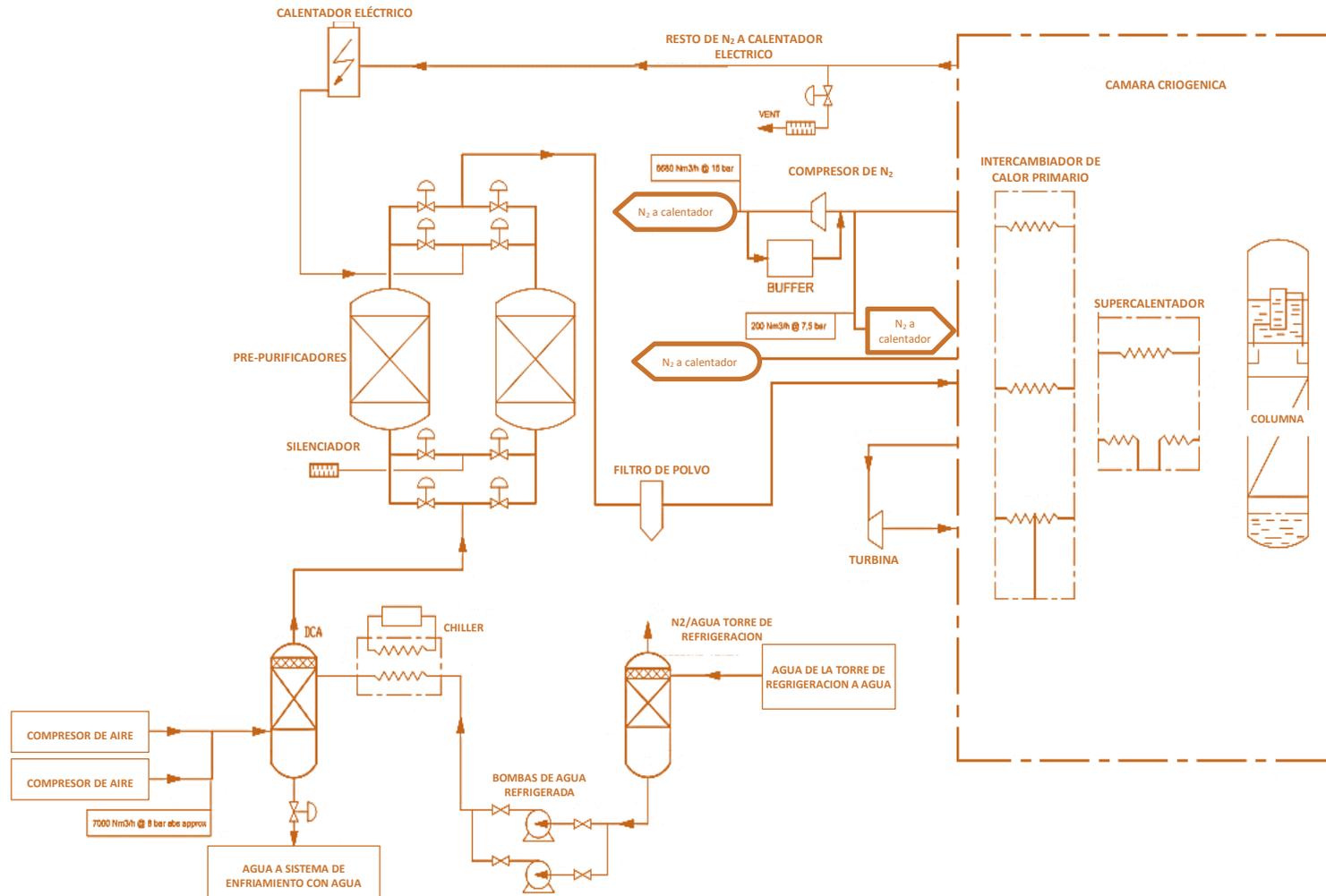
1. **Compresión:** El aire de la atmósfera se introduce en la USA y se comprime utilizando una serie de compresores. La compresión aumenta la presión y la temperatura del aire, lo que facilita su separación en sus componentes.
2. **Preenfriamiento:** El aire comprimido pasa a través de una serie de intercambiadores de calor para eliminar el calor generado durante la compresión. Esta etapa de preenfriamiento ayuda a reducir la energía requerida para los procesos posteriores de enfriamiento y licuefacción.
3. **Purificación:** A continuación, el aire pre-enfriado ingresa a un sistema de purificación donde se eliminan impurezas como humedad, dióxido de carbono y contaminantes traza. Este paso es crucial para garantizar la calidad y pureza de los gases del producto final.
4. **Enfriamiento y licuefacción:** El aire purificado se enfría aún más en un sistema de intercambiador de calor conocido como intercambiador de calor principal. Aquí, el aire se enfría utilizando un proceso de intercambio de calor a contracorriente con gases previamente enfriados y licuados del proceso de destilación. A medida que el aire continúa enfriándose, alcanza temperaturas criogénicas, típicamente alrededor de -190 a -200 grados Celsius (-310 a -330 grados Fahrenheit). A estas temperaturas, los componentes del aire comienzan a licuarse.
5. **Columna de destilación:** El aire enfriado y licuado se introduce en una columna de destilación, también conocida como columna de rectificación o columna de fraccionamiento. La columna de destilación es una torre vertical alta que facilita la

separación del aire licuado en sus componentes principales en función de sus puntos de ebullición. La columna contiene una serie de bandejas o materiales de embalaje que permiten un contacto eficiente entre los vapores ascendentes y los líquidos descendentes.

6. **Fraccionamiento:** Dentro de la columna de destilación, el componente de punto de ebullición inferior, principalmente nitrógeno, se vaporiza en la parte inferior de la columna, mientras que el componente de punto de ebullición más alto, principalmente oxígeno y argón, permanece en forma líquida y se acumula en la parte inferior. Los vapores se elevan a través de la columna, mientras que los líquidos fluyen hacia abajo.
7. **Recolección de productos:** A varias alturas en la columna de destilación, los gases separados se retiran como productos. El nitrógeno, que tiene el punto de ebullición más bajo, generalmente se recolecta de la parte superior de la columna. El oxígeno generalmente se recolecta de la sección media, mientras que el argón, que tiene el punto de ebullición más alto, se recolecta de la parte inferior.
8. **Expansión y recalentamiento:** Los gases recogidos experimentan expansión a través de una válvula de mariposa o turbina de expansión, que reduce aún más su temperatura. Los gases expandidos se recalientan parcialmente pasándolos a través del intercambiador de calor principal, donde intercambian calor con el aire de alimentación entrante y lo pre-enfrían.

El diagrama de proceso en la ASU se muestra en la siguiente **Figura 2.6.1.2.1.a**.

Figura 2.6.1.2.1.a
Diagrama de proceso ASU basado en tecnología SIAD



2.6.1.2.2

Componentes Principales de la USA

La USA contará con los siguientes componentes:

- **Sopladores de entrada de aire**, funcionarán por un período ininterrumpido, sin requerir paradas para mantenimiento o inspección;
- **Filtros de entrada de aire**, serán de un tamaño adecuado de malla para eliminar las partículas en función de las condiciones del emplazamiento, la calidad del aire, etc., y para facilitar su mantenimiento rutinario, limpieza y sustitución;
- **Refrigerador de contacto directo**;
- **Secadores de tamices moleculares**;
- **Bombas**;
- **Intercambiadores de calor**;
- **Columnas de destilación**, que podrán ser de tipo empaquetadas o de tipo bandeja o una mezcla de ambos tipos que satisfagan los requisitos de rendimiento del proceso;
- **Compresores / expansores** (en caso de avería del compresor primario, se dispondrá de una redundancia del 2x100%);
- **Receptores de nitrógeno**.

2.6.1.2.3

Almacenamiento de Gas de Producto

Si hay una necesidad de almacenamiento de gas de producto, el oxígeno gaseoso y líquido producido de la columna de destilación se envía a almacenar junto con el O₂ producido en la unidad de producción de H₂.

Se instalarán refrigeradores antes de los tanques de almacenamiento de producto para las corrientes de proceso de oxígeno, argón y N₂ líquido. La refrigeración se proporcionará a partir de un paquete de refrigerante, que puede ser N₂ líquido de la USA, a través de un Intercambiador de calor de placas especificado de conformidad con la norma ISO 15547-2:2005.

2.6.1.2.4

Especificaciones Técnicas del N₂ para la Unidad de Síntesis de NH₃

El N₂ se suministrará a la unidad de síntesis de amoníaco a presión y temperatura señaladas en la **Tabla 2.6.1.2.4.a**. En cuanto a las características del N₂ para alimentación de la Unidad de Síntesis de Amoníaco se adecuarán a las señaladas en la **Tabla 2.6.1.2.4.b**.

Tabla 2.6.1.2.4.a

Condiciones de N₂ para alimentación de la Planta a NH₃

	Unidad	Min.	Normal	Max.
Presión	barg	15.0	15.0	17.0
Temperatura	°C	35	40	45

Tabla 2.6.1.2.4.b

Composición del N₂ para alimentación de la Planta de NH₃

Parámetro	Valor
N ₂	99.99%
O ₂	5 ppm mol (max)
Ar	30 ppm mol (max)

2.6.1.2.5

Especificaciones Técnicas del N₂ Utilitario

El nitrógeno utilitario se producirá en la USA para la purga de los equipos. Este deberá cumplir con las especificaciones técnicas de la **Tabla 2.6.1.2.5.a**.

Tabla 2.6.1.2.5.a

Condiciones de N₂ Utilitario para la Planta

	Unidad	Min.	Max.
Presión	barg	6	25
Temperatura	°C	Ambiente	Ambiente

2.6.1.2.6

Especificaciones Técnicas de Aire para Instrumentos

La USA producirá aire para todo el complejo de la Planta. El aire para instrumentos requiere cumplir con ciertos criterios de calidad para la provisión a la unidad de síntesis de NH₃ y también para otras unidades de la industria. Las especificaciones técnicas son:

Tabla 2.6.1.2.6.a

Condiciones de Aire para Instrumentos

	Unidad	Min.	Normal	Max.
Presión	barg	5.0	6.5	9.0
Temperatura	°C	-	Ambiente	75

La composición del aire para instrumentos cumple las mismas características que las indicadas en la **Tabla 2.6.1.2.4.b** de la **Sección 2.6.1.2.4**.

2.6.1.2.7

Especificaciones Técnicas de Aire para la Planta

La USA producirá continuamente aire limpio y filtrado para toda la Planta, además de la unidad de síntesis de NH₃, para el funcionamiento correcto y operación segura de todos los instrumentos. Las especificaciones técnicas previstas para el aire para la Planta son:

Tabla 2.6.1.2.7.a

Condiciones de Aire para Instrumentos

	Unidad	Min.	Normal	Max.
Presión	barg	5.0	6.5	9.0
Temperatura	°C	*	*	*

*A confirmar por el proveedor de la tecnología.

2.6.1.2.8

Especificaciones de Otros Productos de USA (Oxígeno)

Como fue mencionado anteriormente, se tendrán como productos de la USA otros gases resultantes de la separación del nitrógeno del aire atmosférico captado. Algunos de ellos, como en el caso del oxígeno y argón, poseen valor en el mercado y para su venta deben cumplir con ciertas características.

En un principio, se prevé que ambos sean devueltos a la atmósfera como el resto de los gases que no sean utilizados en la Planta. No obstante, se considera en el futuro la posibilidad de almacenar el oxígeno para fines comerciales o en la Planta misma. Las especificaciones de este producto deberán cumplir con lo siguiente.

Tabla 2.6.1.2.8.a

Especificaciones Técnicas del Oxígeno

Parámetro	Valor
Oxígeno, % en peso	≥ 99.5%
Agua (H ₂ O), % en peso	≤ 0,05%
Hidrocarburos totales, ppmv%*	≤ 100

* Partes por millón en peso.

2.6.1.3

Unidad de Síntesis de Amoníaco

El tercer paso del proyecto es la unidad de síntesis de amoníaco. Las características principales de la Planta son:

- Capacidad de producción máxima: 10,165 kg/h.
- Capacidad de almacenamiento (Tanque Buffer): 976 toneladas, buffer de salida para 4 días de producción. El buffer es criogénico. La capacidad está definida para permitir que el proceso posterior continúe funcionando durante la interrupción de la unidad de síntesis de NH₃ para trabajos de mantenimiento.
- Tipo de almacenamiento: atmosférico-criogénico.
- Instrumentación y controles: el diseño incluye válvula de control conectado al sistema de antorchas con una señal del transmisor de presión. Asimismo, se contarán con al menos dos líneas de venteo conducidas al sistema de antorchas. La instrumentación del tanque de NH₃ constará de 2 transmisores de nivel utilizados para monitorear el nivel de amoníaco y controlar la válvula de la línea de llenado y las bombas, 1 indicador de nivel local, 1 transmisor de presión y 1 transmisor de temperatura con alarma para medidas altas y bajas en el tanque. Para implementar este control, el nivel del tanque de almacenamiento de NH₃ se transmitirá desde la sala de control central al sistema de control de la unidad de

síntesis de NH₃. Este nivel se calculará continuamente en la sala central teniendo en cuenta transmisores de nivel con sensores de presión relativa.

Las especificaciones técnicas de la Unidad de Síntesis de NH₃ se indican en la siguiente **Tabla 2.6.1.3.a**.

Tabla 2.6.1.3.a

Parámetros técnicos de la Planta de NH₃

Parámetro	Valor
Frecuencia de red	50 Hz, trifásica
Tensión de red	220 kV
Capacidad nominal de la Planta de NH ₃	243.96 MTD
Relación de reducción	50%
Disponibilidad de diseño	96%
Temperatura de suministro del NH ₃	-32°C
Presión de suministro del NH ₃	10 bar
Estado de suministro del NH ₃	líquido
Nivel de pureza	≥ 99.5% en peso
Vida útil de diseño	25 años

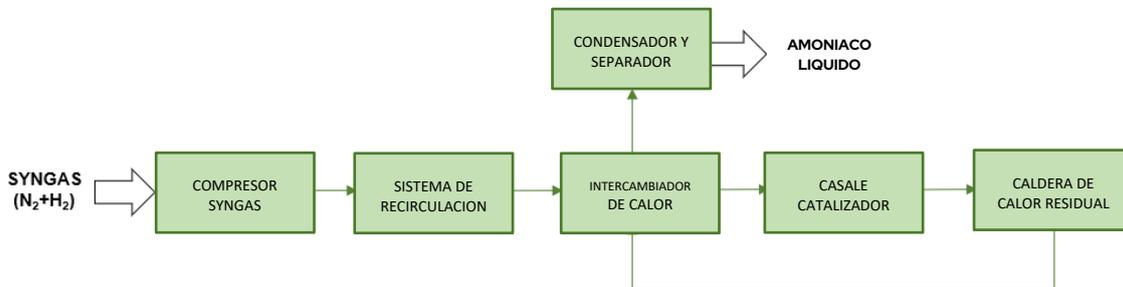
2.6.1.3.1

Tecnología y procesos en la Unidad de Síntesis de NH₃

La tecnología para utilizar es la de un reactor de Haber-Bosch con licencia de **Casale**. El proceso Haber-Bosch es un proceso de fijación de nitrógeno bien establecido que se ha utilizado para producir amoníaco a escala industrial desde principios del siglo 20. El proceso es tradicionalmente impulsado por vapor, pero esta planta adoptará una alteración eléctrica del proceso para permitir el arranque en frío de la electricidad de la red.

El hidrógeno y el nitrógeno entran en la unidad de síntesis de amoníaco desde la unidad de electrólisis y la unidad de separación de aire, respectivamente. Las dos corrientes de gas se comprimen a través de compresión multietapa a **200 bar**. La corriente comprimida se mezcla con una corriente de reciclaje del reactor que contiene N₂ y H₂ sin reaccionar. Esta corriente se precalienta en el intercambiador de calor de alimentación utilizando la corriente de salida del reactor Haber-Bosch. Durante el arranque, se puede usar un calentador eléctrico para calentar esta corriente. Esta corriente mixta luego ingresa al reactor Haber-Bosch para la síntesis de amoníaco utilizando el exceso de nitrógeno en una proporción N₂:H₂ de 1:2. La reacción se lleva a cabo a **200 bar y 400 °C utilizando el catalizador AmoMax©**, un nuevo catalizador a base de wustita para síntesis de amoníaco, desarrollado por Casale.

Figura 2.6.1.3.1.a
Diagrama de bloques de síntesis de NH₃ basado en la tecnología Casale



Una corriente de NH₃ producido y H₂ y N₂ sin reaccionar sale del reactor Haber-Bosch y se enfría en el intercambiador de calor de alimentación del reactor y en el enfriador secundario. La corriente enfriada luego ingresa a un condensador en el que el producto de amoníaco (NH₃) se condensa, separa y se dirige al almacenamiento atmosférico a **-33°C**. Los H₂ y N₂ gaseosos no reaccionados salen del condensador y se reciclan de nuevo para mezclarse con la corriente de alimentación entrante de H₂ y N₂.

Se proporciona una corriente de purga para quemar para evitar la acumulación de trazas no reactivas dentro del sistema. Se proporciona un paquete de recuperación de vapor en esta corriente de purga para extraer hidrógeno sin reaccionar y amoníaco reciclado como valioso reactivo y producto.

2.6.1.3.2

Componentes Principales de la Unidad de Síntesis de NH₃

El sistema en general se encuentra compuesto por equipos principales que consisten en:

- **Estación de mezcla H₂-N₂**, en donde el flujo es controlado por un regulador para asegurar una mezcla de 3:1 hidrógeno:nitrógeno;
- **Compresores de gas síntesis H₂ - N₂**;
- **Sistema de síntesis de NH₃**, con:
 - Paquete de reactor, el reactor será de tipo flujo radial con catalizador
 - Paquete de circuito de síntesis, contará con un condensador para condensar y separar el NH₃ de la corriente de salida del reactor HB para su almacenamiento. El suministro de refrigerador provendrá de la unidad de refrigeración (a través de un circuito de refrigeración indirecto); sin embargo, se considerarán alternativas (por ejemplo, N₂ líquido de la USA).
 - Lavador de emergencia
 - Tuberías de interconexión
 - Soportes de tuberías
 - Compresor de reciclaje
- **Auxiliares dedicados del circuito de síntesis de NH₃ e interfaces con el balance común de la Planta**;
- **Conexión a la antorcha de NH₃ de la Planta.**

Además de la antorcha principal, la Planta tendrá una antorcha secundaria de NH₃.

2.6.1.3.3

Almacenamiento de NH₃

El amoníaco se almacenará en condiciones atmosféricas a temperatura criogénica (normalmente -33 °C). Los gases de escape se enfriarán mediante un circuito de refrigeración local, se condensarán y se devolverán al depósito.

El almacenamiento de amoníaco será suficiente para un mes de producción. Se estudiarán opciones de almacenamiento a mayor presión.

Cuando sea probable encontrar concentraciones de amoníaco en el aire superiores al 16% en volumen, el equipo eléctrico y el cableado se especificarán para su uso en zonas peligrosas.

Las opciones de almacenamiento se evalúan en la **Sección 3.2.4**. Para el diseño, el almacenamiento refrigerado a presión atmosférica se considera como base. El almacenamiento será suficiente para 30 días como mínimo. El recipiente de almacenamiento de amoníaco será del tipo de doble pared e integridad.

La especificación del amoníaco producto (almacenamiento) tendrá las siguientes características (**Tabla 2.6.1.3.3.a**).

Tabla 2.6.1.3.3.a

Producto amoníaco según especificaciones de almacenamiento

Parámetro	Opción de almacenamiento		
	Atmosférico	Intermedio	Presurizado
Capacidad de almacenamiento de amoníaco	1 mes		
Presión, barg	0 (Atmosférica)	4-5	< 16 (< 45)
Temperatura, °C	-33 °C	0	<34 (< 75)
Peso específico a 16 °C	0.62	0.62	0.62
Amoníaco, % en peso	99.5-99.8	99.5-99.8	99.5-99.8
Agua (H ₂ O), % en peso	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5
Aceite, ppm	<5	<5	<5

2.6.1.3.4

Especificaciones Técnicas del NH₃ Producido

Las especificaciones técnicas del producto NH₃ se indican en la **Tabla 2.6.1.3.4.a**.

Tabla 2.6.1.3.4.a

Especificaciones del Producto NH₃

Parámetro	Valor
Temperatura	Alrededor de -33 °C
Presión	Atm
Estado	Líquido
NH ₃	>99.5% wt (min)
H ₂ O	< 0.5% wt (max)
Aceite	<5 ppm

2.6.1.4

Planta de Ácido Nítrico (AN)

El cuarto paso es la planta de producción de ácido nítrico (AN). Aproximadamente el 51% del amoníaco producido en el proceso anterior se convierte en AN, mientras que el resto alimenta directamente a la planta SNA.

Esta planta considera una caldera auxiliar de biodiesel para la puesta en marcha, la cual generará el vapor necesario para garantizar que la planta alcance la presión y temperatura de trabajo requeridos.

Las características principales de la Planta son:

- Capacidad de producción máxima: 18,333 kg/h.
- Capacidad de almacenamiento (Tanque Buffer): 2,900 toneladas, buffer de salida para 4 días de producción. El buffer contiene AN líquido a una concentración del 62%.
- Tipo de almacenamiento: atmosférico.
- Instrumentación y controles. Se contará con:
 - 2 líneas de venteo manejadas con una válvula de seguridad y conducidas al sistema de antorchas, otra línea de venteo conectada al sistema de antorchas y una línea de venteo desde la chimenea superior con filtro anti-llama.
 - 1 línea de drenaje que dispone de válvulas de compuerta de doble aislamiento.
 - 1 chimenea de venteo en la parte superior del tanque de almacenamiento.

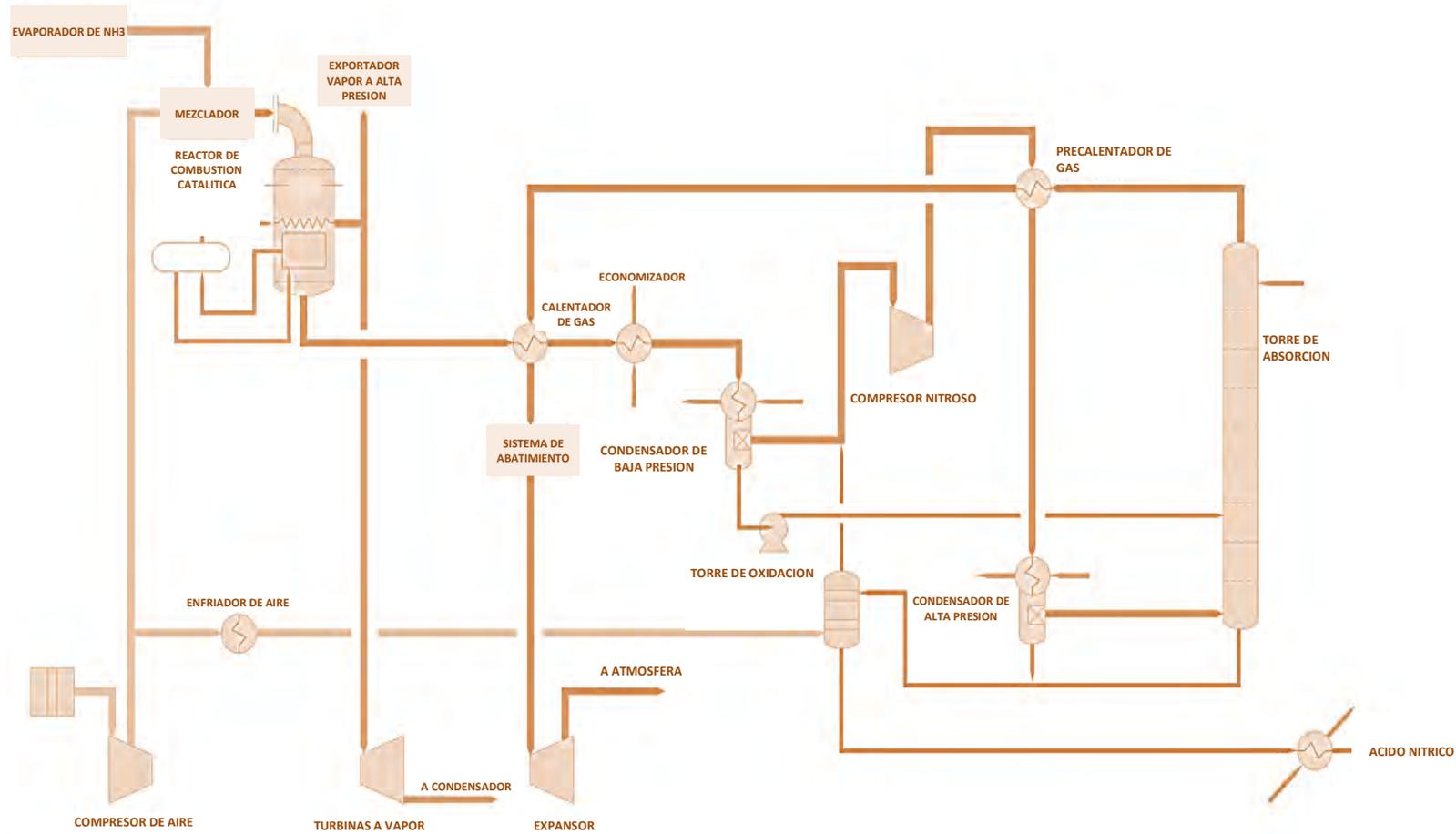
Se prevé que la instrumentación del tanque de almacenamiento conste de transmisores de nivel, utilizados para monitorizar el nivel de ácido nítrico y controlar la válvula de la línea de llenado y las bombas, indicadores locales de nivel, un transmisor de presión y un transmisor de temperatura con alarma para medidas altas y bajas en el tanque. Para implementar este control, el nivel del tanque de almacenamiento se transmitirá desde la sala de control central al sistema de control de la planta de síntesis de AN. Este nivel se calculará continuamente en sala central teniendo en cuenta los transmisores de nivel.

2.6.1.4.1

Tecnología y Procesos en la Planta de AN

La tecnología nominada es el proceso de doble presión de ácido nítrico de **Casale** (ver diagrama del proceso en la **Figura 2.6.1.4.1.a**).

Figura 2.6.1.4.1.a
Diagrama del proceso de ácido nítrico basado en la tecnología Casale



Esta planta produce ácido nítrico (HNO₃) a partir de amoníaco (NH₃), en los siguientes pasos:

1. **Oxidación del amoníaco:** En este paso, el gas amoníaco purificado se mezcla con aire y pasa a través de un quemador catalítico. El quemador funciona a altas temperaturas, alrededor de 850-950 °C. El amoníaco reacciona con el oxígeno (O₂) del aire en presencia de un catalizador con una base de aleación de platino y rodio, para producir gas de monóxido de nitrógeno (NO) y vapor de agua (H₂O).

$$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$$
2. **Conversión a dióxido de nitrógeno:** El gas de monóxido de nitrógeno producido en el paso anterior se oxida aún más por el aire en un reactor separado para formar gas de dióxido de nitrógeno (NO₂). Esta reacción es exotérmica y generalmente ocurre en presencia de un catalizador, como el pentóxido de vanadio (V₂O₅).

$$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$$
3. **Absorción y formación de ácido nítrico:** El gas de dióxido de nitrógeno se disuelve en agua para formar ácido nítrico. El proceso de absorción tiene lugar en una torre de absorción, donde el gas burbujea a través de una torre llena de agua o una solución débil de ácido nítrico. El dióxido de nitrógeno reacciona con el agua para formar ácido nítrico y monóxido de nitrógeno, que se recicla de nuevo a la etapa de oxidación.

$$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$$
4. **Concentración:** El ácido nítrico diluido producido en la torre de absorción es con una concentración de salida del 60%. Estos procesos implican calentar la solución de ácido nítrico para eliminar el agua y aumentar la concentración de ácido nítrico.
5. **Purificación:** El ácido nítrico concentrado se somete a pasos de purificación adicionales para eliminar impurezas como óxidos de nitrógeno, metales y compuestos orgánicos. El paso principal de purificación ocurre en la torre de reducción.
6. **Almacenamiento:** Una vez que el ácido nítrico ha sido producido y purificado, se almacena en un tanque atmosférico apropiado, en estado líquido a una concentración del 60%.

2.6.1.4.2

Componentes Principales de la Planta de AN

La Planta de AN contará con los siguientes componentes:

- **Evaporador de amoníaco I y II:** son intercambiadores de calor utilizados en la Planta de producción de ácido nítrico con la función principal de vaporizar amoníaco líquido utilizando agua de refrigeración.
- **Calentador final de gas de cola:** su función principal es calentar el gas de cola utilizando gas nitroso obtenido del reactor de combustión catalítica. El objetivo del proceso de calentamiento es aumentar la temperatura del gas de cola para expandirlo dentro de los turbosets y generar electricidad.
- **Economizador:** la función del economizador es enfriar el gas nitroso de baja presión y calentar el agua de alimentación de la caldera.
- **Condensador de agua de reacción a baja presión (BP):** tiene la función de enfriar y condensar el agua de reacción generada en el proceso. Al condensar el vapor, el agua de reacción se recupera y se convierte en líquido, que puede reutilizarse en el proceso o tratarse adecuadamente según las necesidades de la planta. Esto ayuda a conservar el agua y a garantizar la eficacia del proceso de producción de AN.

- **Condensador de agua de reacción a alta presión (AP):** es un intercambiador de calor utilizado en la planta de AN. Su función es enfriar y condensar el gas nitroso de alta presión utilizando agua de refrigeración.
- **Torre de absorción:** realiza la absorción del gas nitroso en una corriente de ácido nítrico líquido.
- **Torre de blanqueo:** el ácido nítrico bruto, que contiene impurezas como NOx y otros compuestos indeseables, se somete a un proceso de purificación en la torre que permite obtener un producto AN más concentrado y purificado.
- **Enfriador de ácido producto:** enfría el AN producido en el proceso químico antes de su almacenamiento o uso posterior. Utiliza un diseño de intercambiador de calor de placas donde el ácido nítrico caliente y el agua de refrigeración fluyen en canales separados, pero en contacto a través de las placas, transfiriendo temperatura permitiendo enfriar la temperatura del producto.
- **Condensador de vapor:** tiene la función de condensar el vapor de agua generado en los procesos, transformándolo de nuevo en líquido. Esto permite recuperar y reutilizar el calor latente del vapor, ahorrando energía y reduciendo las emisiones de vapor a la atmósfera. Además, ayuda a mantener las condiciones adecuadas de presión y temperatura, garantizando un funcionamiento eficaz y seguro del sistema de producción de ácido nítrico.
- **Tanque de ácido de arranque:** permite el inicio sin problemas de las operaciones de la planta, proporcionando una solución de almacenamiento temporal para la producción inicial de ácido nítrico.
- **Enfriador de aire secundario:** enfría el aire comprimido consumido por la torre de blanqueo para ayudar en el proceso de purificación del ácido nítrico bruto.
- **Reactor de reducción de N₂O y NOx:** reduce las emisiones de estos gases nocivos minimizando la liberación de estos.

2.6.1.5

Planta de Solución de Nitrato de Amonio (SNA)

El quinto paso del proceso productivo es la producción de nitrato de amonio (NH₄NO₃).

En la Planta de SNA, el ácido nítrico reacciona con el amoníaco en un reactor, dando lugar a la formación de nitrato de amonio. El calor generado en esta reacción es utilizado para concentrar el nitrato de amonio, lo que da lugar a la producción de vapor. Este vapor contiene un poco de nitrato de amonio y pasa por un proceso de purificación a través de un lavador de gases (*scrubber*) y luego por el intercambiador depurador.

Luego del proceso de depuración del vapor, dos tipos de condensado son obtenidos: condensados limpios y condensados con impurezas, este último se utiliza en la torre de absorción de la Planta de AN.

Las características principales de la Planta de SNA son:

- Capacidad de producción máxima: 23,125 kg/h.
- Capacidad de almacenamiento (Tanque Buffer): 1,160 toneladas, buffer de salida para 2 días de producción. El buffer contiene SNA líquido a una concentración del 95%.
- Tipo de almacenamiento: atmosférico.
- Instrumentación y controles. Se contará con:

- 2 líneas de venteo manejadas con una válvula de seguridad y conectadas al sistema de antorchas, otra línea de venteo conectada al sistema de antorchas y una línea de venteo desde la chimenea superior con filtro anti-llama.
- 1 línea de drenaje que dispone de válvulas de compuerta de doble aislamiento.
- 1 chimenea de venteo en la parte superior del tanque de almacenamiento.

Además de los controles ya mencionados para la Planta de AN que asimismo funcionan para la de SNA, se incluye un sistema de calentamiento por vapor para mantener la temperatura del SNA líquido a 150°C, que es la temperatura necesaria en la Planta GRAN.

2.6.1.5.1

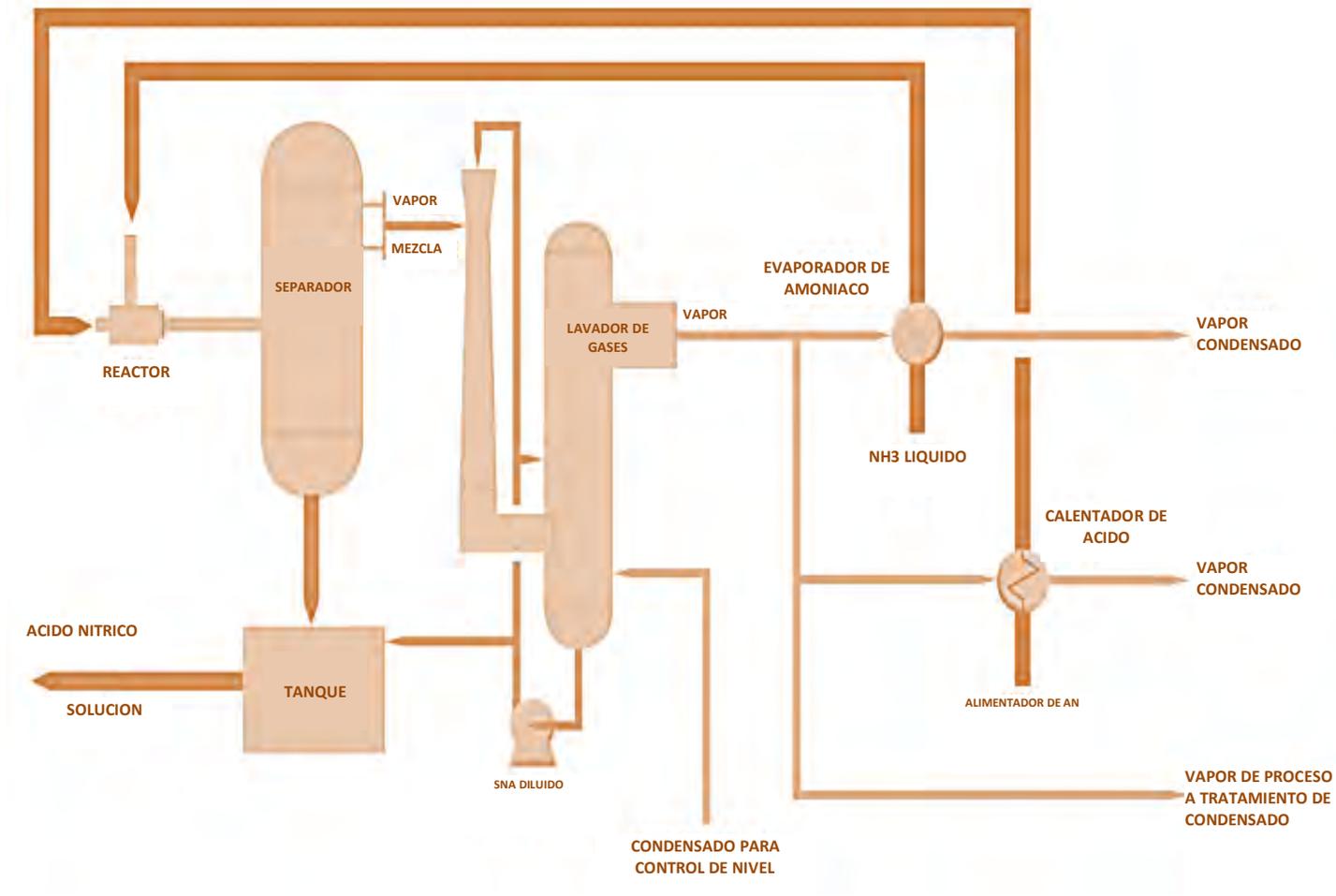
Tecnología y Procesos en la Planta de SNA

La tecnología nominada es un reactor de tubería con licencia de **Casale** (ver diagrama del proceso en la **Figura 2.6.1.5.1.a**).

Esta planta produce una solución de nitrato de amonio (NH_4NO_3) a partir de ácido nítrico (HNO_3) y amoníaco (NH_3), en los siguientes pasos:

1. **Evaporación de amoníaco:** aprovechando el vapor a baja presión producido en la planta de ácido nítrico
2. **Síntesis AN:** En este paso, el ácido nítrico y el amoníaco se combinan para iniciar una reacción de neutralización. Al ácido nítrico se agrega a una solución de amoníaco en cantidades controladas para lograr el nivel de pH deseado. La reacción resulta en la formación de nitrato de amonio y agua.
$$\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$$
3. **Separación de gases y lavado de gases (*scrubbing*):** Los gases se separan y se circulan a una sección depuradora, el líquido total obtenido se envía a los tanques atmosféricos de almacenamiento SNA, en estado líquido a una concentración del 95%.

Figura 2.6.1.5.1.a
 Diagrama de proceso de la solución de nitrato de amonio basado en la tecnología Casale



2.6.1.5.2

Componentes Principales de la Planta SNA

- **Separador:** contiene el reactor tubular en donde se realiza la síntesis. El calor generado por la reacción se utiliza para concentrar el SNA y generar vapor para el proceso. El exceso de presión se libera al separador, que funciona con una ligera sobrepresión de 0.10-0.2 barg. El amoníaco líquido obtenido se vaporiza y sobrecalienta en el evaporador de amoníaco y después se introduce en el reactor tubular. El caudal de ácido nítrico que entra en el reactor tubular se regula mediante un sistema de control de relación basado en el caudal de amoníaco suministrado al reactor.
- **Lavador de gases (*scrubbing*):** limpia el vapor generado por la reacción en el lavador de Venturi al que se suministra una solución de lavado ácida a través de un pulverizador. Luego pasa a la columna ciclónica donde se rocía una cantidad adicional de solución de lavado.
- **Condensador de vapor:** condensa el vapor dentro del tanque de SNA.
- **Intercambiador de calor:** enfría un flujo circulante de SNA para alcanzar la temperatura deseada de la sustancia.
- **Tanque de SNA:** almacena la solución de nitrato de amonio producida.

2.6.1.6

Planta de Granulación (GRAN)

La Planta de granulación (GRAN) es la última fase de la Planta. El objetivo de esta es convertir el ANS en un tipo de abono granulado a base de nitrato: CAN 27%wtN.

La Planta GRAN puede funcionar con un ratio de reducción de entre el 70% y el 100% de la capacidad normal en condiciones de diseño. La planta GRAN está diseñada para funcionar no menos de 7,260 horas al año (equivalentes a 330 días), 22 horas al día.

La Planta GRAN tendrá las siguientes características principales:

- Capacidad de producción máxima: 31,958.33 kg/h.
- Capacidad de almacenamiento: 205 toneladas, equivalentes a 6 horas de producción.
- Tipo de almacenamiento: el almacenamiento tras la planta GRAN para CAN consistirá en paquetes que van desde los sacos normales de 50 kg hasta los "Big Bags" intermedios con capacidades que suelen llegar hasta 1 tonelada. Los grupos de sacos podrán paletizarse para su apilamiento mediante carretilla elevadora u otros medios apropiados.

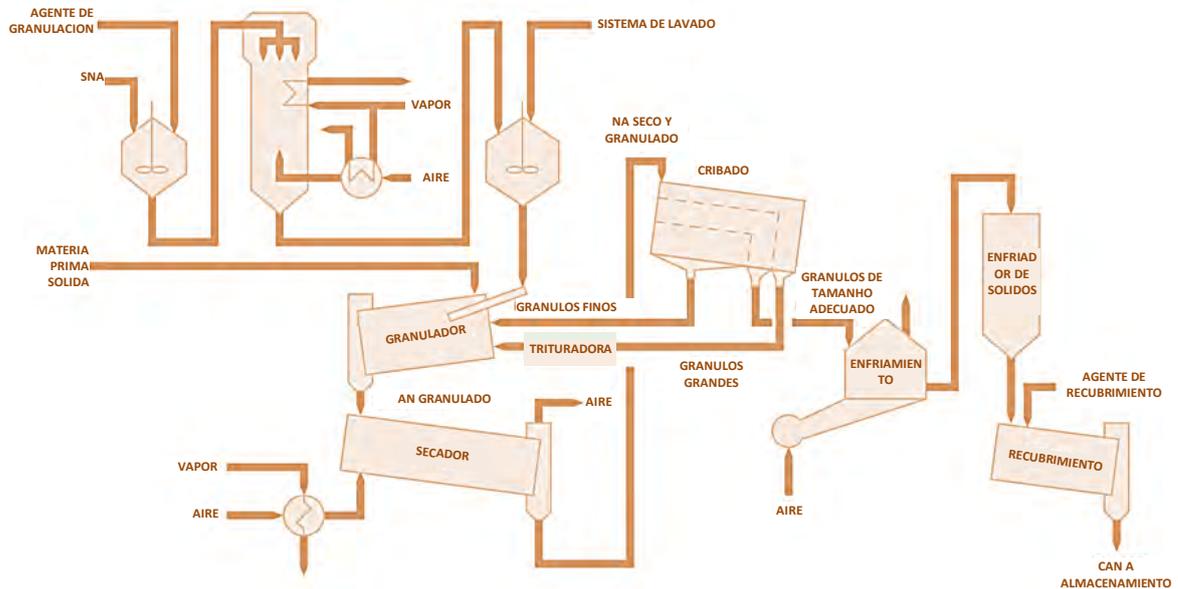
El edificio de granulación estará sellado y equipado con un sistema de recolección de polvo para garantizar que no se liberen partículas contaminantes a la atmósfera o provoquen condiciones de trabajo insalubres.

2.6.1.6.1

Tecnología y Procesos en la Planta de Granulación

La tecnología nominada tiene licencia de **Casale** (ver diagrama del proceso en la **Figura 2.6.1.6.1.a**).

Figura 2.6.1.6.1.a
Diagrama del proceso de granulación basado en la tecnología Casale



El CAN se produce mediante una transformación de una mezcla de SNA líquido aguas arriba, condensado de vapor, agente de recubrimiento y materia prima sólida (dolomita triturada), en granulos sólidos. Una vez que la solución de nitrato de amonio alcanza la concentración deseada de componentes, se seca y granula para producir gránulos sólidos de nitrato de amonio. El proceso de secado implica eliminar la humedad restante de la solución concentrada. El proceso de granulación implica dar forma al producto seco en partículas pequeñas y de tamaño uniforme para mejorar las características de manipulación, almacenamiento y aplicación.

Pasos del proceso:

1. **Preparación de la solución de nitrato de amonio:** la preparación de SNA (en % de peso) se controla en un evaporador de película descendente (tecnología patentada de Casale), en tres etapas con:
 - a. Disolución del agente de granulación.
 - b. No hay contenido sólido en el evaporador de película AN.
 - c. Control óptimo del pH final (pérdida de NH_3 minimizada).
2. **Adición de materia prima:** La solución de nitrato de amonio se mezcla con materias primas (principalmente dolomita, que previamente se tritura), agregando también sólidos y reciclados líquidos del proceso de granulación, controlando la relación líquida/sólido. La planta es versátil y es capaz de funcionar con otras materias primas alternativas ricas en calcio.
3. **Granulación:** se realiza en un tambor vacío giratorio con:
 - a. Flujo de aire para eliminación de agua y control de temperatura.
 - b. Fácil control del balance energético.
 - c. Mezcla sólida garantizada por movimientos internos.
4. **Secado:** Una vez formados los gránulos, se secan en un segundo tambor rotativo y utilizando vapor a baja presión generado en la planta de Ácido Nítrico. El secador incluye un sistema de limpieza automático, una trituradora interna de grumos y un diseño

patentado de Casale para los elevadores internos para la optimización del intercambio de calor y agua.

5. **Control de tamaño:** El tamaño de los gránulos de nitrato de amonio se controla mediante una etapa de cribado, en la que:
 - a. Los granulados finos se devuelven al granulador.
 - b. Los granulados de gran tamaño se trituran y se devuelven al granulador.
 - c. Los granulados de tamaño se entregan a la siguiente etapa.
6. **Enfriamiento:** Los granulados del fertilizante se enfrían en dos etapas para asegurar una temperatura inferior a 45°C.
 - a. Enfriador de lecho fluidizado.
 - b. Columna de enfriamiento sólida.
7. **Recubrimiento:** Se agrega un agente de recubrimiento para mejorar las características mecánicas de los granulados, como la durabilidad, la absorción de humedad o las propiedades de liberación lenta.

2.6.1.6.2

Componentes Principales de la Planta GRAN

- Granulador: diseñado para que la unidad de producción funcione con una calidad de granulación óptima.
- Secador: diseñado para alcanzar la humedad requerida para el producto.
- Enfriador de lecho fluidizado: diseñado para alcanzar la temperatura requerida para el
- Producto.
- Ciclones: diseñados para alcanzar un contenido de polvo en el aire a la salida lo más bajo posible. Considera parámetros como caudal de aire, tamaño de partículas de polvo, cantidad de polvo recuperado (diámetro de salida de polvo).
- Sistema de lavado: diseñado con el fin de alcanzar el contenido de polvo y amoníaco a la salida de la chimenea.

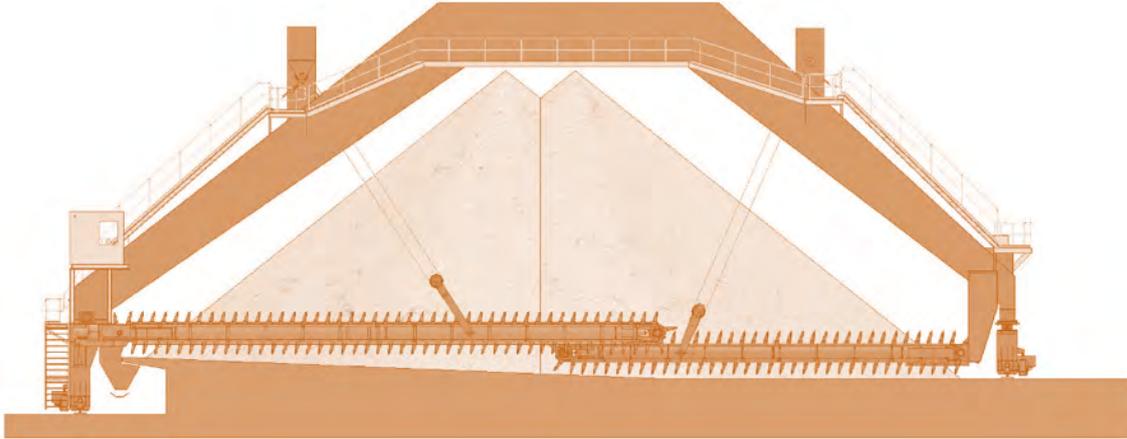
2.6.1.6.3

Almacenamiento de CAN

El CAN es un producto totalmente estabilizado y no explosivo. El sistema de almacenamiento asegurará la calidad superior del producto, mediante el control de la humedad y la temperatura estable del producto.

1. **Almacenamiento a largo plazo:** El producto final se almacena apilado (ver **Figura 2.6.1.6.3.a**) en un silo longitudinal a granel para **una capacidad de producción de 50 días**, equipado con un recuperador de pórtico de material y un sistema de cinta transportadora con posibilidad de bypass. El pilote máximo tiene unas dimensiones de 180 m de longitud, 10.5 m de altura y 50.8 m de ancho, con ángulo de caída de 22°.

Figura 2.6.1.6.3.a
Sección típica de la pila de recuperador y material a granel propuesta



2. **Exportación de granulados a granel:** El fertilizante a granel almacenado se exportará a granel o en big bags. Para la exportación a granel, la planta incluye una terminal de exportación con 3 zonas.
3. **Embalaje:** Si se exporta granulado, entonces CAN pasa del silo a granel a una etapa de envasado, con un buffer de alimentación con **capacidad de 6h** y redundancia (líneas 3x50%), capaz de preparar big bags de 500, 1,000 y 1,500 kg en palets, antes de almacenar el producto final envasado.
4. **Almacenamiento a corto plazo, empaquetado:** Se proporciona un almacén con una capacidad de **producción de 10 días**, en big bags apilados y equipado con área de colocación de carretillas elevadoras, espacio para **24 grupos de bolsas de 300 toneladas en 3 niveles**, espacio para preparación de exportación y logística y una oficina de almacén.
5. **Exportación de fertilizantes envasados:** El almacenamiento a corto plazo está provisto de un área logística con capacidad para exportar a 8 camiones simultáneamente en 8 terminales.

La **Figura 2.6.1.6.3.b** muestra el área del proyecto donde se almacenará el CAN producido.

Figura 2.6.1.6.3.b
Área de almacenamiento del proyecto Villeta



2.6.1.7 **Sistema de Antorchas**

Existen dos venteos de destino en la planta, a la atmósfera o al sistema de antorcha. Todas las descargas continuas y discontinuas de las chimeneas de proceso y/o válvulas de seguridad que contienen gases peligrosos o inflamables se dirigen al cabezal de la antorcha y se descargan a la atmósfera a través de la punta de la antorcha.

Los venteos de los servicios de hidrógeno, oxígeno, argón, nitrógeno, aire y agua se enviarán a la atmósfera a una altura segura. Por otro lado, los venteos de la síntesis de amoníaco, el almacenamiento de amoníaco y las plantas ANS, NA o GRAN, si es necesario, se enviarán al sistema de antorcha.

Los venteos de seguridad se producirán únicamente en condiciones anormales de funcionamiento y son venteos no controlados. Mientras que los controlados se producirán durante las operaciones de puesta en marcha o mantenimiento, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad siguientes:

- Venteo, inertización, purga de secciones de tuberías y equipos que impliquen alivios limitados y controlados localmente.
- Disposiciones de aislamiento de purga, por ejemplo, disposiciones de doble bloqueo y purga que se realizan in situ para comprobar la estanqueidad del sistema de aislamiento.

El sistema de antorcha estará disponible de forma continua para proporcionar una ruta segura para la despresurización del sistema en caso de emergencia (por ejemplo; un fallo eléctrico en todo el sitio) o en condiciones transitorias del proceso.

La antorcha y el piloto de antorcha serán adecuados para la combustión de gas amoníaco e hidrógeno. El diseño considera las normas API STD 537, ASME STS-1 (chimenea) y ASME BPVC VIII (diseño de presión).

El sistema funcionará dentro de los límites de su diseño en todas las condiciones de emergencia operativas de la Planta. El equipo estará constituido de:

- Un tambor de descarga para la manipulación y el almacenamiento de los líquidos condensados de los gases de descarga;
- Un tambor de antorcha;
- Un vaporizador;
- Una chimenea de antorcha y;
- Un suministro de gas piloto.

El gas piloto se suministrará normalmente desde el depósito de inercia de hidrógeno; no obstante, incluirá una reserva de propano para la puesta en marcha de la Planta y en caso de interrupción del flujo procedente del depósito de inercia de hidrógeno.

Se suministra una corriente de purga a la antorcha para evitar la acumulación de trazas de reactivos en el sistema. Se instalará un sistema de recuperación de vapor en esta corriente de purga para extraer el hidrógeno sin reaccionar y el amoníaco reciclado como reactivo y producto valiosos. El sistema cumplirá con los límites establecidos por la legislación ambiental de Paraguay y los patrones internacionales relacionados con la capacidad de quema de humos, opacidad, concentración de contaminantes a nivel del suelo y ruido.

2.6.2

Instalaciones auxiliares

2.6.2.1

Sistema de Captación de Agua Cruda

2.6.2.1.1

Necesidades de Agua

Toda el agua consumida por la planta se obtendrá del Río Paraguay, únicamente se considera como alternativa el uso de un pozo tubular profundo para abastecimiento de tanque secundario para combate de incendios, a fines de cumplir con la legislación relacionada, no obstante, esto aún se encuentra en evaluación.

Se estima una captación de agua del río de 242.70 m³/h, retornando aproximadamente 77.30 m³/h al río, con valores pico de 84.20 m³/h, siendo el balance de extracción de 165.4 m³/h (0.05 m³/s) o 158.5 m³/h (0.04 m³/s), respectivamente (**Figura 2.6.2.1.1.a**).

Si se considera el caudal de 600 m³/s asociado al nivel de sequía más severa del río, el caudal a ser extraído para la producción representa solo el 0.008% (caudal de 0.05 m³/s) y 0.007% (caudal de 0.04 m³/s), respectivamente. En términos de caudal promedio el río Paraguay tiene un flujo de aproximadamente 2,700 m³/s, siendo así la extracción neta de ATOME 0.002% (caudal de 0.05 m³/s) y 0.001% (caudal de 0.04 m³/s) del caudal del río.

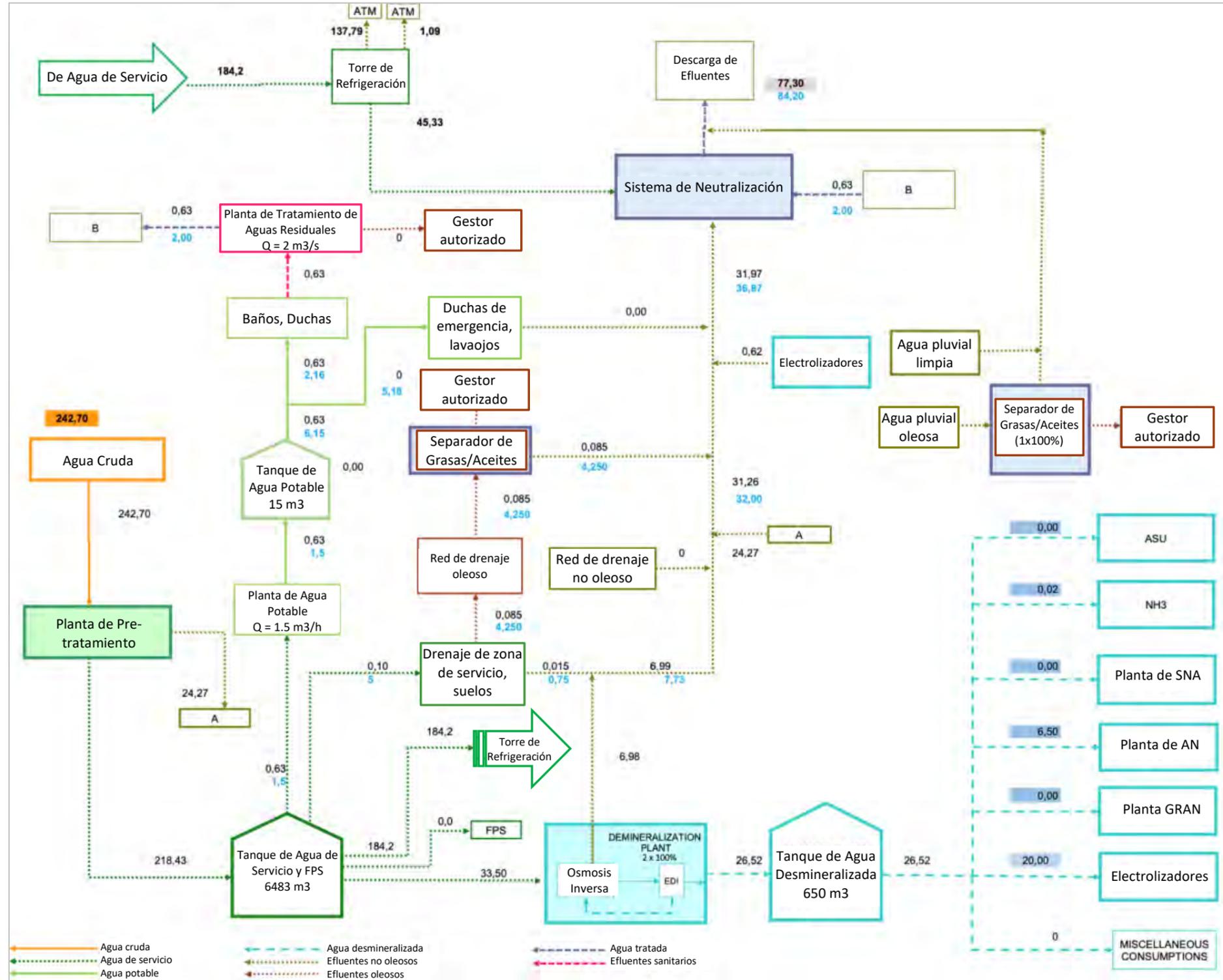
Las principales funciones de la Planta de Tratamiento de Agua Cruda serán producir agua pretratada para la producción de:

- **Agua potable**, con el fin de proveer agua de calidad potable para los servicios que requieren de agua potable como sanitarios, cocina, etc. Para el consumo humano, se comprará agua potable en bidones.
- **Agua desmineralizada**, con el fin de suministrar agua a los electrolizadores y otros consumidores como la Unidad de Síntesis de NH₃, Planta de AN, Planta SNA, Planta GRAN, reposición para otros servicios como dilución química, etc.
- **Agua de servicio.**
- **Agua para combate de incendios.**
- **Agua para reposición de torres de refrigeración.**

Estimativamente, el caudal de agua tratada será:

- Pre-Tratamiento = 218.43 m³/h.
- Potabilización = 0.63 m³/h.
- Desmineralización = 26.52 m.

Figura 2.6.2.1.1.a
Huella Hídrica de la Planta



Obs.: Valores pico en azul. Valores esperados en funcionamiento normal en negro.

2.6.2.1.2

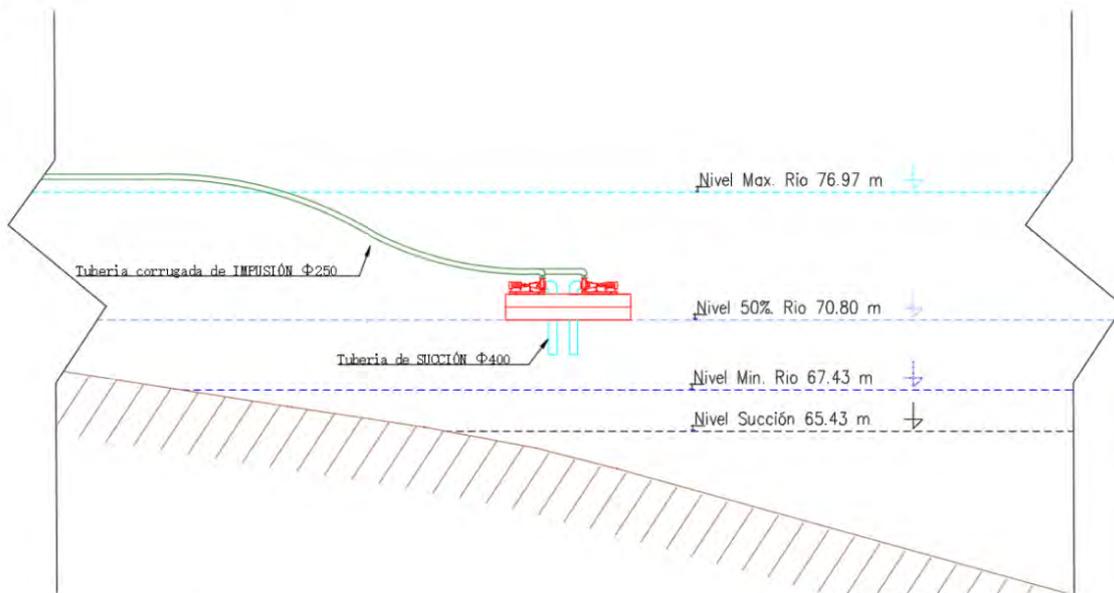
Toma y Suministro de Agua Cruda

Como se mencionó, el agua cruda será suministrada desde el Río Paraguay. Adicionalmente, se encuentra en evaluación el uso del pozo tubular profundo existente en el terreno para suministro secundario del sistema de combate de incendios. Dicho pozo se abastece del acuífero Cuaternario. La disponibilidad según los estudios del pozo y la disponibilidad del río Paraguay para suministro de agua al Proyecto se muestran en la **Sección 3.2.7**.

La captación del agua del río se realizará a través de una estación de bombeo flotante. Se estima una bomba de 30 HP (más una reserva), con una tubería de succión de 400 mm. En la **Figura 2.6.2.1.2.a** se muestra un ejemplo de la infraestructura.

Figura 2.6.2.1.2.a

Estación de bombeo flotante con bombas centrífugas horizontales



De manera a cumplir con buenas prácticas internacionales, la velocidad en la aproximación a la sección de ingreso de la estación de bombeo (en donde se encuentran las rejillas de protección de peces, sedimentos, grava o residuos) no será superior a 0.15 m/s. Para este caso, si bien la tubería de succión tiene una sección de 400 mm y la velocidad inmediatamente en dicho punto será de 1.47 m/s para el caudal extraído, la velocidad en las inmediaciones de las rejillas será mucho menor, considerando que la sección de la tubería de ingreso de agua desde el río será superior.

Por su parte, la tubería de impulsión enterrada que transportará el agua hasta la industria será de 2.3 km de longitud aproximada y 250 mm de diámetro. El punto de captación de agua ubicado en las coordenadas UTM 426,750 m E y 7,156,596 m S 21J, se muestra en la **Figura 2.6.2.1.2.b**.

Figura 2.6.2.1.2.b
Punto de captación de agua



Algunas consideraciones del diseño se encuentran basadas en buenas prácticas internacionales para este tipo de estructuras, estos son:

- Reducción de la velocidad máxima de la toma de agua a 0.15 m/s.
- Reducción del caudal de toma a un caudal suficiente para mantener otros usos del agua (riego, pesca, etc.), así como la biodiversidad considerando los valores más bajos de caudal medio anual del río.
- Tecnologías en el diseño como barreras de redes para prevenir la succión de especies acuáticas o medidas operativas como la reducción de caudal o paradas estacionales, entre otras.

Dimensionamiento básico de la toma de agua, bomba y líneas de impulsión:

Eje bomba	
Cota eje bomba	Variable
Succión	
Cota nivel del agua del río mínima	67.43 m
Velocidad mínima admisible	0.5 m/s
Diámetro en la succión adoptado	400 mm
Impulsión	
Longitud de tubería de impulsión total	2,300 m
Cota de llegada de la impulsión a la Planta	77 m
Horas de bombeo	24 hs
Caudal de bombeo	0.07222 m ³ /s
Diámetro adoptado en mm	250 mm
Velocidad	1.47 m/s

Dimensionamiento de bomba	
Altura estática	9.7 m
Altura manométrica	25.87 m
Caudal de bombeo	260,000 l/h (0.072 m ³ /s)
Potencia adoptada	30 HP

Franja de Servidumbre de Acueducto

Las tuberías de agua y efluentes se instalarán en una misma franja de servidumbre de 5 metros de ancho por 2.3 km de longitud, resultando en una superficie afectada de 1.15 ha, cabe destacar que las dimensiones podrían ajustarse durante la fase de proyecto ejecutivo. Estarán enterradas y discurrirán paralelas desde la Planta hasta el punto de captación de agua y vertido de efluentes en el río Paraguay. Como el efluente será tratado de forma a atender plenamente a la legislación paraguaya y a las exigencias de las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad de la CFI, adoptando los valores más restrictivos, el trazado de las dos tuberías fue planeado de forma a llegar al mismo punto del río Paraguay, con la captación más próxima de la orilla y el efluente vertido más alejado.

Datos técnicos del Pozo Tubular Profundo en la Planta

- Tipo de pozo: Tipo A
- Diámetro y profundidad de la perforación: 12.1/4": 0.00m – 96 m
- Diámetro y profundidad del entubado: 150 mm: 0.00m – 96 m
- Sello sanitario (cemento, arena, triturada): 0.00 m – 25 m
- Pre-filtro de grava seleccionada: 25 m – 96 m
- Entubado con tubos geo mecánicos PVC DN 1500 mm, longitud de 4 m.

Descripción litológica en el área del pozo:

Profundidad (m)	Litología
0-3	Suelo orgánico, arcilloso, de color oscuro
3-30	Arcilla de color pardo amarillento (sin aporte de agua)
30-42	Arenisca cuarzosa, de grano medio y sub-redondeados, con abundante cuarzo hialino, sin arcilla, color blanquecino a amarillento (aporte de agua)
42-48	Arcilla arenosa, color blanquecino a amarillento
48-58	Arenisca cuarzosa, de grano medio y sub-redondeados, con abundante cuarzo hialino, sin arcilla, color blanquecino a amarillento (aporte de agua)
58-90	Arenisca de grano fino, con castos bien redondeados, color blanquecino a amarillento, con niveles arcillosos
90-96	Granito

2.6.2.2

Planta de Tratamiento de Agua Cruda

Se prevé que la estación de bombeo aguas arriba sólo incluya filtración gruesa y ningún tratamiento adicional del agua. El agua cruda será posteriormente sometida a los procesos de tratamientos descritos a continuación.

- **Pre-tratamiento:** consiste en un tratamiento fisicoquímico seguido de un proceso de ultrafiltración para tratar el agua bruta y obtener una calidad de agua óptima para ser utilizada como agua de servicio, para alimentar la planta de desmineralización y para alimentar la planta de potabilización.
- **Planta de potabilización:** consiste en la filtración por carbón activo para obtener una calidad de agua óptima para su uso como agua potable.
- **Planta de desmineralización:** consiste en un pretratamiento por filtración de cartuchos, dos (2) trenes de desmineralización por ósmosis de reserva (OI) y un posterior pulido final por electrodesionización (EDI) junto con sistemas de limpieza (CIP) para el lavado de las membranas y EDI.

2.6.2.2.1

Sistema de Pre-tratamiento

El agua del río Paraguay será pre-tratada mediante un sistema de Ultrafiltración (UF) con el fin de obtener una calidad de agua estándar para ser utilizada como agua de servicio y para alimentar la Planta de potabilización y la Planta de desmineralización.

El sistema de ultrafiltración prevé el uso de productos químicos, incluyendo coagulante, hidróxido sódico, hipoclorito de sodio y ácido hipocloroso (si es necesario). El sistema contará con tanque de retrolavado.

Para garantizar la reducción de elementos como el aluminio y el hierro y eliminar la mayor parte de los sólidos antes de que lleguen al sistema de UF, se considera un tratamiento fisicoquímico. De este modo, se optimizará el proceso de UF y se reducirá la frecuencia de retrolavado. El sistema prevé el uso de solución coagulante y de polielectrolitos como agentes floculante y deshidratante y se contará con espesador de lodos.

El agua pre-tratada será almacenada en el Tanque de Almacenamiento de Agua de Servicio y Combate de Incendios antes de seguir para los tratamientos siguientes. Dicho tanque tendrá una capacidad de 6483 m³.

Como se muestra en la Huella Hídrica de la Planta (**Figura 2.6.2.1.1.a** en la **Sección 2.6.2.1.1**) se someterán a pre-tratamiento 242.70 m³/h, de los cuales 218.43 m³/h se destinarán a los usos previstos (agua de servicio, combate de incendios, potabilización, y refrigeración) y 24.27 m³/h serán rechazadas. Estas aguas rechazadas en el pre-tratamiento se destinarán a la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR).

El sistema de pre-tratamiento dependerá de la calidad del agua bruta. Se considera como dato preliminar una eficacia del pretratamiento del 90%.

El efluente del pre-tratamiento se tratará y concentrará en una planta de tratamiento de lodos.

2.6.2.2.2

Sistema de Almacenamiento de Agua de Servicio y Sistema de Distribución

El tanque de agua de servicio y contra incendios recibirá el agua a la salida del sistema de pre-tratamiento. La finalidad del depósito es almacenar agua suficiente para garantizar siempre el

mínimo requerido por el sistema contraincendios, más un excedente de agua para suministrar agua de servicio al resto de consumidores de la planta y mantener la demanda de la Planta de Tratamiento de Agua Cruda. Se considera un tanque de almacenamiento en común (contraincendios y almacenamiento de agua de servicio) para asegurar que el agua esté siempre en movimiento, evitando así el crecimiento de microorganismos biológicos.

El sistema de control garantizará que las bombas de distribución de agua de servicio se detengan antes de consumir toda el agua de proceso y alcanzar el nivel mínimo de agua contra incendios. Se considera físicamente imposible que otros consumidores agoten la reserva de agua contra incendios, dada la ubicación de las conexiones de aspiración de las bombas (las conexiones contra incendios siempre están situadas debajo de las conexiones de agua de servicio).

2.6.2.2.3

Sistema de Tratamiento

En el sistema de tratamiento tendrán lugar dos tipos de tratamiento principales, los cuales serán llevados a cabo en las unidades descritas a continuación.

Unidad de Potabilización

Como se mencionó previamente, en la zona no se dispone de servicio de agua potable, por lo cual, el suministro será a partir del agua de servicio (agua pre-tratada) sometida a un tratamiento de potabilización.

Para el dimensionamiento de la unidad se han considerado 100 personas a servir y un consumo de 150 l/persona/día.

El sistema estará compuesto por:

- Dos (2) filtros 100% de carbón activado, con todos los equipos, instrumentación y control necesarios para su correcto funcionamiento
- Un (1) rack analizador para análisis en continuo de cloro libre residual.
- Un (1) sistema de inyección de hipoclorito sódico, que puede ser compartido con el sistema propuesto para el pretratamiento, añadiendo dos (2) bombas de inyección de capacidad 100% para la Unidad de Potabilización.

Como se muestra en la **Figura 2.6.2.1.1.a** en la **Sección 2.6.2.1.1**, se potabilizarán 0.63 m³/h, los cuales se almacenarán en un tanque de agua potable.

Unidad de Desmineralización

El agua del tanque de almacenamiento de agua de servicio y protección contra incendios, pre-tratada, se bombeará a una Planta de Desmineralización (PD) para obtener agua desmineralizada con la calidad requerida por los electrolizadores y otros procesos de la producción. Se someterá al proceso de desmineralización un caudal de 33.50 m³/h.

Para obtener agua desmineralizada el tratamiento consistirá en ósmosis inversa (OI) y electrodesionización (EDI). La PD considera en su diseño los siguientes equipos:

- Bombas de agua de ultrafiltración;
- Proceso de ultrafiltración;
- Bombas de alta presión de OI;
- OI;
- EDI.

Antes de seleccionar esta configuración de tratamiento se estudió otra opción, basada en OI y Lechos de Resinas de Intercambio Iónico (CB+MB), según el estudio de alternativas presentado en la **Sección 3.2.6**.

La calidad del agua desmineralizada estará en concordancia con los requisitos de la **Tabla 2.6.2.2.2.a**.

Tabla 2.6.2.2.2.a
Calidad del agua pre-tratada y desmineralizada

Parámetro	Valor
Agua pre-tratada	
Conductividad, Ω S/cm	100-300
Sólidos Suspendedos Totales, ppm	5
Turbidez, NTU	2
Agua desmineralizada	
Conductividad del agua, μ S/cm	< 1
Fluoruro, ppb	< 50
Aluminio, ppb	< 10
Calcio, ppb	< 20
Cloruro, ppb	< 5
Cromo, ppb	< 5
Cobre, ppb	< 3
Hierro, ppb	< 10
Magnesio, ppb	< 5
Manganeso, ppb	< 5
Molibdeno, ppb	< 5
Níquel, ppb	< 5
Potasio, ppb	< 20
Silice, ppb	< 20
TOC, ppb	< 30

Los productos químicos utilizados para la purificación del agua (biocidas, inhibidores de incrustaciones, floculantes, coagulantes, desinfectantes) se inyectarán desde la zona de almacenamiento y dosificación de productos químicos.

Se considera 1 l/h de agua desmineralizada necesaria por cada 1 Nm³/h de H₂ generado.

2.6.2.3

Sistema de Almacenamiento de Agua Desmineralizada

El agua desmineralizada producida se almacenará en el tanque de almacenamiento de agua desmineralizada, desde donde se distribuirá mediante un sistema de bombeo a los diferentes consumidores.

2.6.2.4

Sistema de Refrigeración de Agua

El sistema de refrigeración de agua suministrará agua de refrigeración a la planta de generación de H₂, a la USA, a la planta de producción de NH₃, la Planta de AN, la Planta de SNA y la Planta GRAN, para evacuar el trabajo térmico de los diferentes equipos. El sistema se basará en un sistema de refrigeración por vía húmeda (torre de refrigeración) con dos circuitos diferentes: un circuito abierto y un circuito cerrado. El caudal que se destinará al sistema de refrigeración es de 184.21 m³/h.

Las especificaciones clave de la torre de refrigeración son:

- **Capacidad de disipación de calor:** diseño de gran capacidad de refrigeración para soportar las importantes cargas de calor producidas por cada proceso.
- **Mecanismo de refrigeración:** la torre utiliza un sistema de refrigeración por evaporación para eliminar el calor de los procesos industriales. El agua circula por el interior de la torre y se distribuye sobre el material de contacto, creando una gran superficie para una transferencia eficaz del calor por evaporación.
- **Sistema de circulación de agua:** la torre está equipada con un robusto sistema de circulación de agua que garantiza un flujo continuo de agua de refrigeración.
- **Sistema de ventiladores:** la torre de refrigeración emplea un potente sistema de ventiladores que aspiran aire del entorno y crean una corriente de aire en el interior de la torre, mejorando la evaporación del agua y enfriando así el agua circulante.
- **Tratamiento y filtración del agua:** para mantener el rendimiento y la eficacia de la torre de refrigeración, se aplica un sistema integral de tratamiento y filtración del agua. Esto garantiza la eliminación de impurezas, como residuos, sedimentos y productos químicos, evitando problemas de obstrucción e incrustación en la torre y los equipos asociados.

La siguiente **Tabla 2.6.2.4.a** proporciona información técnica sobre la torre de refrigeración.

Tabla 2.6.2.4.a
Ficha técnica de la torre de refrigeración

Parámetro	Valor
Carga térmica total del sistema	112.036 kWt
Temperatura de entrada	40.9 °C
Temperatura de salida	30.9 °C
Sistema principal de agua de refrigeración	
<i>Caudal de reposición de la torre</i>	184.2 m ³ /h
Purga de la torre	45.33 m ³ /h
Número de ciclos de concentración	4
Consumo de energía	300 kW
<i>Bombas de agua de refrigeración principales (3x50%)</i>	
Caudal de agua de refrigeración	4,861 m ³ /h
TDH	20 m
Consumo de energía	350 kW
Sistema cerrado de agua de refrigeración	
<i>Bombas de agua de refrigeración cerradas (3x50%)</i>	
Caudal de agua de refrigeración cerrada	4,861 m ³ /h
TDH	40 m
Consumo de energía	700 kW
Intercambiadores de calor de placas	
Potencia calorífica	112,036 kWt
Temperatura máxima del agua de refrigeración permitida en la entrada del equipo	34 °C
Máxima diferencia de temperatura admisible	10 °C
Enfriadora eléctrica (<i>chiller</i>)	
Potencia térmica	3,515 kWt
Temperatura máxima de salida	9 °C
Diferencia de temperatura admisible	5 °C
Consumo de energía eléctrica	1,172 kWe
Consumo eléctrico total	2,183 kWe
Consumo eléctrico total	2,872 kWe

Según los datos de la **Tabla 2.6.2.4.a**, el objetivo es conseguir agua de refrigeración a 37°C, a la entrada del equipo a refrigerar, con una temperatura seca máxima de 32.9°C y una humedad relativa del 63.11%.

Circuito Abierto de Refrigeración

Estará compuesto por los siguientes equipos:

- Torre de refrigeración (1 X 100%);
- Bombas principales de agua de refrigeración (3 X 50%);
- Placas intercambiadoras de calor de placas (2 X 100%)
- Sistema dosificador de químicos.

Circuito Cerrado de Refrigeración

Estará compuesto por los siguientes equipos:

- Dos bombas cerradas de agua de refrigeración (2x100%);
- Tanque de expansión;
- Enfriadora eléctrica.

El agua de refrigeración necesaria se suministrará desde aguas abajo del tratamiento del agua de alimentación y se canalizará mediante bombas adecuadamente especificadas y se descargará a través de la Planta de tratamiento del agua de alimentación. Se utilizará anticongelante para garantizar la circulación del fluido, dadas las bajas temperaturas que pueden alcanzarse en el lugar.

2.6.2.5

Sistema de Aire para Instrumentos y Planta

El objetivo principal del sistema de aire comprimido es suministrar continuamente aire comprimido limpio y seco (filtrado) a los distintos consumidores de hidrógeno y NH₃ para permitir el funcionamiento correcto y seguro de la instrumentación, mientras que el aire de servicio se utiliza para tareas de limpieza y mantenimiento.

El aire comprimido se producirá en la planta ASU durante el funcionamiento normal. El sistema de aire de instrumentación será distinto de ASU e incluirá un compresor de aire y un tanque de para la puesta en marcha.

2.6.2.6

Sistema de Nitrógeno Utilitario y Nitrógeno Líquido

El nitrógeno necesario para la purga del equipo será suministrado por la planta de ASU.

Por otro lado, se suministrará nitrógeno líquido en el emplazamiento, tanto en botella como almacenado en tanque. Este se utilizará para proporcionar un servicio de refrigeración criogénica en la caja fría para el proceso de separación del aire.

Se considerará el suministro en botella para la puesta en marcha y la recarga, pero puede ser necesario el almacenamiento en tanques para el nitrógeno líquido producido a partir del proceso ASU que se utilizará como refrigerante en los condensadores.

2.6.2.7

Sistema de Extinción de Incendios

Se dispondrá de un sistema de extinción de incendios que permita la eliminación de incendios en la Planta. Actualmente, el sistema se encuentra en fase de diseño. Se establecerán procedimientos seguros en torno a los sistemas con alta demanda de electricidad (como las unidades electrolizadoras) cuando se utilice agua contra incendios.

El agua para combate de incendios provendrá del sistema de pre-tratamiento de agua bruta y será almacenada en un tanque de agua. La finalidad del depósito es almacenar agua suficiente para garantizar siempre el mínimo requerido por el sistema de extinción de incendios y otros usos.

El sistema de agua constará de un depósito de agua contraincendios, bombas eléctricas y bombas a diésel, y un local de almacenamiento de diésel (que puede compartirse con el depósito de diésel para el generador de emergencia). Asimismo, se encuentra en evaluación un tanque secundario de agua alimentado por el pozo tubular profundo existente en el terreno.

Se instalarán tuberías (anillos principales) para permitir la distribución del suministro de agua contraincendios por la Planta.

La Planta contará con una caseta de bomberos.

2.6.2.8

Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR)

Identificación de Flujos de Efluentes

Los efluentes acuosos del proceso se tratarán en una ETAR, donde los principales flujos de aguas residuales a tratar procederán de:

- **Efluentes procedentes del pretratamiento y desmineralización:** efluentes de clarificación (preliminar), retrolavado de filtración y rechazo de ósmosis inversa se recogerán y enviarán a la ETAR.
- **Efluente de red oleosa:** el drenaje oleoso coleccionará todas las aguas residuales con aceites, incluyendo aquellos que tengan solo trazas de aceites, y los canalizará por gravedad hasta la cámara separadora de aceites para separar el agua del aceite. Se asume que un 85% del agua de servicio va a la red de drenaje oleosa.
Posteriormente a la cámara separadora de grasas/aceites, el agua sin aceite se circula por gravedad hasta la cámara de efluentes y bombeado a la ETAR para homogenización.
Las aguas oleosas de la planta potencialmente podrían producirse en: i) lavado de suelos de plantas de tratamiento de agua, ii) bombas contraincendios, iii) lavado de suelos de talleres y depósitos, iv) bombas de agua desmineralizada, agua de servicio, agua de refrigeración, v) áreas externas (aguas pluviales oleosas), vi) área del transformador.
La composición de las aguas de la red oleosa será principalmente agua de servicio con trazas de aceites, polvo y sólidos suspendidos.
Las aguas pluviales serán coleccionadas y circuladas a un separador de aceites adicional. Posteriormente será enviada a la ETAR.
- **Efluentes de red no oleosa:** estos efluentes con una composición exenta de aceites serán enviados a la ETAR.
Estos desagües procederían de: i) rechazo de la planta de desmineralización y efluentes de lavados químicos, ii) desagües de la zona de almacenamiento de productos químicos, duchas y lavajos, iii) vaciado del depósito de agua desmineralizada y del depósito de servicio/incendios, iv) purga de la torre de refrigeración, v) drenajes del electrolizador, vi) fosa de bombeo del sumidero de agua tratada del separador de agua y aceite.

Estos efluentes serán colectados, enviados y tratados en la ETAR, en donde serán homogenizados y neutralizados antes de ser enviados para la descarga al río.

Los desagües de la zona de descarga de reactivos de dosificación química se controlarán mediante una válvula manual que permanecerá abierta en funcionamiento normal para drenar posibles efluentes de agua de lluvia y se cerrará en caso de operación de descarga de reactivos.

Los tanques de productos químicos contarán con un sistema de contención que confinará cualquier fuga de productos químicos ocasionados por roturas del contenedor. Además, el sistema estará diseñado para contener los productos químicos procedentes de la plataforma, pero éstos no se conducirán a la red no oleosa.

- **Efluentes sanitarios:** generados en los sanitarios y que serán tratados vía planta de tratamiento para efluentes domiciliarios y enviados a la ETAR.
Estos efluentes provendrán del edificio administrativo, la caseta de control de acceso y el área de depósitos.
El agua tratada de los sanitarios será enviada a un sistema de tratamiento en donde serán homogenizados y neutralizados previa descarga.
- **Efluentes que serán dispuestos por gestores externos autorizados:** los siguientes efluentes serán manejados por gestores autorizados: i) lodos recogidos en separadores de aceite, ii) lodos recogidos en el sistema de pretratamiento (si es necesario), iii) lodos recogidos en la planta de tratamiento de aguas sanitarias, iv) cualquier vertido de aceite, v) desagües químicos: desagüe del electrolizador, desagüe del tanque de lejía, desagües de la planta de NH₃, desagües de la planta de AN, desagües de las plantas de SNA y GRAN, desagües de los tanques de almacenamiento de productos químicos, desagües de los tanques de almacenamiento de productos químicos.

Todos estos serán confinados en fosas, bidones o contenedores; los aceites serán subsecuentemente retirados por gestores autorizados, mientras que los desagües de químicos serán neutralizados y retirados posteriormente por gestores autorizados.

Aunque el caudal de aguas residuales no es constante porque depende de la operación de la Planta, la siguiente **Tabla 2.6.2.8.a** contiene las principales características esperadas de los distintos efluentes mencionados.

Tabla 2.6.2.8.a
Caudales típicos de efluentes

Flujo	Caudales de efluentes	
	Caudal (m ³ /h)	Frecuencia
Efluentes de tratamiento (sujetos a las eficiencias de los pre-tratamientos y de la desmineralización)	31.25	Continuo
Efluentes de tratamiento de aguas sanitarias	0.63	Continuo
Efluentes de separadores de aceite	0.085	Intermitente por bombeo
Efluentes de la red no oleosa	0.635	Intermitente por gravedad
Purga de la torre de refrigeración	45.33	Continuo

Adicionalmente, se consideran otros efluentes que no serían tratados en la ETAR sino tratados específicamente, almacenados y gestionados por empresas habilitadas para el efecto, estos son efluentes con restos químicos, efluentes con KOH, efluentes con NH₃, y efluentes de la planta de AN. No se esperan efluentes de las Plantas de SNA y GRAN, considerando que el diseño involucra procesos con cero emisiones de efluentes.

Descripción del Tratamiento

La finalidad de la ETAR es recoger y acondicionar las aguas residuales de la Planta para su posterior vertido al punto de vertido en el río Paraguay. El caudal total de efluente tratado a ser vertido en el río Paraguay es de 77.30 m³/h.

La ETAR se compondrá de los siguientes subsistemas, cuyos componentes se describen en la **Tabla 2.6.2.8.b** siguiente.

- Subsistema de recogida y ecualización de aguas residuales.
- Subsistema de acondicionamiento, control y descarga de aguas residuales.

Tabla 2.6.2.8.b
Componentes de los Subsistemas de la ETAR

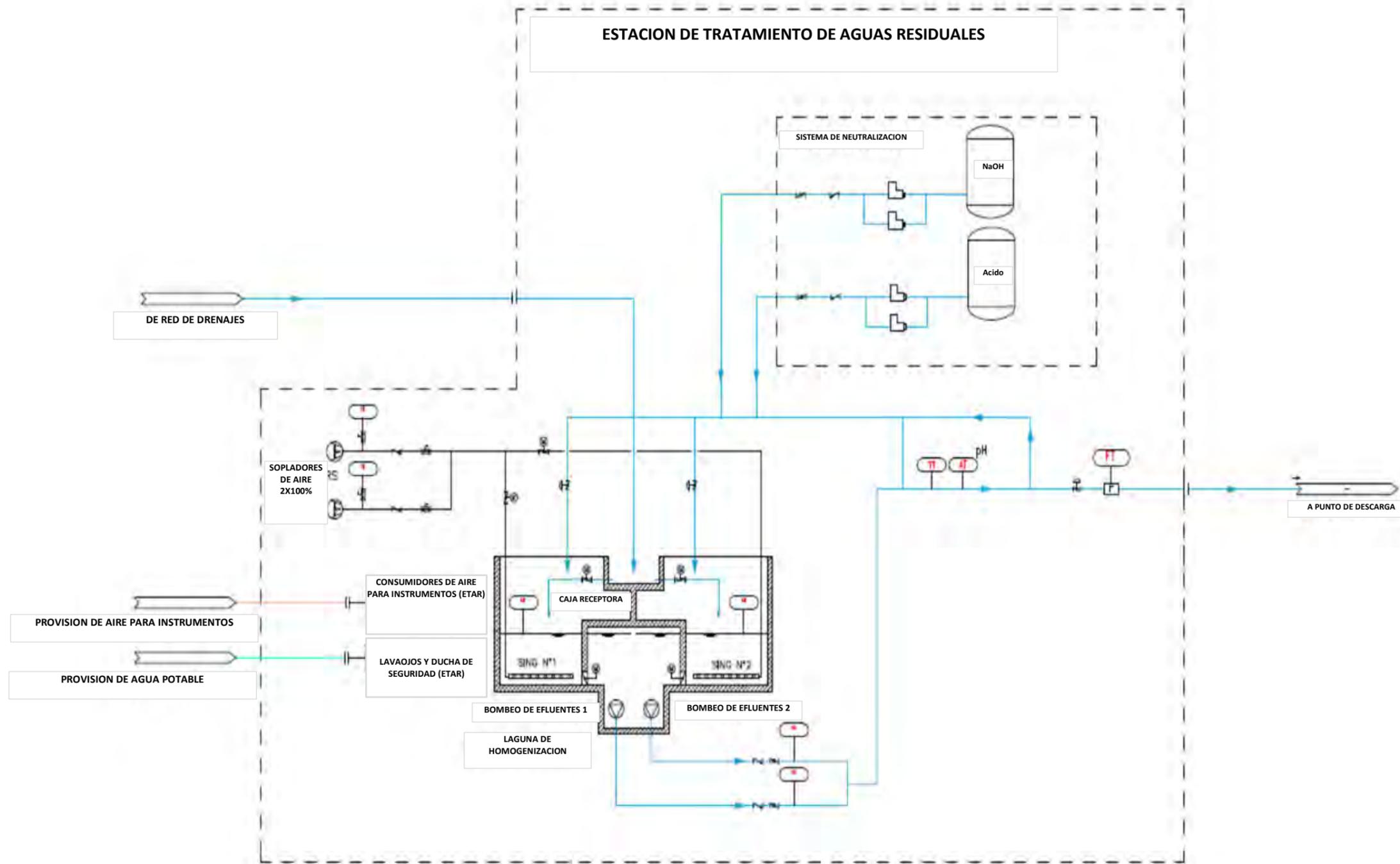
Subsistema de recogida y ecualización de aguas residuales	Subsistema de acondicionamiento, control y vertido de aguas residuales
<p>Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) 1 tanque para recogida de aguas residuales dividido en dos compartimentos (se estima 150 m³ cada uno) y equipado con un foso de distribución. ii) 2 sopladores de aire comunes a los dos compartimentos (100% con uno en espera). iii) 1 sistema de distribución de aire para cada compartimento. 	<p>Comprende todos los equipamientos para la dosificación de los productos químicos para la neutralización, incluyendo ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, para controlar las características de las aguas residuales y su vertido al punto de descarga.</p> <p>Este subsistema contará con:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) 2 válvulas automáticas, una a la salida de cada compartimento de las piletas, ii) 2 válvulas automáticas, en las líneas de recirculación de cada compartimento de las piletas, iii) 1 válvula automática en la línea de descarga final (descarga de bomba) a la pileta de evaporación, iv) Línea de salida desde el colector de la bomba de recirculación/descarga hasta el colector de entrada de la pileta de evaporación más cercana, v) Equipo dosificador de productos químicos para la neutralización, vi) 1 Tanque de almacenamiento de Ácido Sulfúrico (96-98%) con dos bombas dosificadoras e instrumentación asociada, vii) 1 Tanque de almacenamiento de Soda Cáustica (50%), con dos bombas dosificadoras e instrumentación asociada, viii) Bomba de transferencia de carga de 2 depósitos, uno para cada reactivo.

Tabla 2.6.2.8.b
Componentes de los Subsistemas de la ETAR

Subsistema de recogida y ecualización de aguas residuales	Subsistema de acondicionamiento, control y vertido de aguas residuales
	ix) 2 Bombas para la descarga del efluente a la pileta de evaporación o recirculación al compartimiento de colecta de aguas residuales. x) Instrumentos para la medición continua del caudal, temperatura, pH y conductividad.

A continuación, se incluye un diagrama esquemático (**Figura 2.6.2.8.a**).

Figura 2.6.2.8.a
Esquema de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales - ETAR



Descarga de Efluentes

Se considera como potencial lugar de descarga de efluentes al punto cerca de la captación de agua, pero algunos metros aguas abajo, como se muestra en la **Figura 2.6.2.8.b**. Como se ha resaltado, esta posición es estimada y puede modificarse durante la fase de diseño ejecutivo.

Figura 2.6.2.8.b
Punto de vertido de efluentes tratados



El caudal de efluentes producidos por la Planta es de 77.3 m³/h, pudiendo alcanzar un pico de 84.20 m³/h. Los efluentes de salida procesados en la ETAR cumplirán con los límites de vertido establecidos en la legislación de Paraguay (Resolución N° 222/02) y en las Guías de Medio Ambiente, Salud y Seguridad (MASS) y las Guías MASS para la Producción de Fertilizantes Nitrogenados de la CFI. Asimismo, se consideran como requerimientos para el diseño de la ETAR el cumplimiento de los límites de emisiones sonoras establecidos en la Ley N° 1100/97 paraguaya y los establecidos para zonas residenciales en las Guías mencionadas de la CFI.

2.6.3

Otras Instalaciones

2.6.3.1

Subestación de la Planta

Como se mencionó en otras secciones, la energía a utilizar por la Planta provendrá de la Subestación (SE) SE Buey Rodeo, de la ANDE, que se interconectará a la SE interna de la Planta mediante una LT de 220 kV.

Para ello, se construirá una nueva Subestación Aislada en Aire (*AIS en inglés*) en la Planta de ATOME. La configuración del sistema eléctrico en la nueva SAA de 220 kV será la siguiente:

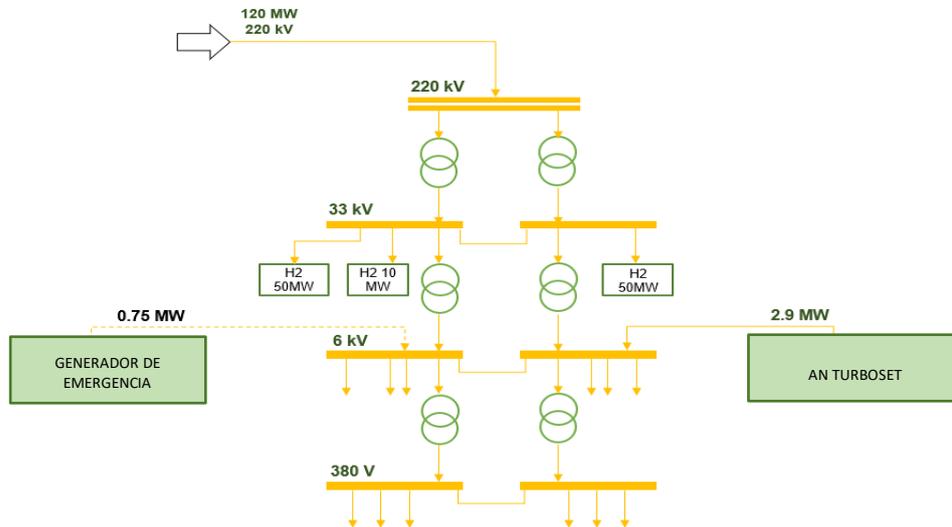
- Doble esquema de barras de 220 kV con disyuntor de enlace.
- Cuatro (4) bahías:
 - Bahía 1: Línea de entrada desde la Subestación Buey Rodeo (OSBL);
 - Bahía 2: Alimentador de salida al transformador principal BAT10;
 - Bahía 3: salida del alimentador hacia el transformador principal BAT20;
 - Bahía 4: Interruptor de circuito de enlace.

Cada bahía puede conectarse a cualquiera de las dos barras de 220 kV. Esta configuración proporciona una alta fiabilidad operativa, ya que permite transferir las salidas de la línea entrante o del alimentador de una barra a la otra sin interrupción de tensión si se cierra el disyuntor de enlace. Además, el esquema de doble barra permite trabajar en condiciones normales con cada transformador principal conectado a una barra diferente para garantizar que un fallo eléctrico en un lado no afecte a la otra parte del sistema eléctrico.

Como se observa en la **Figura 2.6.3.1.a**, el turboset se encuentra conectado a la SE, generando 2.9 MW. El turboset es capaz de producir electricidad para el proceso AN-SNA-GRAN, así como energía adicional a 6 kV que se puede utilizar en la planta de amoníaco para reducir la demanda de energía de la red de los compresores de gas de síntesis. Esta energía es producida a partir de la generación de vapor resultante de la recuperación de calor en la Planta de AN.

La planta incluye la redundancia completa de los transformadores HV/MT, transformadores MT/MT y transformadores MT/BT, e incluye un generador de emergencia para asegurar el suministro de energía a **6 kV** a sistemas críticos durante una parada completa de la planta o un apagón de la red.

Figura 2.6.3.1.a
Diagrama de una sola línea simplificado del proyecto Villeta



2.6.3.1.1

Componentes Principales de la SE

Todos los equipos cumplirán las especificaciones técnicas de la ANDE para subestaciones de alta tensión (AT). Los principales componentes son:

- Equipos de AT que se instalarán a la intemperie en la AIS tales como interruptores automáticos tripolares, seccionadores tripolares con cable a tierra.
- Estructuras metálicas de obra de 220 kV para soporte de líneas aéreas, incluyendo estructuras metálicas de entrada y salida, para soporte de barras y equipos, etc.
- Sistemas de puesta a tierra y protección contra rayos.
- Edificio de la SE que albergará los conjuntos de tableros eléctricos que proveen la energía a los equipamientos y control, los gabinetes de mediciones y protección de acuerdo con la normativa de la ANDE, el gabinete local (incluye cableados externos de alimentación y control) y el gabinete de comunicación y equipos necesarios para recibir señales requeridas por ANDE desde la central para su monitoreo.
- Otros componentes: cables y bandejas de cables, instalaciones de alumbrado exterior (normal y de emergencia), piezas de repuesto necesarias.

2.6.3.1.2

Parámetros Básicos de Diseño de la SE

Si bien no se cuenta con diseño final de la SE, se tienen definidos parámetros básicos con los cuales se deberán cumplir (**Tabla 2.6.3.1.2.a**).

Tabla 2.6.3.1.2.a

Datos de la SE de la Planta

Datos de la Subestación	Características
Configuración	Doble barra con acoplador de amarre
Tipo	Aislado en aire (AIS)
Puesta a tierra de 220 kV	Sólidamente conectado a tierra
Tensión nominal de funcionamiento	220 kV
Tensión máxima nominal	245 kV
Frecuencia	50 Hz
Aislamiento (Frecuencia de alimentación – 1min/rayo)	460 kVrms/1050 kVpico
Corriente de cortocircuito	40 kA, 1 s / 100 kApico
Corriente nominal	1000 A
Área	0.105 ha (1,050 m ²)
Tipo de aceite para los equipos	Nafténico
Estructuras de los pórticos	Estructura metálica
Red de tierra	Cable de cobre
Cimientos	222 m ³
Pavimento del área de la SE	Piedra triturada
Tanque de contención	Mampostería revestida
Caja separadora de aceite	Mampostería revestida

La SE de la Planta será instalada cerca de la garita de control de acceso 2, pero dispondrá de una entrada independiente para el acceso directo y sin restricciones del equipo de operación y mantenimiento de la ANDE, sin necesidad de seguir el protocolo de control de entrada a la Planta, lo que permitirá una mayor agilidad, especialmente en situaciones de emergencia.

Como se observa en el layout de la Planta, junto a la SE hay una sala de control general a ser utilizada tanto el propio equipo de ATOME como el equipo de operación de la ANDE. Los equipos de ANDE y ATOME permanecerán en contacto permanente. El mantenimiento de la SE de la Planta será realizada por empresas tercerizadas especializadas en el área y contratadas por ATOME, como podrá ser el caso de la ANDE.

En el **Anexo 1** de este EIAS se presenta la Planta de Disposición General de la SE, además de los diagramas unifilares.

2.6.3.2

Línea de Transmisión de Alta Tensión

Para abastecer de energía eléctrica a la planta de ATOME, se construirá una Línea de Transmisión (LT) aérea con una extensión total aproximada de 550 m, en tensión de 220 kV, que conectará la Subestación (SE) Buey Rodeo de la ANDE, ubicada al borde de la Ruta Nacional PY19, que une los distritos de Villeta y Alberdi, con la SE interna de la Planta.

Franja de Servidumbre

La franja de servidumbre de la LT está normada y establecida en el Código Nacional de Electricidad – CNE (Suministro 2011), en la Regla 219.B Requerimientos de la Faja de Servidumbre, aprobado por la R.M. N° 214-2011-MEM/DM.

Las franjas de servidumbre en líneas aéreas se establecen con el propósito de brindar facilidades para la instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las empresas concesionarias, así como también para salvaguardar la seguridad pública, es decir, la integridad física de las personas y bienes, frente a situaciones de riesgo eléctrico-mecánico.

Según el Suministro 2011, el Ministerio de Energía y Minas impondrá servidumbres respecto de bienes de dominio privado, bien sea de propiedad particular o estatal. Los concesionarios están obligados a velar por el cumplimiento de las distancias de seguridad indicadas en la Sección 23 del CNE.

Los anchos mínimos de la franja de servidumbre establecidos por el Art. 1º de la Ley N° 6681/2020 (que altera el Art. 1º de la Ley 976/1982) son indicados en la **Tabla 2.6.3.2.a**.

Tabla 2.6.3.2.a
Anchos mínimos de la franja de servidumbre

Tensión nominal de la línea (kV)	Distancias en metros medidas perpendiculares
23	3"
66	9
220	25
500	35

Fuente: Ley N° 6681/2020 (Art. 1º).

Conforme a la tabla anterior la zona de seguridad o franja de servidumbre es de 50 m de ancho para las LT de 220 kV. Así, considerando la extensión prevista para la LT (550 m), la superficie resultante de la servidumbre constituye 2.75 ha o 27,500 m². Sin embargo, la franja de servicio que se establecerá en la parte central de la servidumbre, donde será necesario desbrozar la vegetación y el cultivo de arroz para poder tender los cables, sólo tendrá 6 metros de ancho, lo que supone una superficie de sólo 0.33 ha o 3,300 m².

Los valores máximos de campos eléctricos y magnéticos, ruido audible y radio interferencia en el límite de la franja de servidumbre de 50 m para cumplir con la norma IEC-60826 (*Overhead transmission lines - Design criteria*) y con la normativa nacional e internacional son los indicados en la **Tabla 2.6.3.2.b**.

Tabla 2.6.3.2.b
Valores de campos eléctrico y magnético y ruido audible

Efectos Eléctricos	Máximo en el Límite de la Franja	Valores de la norma
Intensidad de Campo Eléctrico	5 kV/m	4,2 kV/m (poblacional)
Densidad de Flujo Magnético	100 µT	83,3 µT (poblacional)
Ruido Audible	45 dB(A) nocturno	Ley N° 1100/1997:
Radio Interferencia	32 dB	55 dB

Características Técnicas de la LT

Para la construcción de la LT se estima inicialmente que se utilizarán 4 torres reticuladas de acero galvanizado autoportantes. Las **Figuras 2.6.3.2.a** y **2.6.3.2.b** a continuación muestran los planos de los dos tipos de torres A1 y D1 a ser utilizadas.

Figura 2.6.3.2.a
Silueta de la torre reticulada tipo A

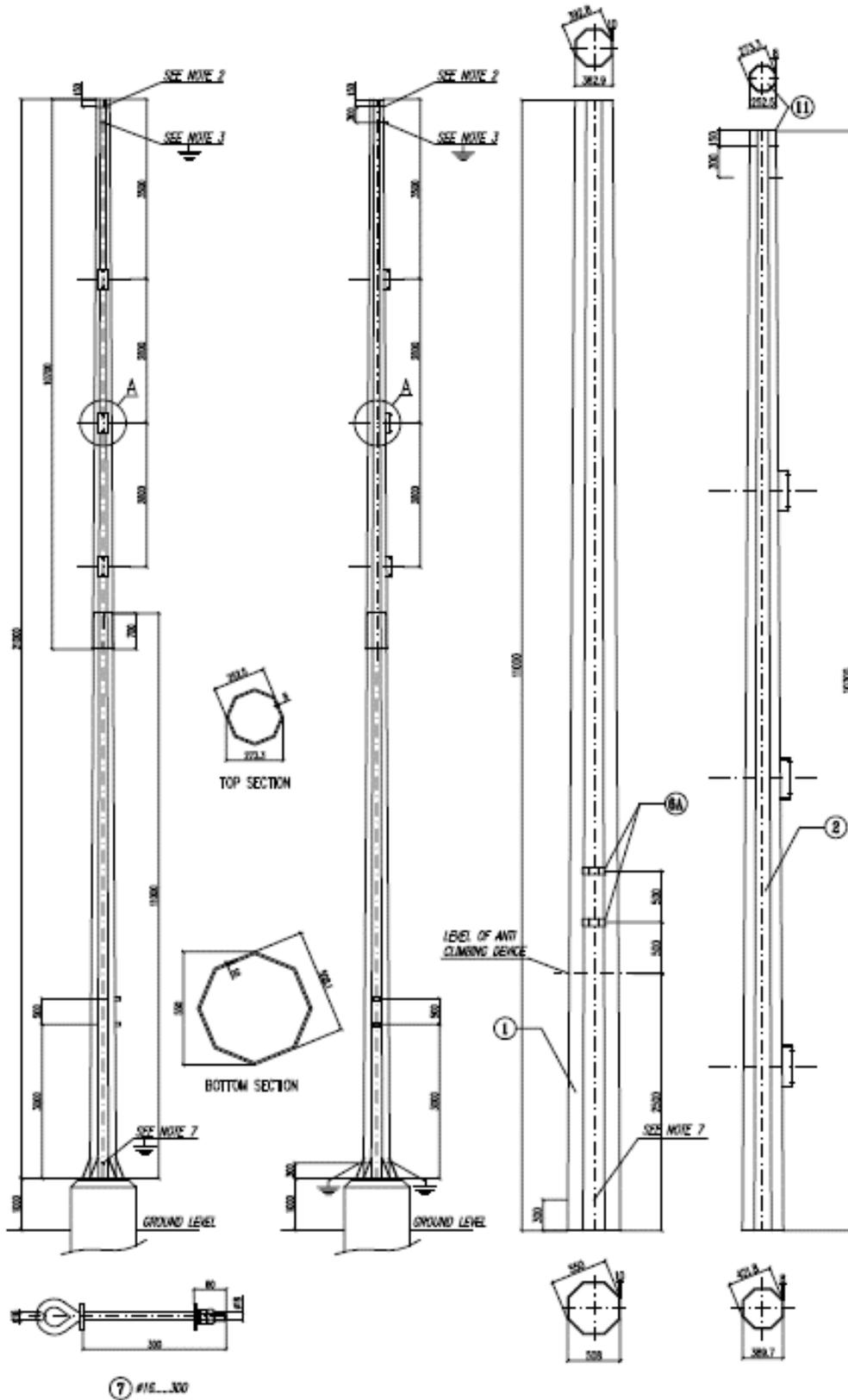
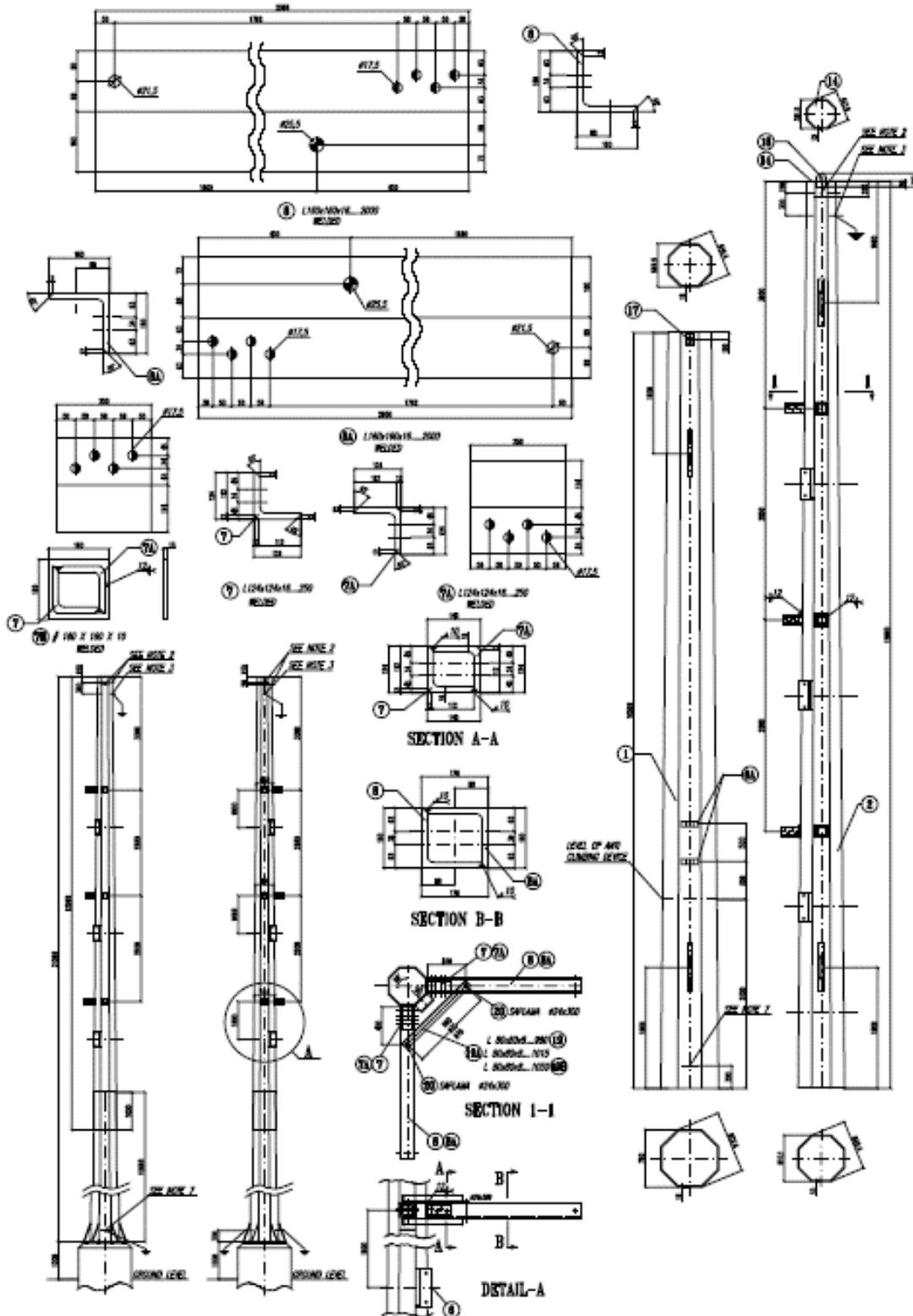


Figura 2.6.3.2.b
Silueta de la torre reticulada tipo D1



En principio, se prevé un área promedio que será ocupada por la base de las torres autoportantes de 36 m² (6 x 6 m).

Como mencionado, la vegetación no se eliminará en todo el ancho de la franja de servidumbre, sino solo en una faja de 6 m de ancho en el centro de la franja, siempre que no existan árboles de altura que pudieran producir daños a las instalaciones en caso de caída. Esta franja de servicio se utilizará para el acceso y para el lanzamiento de los cables.

Los cimientos que se utilizarán para las torres pueden ser de los tipos zapata, tubulón, pilotes o bloques con anclaje, y su elección dependerá del tipo de suelo en la ubicación de cada torre. Estos tipos de fundaciones se muestran en la siguiente **Figura 2.6.3.2.c**.

Figura 2.6.3.2.c
Ejemplos de tipos de fundaciones

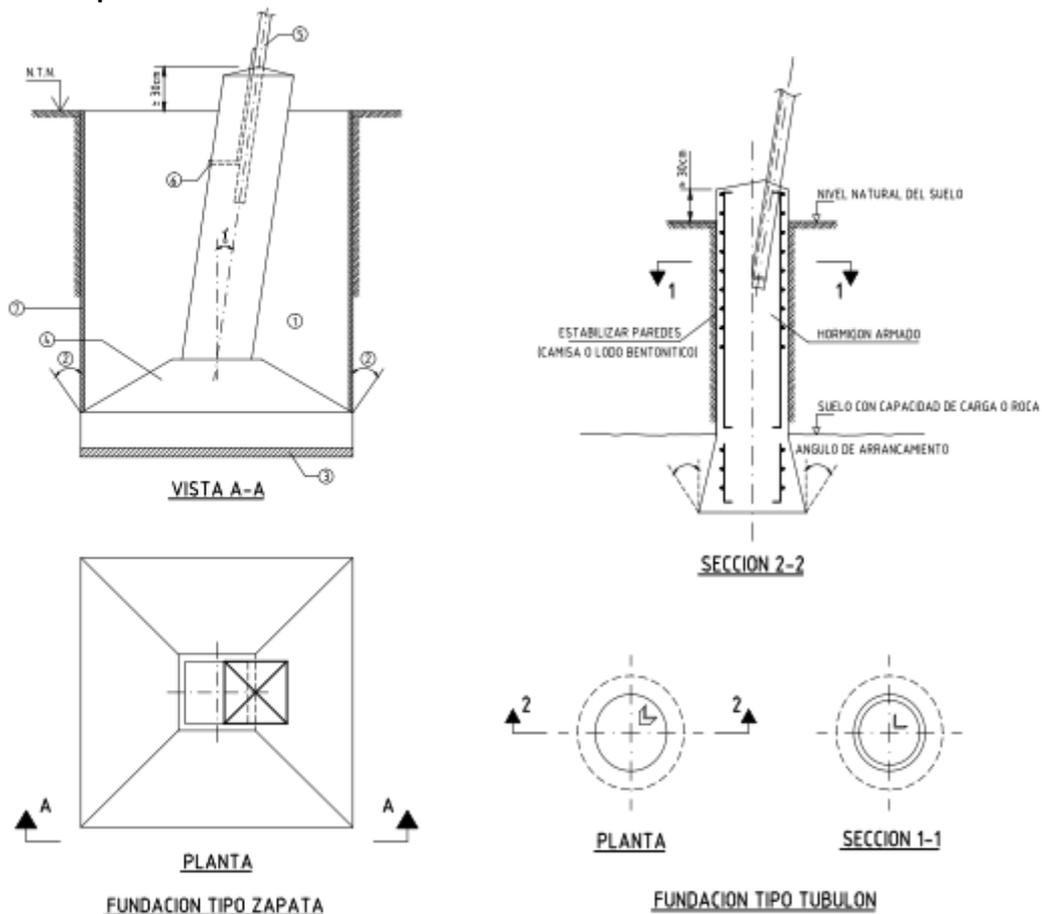
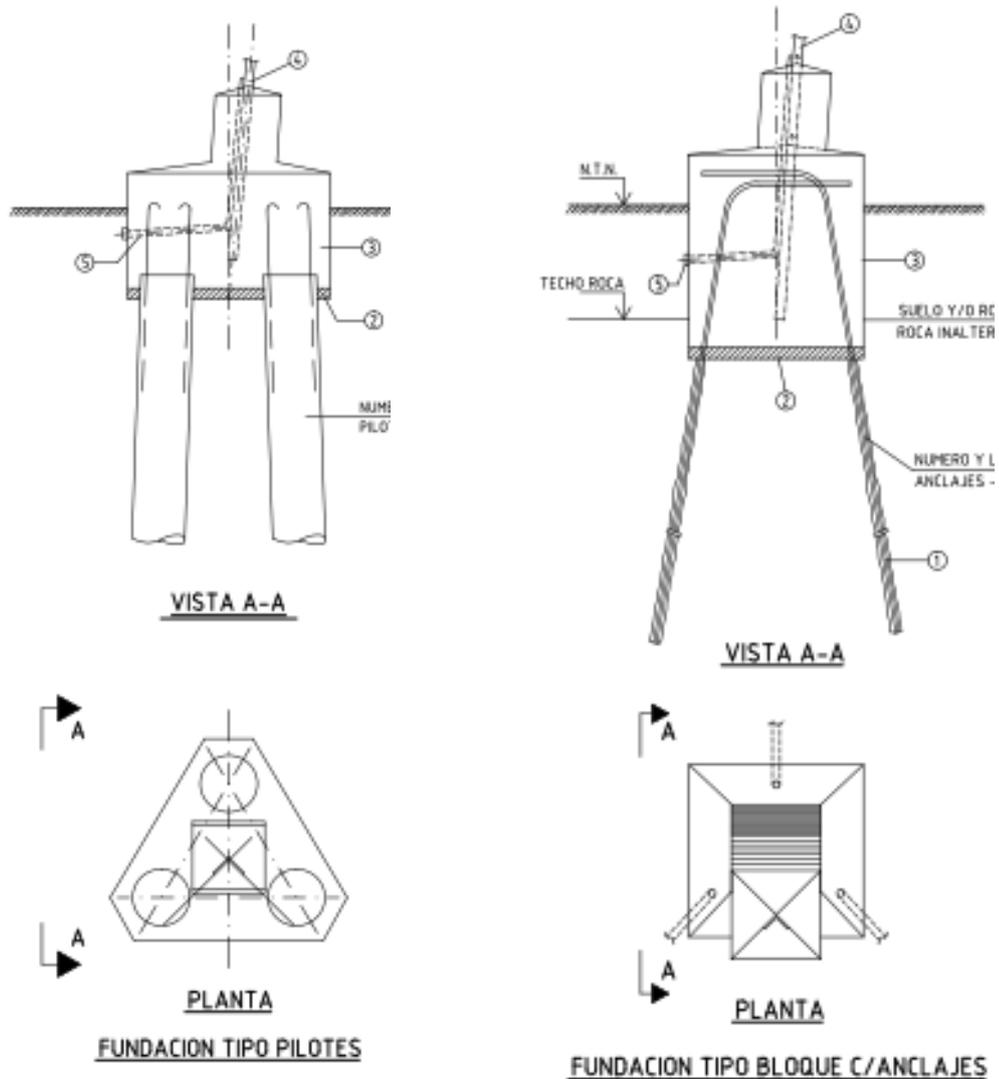


Figura 2.6.3.2.c
Ejemplos de tipos de fundaciones



El material resultante de excavación se utilizará para rellenar la base de la fundación y el material restante será colocado sobre el suelo, alrededor de las fundaciones, y compactado, respetando la conformación natural del terreno.

En el caso de que el material extraído por la excavación no sea apto para el relleno y compactación de la fundación de la torre, este material debe ser depositado en un área adecuada, previamente identificada.

El cable conductor que será utilizado es del tipo ASCR 636 MCM. Los cables de guardia serán del tipo OPGW.

Los conductores de energía requieren ser aislados con respecto a las estructuras de las torres metálicas, para evitar fugas hacia la puesta a tierra. Para esta LT se utilizarán aisladores de vidrio templado.

Cables de pararrayos serán utilizados para proteger y asegurar un buen desempeño en cuanto al transporte de energía frente a situaciones de descargas atmosféricas (rayos), producido por el choque de grandes masas de nubes cargadas eléctricamente de polos opuestos. Los cables por utilizar serán del tipo acero galvanizado.

Además, se utilizarán conjuntos de suspensión, anclajes y herrajes en general.

Distancias de Seguridad

Para LTs de 220 kV se deben respetar las distancias verticales de seguridad presentadas en la **Tabla 2.6.3.2.c**.

Tabla 2.6.3.2.c
Valores de Distancias Mínimas de Seguridad

Ítem	Distancias mínimas (m)
Distancia mínima entre conductores	3.5
Distancia de conductor al suelo u obstáculos	
Locales accesibles solamente a peatones	7.5
Calles y caminos secundarios	8.0
Autopistas, rutas, avenidas	9.0
Líneas de Transmisión y distribución	4.0
Líneas telefónicas	4.0
Lagunas	7.5

Las distancias arriba descritas deberán ser verificadas en las condiciones más desfavorables para cada caso (temperatura máxima, temperatura de emergencia, temperatura mínima, viento máximo, etc.).

2.7

Aspectos Constructivos

A continuación, se describen los principales aspectos constructivos a ser empleados en la implantación de la Planta de H₂, NH₃ y CAN verde, con énfasis en las actividades de mayor potencial impactante. Esta descripción abarca solamente los procedimientos ejecutivos normalizados para este tipo de obras, excluyendo las tareas complementarias y/o la adecuación de los procedimientos para efectos de mitigación de impactos, que se especificarán de forma detallada en la descripción de los programas y medidas de prevención, mitigación y compensación (véase el PGAS en el **Capítulo 7.0**).

Para la evaluación de impactos, se agrupan las actividades de implementación del proyecto de la siguiente manera:

Tabla 2.7.a

Principales Actividades durante la Etapa Constructiva

Servicios preliminares	Replanteo de la huella de construcción
	Delimitación de la franja de servidumbre
	Corte y limpieza de vegetación
	Implementación de caminos de acceso
	Implementación de instalaciones de apoyo
Obras civiles	Movimiento de tierras
	Ejecución de fundaciones
	Ejecución de los edificios
Montaje	
Desmovilización y recuperación de obra	

2.7.1

Servicios Preliminares

2.7.1.1

Replanteo de la Huella de Construcción

El replanteo de la huella de construcción incluye:

- Planta Industrial y zonas de acopio;
- Trazo y ubicación definitiva del eje de la línea de transmisión y la ubicación final de las torres, trazo y ubicación de las tuberías de agua y efluentes;
- Ubicación del área de construcción de las posiciones de salida de la línea de transmisión dentro de la Subestación (SE) Buey Rodeo y entrada en la SE de la Planta;
- El equipo de topografía prestará apoyo a los demás equipos durante todo el periodo de ejecución de la obra. El replanteo se ajustará a condicionantes ambientales, para así minimizar impactos adicionales a los ya relacionados a la construcción del Proyecto.

2.7.1.2

Delimitación de la Franja de Servidumbre

Las actividades contempladas en este ítem son:

- Comunicación, negociación y firma de contrato con propietarios afectados para el establecimiento de las servidumbres (actividad iniciada);
- Definición del trazo de la LT y tuberías por el equipo de topografía;
- Reuniones del equipo de ATOME con propietarios afectados y las personas que viven o trabajan cerca de las servidumbres;
- Realización de los estudios de suelos en el eje del trazo de LT y zona de tuberías;
- Emisión del plan del trazo final aprobado;
- Pago de la indemnización;
- Registro de escritura pública de derecho de paso, que incluye restricciones en el uso y ocupación en el área delimitada, o Contrato Particular de Servidumbre.

Las negociaciones con el propietario se llevarán a cabo a modo de asegurar la realización de acuerdo para el pago de la indemnización debida. La liberación de las áreas para la ejecución de

la línea de transmisión y tuberías de agua y efluentes será simultánea al acuerdo de indemnización. En caso de controversia se decidirá mediante acción judicial, o estará sujeto a proceso de expropiación con fines públicos.

Cabe destacar que para la LT se cuenta con un monto de compensación acordado con el propietario de la propiedad afectada. Dicho monto se encuentra establecido en una cláusula del contrato de compra-venta del terreno adquirido por ATOME para la Planta Industrial, debido a que es el mismo propietario. No obstante, se celebrará un contrato específico para la constitución de la servidumbre de paso. De igual manera se procederá en el caso de las tuberías y sistema de captación de agua cuyos contratos serán firmados previo acuerdo del monto de compensación con propietarios.

2.7.1.3

Corte y Limpieza de Vegetación

Involucra la limpieza de toda área a ser afectada por el proyecto, tales como:

- Caminos de acceso,
- Sitios de implantación de los edificios, depósitos, tanques y tuberías.
- Área de instalación de los edificios y otras instalaciones temporales.
- Zonas de almacenamiento y acopio.
- Áreas de implantación de las torres (áreas de montaje), en las plazas de lanzamiento de cables y en la franja de servidumbre, para las actividades de topografía, lanzamiento de cables de la línea de transmisión y para la circulación. La franja de servidumbre tendrá 50 m de ancho, pero la limpieza de vegetación se hará en una franja de apenas 6.0 m de ancho, en el centro de la servidumbre, permitiendo el lanzamiento de los cables, la circulación y el mantenimiento futuro de la LT.
- Áreas de implantación de las tuberías de efluentes y agua cruda.

Si bien los edificios e instalaciones temporales no abarcarían la totalidad del terreno, se prevé la afectación de las 30 hectáreas de la propiedad debido a las altas necesidades de zonas de almacenamiento y acopio, durante la etapa constructiva. No obstante, se avanzará la intervención según necesidad de manera a evitar daños ambientales si fuere posible (ver **Figura 2.7.2.1.a** en la **Sección 2.7.2.1**).

Las operaciones de eliminación de vegetación y troncos serán ejecutadas mediante el uso de equipos adecuados y autorizados por los organismos ambientales. La remoción de los árboles mencionada anteriormente será efectuada en forma cuidadosa y tomando en cuenta lo siguiente:

- La intervención para la eliminación de la vegetación nativa será hecha mediante autorización de los propietarios y dentro de los límites y condiciones aprobados por el MADES y la Municipalidad de Villeta;
- Antes de la limpieza de vegetación se implementarán las medidas de rescate de germoplasma de las especies de flora prioritarias y ahuyentamiento previo y rescate de fauna.

- Los servicios de eliminación de la vegetación y de troncos se limitarán a las áreas previamente autorizadas, de manera selectiva, con la demarcación de los árboles a eliminar;
- Antes del inicio de los trabajos se hará una orientación a los encargados de los frentes de obra sobre las áreas autorizadas para la eliminación de la vegetación;
- El corte de árboles será hecho en sentido opuesto al cuerpo de los árboles, con el fin de evitar la caída innecesaria de otros árboles;
- La madera resultante del corte puede donarse o utilizarse en las obras;
- El material de ramas deberá ser trozado y esparcido en áreas definidas previamente e informadas al órgano ambiental y administrativo para luego ser eliminadas como deshecho vegetal.

2.7.1.4

Implementación de Caminos de Acceso

Los caminos de acceso necesarios para el Proyecto englobarán las vías provisionales construidas a partir de la Ruta Nacional PY19 hasta los frentes de trabajo dentro del terreno de la Planta, para permitir el tránsito de equipos y vehículos para la obra.

Las vías de acceso en la obra permitirán el acceso en las diferentes partes propuestas para la ejecución de las obras durante el tiempo de actividad de cada una de ellas. Se prevé que durante este período las carreteras sean pavimentadas con grava por lo que se deberán considerar medidas para evitar y controlar el levantamiento de polvo principalmente durante las estaciones secas. Los criterios seguidos para la ejecución de los accesos a la obra son los siguientes:

Tabla 2.7.1.4.a

Parámetros de Diseño de Caminos de Acceso

Valores Geométricos	Detalle
Radio mínimo en planta	15 m
Base vertical mínima	150 m
Longitud base vertical mínima	7.5 m
Pendiente longitudinal máxima	15%
Sección Típica	Detalle
Achura	4 m
Bombeo	2%

La ejecución de los caminos de acceso contemplará las actividades preliminares de corte y limpieza de vegetación descritas anteriormente, así como la uniformización del subsuelo con el fin de conformar la capa final de terraplén a través de cortes o rellenos, asegurando condiciones adecuadas en términos geométricos y de compactación. Para ello se utilizarán cuando sea necesario excavadoras, tractores con discos, cargadores frontales y camiones basculantes. Los caminos deberán poseer las condiciones de pendiente, desarrollo y drenaje necesarias para el uso adecuado de los equipos y vehículos.

La uniformización del subsuelo, cuando sea necesario, comprenderá las siguientes actividades:

- Escarificación y conformación, cuyo trabajo se orientará por hitos topográficos;

- Homogenización y rocío con agua de suelos secos con equipo de discos movida por tractor agrícola;
- Corrección y homogenización del contenido de humedad del suelo;
- Compactación.

Para la implementación de accesos serán adoptados los siguientes procedimientos de preservación ambiental:

- Los caminos de acceso solamente serán ejecutados con seguimiento y supervisión ambiental;
- En la ejecución de los movimientos de tierras serán consideradas las debilidades de los suelos locales, para así minimizar los impactos ambientales;
- Se tomarán medidas de control de erosión, así como tratamiento de las escorrentías de las aguas pluviales de forma permanente;
- Se implementarán dispositivos de drenaje y protección superficial con cobertura vegetal;
- Las vías de acceso serán permanentemente conservadas durante el periodo de obras;
- Para las vías existentes a utilizarse, se garantizarán las condiciones de transitabilidad y seguridad.

Para los caminos peatonales, se ejecutarán aceras de hormigón perimetrales a todos los edificios de al menos 1 m de anchura. Además, se instalarán los peldaños necesarios para acceder a las casetas que se encuentran elevadas sobre los apoyos de cimentación y todo lo necesario para garantizar un seguro y fácil acceso a los edificios.

2.7.1.5

Implementación de Instalaciones de Apoyo

Para apoyar los trabajos de construcción el Proyecto considera instalaciones auxiliares en el entorno de trabajo. Estas instalaciones comprenden parque de maquinaria, campamento de obra exclusivamente para los EPCistas, parque de maquinarias, zona de acopio de tierras y materiales, estas últimas serían utilizadas tanto para la planta industrial, la LT y el sistema de captación de agua y tuberías de agua y efluentes.

La ubicación de dichas zonas se ha definido valorando la facilidad de acceso a estas instalaciones, la idoneidad ambiental de los espacios afectados, así como la mínima interferencia con servicios y parcelas existentes.

Vallado perimetral

Se ha proyectado un cerramiento en las zonas afectadas durante la construcción, para evitar la irrupción de personas y animales. El tipo de cerramiento adoptado es el denominado "ecológico o cinagético" consistente en una malla metálica de 2.30 metros de altura soportada por postes metálicos a intervalos de 4 metros.

La malla es rectangular, de 15 cm de ancho y de altura variable de abajo a arriba, más gruesa en la parte inferior. Los 30 cm inferiores permanecen bajo tierra. La cimentación de los postes se proyecta de hormigón en masa de 40x40x60 cm. Se colocarán postes extremos, intermedios (o centrales) y angulares. Los tubos tendrán un diámetro exterior de 48 mm con un espesor de 1.5

mm y su altura será de 2.45 m. Los tubos que sujetan los principales son de 42 mm de diámetro exterior y 1.5 mm de grosor. En la base del recinto, un refuerzo consistente en una malla electrosoldada de 30 cm de altura.

Señalización y Balizamiento de la Obra

La señalización y balizamiento durante la obra se realizará de acuerdo con el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) de Paraguay. Además del adecuado balizamiento, de acuerdo con el manual mencionado, se exigirá para reducir el riesgo de accidentes en la zona de acceso al terreno lo siguiente:

- Señalizaciones de advertencia;
- Limitación adicional de velocidad.

Edificios en la Propiedad

No se considera alojamiento en la obra. Se utilizarán alojamientos hoteleros y apartamentos de Asunción o Villeta, además parte de los trabajadores serán contratados del Municipio mismo, por lo que se prevé habiten en la zona.

Por lo tanto, los edificios considerados durante esta etapa serán módulos prefabricados temporales que constituirán oficinas para los EPCistas, CASALE y ATOME, con vestuarios, cantina, comedor. Estos edificios contarán con las siguientes instalaciones:

- Sala de primeros auxilios/enfermería.
- Aparcamiento temporal.
- Iluminación temporal.
- Baños.
- Zona de acopio.
- Taller de obra.
- Conexión de Comunicaciones.
- Suministro de agua sanitaria.
- Suministro de agua potable. Se realizará por medio de un depósito Elevado con capacidad de 15,000 litros como mínimo. La elección del equipo concreto y su instalación estará a cargo del Contratista quienes deberán garantizar la presión suficiente para abastecer las instalaciones de saneamiento.
- Energía (grupo electrógeno) con depósito diésel, transformadores y protecciones.
- Drenaje.
- Fosa séptica. Estará conectada a una red que conducirá los efluentes de los edificios temporales hasta la fosa, se prevé una capacidad de al menos 21,000 litros, calculada para el tratamiento primario de aguas residuales de 105 usuarios. La instalación de la fosa será enterrada, contando con los venteos y conexiones necesarias para su funcionamiento. Como alternativa se evalúan filtros biológicos si hubiere disposición en el lugar.

En las **Figuras 2.7.1.5.a** y **2.7.1.5.b** a continuación, se detallan las instalaciones mencionadas.

Cabe destacar que la cantidad de usuarios de la fosa séptica y suministro de agua potable mencionados arriba se encuentran dimensionados para el uso por parte de los EPCistas y

técnicos de los proveedores de paquetes que integran la planta de fertilizante H₂, USA, torre de refrigeración, entre otros. Para la carga de mano de obra durante la fase constructiva se establecerá como condición de contrato a subcontratistas que se tomen las medidas adicionales necesarias para la provisión de agua potable y tratamiento de aguas residuales, tales como suministro de agua potable con camiones y dispensadores con bidones para consumo y la instalación de ETAR portátiles y uso de baños químicos portátiles, respectivamente.

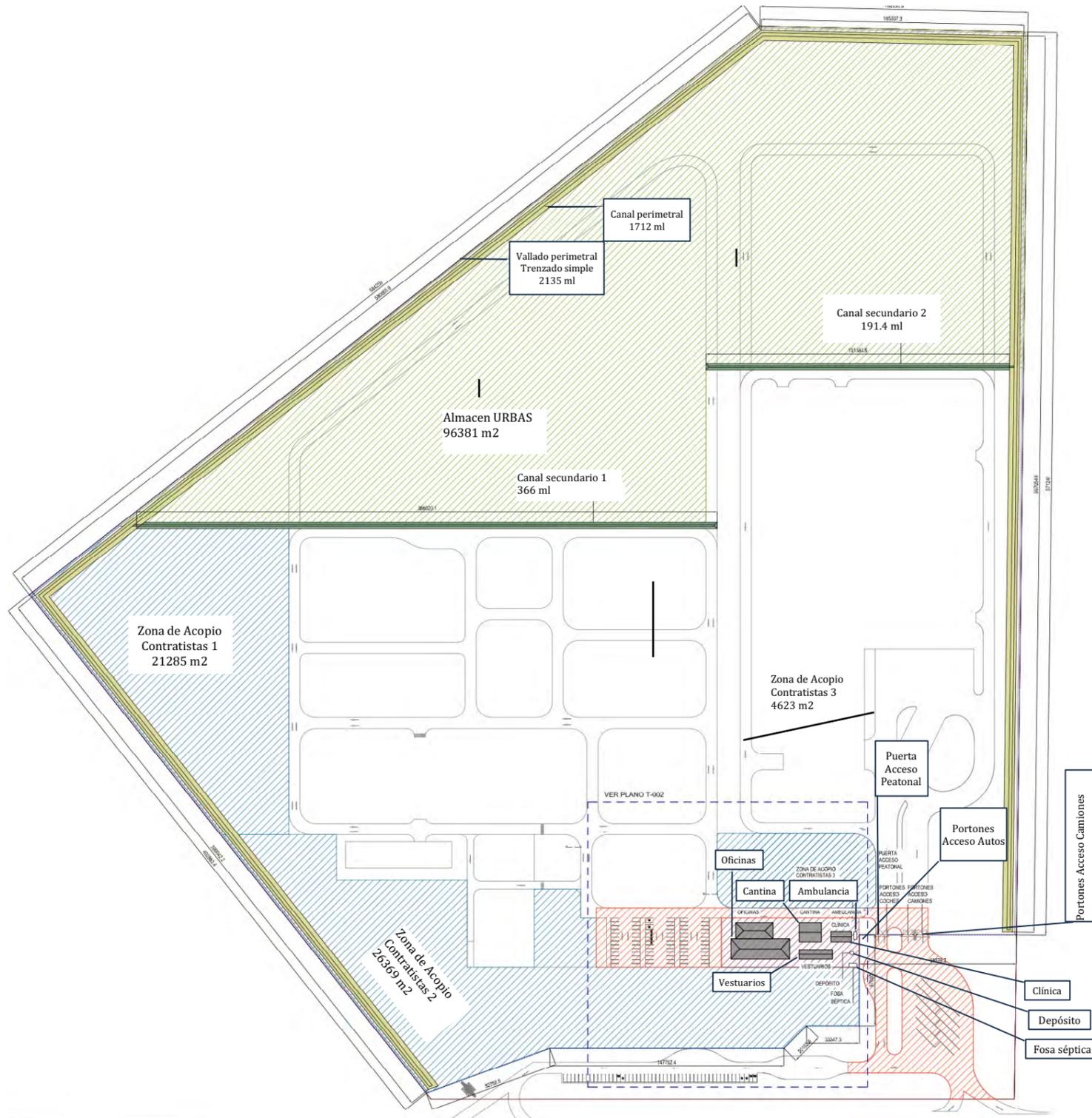
Los sistemas de climatización del interior de las instalaciones temporales serán definidos para mantener los mismos a una temperatura adecuada y conforme a la normativa paraguaya e internacional aplicable al proyecto referentes a emplazamientos de trabajo. Asimismo, tendrá a su cargo la definición de mobiliarios, distribución de iluminación, red de distribución de datos y dispositivos para agua caliente se establecerán a posteriori.

Para la instalación de los edificios temporales está prevista la cimentación con dados de hormigón de las dimensiones necesarias para garantizar la aireación de la cara inferior de las instalaciones temporales y el asiento de las mismas. Sus dimensiones estarán sujetas al criterio de la Contratista, pero deberán garantizar un espacio libre de al menos 30 cm por debajo de las instalaciones y, por otro lado, asegurar la pendiente mínima en las tuberías de evacuación de aguas grises y negras.

Los trabajos de cimentación se realizarán de acuerdo con buenas prácticas habituales, tales como:

- Nivelar lo máximo posible las zonas en donde se ubicarán las instalaciones temporales para luego ejecutar la cimentación de los edificios de manera segura y eficiente.
- Replantear las instalaciones temporales (oficinas, cantina, vestuarios, clínica, etc.) como se muestra en la **Figura 2.7.1.5.a**, de manera que exista siempre espacio suficiente entre ellos para circular por todas sus fachadas.
- Ejecutar la cimentación.

Figura 2.7.1.5.a
Layout de Instalaciones Temporales



Nota:
La elevación del Proyecto es de +77.00 (msnm)

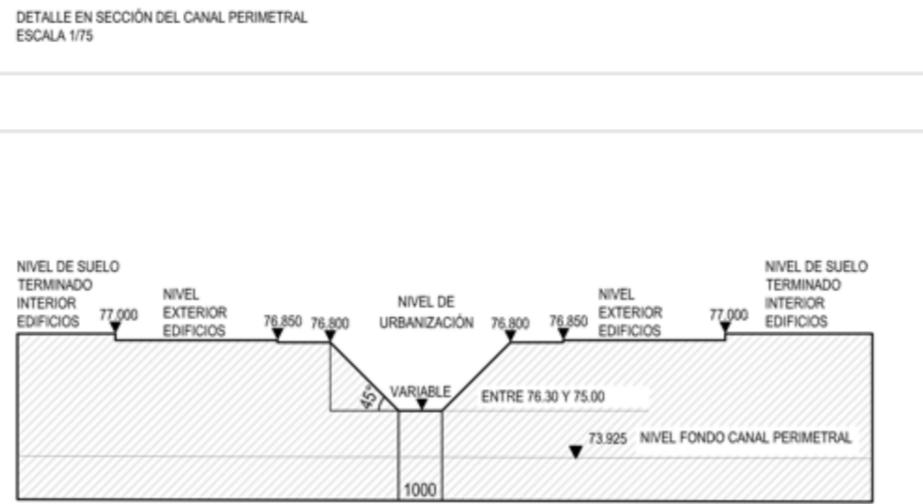
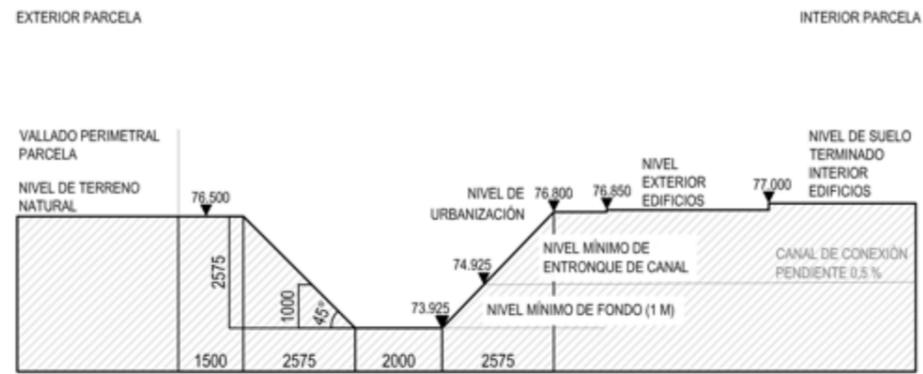
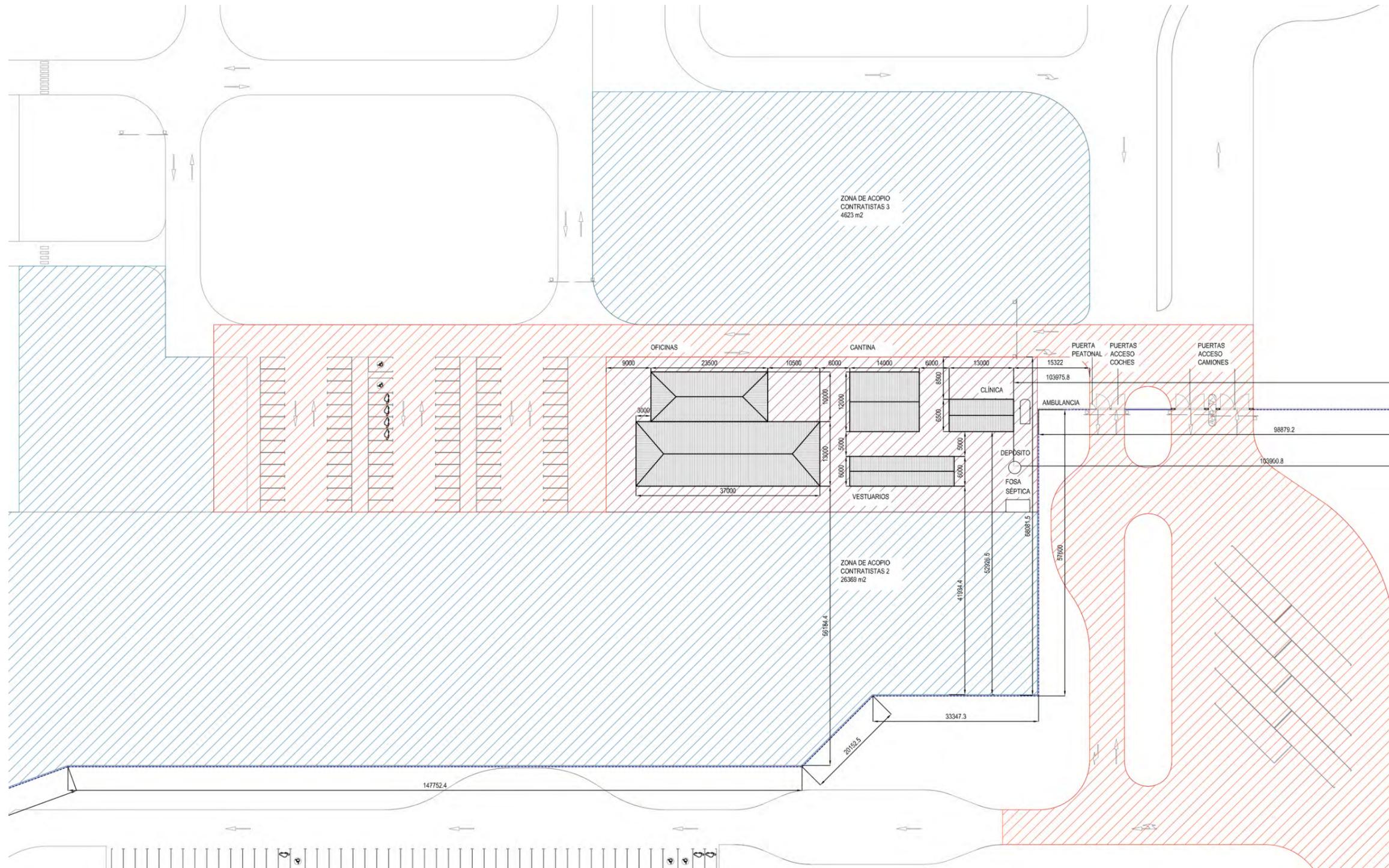


Figura 2.7.1.5.b
Primer Plano de Edificios



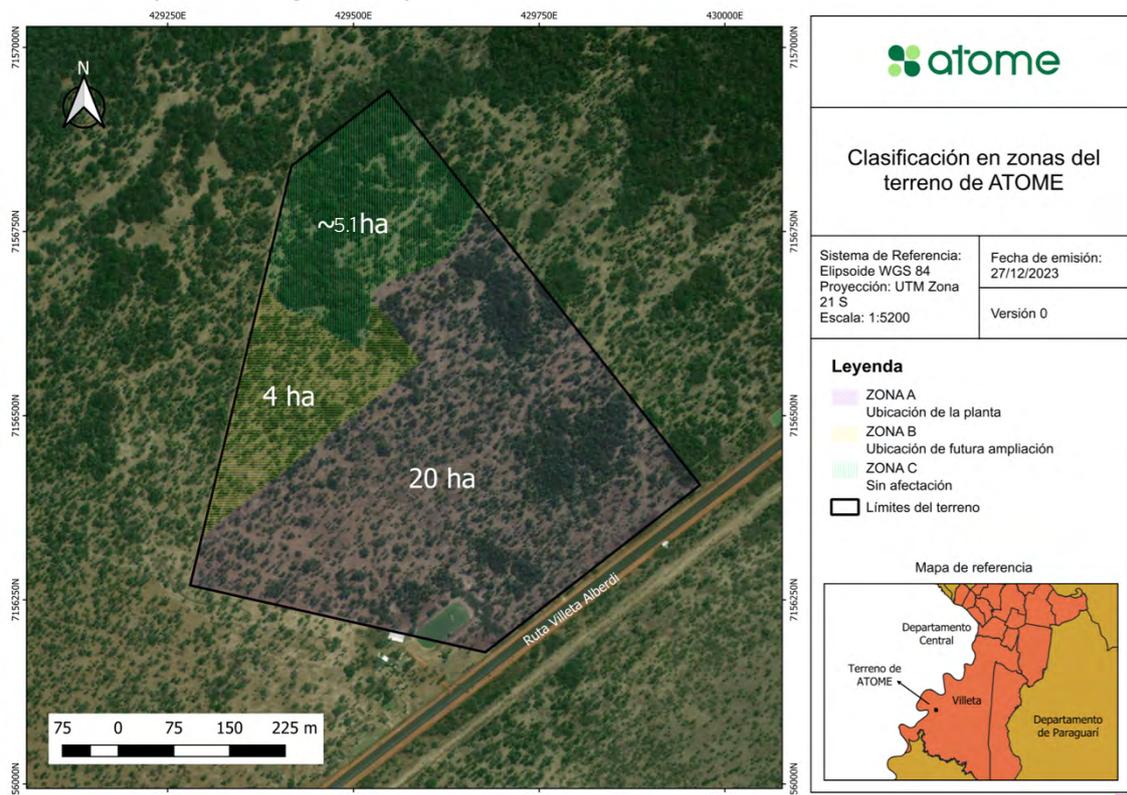
2.7.2 Obras Civiles

2.7.2.1 Movimiento de Tierras

Como se mencionó en la **Sección 2.7.1.3**, se considera será necesario limpiar la vegetación, excavar y rellenar la totalidad de la propiedad de Atome. No obstante, se pretenden realizar las intervenciones por etapas de manera a disminuir las afectaciones en la biodiversidad principalmente, en caso sea posible.

Para el efecto, se plantea avanzar en las intervenciones por etapa. En un principio se consideran necesarios indefectiblemente intervenir en las zonas A y B. Posteriormente, según necesidad, se intervendrá en última instancia en la zona C que alberga la zona boscosa más compacta y densa (**Figura 2.7.2.1.a**).

Figura 2.7.2.1.a
Zonas de limpieza de vegetación y relleno



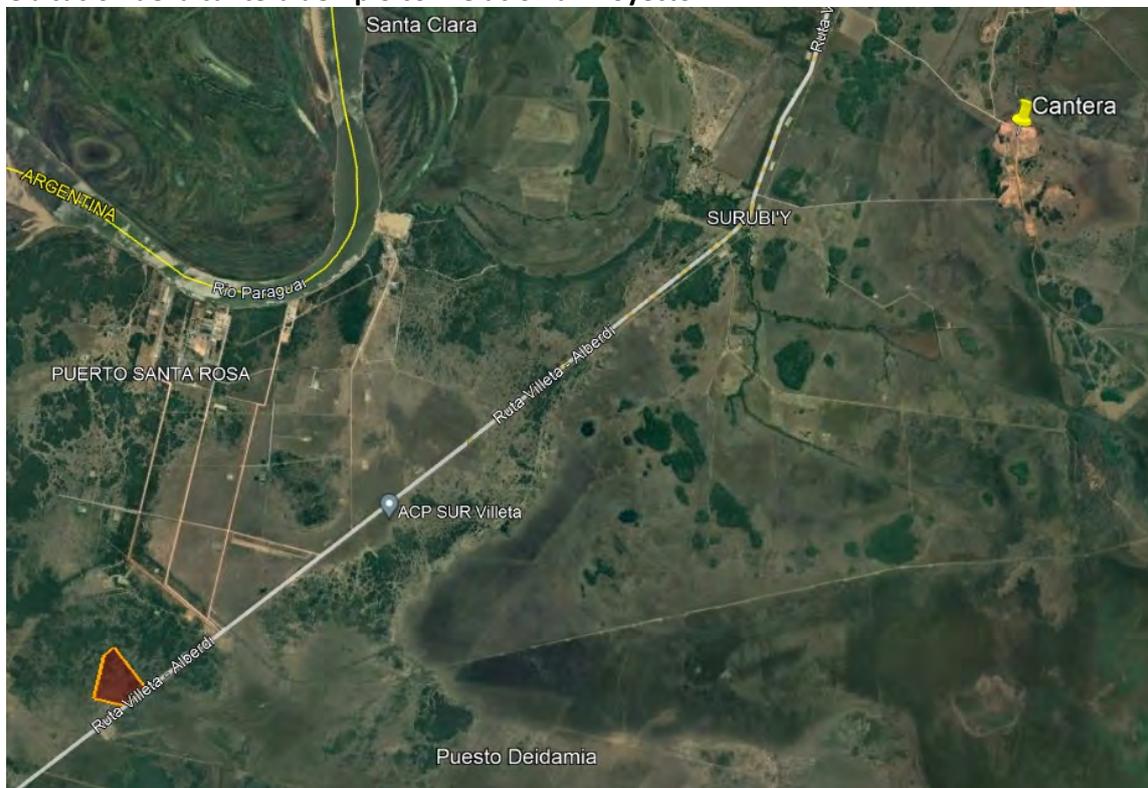
La superficie de relleno prevista es de 255,000 m², y la altura del relleno es de 0.6 m. También se rellenará el tajamar existente. El volumen necesario de material para el relleno es de 153,000 m³.

Las excavaciones generales para realizar incluyen, pero no se limitan a aquellas para nivelación y compactación de áreas de planta o construcción, para corte de terraplenes, para construcción de patios, caminos, pavimentos, canales, cimientos, etc.

Se prevén excavaciones generales de 102,000 m³ produciendo un material que no puede utilizarse para el relleno porque los análisis del suelo realizados dieron como resultado que el mismo no presenta las condiciones adecuadas.

La primera opción evaluada para obtener el material para el relleno es una cantera de ripio en Surubiy, que se muestra en la siguiente **Figura 2.7.2.1.b**. También se evalúa una segunda opción, que sería el refulado con arena proveniente de banco de sedimentos en el río Paraguay. Si se elige esta opción, se llevarán a cabo los estudios ambientales y sociales complementarios necesarios y se presentarán al MADES oportunamente.

Figura 2.7.2.1.b
Ubicación de la cantera de ripio con relación al Proyecto



El equipo destinado a realizar la compactación del relleno consistirá en regadores, dotados de una barra esparcidora para asegurar la distribución uniforme del agua y unidades de compactación, compuestas por un rodillo compactador y un tractor. Para proteger la superficie del terreno, se instalarán dispositivos de drenaje para canalizar las aguas pluviales.

El relleno deberá protegerse contra la erosión y mantenerse de forma que se garantice un drenaje eficaz mediante un sistema de drenaje temporal.

2.7.2.2

Ejecución de Fundaciones

Excavación para trabajos de cimentación y zanjas

Se realizarán excavaciones de sección limitada para zapatas, cimentaciones continuas, cimentaciones de maquinaria, equipos y estructuras metálicas, fosos, muros, zanjas de hormigón, etc. Estas se realizarán de acuerdo con las dimensiones, cotas y pendientes indicadas en el diseño. Asimismo, se prevén excavaciones de zanjas para el tendido de alcantarillas, acueductos, tuberías subterráneas, conductos de cables eléctricos e instrumentos u otros servicios subterráneos.

Se estima que las excavaciones limitadas alcancen un volumen de 102,000 m³ del material de relleno utilizado en el terreno.

El material procedente de la excavación, si se considera adecuado, en la cantidad/volumen necesario para el relleno, una vez finalizados los trabajos de excavación, se esparcirá normalmente cerca de la excavación, después de que se haya verificado que se cumplen estrictamente todos los requisitos de seguridad relativos a distancias mínimas desde el borde de la excavación. Los materiales que no puedan ser reutilizados o se consideren inadecuados para otros trabajos se llevarán fuera del área de planta y/u obra a un lugar autorizado.

Cuando se alcance la cota de fundación, se procederá a la limpieza de fondo.

Para la LT, los trabajos incluyen excavaciones de los cimientos de tres torres a lo largo de la servidumbre de paso.

Para el entierro de tuberías de agua y efluentes se prevén excavaciones de 2,300 m³ aproximadamente. En el caso de la infraestructura de captación de agua, se deberán realizar excavaciones en lecho costero del río, volumen a ser determinado en el proyecto ejecutivo.

Apuntalamientos

En áreas donde el suelo no tenga capacidad de soporte en las paredes de excavación, se utilizará apuntalamientos con planchas de madera. Básicamente se utilizarán apuntalamientos continuos o discontinuos, que serán realizados en las siguientes situaciones:

- Apuntalamiento continuo: se empleará cuando el suelo posea baja resistencia al corte o se encuentre por debajo del nivel freático o bajo otras circunstancias que requieren un muro de contención en la zanja excavada. En este caso se utilizarán planchas de madera con encaje o planchas de metal con soportes;
- Apuntalamiento discontinuo: se empleará cuando el suelo en la excavación posea buena cohesión y esté ubicado por encima del nivel freático. Los soportes estarán distanciados a un máximo de 50 cm entre sí.

Desagote

Si es necesario, el drenaje del agua de las excavaciones deberá realizarse utilizando equipos adecuados, como bombas de succión accionadas por motor, bombas sumergibles, sistemas de puntos de pozo, etc., y deberá continuar hasta la finalización de las obras. La escorrentía superficial de las aguas se dirigirá a zanjas y canales de drenaje internos.

Además, considerando las características del suelo, los EPCistas implementarán medidas de Gestión de las actividades de movimiento de tierras como parte del Programa de Control Ambiental de la Construcción, incluyendo medidas de control de la erosión y sedimentos, considerando ítems como:

- Delimitación del terreno para minimizar el impacto.
- Reducción al mínimo posible de las zonas desbrozadas y estabilización de pendientes. Las zonas desbrozadas se revegetarán lo antes posible.
- Control del drenaje para evitar canalización.
- Implementación de métodos de barreras y captura tales como cercas de limo, diques de contención, estanques de sedimentos, o métodos mecánicos de eliminación de sedimentos como siltbuster o adición de alcantarillas, según sea necesario, para garantizar que el régimen de drenaje existente se interrumpa lo menos posible.

Los dispositivos a ser implementados para controlar la erosión serán finalmente definidos por los EPCistas.

Relleno

El relleno se puede clasificar en dos tipos:

- Relleno estructural: para relleno general de áreas y para terraplenes hasta las cotas de diseño en zonas que se utilizarán posteriormente como soporte de lo siguiente:
 - Cimentaciones de hormigón armado (zapatas, balsa, etc.)
 - Edificios
 - Balsas y zanjas de hormigón armado
 - Depósitos de almacenamiento
 - Subbases y capas de base para carreteras, zonas de aparcamiento, zonas de operación de camiones
 - grúas, etc.
 - Sustitución local de material inadecuado
 - Zonas pavimentadas
 - Tuberías
 - etc.
- Relleno no estructural: para terraplenes no estructurales, por ejemplo, muros de contención para tanques de almacenamiento, cuencas, estanques de evaporación, etc. Se utilizarán para diseñar las elevaciones de las áreas que no se utilizarán posteriormente como soporte, zonas de grava, zonas abiertas en las que se requiera el relleno sólo para alcanzar las cotas de diseño.

Ejecución de las fundaciones

Las fundaciones serán de hormigón armado.

Las fundaciones se ejecutarán sobre un lecho de hormigón pobre de al menos 5 cm de espesor, para regularizar el nivel del terreno. El empleo de hormigón pobre y la preparación de la base deben llevarse a cabo en lugares drenados, no siendo permitido el bombeo cuando se está aplicando el hormigón. Una vez realizado el lecho, se montarán las armaduras y las formas de madera, y se verterá el hormigón directamente de las maquinas mezcladoras. Se esperará un período de curado del concreto y luego si se eliminarán las formas de madera.

En el caso de la LT, las fundaciones que constituirán los cimientos de las tres torres también serán de hormigón armado.

Ejecución de los edificios

Las obras consistirán en la construcción de todas las instalaciones principales, auxiliares y otras, que se encuentran expuestas en el Layout de la Planta.

Edificios

En cuanto a los edificios, las características serán las siguientes:

- Estructuras de hormigón armado en pilares, vigas y losas;
- Cobertura de tejas metálicas;
- Aberturas de Aluminio;
- Pisos de cemento quemado o de baldosa;
- Instalación eléctrica embutida.

En cuanto a los acabados de pavimentos se tendrán las siguientes condiciones:

Caminos

Las vías principales para la circulación de camiones serán carriles pavimentados de hormigón con bordillos de hormigón y drenajes a cada lado. Las carreteras secundarias para la circulación de tráfico ligero serán carriles pavimentados con asfalto con bordillos de hormigón y desagües a cada lado

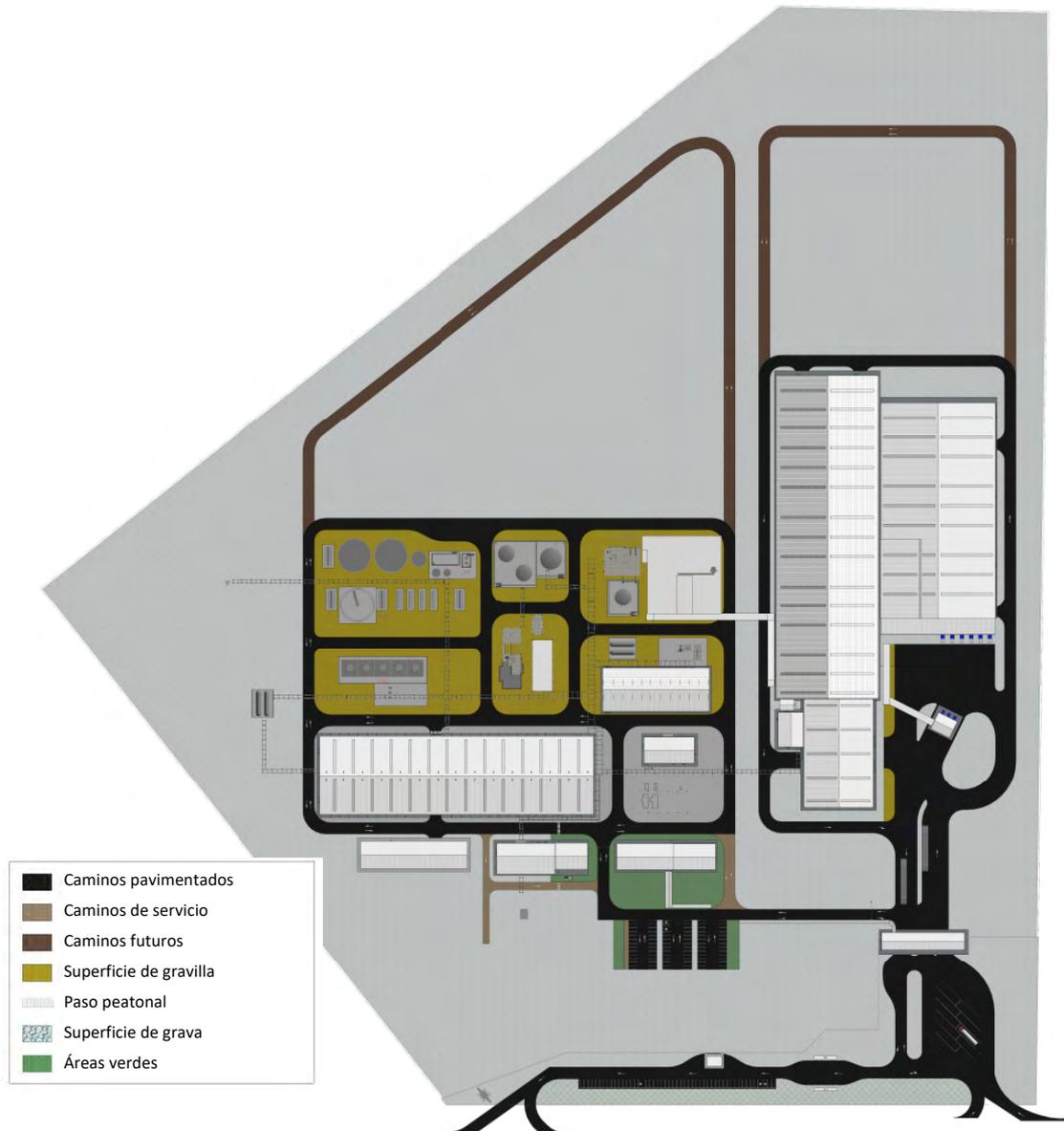
Zonas No Pavimentadas

- Pavimento continuo de hormigón alrededor de los edificios sociales.
- Vegetación autóctona.
- Pavimento de grava compuesto por rocas trituradas de 40 mm como máximo o gravas de clasificación y calidad aprobadas, compactada densamente hasta un espesor de 100 mm. Si el pavimento de grava se aplica como calzada, se recubrirá con gravilla para formar una calzada razonablemente lisa y útil.

Zonas Verdes

Zonas verdes compuestas por hidrosiembra, arbustos y árboles autóctonos de la zona, típicos de la flora de Villeta y del AID.

Figura 2.7.2.2.a
Terminaciones de pavimento



Seguridad Perimetral y Vallado

Se instalarán puertas de acceso controlado a las zonas seguras de la planta, así también vallas de seguridad a lo largo de los límites del emplazamiento.

La valla perimetral no superará los 2.5 m de altura total. Se proyectan dos tipos de valla proyectada:

- Valla de entrada principal: consistirá en un muro de hormigón armado que no superará los 50 cm de altura sobre rasante, sobre zapata corrida. Se anclarán postes galvanizados con recubrimiento plástico, sobre los que se fijarán los paneles electrosoldados.
- Resto del vallado de la parcela: tendrá una altura total de 2 m, malla de 50 mm, postes de acero galvanizado y 2 m de altura, empotrados en zapatas de hormigón en masa en pozos excavados en el suelo.

2.7.3

Montaje

Una vez construidos los edificios, se llevarán a cabo las actividades de montaje de la maquinaria, los equipos y las instalaciones de tanques de los distintos procesos de producción.

Estas son actividades que involucran el manejo de equipos pesados utilizando grúas y que también requieren el uso de equipos de corte, soldadoras, perforadoras, fijadores y accesorios complementarios.

Solo se usarán fuentes radiactivas para la inspección de soldaduras. Se limitará todo lo posible el uso de esta técnica, sustituyéndola siempre que sea posible por métodos alternativos. En caso de ser imprescindible, se llevará a cabo fuera del horario de trabajo, con aviso previo y cierre de la zona afectada. No se almacenará material sensible en la obra.

Montaje, Instalación y tendido de torres y del sistema de captación de agua y descarga de efluentes y tuberías

Comprende la instalación y montaje de las torres de acero prefabricado en cada sitio de emplazamiento establecido en los planos. Asimismo, el tendido de conductores. Posteriormente se realizan trabajos de prueba y puesta en operación.

Asimismo, comprende la instalación y montaje del sistema de captación de agua y descarga de efluentes, tuberías y trabajos de prueba y puesta en operación.

2.7.4

Residuos de Construcción y Demolición

En las siguientes **Tablas 2.7.4.a y 2.7.4.b** se indican las cantidades estimadas de residuos de construcción y demolición y residuos de envases que se generarán en la obra. Los residuos están codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o en base a normativa equivalente de aplicación en Paraguay. Los residuos que en ambas listas aparecen señalados con asterisco (*) se consideran peligrosos de conformidad con la Directiva 91/689/CEE.

Cabe destacar que la estimación de cantidades se considera inicial a los fines de tomar decisiones en cuanto a la gestión de residuos, pero será el fin de obra el que determine en última instancia los residuos obtenidos.

Tabla 2.7.4.a

Residuos de Envases

Código	RESIDUOS DE ENVASES	t	m ³
15 01	ENVASES		
15 01 01	Envases de papel y cartón	-	40
15 01 02	Envases de plástico	-	10
15 01 03	Envases de madera	-	30
15 01 04	Envases metálicos	-	10
15 01 05	Envases compuestos	-	10
15 01 06	Envases mezclados	-	20
15 01 07	Envases de vidrio	-	5
15 01 09	Envases textiles	-	15
15 01 10 *	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	-	1
15 01 11 *	Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (por ejemplo, amianto)	-	

Tabla 2.7.4.b

Residuos de Construcción y Demolición

Código	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	t	m ³
17 01	HORMIGÓN, LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS		
17 01 01	Hormigón	-	20
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas a las especificadas en el código 17 01 06	-	5
17 01 06 *	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas	-	
17 02 02	Vidrio	-	4
17 02	MADERA, VIDRIO Y PLÁSTICO		
17 02 01	Madera	-	4
17 02 02	Vidrio	-	6
17 02 03	Plástico	-	20
17 02 04 *	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	-	2
17 03	MEZCLAS BITUMINOSAS, ALQUITRÁN, HULLA Y OTROS PROD. ALQUITRANADOS		
17 03 01 *	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla		4
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las especificadas en el cód. 17 03 01	-	4
17 03 03 *	Alquitrán de hulla y productos alquitranados	-	2
17 04	METALES		
17 04 01	Cobre, bronce, latón	-	2
17 04 02	Aluminio	-	10
17 04 03	Plomo	-	1
17 04 04	Zinc	-	1
17 04 05	Hierro y acero	40	5
17 04 06	Estaño	-	1
17 04 07	Metales mezclados	-	3
17 04 09 *	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas	-	1
17 04 10 *	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas	-	
17 04 11	Cables distintos a los especificados en el código 17 04 10	-	10
17 06	MATERIALES DE AISLAMIENTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CON AMIANTO		
17 06 01 *	Materiales de aislamiento que contienen amianto	-	
17 06 03 *	Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas	-	
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos a los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03	-	25
17 06 05 *	Materiales de construcción que contienen amianto	-	
17 08	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE YESO		
17 08 01 *	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas	-	
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los especificados en el código 17 08 01	-	15
17 09	OTROS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN		
17 09 01 *	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio	-	
17 09 02 *	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB)	-	6
17 09 03 *	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas	-	1
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos a los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	-	4

Además de tierras y piedras no contaminadas, procedentes de excavación, que podrán ser

reutilizadas para operaciones de acondicionamiento y/o relleno de terrenos, también serán reutilizados los metales en acero al carbono, cuya generación estimada será de 40 t o 5 m³.

2.7.5

Desmovilización y Recuperación de Obra

En todos los frentes de trabajo se realizará la recuperación ambiental del área, con la remoción de todos los equipos y restos de materiales de las obras. Posteriormente, se realizará la recomposición de la cobertura vegetal original o el revestimiento vegetal en áreas de suelo expuesto. La recuperación de las áreas de trabajo utilizadas es parte integrante de los servicios de construcción, siendo responsabilidad de los Contratistas.

Las instalaciones temporales serán desmovilizadas al final de las actividades de cada empresa, sea de construcción o montaje. Su desmovilización incluirá la recuperación del área donde se instaló para que el terreno del lugar recupere sus características originales. Más detalles sobre las actividades que se llevarán a cabo en este sentido pueden verse en el Programa de Recuperación de Áreas Degradadas del PGAS (**Capítulo 7.0**).

La mano de obra contratada para el Proyecto también será desmovilizada gradualmente de acuerdo con el cronograma de actividades. Durante cese del contrato de los profesionales, se seguirán los procedimientos establecidos por la legislación laboral paraguaya, garantizándoles todos los derechos debidos.

2.7.6

Mano de Obra de Construcción, Equipos y Maquinarias

Mano de Obra de la Planta

Se emplearán 3,190,532.57 horas-hombre, con un pico de personal en los meses 21-24 de 1,020 a 1,073 personas según curva siguiente (**Figura 2.7.6.a**).

Figura 2.7.6.a
Mano de Obra de Construcción de la Planta



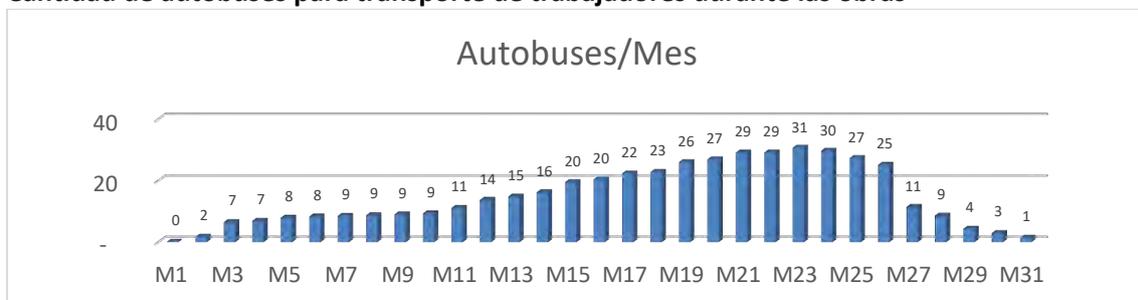
Mano de Obra de la LT y Sistema de Captación de Agua y Tuberías de Agua y Efluentes

Para la construcción y montaje de la LT y sistema de captación de agua y tuberías de agua y efluentes, se calculan que se necesitarán unos 40-50 trabajadores para cada componente como máximo, variando en cantidad durante los meses de obra, siendo 8-12 durante el mes 1 de la obra y 15-20 durante la puesta en marcha.

Transporte

Como se mencionó previamente, no se tiene previsto alojamiento in situ para trabajadores. Estos serán transportados al lugar de trabajo en autobuses. La previsión cantidad de autobuses necesarios (considerando una plaza de 35 por bus) se observa en la siguiente **Figura 2.7.6.b**. Se estima que los autobuses saldrán de la Estación de Autobuses de Asunción (Avenida Fernando de la Mora, Asunción) y se dirigirán a la Planta a través de la Ruta Nacional PY19 (Villeta – Alberdi), con paradas intermedias a definir en fases posteriores.

Figura 2.7.6.b
Cantidad de autobuses para transporte de trabajadores durante las obras



Equipos y Maquinarias

La cantidad de equipos y maquinarias a ser utilizados depende de los plazos principalmente, pero preliminarmente se consideran los siguientes números:

- Bulldozer (2x)
- Pala cargadora (x4)
- Retroexcavadora (x3)
- Mototrailla (1x)
- Compactadora 10 tn (3x)
- Camiones (10x)

Transporte

En cuanto a las cargas sobredimensionadas que se transportarán al emplazamiento del Proyecto durante la fase de construcción, la lista prevista se muestra en la **Tabla 2.7.6.a** a continuación. Los equipos se recogen en diferentes orígenes y desde estos lugares se transportan vía marítima hasta Montevideo. En Montevideo, se realiza trasvase a barcaza fluvial que los transporta hasta el puerto Terport, en Villeta. Desde el puerto Terport, se transportan por la Ruta Nacional PY19 hasta la ubicación del Proyecto en camiones portacontenedores para la carga contenerizada y en camiones barcaza ro-ro o especiales para aquellas piezas cuyas dimensiones o pesos excedan de los límites establecidos por las normativas vigentes en Paraguay.

Tabla 2.7.6.a
Cargas sobredimensionadas a ser transportadas hasta el terreno

Unidad - Sección	Descripción	Cantidad	Tamaño por Unidad (m x m x m)	Peso Unitario (Tn)	Origen
2- SE Planta	Transformadores HV	2	7 x 5 x 5	120	Hamburgo
7 – Almacenamiento CAN	Rollos de banda	15	3,5D x 1,5	3	Puerto Coruña
	Mastil del rascador	2	5 (alto) x 3 (ancho) x 17 largo	15	Puerto Turquía
13 – Planta de Electrólisis	Electrolyser 1 x 1000 Nm ³ /h	22	6,90 x 2,41 x 2,80	50 tn / each	China
	Transformador	22	5,00 x 4,00 x 4,20	20 tn/each	China
20 – Planta de AN	Torre de Absorción	1	3,6 D x 25 m	78	Rotterdam o Amberes
	Torre de Absorción	1	3,6 D x 25 m	78	Rotterdam o Amberes
	Torre de Blanqueamiento	1	2,3 D x 6,5	95	Rotterdam o Amberes
	Condensador de turbina de vapor	1	8,8 x 2,3 x 2,9	24	Rotterdam
	Evaporador	1	6,8D x 6,8	56	Amberes
	Enfriador de aceite	1	8,76 x 4,41 x 4,22	28.8	Rotterdam
	Quemador de amoníaco	1	5,2 D x 4,5	13.6	Amberes
	Compresor de aire	1	vendedor	104	Rotterdam
	Compresor de gas nitroso	1	vendedor	53.3	Rotterdam
Motogenerador	1		18.8	Rotterdam	

Tabla 2.7.6.a
Cargas sobredimensionadas a ser transportadas hasta el terreno

Unidad - Sección	Descripción	Cantidad	Tamaño por Unidad (m x m x m)	Peso Unitario (Tn)	Origen
20B -Planta de SNA	Tanque de condensado de proceso	1	3,0D x 4,23	8.5	Shangai
20F - Planta GRAN	Tanque lavador secador	1	4,67D x 5,17		Turquía
	Silo de Sólidos	1	15 m3		Turquía
	Tanque de efluentes líquidos	1	5,5 D x 4,35		Turquía
	Chimenea de aire	1	5,7D x 47		Turquía
21 – Parque de tanques buffer H ₂	Tanques de almacenamiento de H ₂	2	3,0D x 20 m		Gijón
22 - USA	Buffer 200 m2	1	22 x 0,5 x0,5		Puerto marítimo internacional
	Caja fria	1	15,1 x 4,75 x 4,7	47.5	Puerto marítimo internacional
25 – Unidad de Síntesis de NH ₃	Convertidor NH ₃	1	1,5 D X 15	116.0	Genoa / Porto Marghera
	Convertidor NH ₃ - internos	1	1,5 D x 15	25.0	Genoa / Porto Marghera
	Compresor de refrigeración de amoníaco	1	9 x 3,3 x h	30.0	Porto Marghera
	Compresor de refrigeración de amoníaco	1	10,2 x 4,2 x h	5.0	Porto Marghera
	Compresor de refrigeración de amoníaco	1	4,5 x 4,5xh	5.0	Porto Marghera
Varios	Espesadores WWTP	2	4D x 4,8		Valencia
	Puente grúa - Turboset	1	24	12	India
	Puente grúa - WHB	1	16	6	India

Para el transporte de materias primas se prevén las siguientes frecuencias:

- **Dolomita:** 1 camión de entrada cada 4 días.
- **Repuestos, consumibles y otros:** 1 camión día + 1 furgoneta día

Los EPCistas realizarán análisis de las condiciones de las carreteras que se utilizarán para el transporte de las cargas sobredimensionadas, evaluando cada tramo de la ruta entre el terreno de la Planta y el puerto para ver si existen puntos en los que el paso de las cargas se encontraría con obstáculos que requerirían algún ajuste en función de las características de la carga. Entre los posibles obstáculos figuran, por ejemplo, tramos muy estrechos de la carretera, limitación de altura debido a la presencia de cables de LT que atraviesen la carretera, u otros obstáculos.

En el caso de la LT y el sistema de captación de agua y tuberías de agua y efluentes no se consideran transporte de cargas sobredimensionadas considerando que los componentes se montan in situ. No obstante, si se prevé el transporte de vehículos de gran dimensión como grúas y la compra y transporte de suministros del mercado local como estructuras metálicas y accesorios y conductores, herrajes y otros suministros importados, para el primer componente mencionado.

Debido a que ambos proyectos se encuentran en un nivel de anteproyecto muy básico no se

cuentan con mayores informaciones respecto al transporte.

Figura 2.7.6.c
Foto ilustrativa del transporte del reactor de NH₃



Movimiento de Suelos (Relleno)

Se estima una flota de 10 camiones para relleno, con duración de 90.5 días, lo que equivale a unos 6 viajes ida-vuelta por camión al día por la Ruta Nacional PY19 (Villeta – Alberdi). También está prevista una flota de 5 camiones para transporte de contenedores con mercancías importadas, con duración intermitente a lo largo de 5 meses, según llegadas al puerto Terport.

2.7.7
Cronograma de Obras

Se estima que la implementación del Proyecto tendrá una duración de 31 meses. Las obras y el montaje electromecánico se estiman en una duración de 29 meses. El pre-comisionamiento iniciaría en el mes 19 y el comisionamiento en el mes 21 con una duración de 11 meses (ver **Figura 2.7.7.a**). Para la LT, el periodo de construcción se estima en 140 días (cerca de 4.5 meses) (**Figura 2.7.7.b**). No se cuenta aún con detalles del cronograma del sistema de captación de agua y tuberías de agua y efluentes.

Figura 2.7.7.a
Cronograma tentativo de obras civiles y montaje electromecánico



EXECUTION	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31
Land preparation																															
Temporary Facilities																															
Foundations																															
Edificios																															
Buried networks																															
Civil works/electrical substation																															
Mechanical works																															
Electrical works and control																															
COMMISSIONING																															
Precommissioning																															
Unidad de Síntesis de NH3																															
Planta de hidrógeno																															
Planta de AN																															
Estación de tratamiento de agua cruda y estación de tratamiento de aguas residuales																															
Sistema de prevención y combate de incendios																															
Torre de refrigeración																															
Subestación																															
Commissioning																															
Planta de hidrógeno																															
Unidad de Síntesis de NH3																															
Planta de AN																															
Planta de SNA																															
Planta GRAN																															
USA																															
Estación de tratamiento de agua cruda y estación de tratamiento de aguas residuales																															
Sistema de prevención y combate de incendios																															
Torre de refrigeración																															
Subestación																															

Figura 2.7.7.b
Cronograma tentativo de la línea de transmisión

ACTIVIDADES	DURACION (días)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CONSTRUCCION	140							
Obras civiles	70							
Obras electromecánicas	60							
PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	60							

2.8

Aspectos de Operación y Mantenimiento

2.8.1

Operación de la Planta

2.8.1.1

Capacidad Productiva

Tabla 2.8.1.1.a

Información sobre la capacidad productiva de cada unidad de la Planta

H ₂ Tasa de producción	1,802.0 kg/h
Tasa de producción de N ₂ (para proceso)	8,363 kg/h
Producción de NH ₃	10,165 kg/h
Producción de AN (base seca)	18,333 kg/h
Producción AN (solución)	29,542 kg/h
SNA Tasa de producción (base seca)	23,208 kg/h
SNA Tasa de producción (solución)	24,458 kg/h
Tasa de producción de CAN	31,958 kg/h

2.8.1.2

Perfil de Funcionamiento

Tabla 2.8.1.2.a

Perfil de Funcionamiento por hora/día y día/año de cada Bloque de Proceso

Bloque de Proceso	Valor	Unidades
Planta H2		
Perfil de funcionamiento	24 350	h/día día/año
Planta ASU		
Perfil de funcionamiento	24 350	h/día día/año
Planta NH₃		
Perfil de funcionamiento	24 350	h/día día/año
Planta de AN		
Perfil de funcionamiento	24 350	h/día día/año
Planta SNA		
Perfil de funcionamiento	24 350	h/día día/año
Planta GRAN		
Perfil de funcionamiento	22 330	h/día día/año

2.8.1.3

Productos

El producto de la Planta es el fertilizante CAN, producido a partir del NH_3 que se constituye con el H_2 y el N_2 (véanse las **Secciones 2.6.1.1 y 2.6.1.2**).

Como se menciona en las **Sección 2.8.1.1**, la Planta está diseñada para producir unos 10,165 kg de NH_3 por hora y 31,958 kg de CAN por hora.

Como subproductos se generan también argón y O_2 , gases que poseen valores comerciales, y, por lo tanto, podrían almacenarse y exportarse. Sin embargo, la Planta de ATOME no será diseñada para recuperar el argón, que será expulsado de nuevo a la atmósfera. Se dejará una provisión para la recuperación de O_2 en el futuro.

2.8.1.4

Transporte y Comercialización de los Productos

El producto final será transportado por vías terrestres y fluvial.

Transporte Terrestre

- **CAN:** 50 viajes de camiones (vacíos + cargados) para la exportación de las 770 ton/día (cómputo total para la producción en big bags o granel).

La configuración del tipo de camiones más utilizados en el país para el transporte de fertilizantes es tractor tipo Scania + semirremolque con longitudes de 16 m, incluso menores. La longitud máxima de esta configuración es de 18.15 m (**Figura 2.8.1.4.a**). El transporte se realiza en big bags de 1,000 kg cada una, totalizando cargas de hasta 30,000 kg (30 big bags). Lo máximo que se puede cargar es 33 ton.

Figura 2.8.1.4.a

Camión tractor tipo Scania con semirremolque



Según las evaluaciones del plan de negocio en desarrollo, las opciones de destino final en el transporte del fertilizante CAN por carretera incluyen las ciudades de Cascavel y Dourados, en Brasil, y las ciudades de San Salvador de Jujuy y San Miguel de Tucumán, en Argentina.

Transporte fluvial

El transporte y comercialización de producto final (fertilizante) aún se encuentra en estudio ya que será definido de acuerdo con el modelo de negocio en proceso de desarrollo.

Una de las opciones evaluadas es el transporte por carretera hasta el puerto de Terport, en Villeta. El Puerto Terport, ubicado 33 km aguas arriba del terreno de la Planta por vía fluvial, y aproximadamente 15 km por la Ruta Villeta - Alberdi. Del Puerto Terport, el producto es transportado hasta el puerto de Nueva Palmira, en Uruguay.

2.8.1.5

Efluentes y Residuos Sólidos

En la operación de la Planta se estima que se generarán los siguientes tipos de residuos, con las cantidades estimadas preliminarmente:

- Lodos: 900 m³/año
- Aceite usado compresores, transformadores y motores: 60 m³
- Aguas de proceso contaminadas con NH₃: 40 m³/año
- Aguas de proceso contaminadas con KOH: 150 m³/año
- Aguas de proceso contaminadas con aditivos químicos de refrigeración / o tratamiento agua: 200 m³/año. Las aguas de proceso no son vertidas directamente sino dirigidas a la ETAR para homogenizar y estabilizar previa a su descarga a la red de drenajes.
- Basura (residuo orgánico generados por el personal de planta): 8,000 kg/año
- Basura (residuo sólido generados por el personal de planta): 30,000 kg/año
- Residuos eléctricos: 800 kg/año
- Residuos mecánicos (filtros, piezas metálicas, chatarra, plásticos, fungibles...): 5,000 kg/año

2.8.2

Mantenimiento de la Planta

Para las actividades de mantenimiento de los equipos e instalaciones de la Planta, además de los vehículos que forman parte de la operación, es decir, aquellos que traen materias primas y otros insumos y aquellos en los que se envían los productos, el diseño de la Planta prevé un área de almacén y taller (ver **Layout General** en la **Figura 2.6.a**).

Los requisitos específicos de mantenimiento se resumen en la **Tabla 2.8.2.a**. Se prevé una parada anual de 15 días para ejecutar las principales tareas de mantenimiento. La planta, sus equipos y sistemas están diseñados para una vida útil de 25 años.

Tabla 2.8.3.a
Requisitos de mantenimiento

Bloque	Periodicidad	Mantenimiento menor	Mantenimiento Mayor	Tiempo total de inactividad
Electrólisis	24 h/d Año: 10x: 330 d/año	Sin impacto	Cada 10 años: 4 paradas del 33% secuencialmente	4 semanas/10 años
USA	24 h/d 350+ d/año	Sin impacto	Sin impacto (redundancia completa)	Sin impacto (redundancia completa)
Compresores syngas	24 h/d	Sin impacto	Sin impacto (redundancia completa)	Sin impacto (redundancia completa)
Unidad de Síntesis de NH ₃	24 h/d 350 d/año	3 días por parada	Cada 10 años: 4 semanas	14 días/año 4 semanas/10 años
Planta de AN	24 h/d 350 d/año	3 días cada 200 días de operación	30 días cada 3 años	45 días/3 años
Planta SNA	24 h/d 350 d/año	1 día cada 6 meses	14 días cada año	15 días/año
Planta GRAN	22 h/d 330 d/año	2 h/día + 30 días distribuidos en el año	21 días cada año (peor escenario)	2 h/d 35 días/año

Los tanques buffer entre cada proceso de la planta están diseñados para proporcionar:

- Suficiente volumen de gas de síntesis (H₂+N₂) para una reducción de emergencia y una puesta en marcha segura del circuito de amoníaco. Estos 2 búferes están pensados para ser desviados durante el funcionamiento normal.
- Suficiente volumen de NH₃, NA y ANS para hacer funcionar el resto del proceso durante el mantenimiento menor normal, y durante las paradas diarias de limpieza de la planta de granulación (2h/día). Los depósitos de NH₃ y NA están dimensionados para una capacidad de producción de 4 días, y el depósito de ANS para una capacidad de producción de 2 días.

Todos los elementos de la Planta serán sometidos a mantenimiento, incluyendo refrigeradores, sopladores, filtros, bombas, así como elementos de infraestructura de la Planta, como escaleras, pasarelas, accesos internos, integridad de tanques y estructuras de hormigón, etc.

2.8.3

Mantenimiento de la LT

Los servicios de mantenimiento preventivo (periódico) y correctivo (restablecimiento de interrupciones) de la LT serán realizados por el equipo de mantenimiento de una empresa especializada a ser contratada por Atome, que podrá ser la propia ANDE.

Durante las inspecciones de la LT, se deberá observar el estado de los equipos, los accesos a las torres y la situación de la franja de servidumbre, con el fin de preservar las instalaciones y el funcionamiento de la LT.

2.8.4

Mano de Obra de Operación y Mantenimiento

La operación de la Planta involucrará operadores en los distintos bloques de procesos, la Planta de tratamiento de agua cruda y la ETAR, la expedición de productos, la SE de la Planta (que será de la ANDE), además de trabajadores de las áreas administrativas, mecánicas, entre otros.

Se calcula que en esta fase se generarán los siguientes puestos trabajo directos e indirectos:

- 90 puestos permanentes para la O&M de la planta.
- Hasta 25 puestos permanentes en trabajos de subcontratación.
- Hasta 30 puestos temporales para trabajos subcontratados.

Además, las plantas similares requieren profesionales para supervisar las operaciones, como ingenieros medioambientales, técnicos químicos y de laboratorio, personal de logística y de la cadena de suministro, directivos, personal de alto nivel, especialistas en RRHH, personal jurídico, comercial y administrativo, entre otros. Esto se traduce en la creación de unos 290 puestos de trabajo indirectos.

Con la expansión de la cadena de valor de ATOME a CAN, se estima que se crearán 80 puestos de trabajo directos y 584 indirectos.

Por tanto, el número total de trabajadores directos contratados en esta fase es de 240, de los cuales 195 son fijos y 45 temporales. El número total de empleos indirectos que se crearán podría alcanzar los 874.