

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIAp/RIMA)

**Pöyry Tecnologia Ltda.**  
 Av. Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100  
 Bloco B - 7° andar  
 04726-170 São Paulo - SP  
 BRASIL  
 Tel. +55 11 3472 6955  
 Fax +55 11 3472 6980  
 E-mail: forest.br@poyry.com

**Fecha 15.07.2020**

**N° Referencia 109001759-003-0000-E-1501**

Página 1



**Fábrica de Celulosa y Puerto en Concepción – Paraguay**

## **VOLUMEN V – ESTUDIOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS**

Contenido	14	ESTUDIOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS
Archivos adjuntos	I	Estudio de Dispersión Atmosférica
	II	Estudio de Dispersión Hídrica
	III	Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos
	IV	Modelación de Nivel de Presión Sonora

Distribución	
PARACEL	E
PÖYRY	-

Orig.	15/07/20 – bvv	15/07/20 – msh	15/07/20 – hfw	15/07/20 – hfw	Para información
Rev.	Fecha/Autor	Fecha/Verificado	Fecha /Aprobado	Fecha /Autorizado	Observaciones

## **CONTENIDO**

14	ESTUDIOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS .....	3
----	--	---

## **LISTA DE FIGURAS**

No table of figures entries found.

## **LISTA DE TABLAS**

No table of figures entries found.

## **14 ESTUDIOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS**

Este volumen presenta los estudios ambientales complementarios del Estudio de Impacto Ambiental y el respectivo Relatorio de Impacto Ambiental (EIAp/RIMA) con respecto a la implementación de la fábrica de celulosa PARACEL en Concepción, Paraguay.

Por lo tanto, en este Volumen, los siguientes se presentan como archivos adjuntos:

- Estudio de Dispersión Atmosférica;
- Estudio de Dispersión Hídrica;
- Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos;
- Modelación de Nivel de Presión Sonora.

**ANEXO I**  
**ESTUDIO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA**

La Compañía  
**CataVento Ambientale Meteorologia e Meio Ambiente** presenta

**ESTUDIO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA**

**PARACEL – CONCEPCIÓN – PARAGUAY**

**MAYO - 2020**

PRESENTACIÓN

Preparado por ***CataVento Ambientale Meteorologia e Meio Ambiente***

Con la expectativa de que las actividades presentadas en este documento sean satisfactorias a los objetivos fijados, reiteramos nuestras expresiones de consideración.

Rio Grande, 10 de mayo de 2020.

## CONTENIDO

### 1. Introducción

### 2. Metodología

#### 2.1 Descripción de los Modelos

##### 2.1.1. Modelo AERMOD

##### 2.2.2. Modelo AERMET

##### 2.2.3. Modelo WRF

##### 2.2.4. Modelo MMIF

#### 2.2. Datos Meteorológicos

#### 2.3. Características de la Superficie

#### 2.4 Estándares de Calidad del Aire

#### 2.5 Parámetros de Emisión

### 3. Resultados

#### 3.1. Meteorología y Climatología

#### 3.2. Evaluación del Modelo WRF

#### 3.3. Capa Límite Atmosférica (CLA)

#### 3.4. Dispersión de Contaminantes

### 4. Conclusiones

### 5. Bibliografía

ANEXO A – Tablas que contienen los valores máximos de concentración de contaminantes CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe técnico presenta los resultados del estudio de la dispersión atmosférica de los contaminantes monóxido de carbono (CO), azufre total reducido (TRS), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), materia particulada (MP10) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) emitidos por la fábrica de celulosa de PARACEL con capacidad de producción de 1,5 millones de toneladas por año de celulosa blanqueada para papel o 900 mil toneladas por año de fabricación de celulosa soluble. La fábrica y sus fuentes de emisión se instalarán en las proximidades de la ciudad de Concepción, en Paraguay, en las coordenadas 23.241050° S y 57.490110° O (7429711 S; 449862 O UTM). Concepción es la capital del departamento de Concepción y está situada en la margen izquierda del río Paraguay, a 400 km al norte de Asunción.

Cabe señalar que la fábrica de celulosa de PARACEL, a pesar de estar diseñada para producir 1.500.000 t/año, podrá producir hasta 1.800.000 t/año de celulosa blanqueada como consecuencia de una mayor eficiencia general de la planta, así como de un mayor rendimiento de los equipos sin necesidad de aumentar el área construida ni incluir nuevos equipos adicionales. Asimismo, no será necesario realizar ninguna modificación en los principales equipos de control ambiental, ni habrá ninguna pérdida en su rendimiento, lo que puede garantizar las mismas emisiones de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas consideradas en este EIAp/RIMA. Por lo tanto, se puede decir que en la eventualidad de incremento de la producción de celulosa hasta 1.800.000 t/año, no habrá cambios en los impactos ambientales identificados y evaluados en este EIAp/RIMA.

Las simulaciones de la dispersión atmosférica de CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> se realizan utilizando el modelo de dispersión del Modelo Aéreo (AERMOD), desarrollado y puesto a disposición por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Los datos meteorológicos de superficie y altitud se obtuvieron a partir de una simulación numérica con el modelo meteorológico de mesoescala del WRF, el software MMIF y el procesador AERMET. La serie de datos meteorológicos abarca el período comprendido entre el 01/01/2018 y el 01/01/2020, totalizando dos años de datos simulados.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción de los Modelos

El modelaje de dispersión atmosférica se realiza mediante el sistema de modelo AERMET-AERMOD, alimentado con datos meteorológicos simulados por el modelo de mesoescala del WRF. La interfaz entre el modelo del FRM y el sistema del modelo AERMET-AERMOD se realiza mediante el modelo MMIF. En esta sección se presentan descripciones de los modelos utilizados para el estudio.

#### 2.1.1. Modelo AERMOD

El modelo de dispersión térmica (AERMOD) fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2004a, 2008a). AERMOD es un modelo Gaussiano estacionario utilizado para calcular las concentraciones asociadas a las fuentes industriales; el modelo es una mejora del ISCST3 (SourceComplex-Short Term3). El AERMOD puede aplicarse sobre terrenos complejos y en condiciones realistas de turbulencia de la capa límite atmosférica (ATC). El modelo asume la distribución gaussiana en todas las direcciones bajo cualquier condición atmosférica. Sin embargo, puede tratar la distribución vertical como no gaussiana en condiciones de convección (inestable). El modelo también se compone de algoritmos para simular la dispersión en condiciones de viento débil y para considerar el efecto de las construcciones en la dispersión de los contaminantes (*building downwash*, en inglés).

Para ejecutar simulaciones con el modelo AERMOD se necesita la información de dos conjuntos de datos: fuentes emisoras y meteorología. Los datos de las fuentes emisoras incluyen las coordenadas de las fuentes, las tasas de emisión, la temperatura de la salida de los contaminantes y la velocidad de la salida de los contaminantes. El conjunto de datos meteorológicos debe contener la presión, la dirección y la velocidad del viento, la temperatura del aire, la precipitación y la radiación solar, así como algunos parámetros específicos de CLA (parámetros de microescala). La topografía del dominio de la simulación también puede ser informada en varias resoluciones.

El procesamiento de la dispersión y el cálculo de la concentración por el modelo AERMOD se realiza a partir de un archivo de lista de nombres (aermod.inp), en el que se enumeran los comandos apropiados y son leídos por el modelo. La información meteorológica y micro meteorológica se entrega al modelo a través de archivos para las

condiciones de superficie (surface.sfc) y para las condiciones de altitud (profile.pfl). Si las emisiones de contaminantes son variables en el tiempo, es posible crear archivos de emisión para cada contaminante y transferir la información al modelo utilizando el HOUREMISS.

### **2.1.2. Modelo AERMET**

El procesador AERMET (EPA, 2004b) organiza los datos meteorológicos y estima los parámetros de CLA necesarios para los cálculos de dispersión con el modelo AERMOD. Así, el AERMET fue diseñado para realizar los cálculos en tres etapas. La primera etapa extrae los datos y realiza el control de calidad de estos. La segunda etapa combina los datos disponibles para períodos de 24 horas y escribe estos datos en un archivo intermedio. La tercera y última etapa lee los datos generados en la segunda etapa y calcula los parámetros de CLA necesarios para el modelo AERMOD [altura del CLA, velocidad de fricción ( $u^*$ ), escala de velocidad de convección ( $w^*$ ), flujo de calor sensible, longitud de Obukhov ( $L$ )].

AERMET puede extraer datos de altitud escritos en dos formatos: TD-6201 y *Forecast Systems Laboratory* (FSL). Para los datos de superficie, el procesador AERMET puede extraer los datos horarios de los siguientes formatos: Tarjeta Deck 144 (CD-144), Red de Observación de la Superficie Solar y Meteorológica (SAMSON), Observaciones Meteorológicas Horarias en Superficie (HUSWO), Base de Datos Integrada de Horas en Superficie (ISHD) y TD-3280. AERMET también puede recibir datos en un formato no estándar para incluir información meteorológica de un sitio específico (estación in situ). En el modo in situ, el modelo AERMET acepta datos en formato ASCII y estructurados por el usuario. El formato de la estación in situ sirve satisfactoriamente para las simulaciones que utilizan datos de estaciones meteorológicas instaladas en lugares fuera de los Estados Unidos y el Canadá, en las que el usuario puede acceder a los archivos en los formatos mencionados.

### **2.1.3. Modelo WRF**

Las simulaciones numéricas del clima, destinadas a obtener información sobre la altitud, se realizan con el modelo de Investigación y Previsión del Clima (WRF, *Weather Research and Forecasting*, en inglés). El WRF es un sistema de previsión meteorológica computarizada a mesoescala diseñado tanto para el servicio operacional como para las

necesidades de investigación. El modelo es totalmente comprimible y puede ser integrado en modo no hidrostático.

En el WRF se calculan los componentes de la velocidad del viento, la temperatura potencial, el geopotencial, el campo de presión de la superficie y diversas cantidades físicas. También permite generar otras variables, como la energía cinética turbulenta y las razones para mezclar el vapor de agua, la lluvia/nieve y el agua/hielo de las nubes. La física del modelo también incluye el cálculo de la turbulencia no local para el CLA y la determinación de la radiación de onda larga y corta en varias bandas espectrales.

El período de simulación con el modelo del WRF (los dos últimos años consecutivos) permite realizar el estudio teniendo en cuenta todas las condiciones meteorológicas que influyen en el transporte y la difusión de los contaminantes en la región, incluidas las variaciones diurnas y estacionales. El modelo se utiliza en una configuración con cuadrículas anidadas, centradas en las coordenadas de la empresa. Las parametrizaciones físicas, que se utilizan en la simulación del WRF, incluyen la parametrización del CLA, la parametrización de la superficie, la parametrización de los cúmulos, la parametrización de la microfísica de las nubes y la parametrización de la radiación. Las características de los dominios de simulación y las opciones de configuración del modelo se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1** - Características de los dominios de simulación y opciones de configuración del modelo WRF.

<b>Dominio</b>	<b>Red Externa</b>	<b>Red Intermediaria</b>	<b>Red Interna</b>
Red horizontal	30 puntos	30 puntos	30 puntos
Espacio de la red	27 km	9 km	3 km
Período de la Simulación	01/01/2018 a 01/01/2020		
Coordenadas punto central de las redes	23,241050° S e 57,490110° O 7429711 S; 449862 O m UTM		
Condiciones iniciales y del contorno da meteorología	GFS (0,25°)		
Niveles en vertical	30 capas		
Período del <i>spin-up</i>	15 días (a partir de 15/12/2017)		
Parametrizaciones de CLA	Yonsei University (YSU)		
Parametrizaciones de superficie	Monin-Obukhov Similarity Theory (MM5 MRF PBL).		
Parametrizaciones de cumulus	Betts-Miller-Janjic		

Dominio	Red Externa	Red Intermediaria	Red Interna
Parametrizaciones de microfísica de nubes	WSM 3-class scheme (Hong et al., 2004)		
Parametrizaciones de radiación	RRTM		

#### 2.1.4. Modelo MMIF

Después de realizar simulaciones numéricas con el modelo del WRF, es necesaria una conversión de datos a los modelos AERMET y AERMOD. Para realizar este procedimiento se utiliza el software proporcionado por la EPA de los EE. UU., llamado “Mesoscale Model Interface Program” - MMIF (EPA, 2016). El MMIF convierte los resultados de los modelos meteorológicos de pronóstico (WRF, MM5, ...) al sistema de modelos AERMET-AERMOD (Cimorelli et al., 2005).

Con MMIF es posible extraer los datos de superficie y altitud necesarios para el módulo AERMET y finalmente generar los archivos con los datos necesarios y en el formato específico para alimentar el modelo de dispersión del AERMOD. MMIF crea tres archivos, que son leídos por el modelo AERMET: un archivo que contiene información meteorológica de superficie y altitud (*in situ*), un archivo que contiene información de altitud solamente (en ascenso), y un archivo que contiene información con características de superficie (longitud de rugosidad, albedo y relación de Bowen). AERMET utiliza esta información para generar nuevos archivos con las condiciones de superficie (*surface .sfc*) y las condiciones de altitud (*profile .pfl*), que serán leídos por el modelo de dispersión AERMOD.

## 2.2. Datos Meteorológicos

En este estudio, los datos de superficie, altitud y características de la superficie se extraen de los resultados generados por el modelo del WRF. Este procedimiento se adoptó debido a la falta de disponibilidad de datos meteorológicos primarios (observados) que pudieran utilizarse en el modelo de dispersión del AERMOD. La estación meteorológica aprobada y oficial más cercana se encuentra en el Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO: SGCO), a unos 21 km al sudeste de la fábrica (coordenadas 23,442° S y 57,427° O (7407484,94 S; 456383,89 O m UTM, altitud: 77 m). Sin embargo, la estación aeroportuaria no proporciona datos

meteorológicos cada hora (promedios de 1 h), necesarios para alimentar el AERMOD.

Por lo tanto, debido a que el modelo AERMOD requiere datos meteorológicos por hora, y que la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta u otra estación oficial cercana al proyecto no los tiene, el modelo AERMOD se ejecutó con datos meteorológicos generados con simulación numérica por Modelo WRF. Este procedimiento se considera aceptable y, por lo tanto, los datos de esa estación se usaron solo para climatología y para la evaluación del modelo meteorológico WRF, que se presenta en la Sección 3.2 a continuación.

Los archivos con información de superficie y altitud se generan a partir de simulaciones numéricas con el modelo del WRF y son procesados posteriormente por el software MMIF. El modelo MMIF genera un archivo de altitud en formato de Laboratorio de Sistemas de Previsión (*“Forecast Systems Laboratory” – FSL*, en inglés) y un archivo in situ con datos de superficie. Los archivos generados por el MMIF se comunican al modelo AERMET para generar los archivos “surface .sfc” y “profile .pfl”, que sirven de entrada para el modelo AERMOD. Tanto la información de la superficie como la de la altitud se obtienen del punto central de la cuadrícula, que coincide con la ubicación de las fuentes de emisión de la empresa. La serie de datos de superficie y altitud, tomada del modelo del WRF, comprende el período comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 1 de enero de 2020.

### **2.3. Características de la Superficie**

Para utilizar el modelo AERMET para procesar los datos meteorológicos para el modelo AERMOD, es necesario determinar los valores apropiados para tres características de la superficie: longitud de rugosidad, albedo y coeficiente de Bowen. La longitud de la rugosidad está relacionada con la altura de los obstáculos que la escorrentía de viento encontrará en el dominio de la simulación; en principio, es la altura a la que la velocidad media del viento es cero, considerando un perfil de viento logarítmico. La longitud de la rugosidad es un parámetro que influye directamente en la cizalladura del viento cerca de la superficie y es importante para determinar la intensidad de la turbulencia mecánica (generada por la fricción del viento en la superficie) y también la estabilidad en el CLA. El albedo es la fracción de la radiación solar incidente reflejada por la superficie hacia el espacio. El coeficiente de Bowen es la relación entre el flujo de calor sensible y el flujo de calor latente. Junto con el albedo y otras variables

meteorológicas; de esta forma, la ratio de Bowen se utiliza para determinar los parámetros de turbulencia del CLA en condiciones de convección (flujo de calor sensible positivo en la superficie).

La longitud de la rugosidad, el albedo y la proporción de Bowen se calculan a partir de la información sobre la cubierta del suelo de la región con base en los archivos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Esta información se obtuvo directamente del modelo del FRM, extraído por el software MMIF. En el modelo del WRF, la cubierta terrestre se basa en datos monitoreados por el satélite AVHRR con 24 categorías y 1 km de resolución. Las características de la superficie se calculan y escriben en un formato que se utilizará en la tercera etapa del AERMET. La información topográfica, utilizada para el estudio de la dispersión, se obtiene de la base de datos SRTM-NASA (*“Shuttle Radar Topography Mission – NASA”*), con una fidelidad de 90 m.

#### 2.4. Estándares de Calidad del Aire

La evaluación de la importancia de las concentraciones máximas de CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>, calculadas por el modelo AERMOD, se comparan con las normas de calidad del aire establecidas por la Dirección General del Aire de la Secretaría del Ambiente (extinta SEAM), a través de la Resolución 259/15 de la SEAM. En el caso del H<sub>2</sub>S, para la evaluación de la calidad del aire se utilizan los límites de percepción de olores dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003) (11 µg/m<sup>3</sup>). Las normas de calidad del aire establecidas por la Resolución SEAM 259/15 se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2** – Estándares de calidad del aire establecidos por la Resolución SEAM n° 259/15.

Contaminante	Promedio Anual	Promedio de 24 h	Promedio de 8 h	Promedio de 1 h
Material Particulado – MP <sub>2,5</sub>	15 µg/m <sup>3</sup>	30 µg/m <sup>3</sup>		
Material Particulado – MP <sub>10</sub>		150 µg/m <sup>3</sup>		
Ozono – O <sub>3</sub>			120 µg/m <sup>3</sup>	
Dióxido de Nitrógeno – NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>			200 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre – SO <sub>2</sub>		20 µg/m <sup>3</sup>		
Monóxido de Carbono - CO			10 mg/m <sup>3</sup>	

## 2.5. Estándares de Emisión

La fábrica tendrá cuatro fuentes (chimeneas) de emisión: Caldera de Recuperación, Horno de Cal 1, Horno de Cal 2 y Caldera de Biomasa. Las tasas de emisión y las condiciones de lanzamiento de las chimeneas se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3** –Tasas de emisión y condiciones de lanzamiento de las chimeneas de la fábrica

Contaminante	Unidad	Caldera de Recuperación	Horno de Cal 1	Horno de Cal 2	Caldera de Biomasa
MP	g/s	8,0	0,6	0,6	1,9
TRS (como H <sub>2</sub> S)	g/s	1,8	0,3	0,3	-
SOx	g/s	16,4	2,7	2,7	5,7
NOx	g/s	63,9	10,8	10,8	12,2
CO	g/s	109,5	4,1	4,1	11,4
Flujo	Nm <sup>3</sup> /s @ 8% O <sub>2</sub>	365	27	27	38
Temperatura	°C	140	300	300	155
Humedad	%	23,7	23,0	23,0	24,0
Contenido de oxígeno	%	2,2	6,0	6,0	3,1
Flujo (condiciones reales)	m <sup>3</sup> /s	500	64	64	57
Velocidad	m/s	20,0	20,0	20,0	20,0
Diámetro de la chimenea	m	5.64	2,02	2,02	1,90
Altura de la chimenea	m	140	140	140	140
Coordenadas	m	449867 E 7429710 S	449862 E 7429706 S	449856 E 7429711 S	449862 E 7429716 S

## 3. RESULTADOS

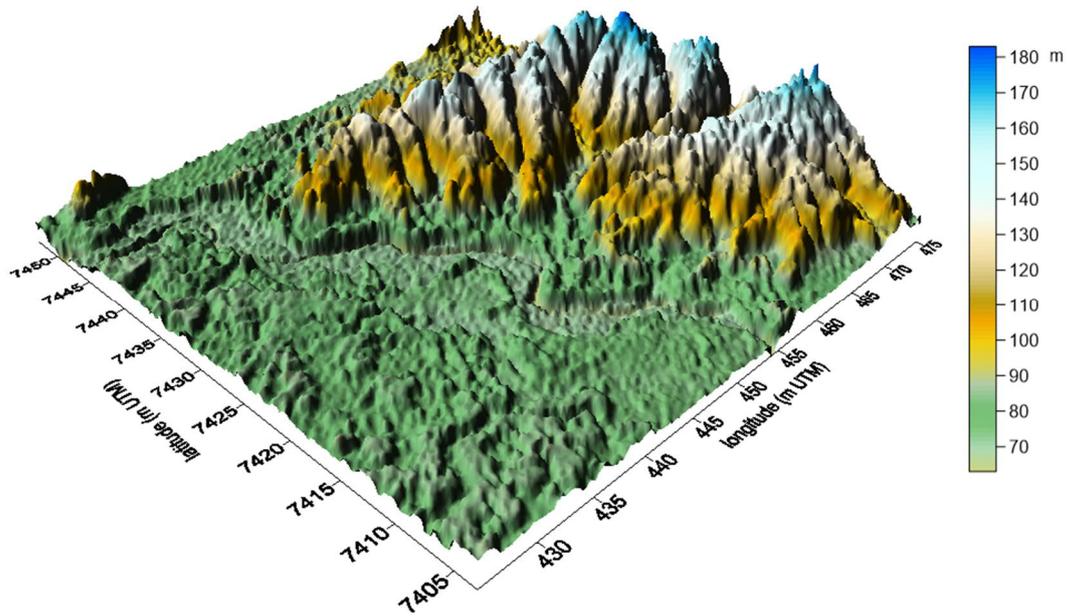
### 3.1. Meteorología y Climatología

La dispersión de los contaminantes atmosféricos en una región, además de depender de las características de los contaminantes y las fuentes de emisión, depende de las condiciones meteorológicas y sus interacciones con el medio geográfico. Las características de la emisión incluyen generalmente el tipo de contaminante, la temperatura de salida, la tasa de liberación, la tasa de emisión, la altura y las dimensiones de la fuente.

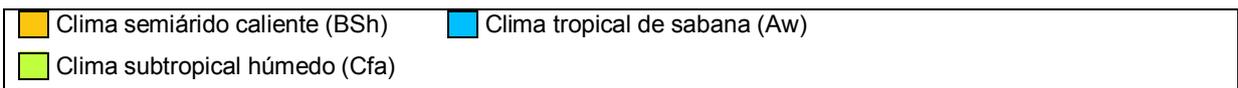
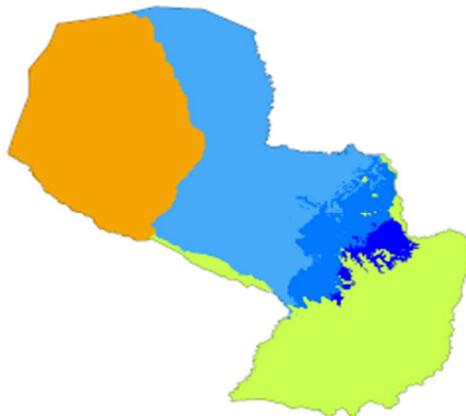
El análisis de los fenómenos meteorológicos y sus interacciones con los aspectos geográficos representa la parte más compleja del estudio de la dispersión de los contaminantes. Los aspectos geográficos interfieren en los campos meteorológicos, modificando el balance de radiación, generando circulaciones, flujos de humedad, turbulencias, etc. Por lo tanto, las características geográficas de la región de estudio, como la latitud, la maritimidad y la presencia de cuerpos de agua (lagos, lagunas, etc.), el relieve y la cubierta del suelo predominante, pueden tener una gran influencia en la circulación resultante. Las brisas del Mar/tierra, del lago/tierra, del valle/montaña y circulaciones urbanas/rurales son ejemplos de circulaciones generadas debido a características geográficas.

La fábrica y sus fuentes de emisión serán instalados en las proximidades de la ciudad de Concepción, en Paraguay, coordenadas 23,241050° S e 57,490110° O (7429711 S; 449862 O m UTM). Concepción es la Capital del Departamento de Concepción y está ubicada a la margen izquierda del Río Paraguay, cercana 400 km al norte de Asunción. La zona donde las fuentes serán instaladas es una región predominantemente rural y la topografía posee altitudes que alcanzan 180m al nivel del mar (Figura 1).

El clima de Paraguay puede ser clasificado en tres tipos de acuerdo con la Clasificación de Köppen-Geiger (Figura 2): 1) subtropical húmedo (Cfa), con veranos calurosos (las temperaturas superan los 22 °C en verano) y con más de 30 mm de lluvia en el mes más seco; 2) sabana tropical (Aw), con invierno seco, estación de lluvias en verano y temperatura media del mes más frío por encima de los 18 °C; 3) semiárido caluroso (BSh), caracterizado por escasas precipitaciones, intensa radiación solar y altas temperaturas medias (alrededor de 27 °C). Para la región de Concepción, lugar de la fábrica, la clasificación de Köppen-Geiger indica un clima de sabana tropical (Aw).



**Figura 1** – Mapa orográfico tridimensional del área de estudio (2.500 km<sup>2</sup>). Fuente: Generado con datos SRTM-NASA (“Shuttle Radar Topography Mission – NASA”) con definición de 90 m.



**Figura 2** – Clasificación climática del Paraguay segundo Köppen-Geiger (Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_de\\_Paraguay](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Paraguay)).

Los datos utilizados para el estudio del clima de la región se obtuvieron de la Base de Datos Integrada de Superficie (DSI), que se puede consultar en el sitio web del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA)<sup>1</sup>. La Base de Datos Integrada de Superficie (ISD) consiste en observaciones sinópticas y temporales globales compiladas de varias fuentes en un único formato ASCII. La DSI integra datos de más de 100 fuentes originales, incluyendo varios formatos de datos.

La estación aprobada más cercana se encuentra en el Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO: SGCO), a unos 21 km al sudeste del desarrollo (coordenadas 23,442° S y 57,427° O (7407484,94 S; 456383,89 O m UTM, altitud: 77 m). Debido a la proximidad y exhaustividad de los datos, la estación puede considerarse representativa de la región de estudio para el análisis climatológico.

Para el análisis se consideran 10 años de datos observados (del 01/01/2010 al 31/12/2019) de presión atmosférica (hPa), temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento (grados). Esta serie de datos permite la composición de las Normas Climatológicas provisional, que son promedios de períodos cortos basados en observaciones que se extienden a lo largo de un período mínimo de 10 años. Las figuras 3 a 6 muestran la evolución en el tiempo de los promedios mensuales observados en la estación del Teniente Coronel Carmelo Peralta.

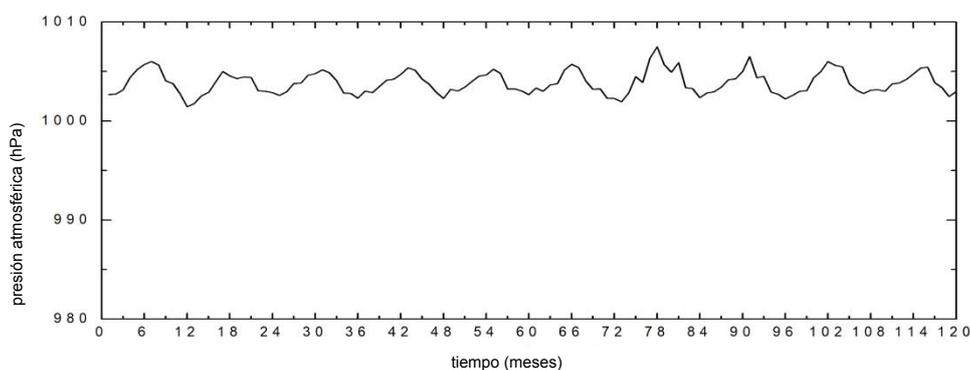
La presión atmosférica osciló entre 1.001,5 y 1.007,5 hPa, presentando un promedio climatológico provisional de 1.003,9 hPa para el período de 2010 a 2019 (Figura 3). La temperatura media mensual varió entre 15,5°C y 29,6°C, mientras que la media climatológica provisional para el período de 2010 a 2019 fue de 24,3°C (figura 4). La temperatura del aire en la región se define por el efecto de la continentalidad y la homogeneidad topográfica, presentando un amplio rango. En verano, al ser una región tropical, las temperaturas máximas pueden pasar de 30°C, y en invierno se pueden registrar fenómenos de escarcha como consecuencia de los frentes fríos. La humedad relativa mensual varió entre el 51,4% y el 85,5%, con una media climatológica provisional para el período del 70,9% (Figura 5). La humedad relativa varía considerablemente en la región de la empresa en función de la variabilidad de las precipitaciones en la región. La velocidad media mensual del viento varió entre 1,8 y 4,9 m/s, mientras que la media

---

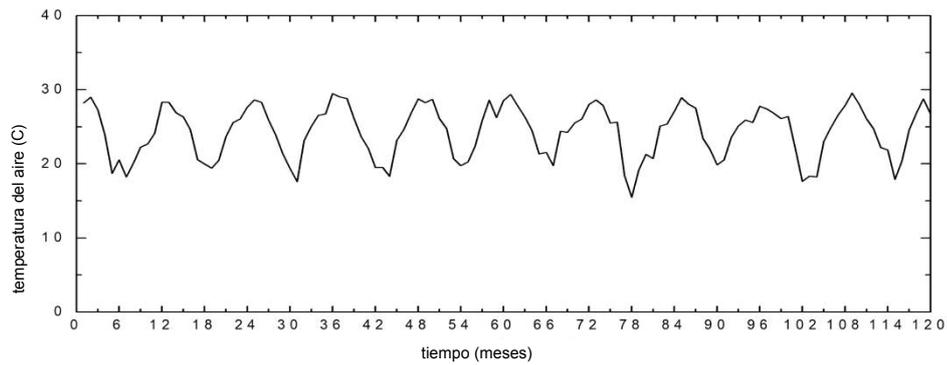
<sup>1</sup> Sitio electrónico <https://www.ncdc.noaa.gov/isd>

climatológica provisional para el período de 2010 a 2019 fue de 3,2 m/s (Figura 6). La rosa de los vientos muestra el predominio de los vientos del sur, seguidos por los del noreste y el este, y con un componente del sureste menos importante, como se muestra en la Figura 7.

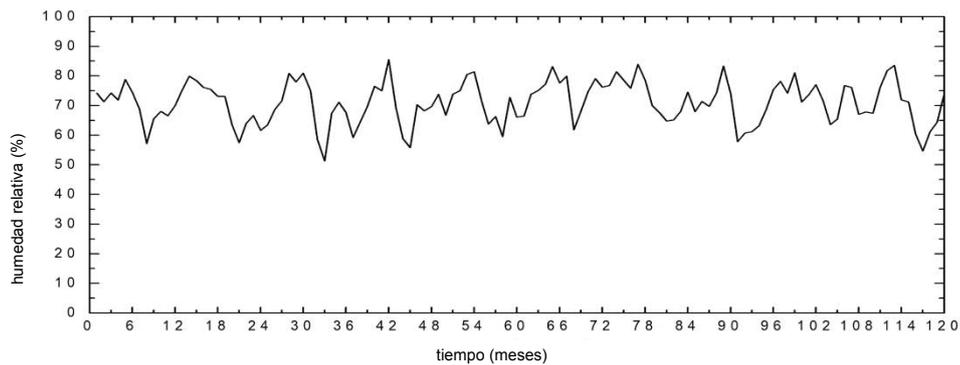
Los datos utilizados son satisfactorios para el análisis climático y meteorológico provisional de la región, en la cual se ubicará la fábrica. En resumen, la presión atmosférica media de la región es de 1.003,9 hPa, la temperatura media del aire es de 24,3°C, la humedad relativa encontrada es del 70,9%, la velocidad media del viento es de 3,2 m/s con predominio de las direcciones norte y sur. La serie de variables analizadas reproducen bien el comportamiento climatológico de la región de interés.



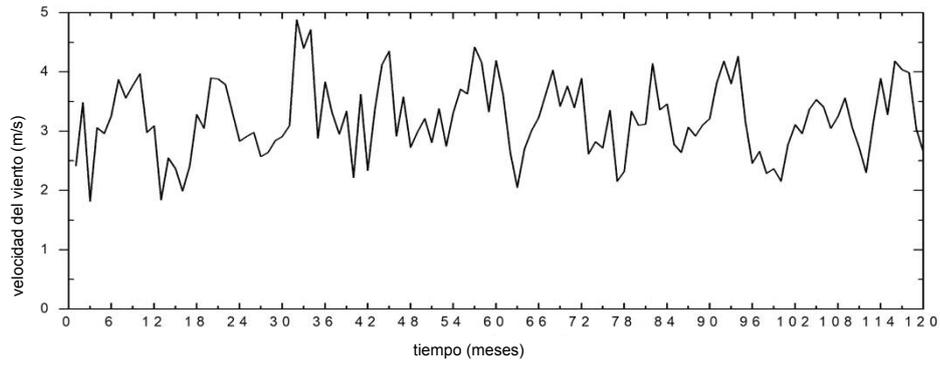
**Figura 3** – Presión atmosférica media mensual observada en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO: SGCO) en el período del 01/01/2010 hasta 31/12/2019.



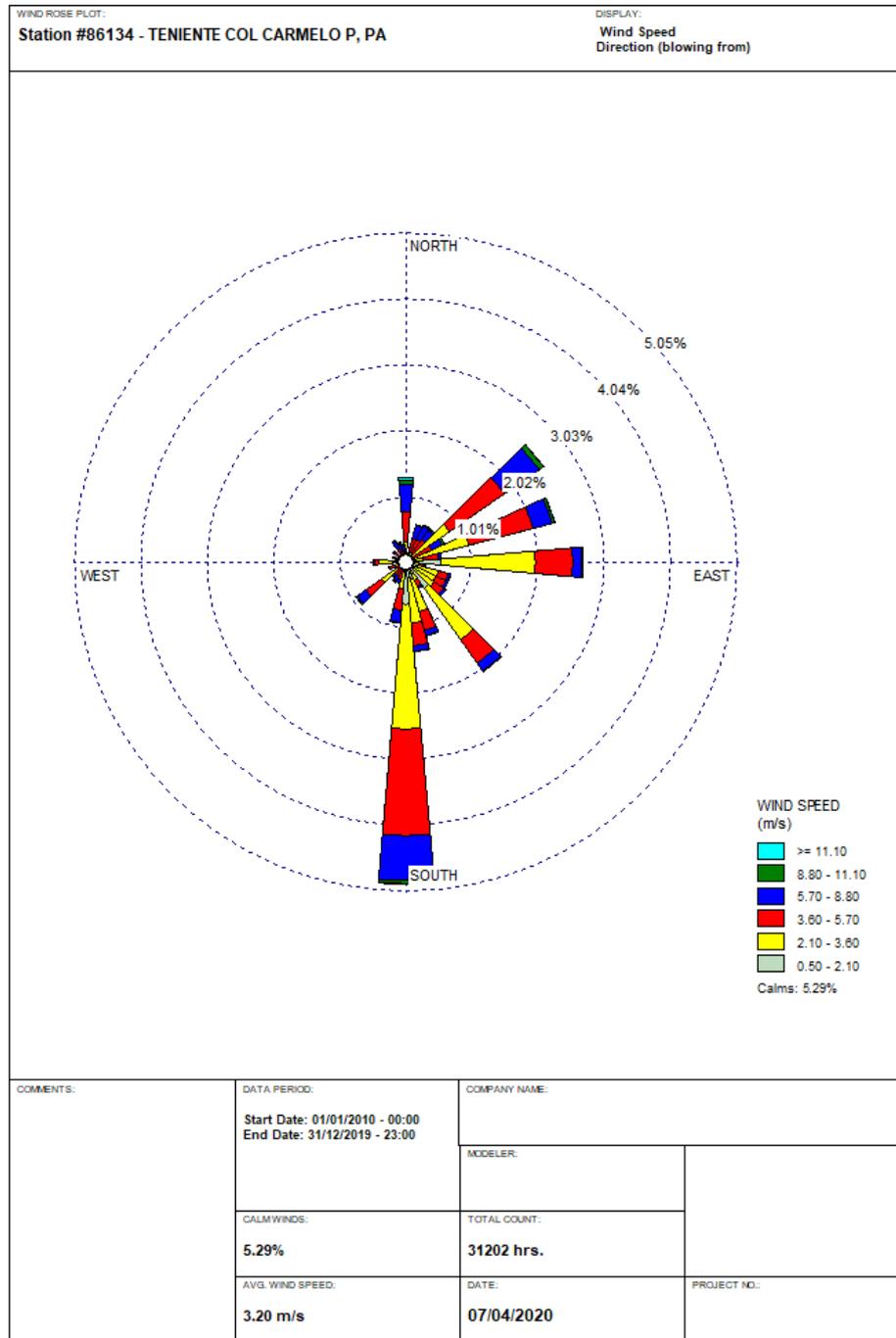
**Figura 4** – Temperatura del aire media mensual observada en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO: SGCO) en el período 01/01/2010 hasta 31/12/2019.



**Figura 5** – Humedad relativa media mensual observada en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) en el período de 01/01/2010 hasta 31/12/2019.



**Figura 6** – Velocidad del viento media mensual observada en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) en el período 01/01/2010 hasta 31/12/2019.



**Figura 7** – Rosa de los vientos generada a partir de datos observados en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) en el período de 01/01/2010 hasta 31/12/2019.

### 3.2. Evaluación del Modelo WRF

Como se ha descrito anteriormente, los datos meteorológicos utilizados como parámetros de entrada en el modelo AERMOD se derivan de la simulación meteorológica con el modelo de mesoescala del WRF. Por lo tanto, se requiere una evaluación de los resultados para comprobar la calidad de la simulación. Para esta evaluación se realiza una comparación directa con los datos medidos por la estación meteorológica aprobada más cercana, es decir, la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO).

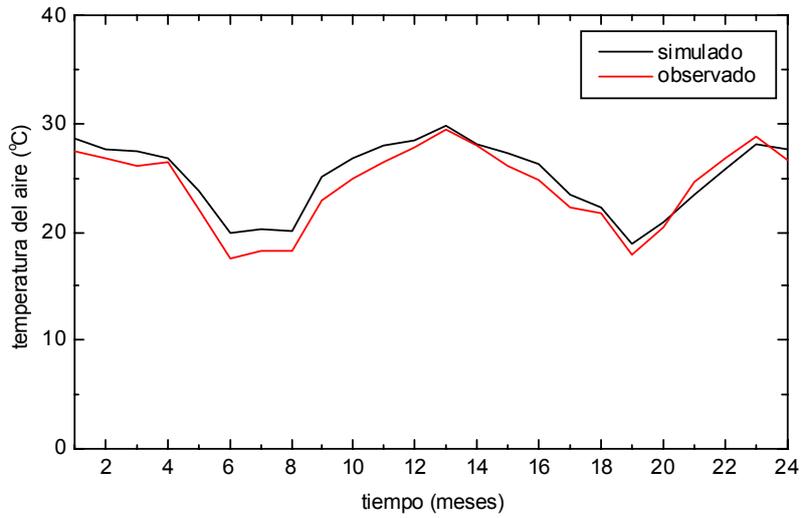
Las figuras 8 a 11 muestran la comparación entre los datos simulados por el modelo del FRM y los observados en la estación aeroportuaria para los promedios mensuales de la temperatura del aire, la presión atmosférica, la humedad relativa y la velocidad del viento desde el 01/01/2018 hasta el 31/12/2019. Los datos simulados por el modelo del WRF fueron tomados del punto grande referente a las coordenadas de la estación. En cuanto a la temperatura del aire, se observa una muy buena respuesta del modelo del WRF para simular la variable, tanto la evolución a lo largo de los meses como los valores máximos y mínimos. En cuanto a la presión atmosférica, el modelo sigue relativamente bien la evolución temporal, pero sobreestima los valores máximos y subestima los valores mínimos. Para la humedad relativa, de nuevo el modelo simula bien la evolución de la variable en el tiempo, pero no sigue la disminución de la humedad al final del año 2019. En cuanto a la velocidad del viento, los datos del modelo presentan una evolución muy similar a los datos observados, pero sobreestiman la observación durante todo el período. Las variables simuladas por el modelo del FRM reproducen razonablemente bien el comportamiento climatológico de la región de la fábrica.

Las figuras 12 y 13 muestran, respectivamente, las rosas de viento obtenidas a partir de los datos de la estación del aeropuerto y los datos simulados por el modelo del WRF en la ubicación de la estación. En una comparación directa, se puede observar que la rosa de los vientos simulada presenta una configuración similar a la rosa de los vientos observada, con componentes predominantes del sur y el noreste. El modelo reproduce bien las frecuencias e intensidades de los vientos con predominio del sur, pero no reproduce con la misma calidad los vientos del noreste. En cuanto a la intensidad media del viento para el período, el resultado simulado (3,94 m/s) es relativamente cercano al valor observado (3,10 m/s). El resultado del modelo, para la dirección y la velocidad del

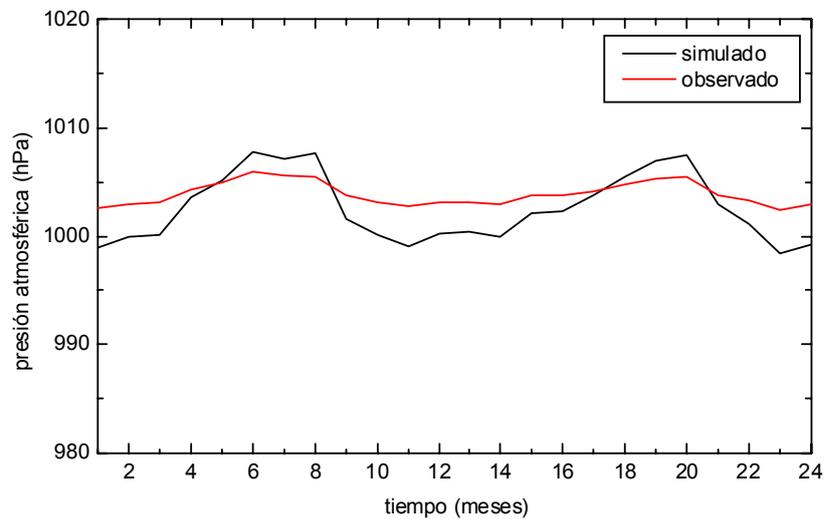
viento, reproduce bien el comportamiento climatológico en la región de la futura fábrica.

En términos generales, los resultados generados por el modelo del FRM para las variables meteorológicas reproducen bien la evolución en el tiempo de los datos observados, pero no reproducen de la misma manera los valores máximos y mínimos durante el período. Es importante destacar que la serie de datos de la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta tiene innumerables veces sin registro (datos faltantes). A lo largo de la serie vigilada en la estación, los datos presentan registros con una frecuencia de 3 horas, en la mayor parte del período, mientras que la serie de datos simulada presenta una frecuencia de 1 hora; la diferencia en la frecuencia de los registros causa ciertamente un impacto negativo en la evaluación del modelo. Además, la comparación directa en un punto específico de la cuadrícula del modelo se ve obstaculizada por algunos aspectos, como la resolución de la cuadrícula del modelo, la resolución de la información sobre la cubierta terrestre y la topografía, y la influencia de los obstáculos (vegetación, edificios, ...) alrededor de la estación, que apenas son considerados por el modelo debido a la resolución de la matriz de simulación.

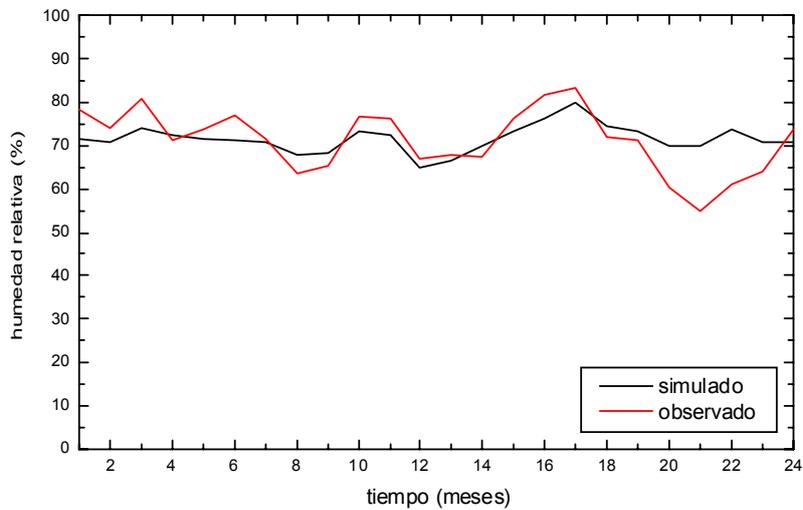
Como ejemplo, la diferencia de frecuencia en la observación de los datos meteorológicos puede percibirse al comparar la rosa de los vientos simulada por el modelo con la rosa de los vientos observada en la ubicación de la Estación del Aeropuerto Internacional Silvio Pettrossi en Luque, cerca de Asunción. La estación de ese aeropuerto registra datos meteorológicos cada hora, o sea, en una frecuencia igual a las salidas del modelo del WRF. En las figuras 14 y 15 se presenta la comparación de observación y simulación, a partir de la cual se puede verificar la similitud de los dos resultados.



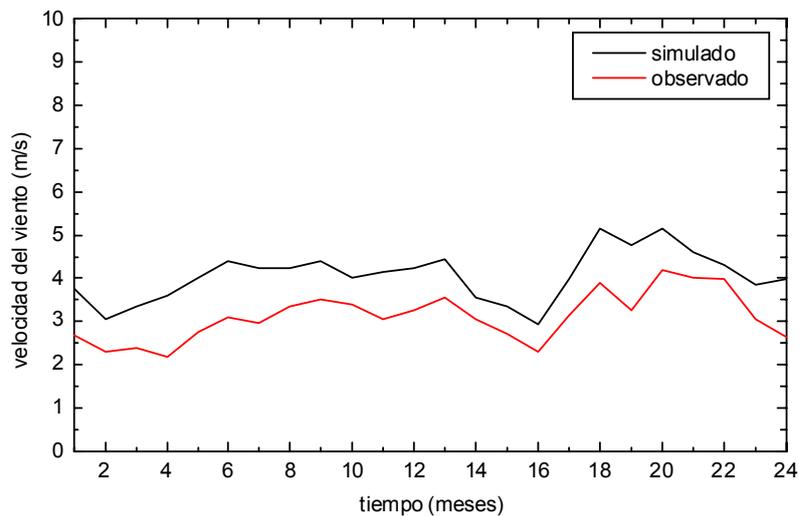
**Figura 8** – Comparación entre la temperatura media mensual del aire simulada por el WRF y observada en la estación del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) del 01/01/2018 al 31/12/2019.



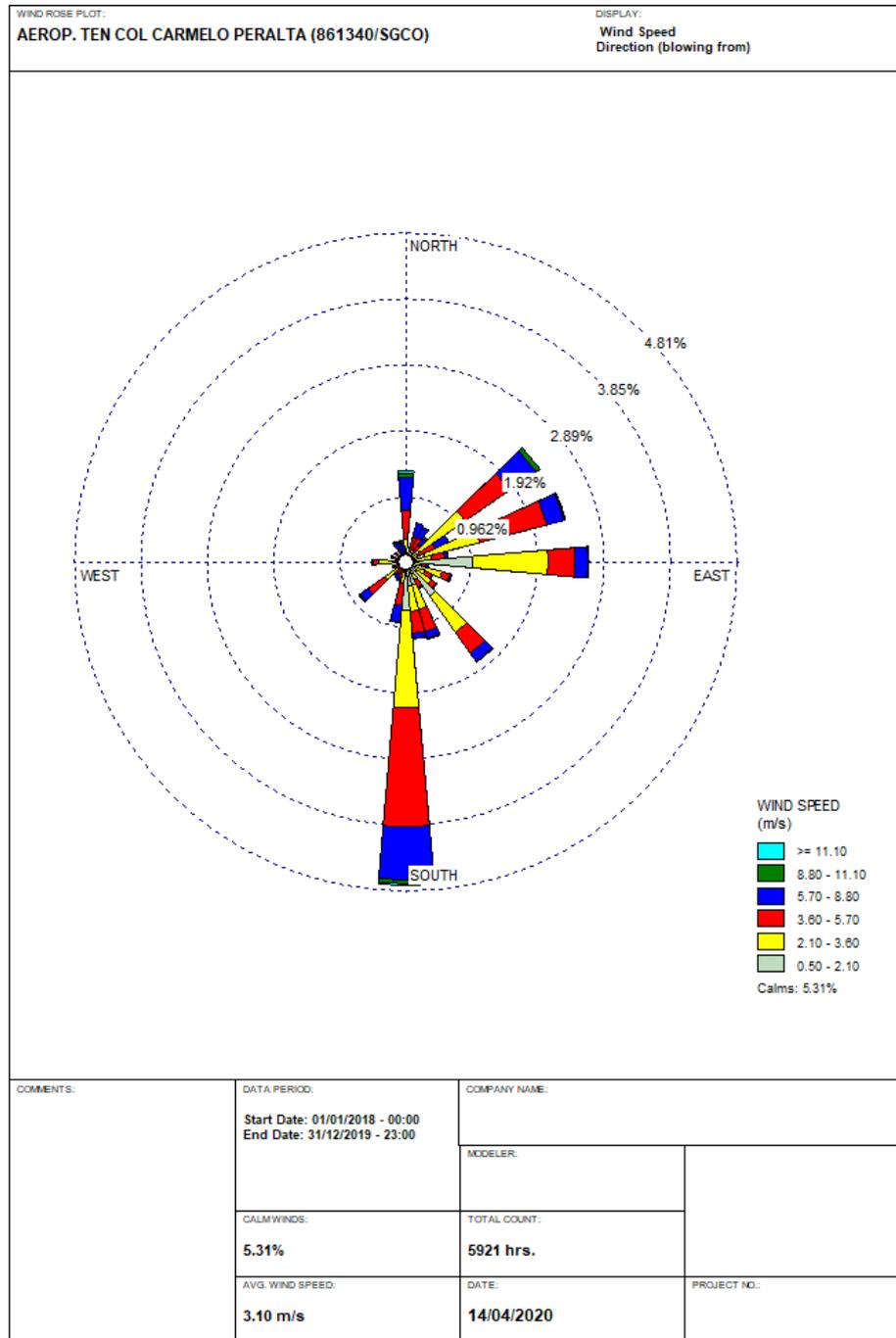
**Figura 9** – Comparación entre la presión atmosférica media mensual simulada por el WRF y observada en la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) del 01/01/2018 al 31/12/2019.



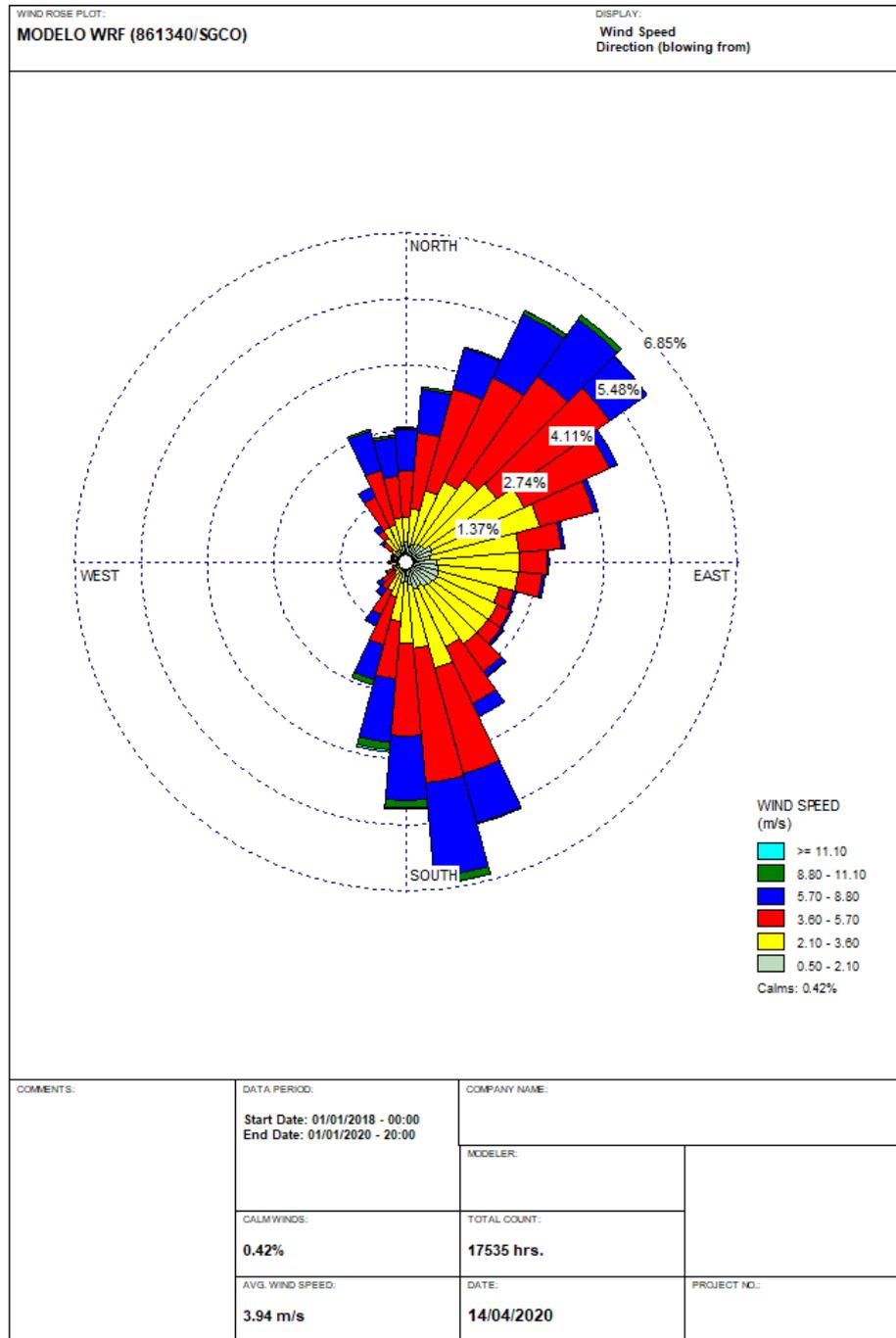
**Figura 10** – Comparación entre la humedad relativa mensual simulada por el WRF y la observada en la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) del 01/01/2018 al 31/12/2019.



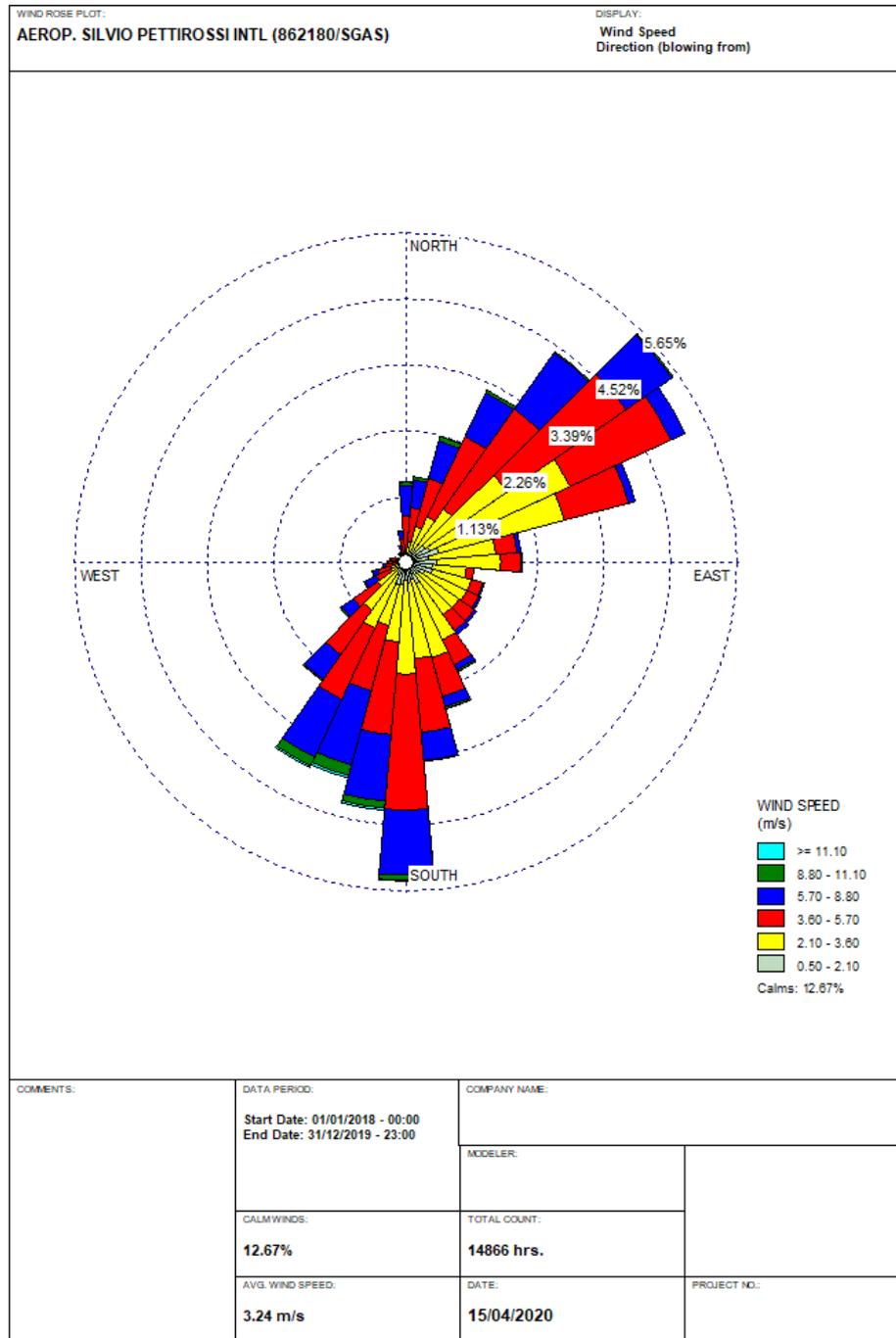
**Figura 11** – Comparación entre la velocidad media mensual del viento simulada por el WRF y la observada en la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) desde el 01/01/2018 hasta el 31/12/2019.



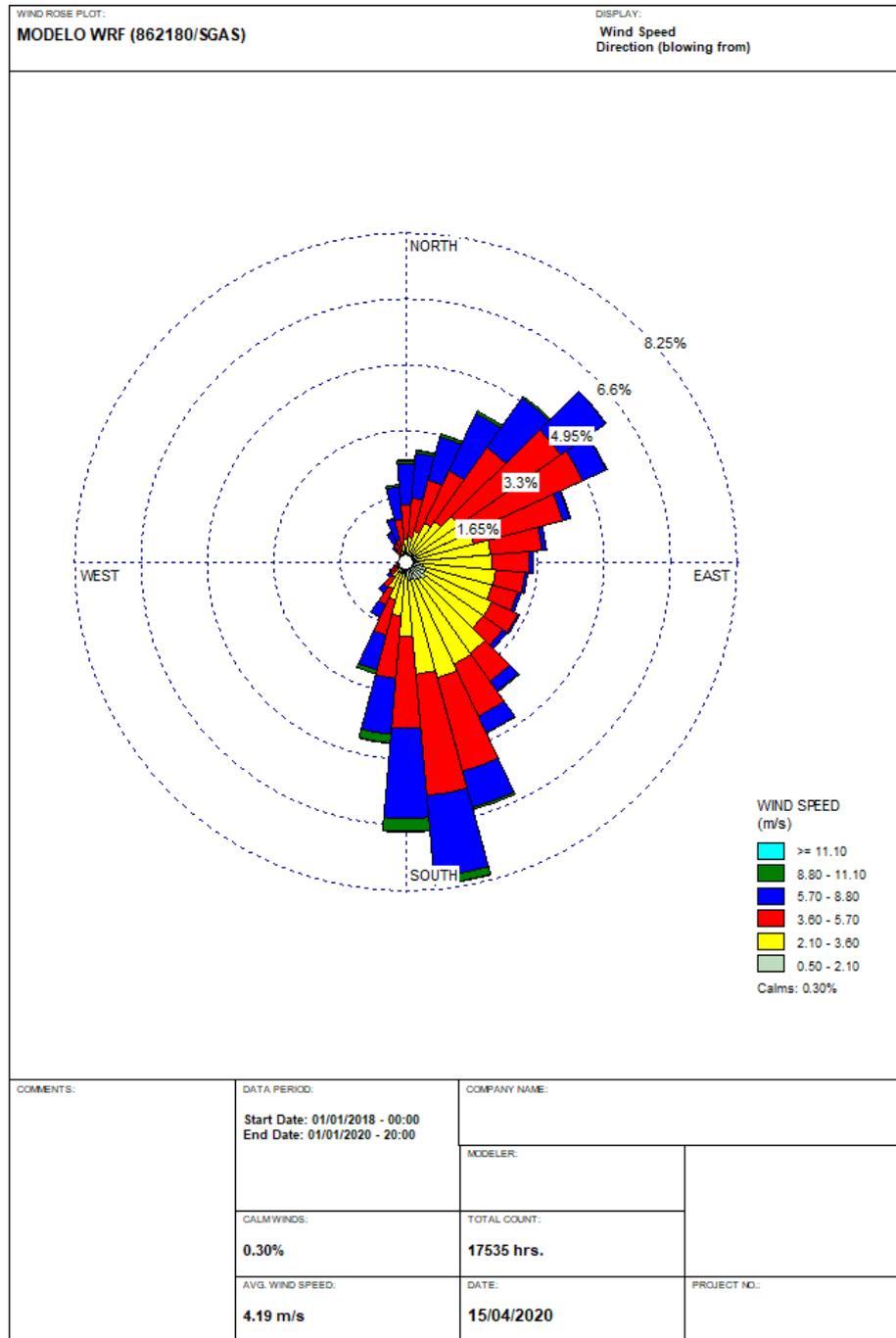
**Figura 12** – Rosa de los vientos generada por los datos observados en la estación del aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) del 01/01/2018 al 31/12/2019.



**Figura 13** – Rosa de los vientos generada a partir de los datos simulados por el modelo del WRF en las coordenadas del Aeropuerto Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF:861340/ICAO:SGCO) del 01/01/2018 al 01/01/2020.



**Figura 14** – Rosa de los vientos generada a partir de los datos observados en la estación del Aeropuerto Internacional Silvio Pettirossi (USAF:862180/ICAO:SGAS) del 01/01/2018 al 31/12/2019.



**Figura 15** – Rosa de los vientos generada a partir de los datos simulados por el modelo del WRF en las coordenadas de la estación del Aeropuerto Internacional Silvio Pettrossi (USAF:862180/ICAO:SGAS) desde el 01/01/2018 hasta el 01/01/2020.

Para analizar cuantitativamente las diferencias entre la simulación y la observación, la Tabla 4 presenta el resultado de un análisis estadístico de las variables evaluadas en las Figuras 8 a 13. Los índices estadísticos considerados son RMSE (Root-Mean-Square Error), BIAS y MAPE (Mean Absolute Percentage Error) (Carvalho et al., 2002; Wilks, 2011):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)$$

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(P_i - O_i)}{O_i} \right| \right) \times 100$$

donde  $P$  representa el valor predicho (simulado),  $O$  representa el valor observado y  $n$  indica el número de datos.

Root Square Error (RMSE) o Raíz de error medio cuadrático es una medida de diferencia entre los valores predichos por el modelo y los valores observados del entorno que se está simulando. Estas diferencias individuales también se denominan residuos, y el RMSE sirve para agregarlas en un único valor estadístico. BIAS representa la tendencia de los valores simulados a subestimar o sobreestimar los valores observados de las variables meteorológicas. MAPE es una medida estadística de precisión de un resultado simulado; mide la precisión como porcentaje y puede considerarse como el error porcentual absoluto promedio en cada período de tiempo. Cuanto más cerca de cero el valor RMSE, mejor será la predicción. Cuanto más cerca de cero el BIAS, mejor es la predicción. Los valores MAPE por debajo del 10% significan una alta precisión, entre el 10% y 20% se considera una buena precisión y entre el 20% y 50% el resultado es razonable.

De acuerdo con los valores estadísticos presentados en la Tabla 4, se puede concluir que el resultado de la simulación con el modelo WRF es muy bueno. Se observan valores relativamente bajos para los parámetros estadísticos RMSE y BIAS, lo que evidencia el grado de calidad de la simulación numérica. Existe una clara tendencia a que los valores simulados sobreestimen los valores medidos de casi todas las variables meteorológicas, con la excepción de la presión atmosférica. También se observa que MAPE se mantuvo por debajo del 10% para la mayoría de las variables, con una excepción para la velocidad del viento. Este último resultado indica una alta precisión del modelo en la simulación de las condiciones climáticas en la región de interés.

**Tabla 4** – Parámetros estadísticos calculados a partir de la comparación entre promedios mensuales simulados por WRF y observados en la estación del Aeropuerto Teniente Carmelo Peralta (USAF:861340/OACI:SGCO) en el período de 01/01/2018 al 31/12/2019.

<b>Parámetro</b>	<b>RMSE</b>	<b>BIAS</b>	<b>MAPE</b>
Temperatura del Aire	1,323 °C	0,940 °C	5,175 %
Presión Atmosférica	2,447 hPa	-1,339 hPa	0,218 %
Humedad Relativa	5,761 %	0,348 %	6,815 %
Velocidad del Viento	0,998 m/s	0,948 m/s	31,875 %
Dirección del Viento	13,109 grados	4,757 grados	9,399 %

### 3.3. Capa Límite Atmosférica (CLA)

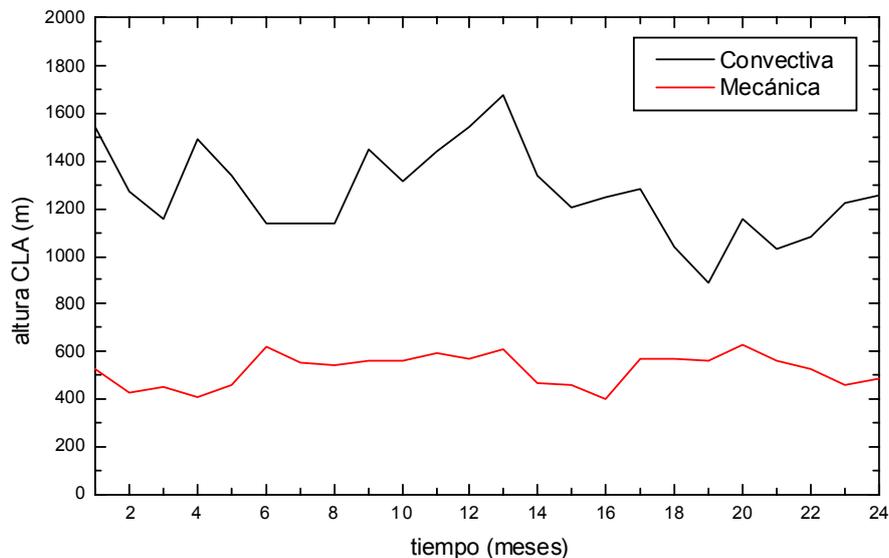
La Capa Límite Atmosférica (CLA) es la capa más baja de la atmósfera y es directamente influenciada por la presencia de la superficie terrestre. La turbulencia es el fenómeno característico de esta capa, la cual tiene un papel fundamental en la evolución de la altura de la CLA y la difusión de los contaminantes emitidos cerca de la superficie. La CLA es, por lo tanto, el volumen que encierra el proceso de difusión turbulenta y su altura actúa como límite vertical para el transporte de los contaminantes emitidos en la superficie. La CLA evoluciona de tal manera que durante el día tiene más espesor que durante la noche.

La turbulencia en el CLA puede ser de origen térmico, donde el proceso de

convección se genera a partir de la incidencia de la radiación solar en la superficie durante el día, y de origen mecánico, donde se generan pequeños vórtices turbulentos a partir de la fricción del viento en la superficie durante el día o la noche. Durante el día la turbulencia tiene su origen en la competencia entre la fuerza térmica y la fuerza mecánica, y durante la noche sólo la fuerza mecánica está activa. La turbulencia térmica es más eficaz para la difusión de los contaminantes, ya que los grandes vórtices de convección actúan más eficazmente para hacer homogéneo el campo de concentración.

Por lo tanto, para evaluar la evolución de la altura del CLA es necesario considerar las variables meteorológicas de la velocidad del viento y la temperatura del aire. La figura 16 muestra la evolución temporal de las alturas de la CLA convectiva y mecánica, entre los días 01/01/2018 y 01/01/2020. Se observa que la CLA es más alta durante los períodos más cálidos del año, por lo que existe una fuerte correlación entre la evolución de la temperatura del aire y la evolución de la altura de la CLA convectiva. Específicamente, la amplitud de la altura de la CLA convectiva es mucho mayor que la amplitud de la CLA mecánica, mostrando diferencias que alcanzan los 1100 m. Este resultado está relacionado con la variabilidad de la temperatura del aire y la radiación solar a lo largo del año.

La evolución de la CLA mecánica está correlacionada con la evolución de la velocidad del viento. Cuanto mayor es la intensidad del viento, mayores son los valores de velocidad de fricción ( $u^*$ ) y longitud de Obukhov ( $L$ ), lo que genera un aumento de la difusión de los contaminantes debido a la turbulencia mecánica; ( $L$ ) representa, además de un parámetro de estabilidad, la altura en el CLA hasta donde el efecto de la turbulencia mecánica es más efectivo. Según los resultados, la altura media de CLA convectiva es de 1.267 m mientras que la altura de CLA mecánica es de 523 m.



**Figura 16** – Evolución temporal (media mensual) de la altura de la CLA calculada por el AERMET para el sitio de la fábrica en el período comprendido entre el 01/01/2018 y el 01/01/2020.

### 3.4. Dispersión de Contaminantes

Las simulaciones de la dispersión de los contaminantes CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> se realizan utilizando el modelo de dispersión conocido como AERMIC model (AERMOD), que fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US - EPA). Los datos meteorológicos utilizados como parámetros de entrada en el modelo AERMOD se derivan de la simulación meteorológica con el modelo de mesoescala del WRF. La serie de datos meteorológicos abarca el período comprendido entre el 01/01/2018 y el 01/01/2020. Este período de tiempo permite el estudio de la dispersión, considerando todas las condiciones meteorológicas que influyen en el transporte y la difusión de los contaminantes en la región.

La información de las fuentes de emisión (tasas de emisión y condiciones de liberación) presentada en el Cuadro 3 (véase la sección 2.5) se utiliza para introducir datos en el modelo de dispersión del AERMOD. El dominio de la simulación comprende un área de 2500 km<sup>2</sup> (50 km x 50 km), con una resolución horizontal de 0,25 km. Este dominio ha sido configurado utilizando tres criterios. El primer criterio se refiere a la

determinación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que indica que los datos de superficie son representativos de una región en un radio de hasta 25 km, en condiciones meteorológicas homogéneas. El segundo criterio tiene en cuenta el hecho de que el AERMOD es un modelo estacionario, o sea, que durante un período de tiempo determinado el valor de cualquier variable meteorológica en el lugar de la estación es el mismo para todo el dominio de la simulación. Así pues, el uso de un dominio de más de 50 km x 50 km en una región meteorológica no estacionaria generaría condiciones meteorológicas incorrectas. El tercer criterio está relacionado con el hecho de que, en un análisis inicial, los picos de concentración se producen a una distancia mucho menor de 25 km. Esto asegura que las mayores concentraciones se produzcan dentro del dominio de la simulación con un buen margen de seguridad.

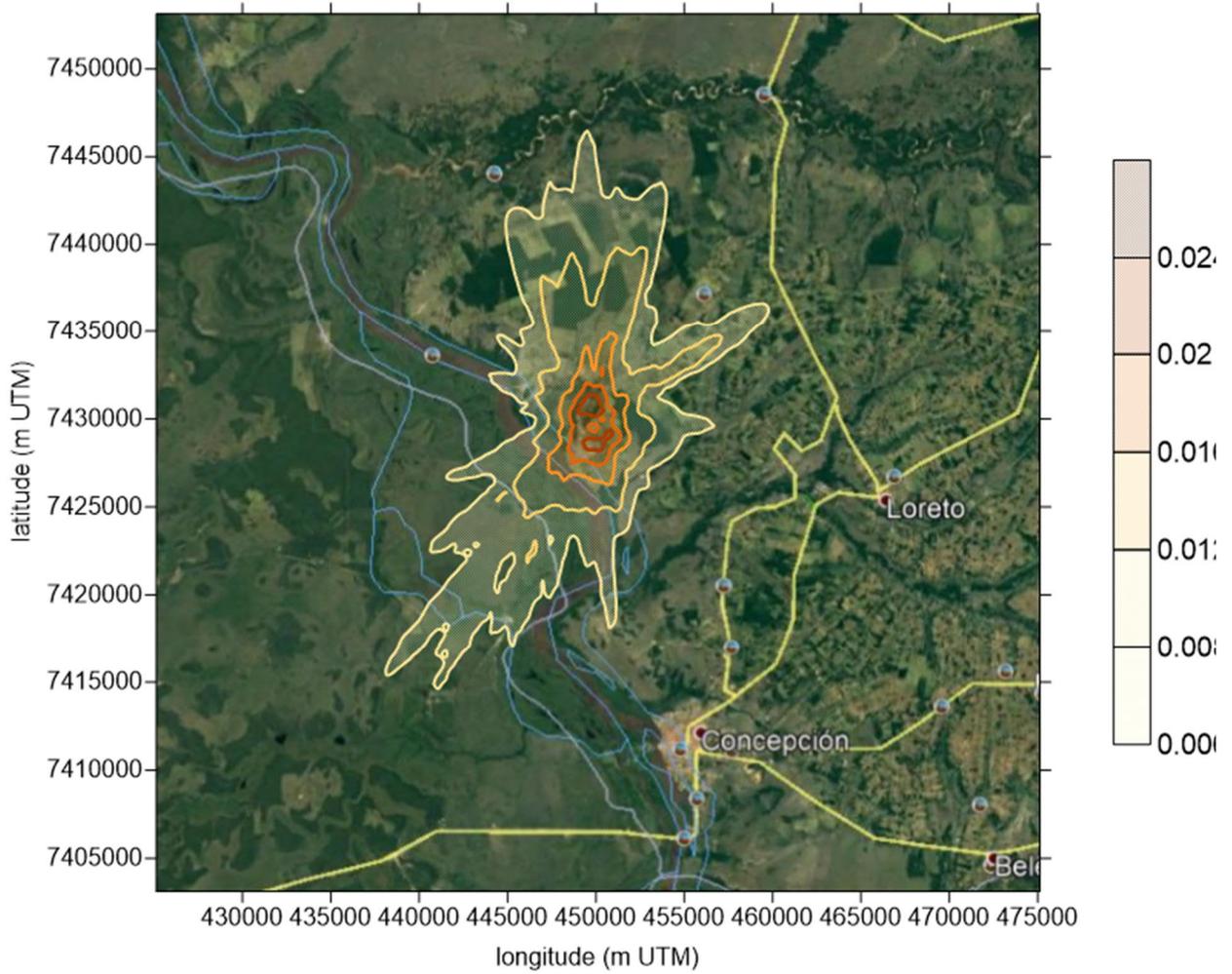
La información de topografía se obtiene de la base de datos de la SRTM-NASA (Shuttle Radar Topography Mission - NASA), con una resolución de 90 m. Las características de la superficie (longitud de la rugosidad, albedo y ratio de Bowen) son generadas por el modelo AERSURFACE de los archivos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) - National Land Cover Data 1992 (NLCD92). Se ha considerado el efecto de la bajada de los edificios, ya que hay construcciones cerca de las fuentes, de manera que la pluma de contaminantes puede modificarse por efecto de la turbulencia mecánica causada por los obstáculos.

Las figuras 17 a 26 muestran los campos de concentración superficial máxima media de los contaminantes CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> simulados por el AERMOD. La concentración media máxima se obtiene mediante un promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anualmente en cada punto de la cuadrícula, dependiendo del contaminante y su respectivo estándar de calidad del aire (véase la sección 2.4). En la secuencia, los valores de concentración más altos se determinan en cada punto de la cuadrícula para generar los campos presentados en las figuras. Considerando los intervalos de tiempo de los promedios, los campos de concentración de 1h, 8h y 24h son valores máximos representativos de los promedios a corto plazo, mientras que los campos de concentración anuales son valores máximos representativos de los promedios a largo plazo.

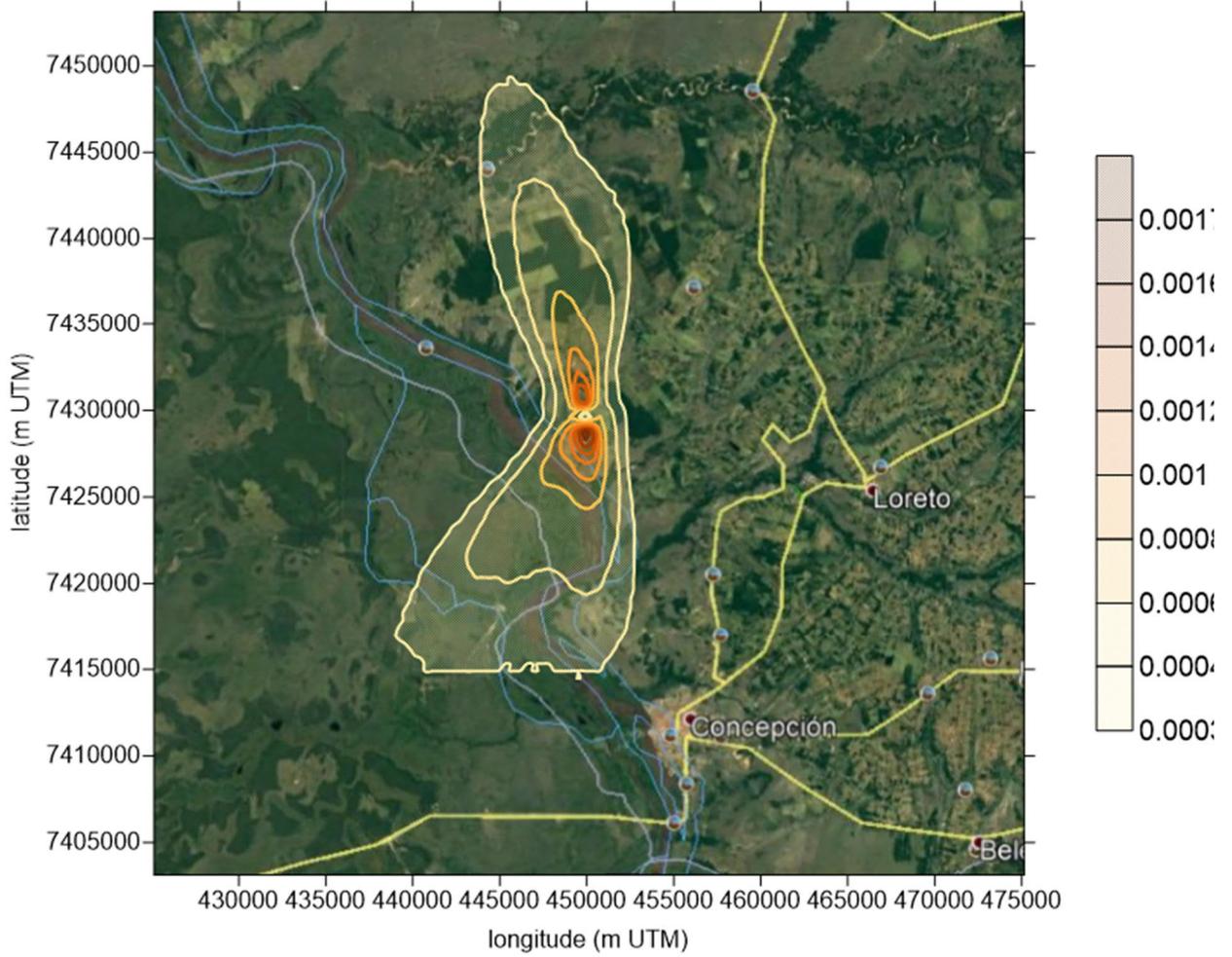
Inicialmente, es posible observar los bajos valores de las concentraciones simuladas de las emisiones de la empresa. Los valores máximos de concentración de

CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> están por debajo de los estándares de calidad del aire establecidos por la Resolución 259/15 de la SEAM (Tabla 2). Los valores máximos de concentración de TRS están muy por debajo del límite de percepción de olores de la OMS (2003) de 11 µg/m<sup>3</sup>. Los picos de concentración máxima de todos los contaminantes se producen al norte y al sur-suroeste de las fuentes de emisión. En el cuadro 4 se presenta un resumen de los resultados de la simulación, en el que se destacan los valores de los picos de concentración máxima media y las distancias a las que se producen desde las fuentes de emisión.

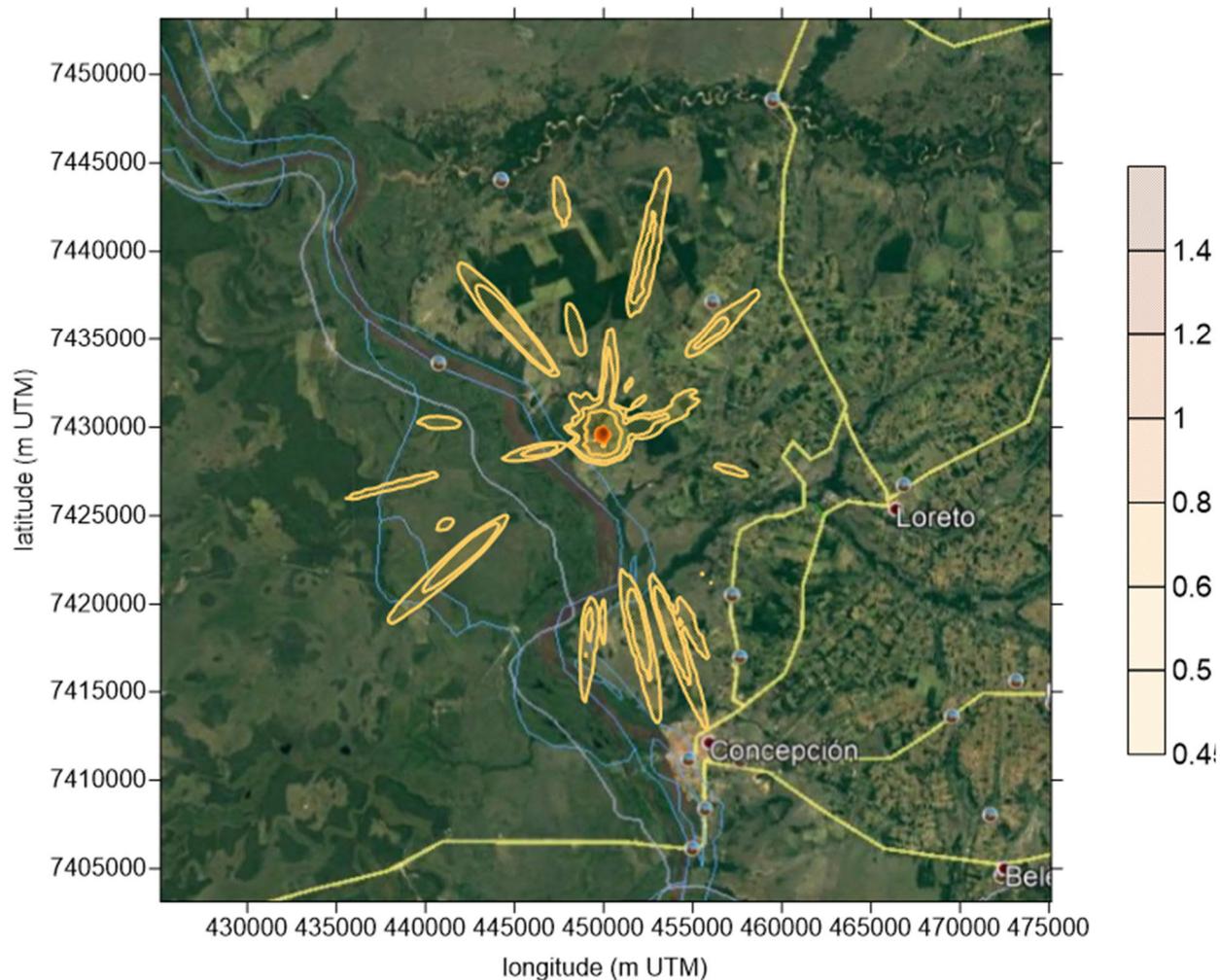
La figura 27 muestra el lugar donde se producen las tres concentraciones más altas en relación con el punto de emisión. En el cuadro 5 se presentan los valores máximos de concentración en 15 receptores discretos en la región de interés. La elección de los receptores tuvo en cuenta los lugares de circulación de las personas cerca de las fuentes de emisión y las direcciones de viento preferidas. La figura 28 presenta un mapa con la ubicación de los 15 receptores discretos en relación con la empresa. Los listados completos con las mayores concentraciones de CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> se encuentran en el Anexo A de este informe técnico.



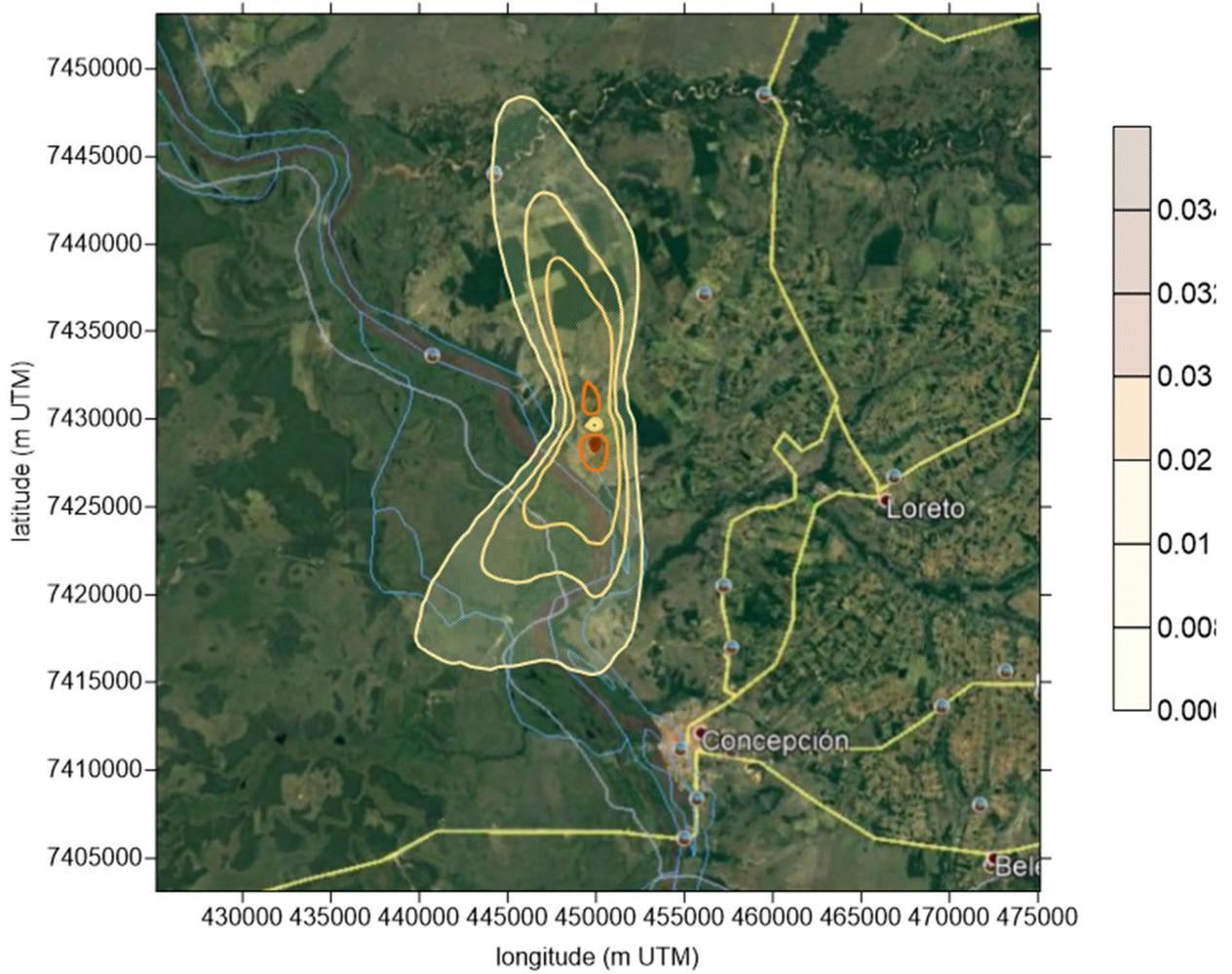
**Figura 17** – Concentración media máxima de 8 horas para el CO (escala en  $\text{mg m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de  $0,02490 \text{ mg m}^{-3}$  en la posición 7430625 S y 449875 O (m UTM) en el 02/04/2019 a las 16 h.



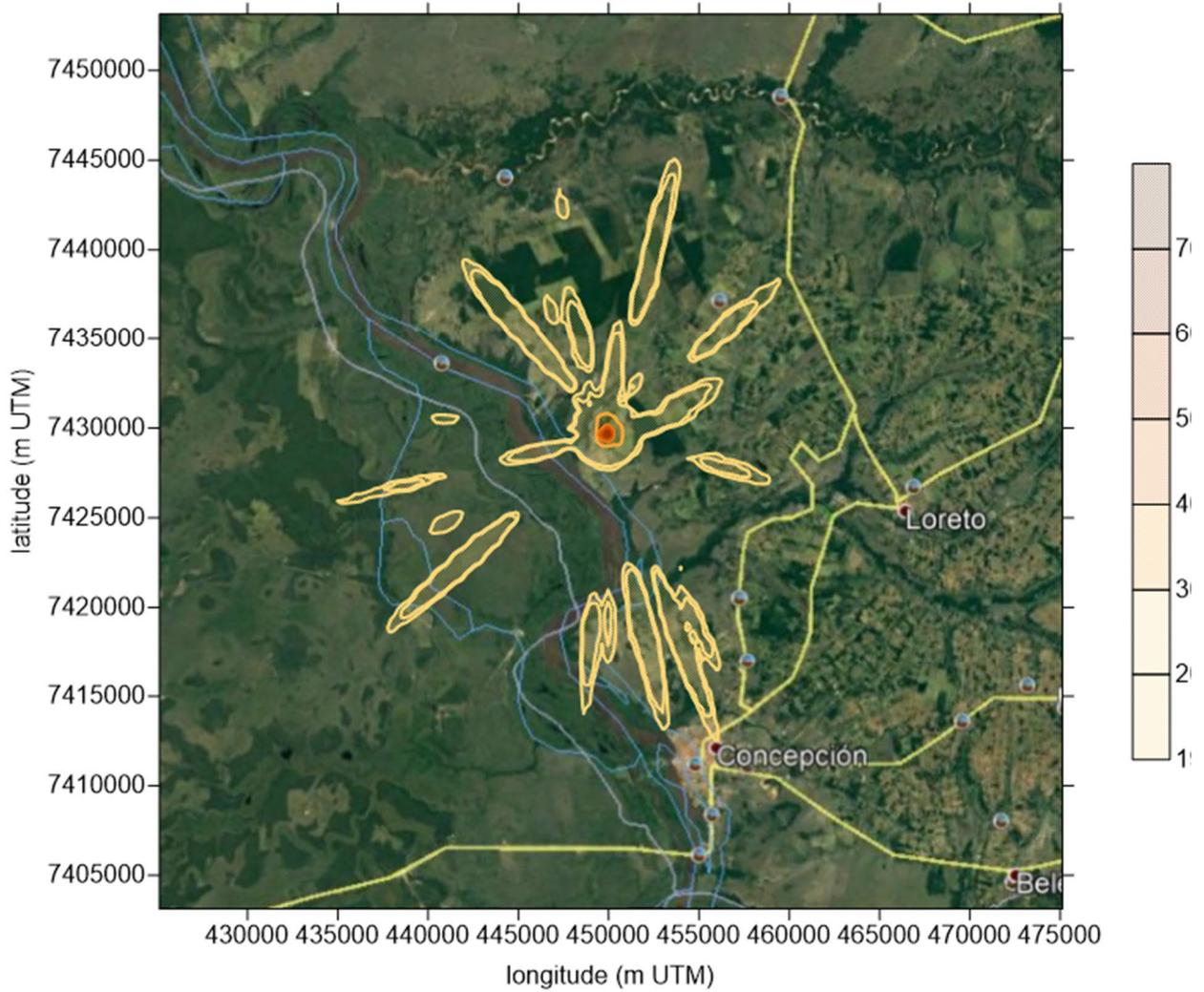
**Figura 18** – Concentración media anual máxima de CO (escala en mg m<sup>-3</sup>). Concentración máxima de pico de 0,00174 mg m<sup>-3</sup> en la posición 7428625 S y 449875 O (m UTM).



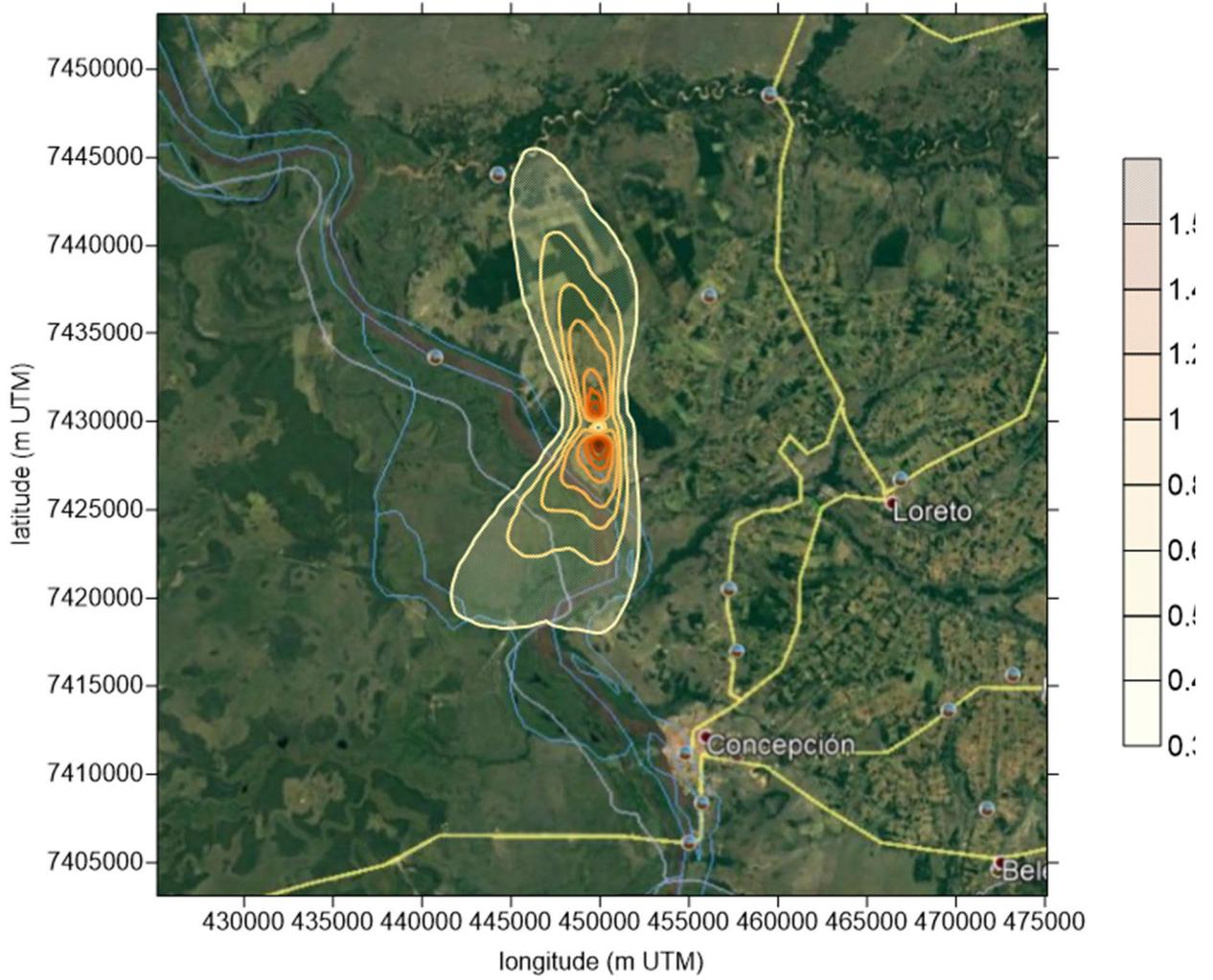
**Figura 19** – Concentración media máxima de 1 hora para el TRS (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de  $1.49240 \mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7429875 S y 449875 O (m UTM) en 24/02/2018 a las 12h.



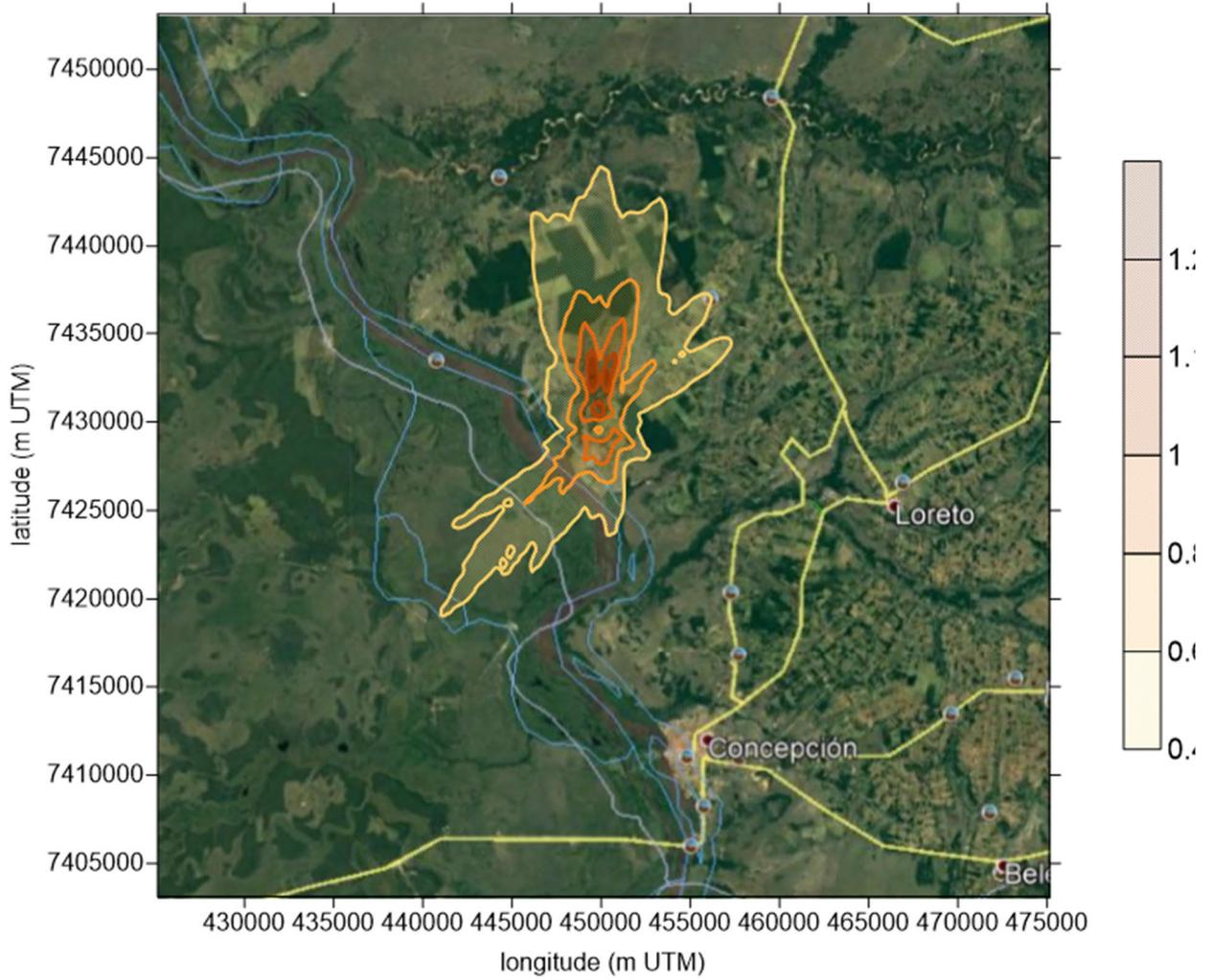
**Figura 20** – Concentración media anual máxima para el Azufre Total Reducido (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de  $0,03424 \mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7428625 S y 449875 O (m UTM).



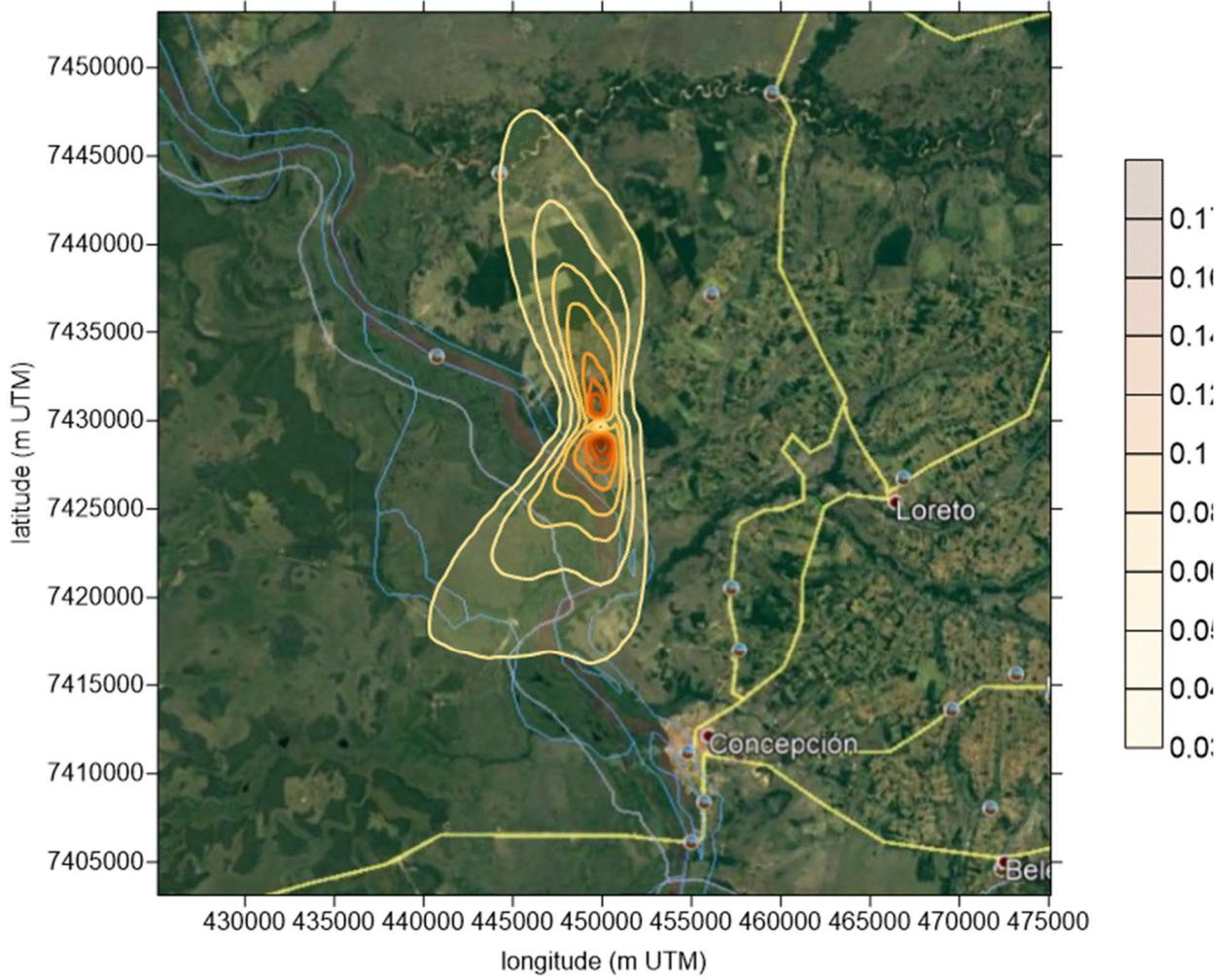
**Figura 21** – Concentración media máxima de 1 hora para el NO<sub>2</sub> (escala en µg m<sup>-3</sup>). Concentración máxima de pico de 74,81947 µg m<sup>-3</sup> en la posición 7429875 S y 449875 O (m UTM) en 24/02/2018 a las 12h.



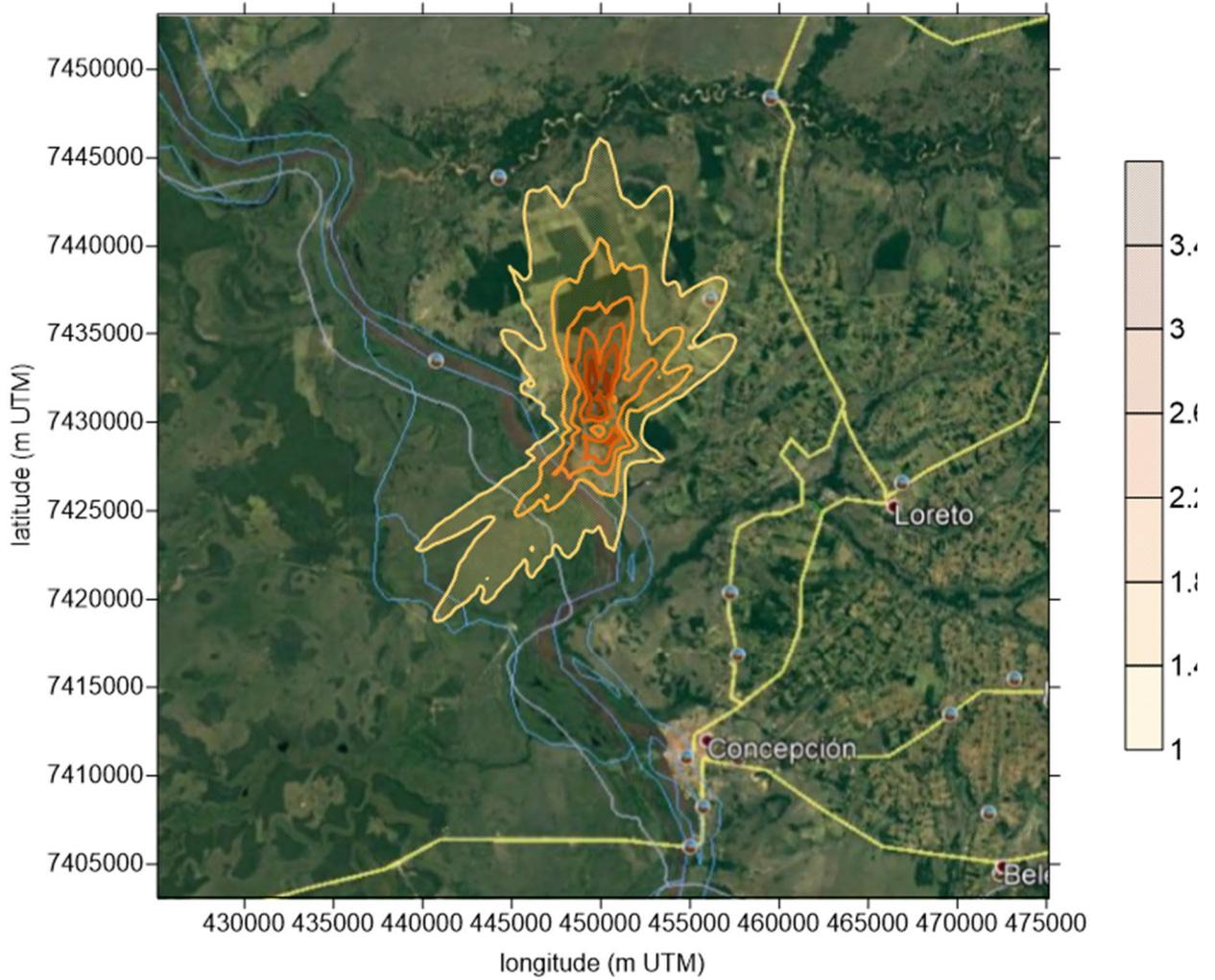
**Figura 22** – Concentración media anual máxima de NO<sub>2</sub> (escala en µg m<sup>-3</sup>). Concentración máxima de pico de 1,57742 µg m<sup>-3</sup> en la posición 7428625 S y 449875 O (m UTM).



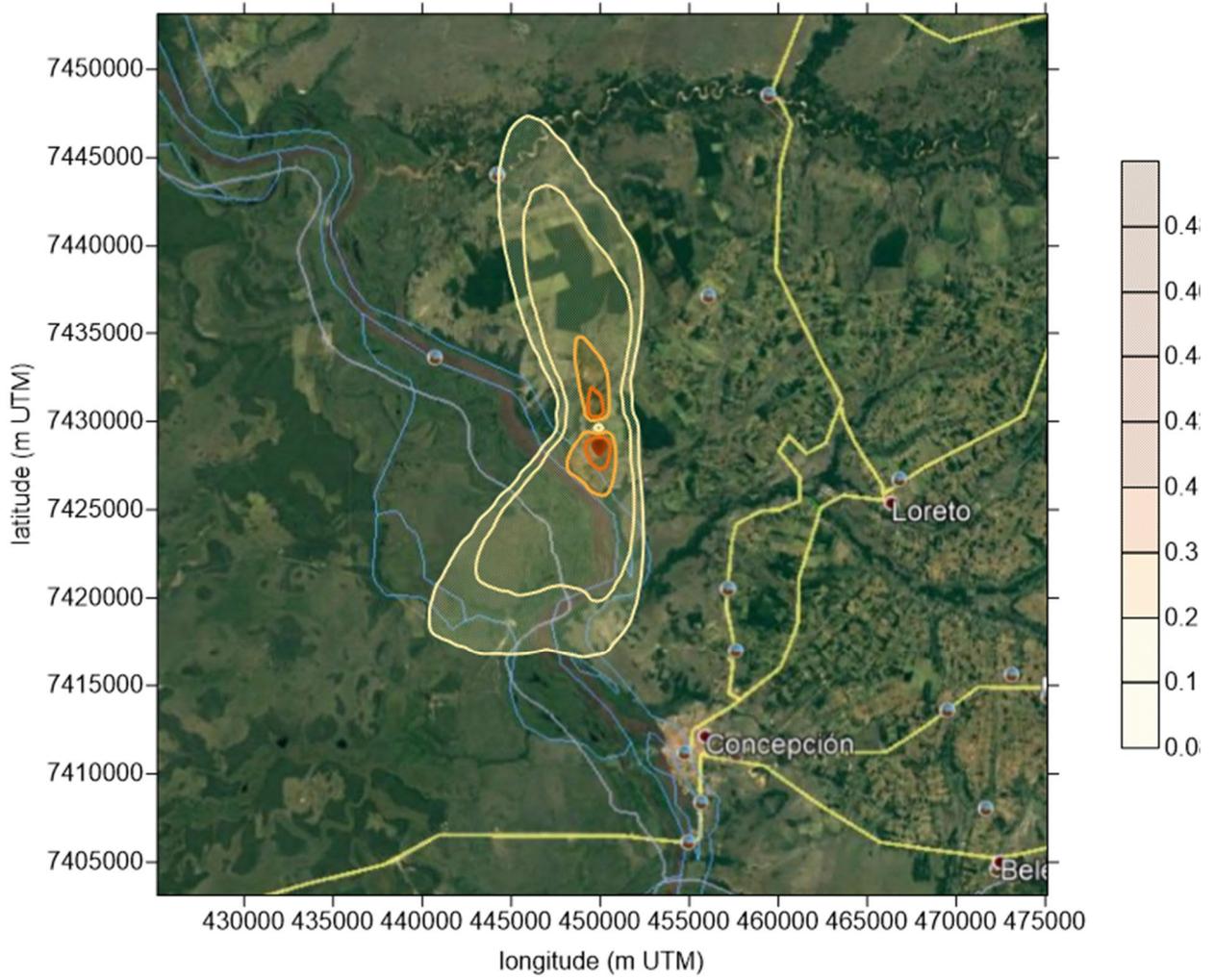
**Figura 23** – Concentración máxima media de 24 horas para  $\text{PM}_{10}$  (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de  $1.23890 \mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7432125 S y 450125 O (m UTM) en 02/08/2019.



**Figura 24** – Concentración media anual máxima para PM10 (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de 0,17252  $\mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7428625 S y 449875 O (m UTM).



**Figura 25** – Concentración máxima media de 24 horas para SO<sub>2</sub> (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Pico de concentración máxima de  $3,45833 \mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7432125 S e 449625 O (m UTM) en 13/08/2019.



**Figura 26** – Concentración media anual máxima para el SO<sub>2</sub> (escala en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Concentración máxima de pico de 0,47616  $\mu\text{g m}^{-3}$  en la posición 7428625 S y 449875 O (m UTM).

**Tabla 5** - Valores máximos de las concentraciones medias máximas, ubicación y altitud.

<b>Contaminante</b>	<b>Media</b>	<b>Conc. (<math>\mu\text{g m}^{-3}</math>)</b>	<b>Conc. (<math>\text{mg m}^{-3}</math>)</b>	<b>Estándar Calidad del Aire Resolución SEAM n° 259/15</b>	<b>Ubicación (m UTM)</b>	<b>Altitud (m)</b>
CO	8 h		0,02490	10 $\text{mg/m}^3$	7430625 S; 449875 O	105
CO	anual		0,00174	-	7428625 S; 449875 O	81
H <sub>2</sub> S	1h	1,49240		-	7429875 S; 449875 O	93
H <sub>2</sub> S	anual	0,03424		-	7428625 S; 449875 O	81
NO <sub>2</sub>	1h	74,81947		200 $\mu\text{g/m}^3$	7429875 S; 449875 O	93
NO <sub>2</sub>	anual	1,57742		40 $\mu\text{g/m}^3$	7428625 S; 449875 O	81
PM <sub>10</sub>	24 h	1,23890		150 $\mu\text{g/m}^3$	7432125 S; 450125 O	84
PM <sub>10</sub>	anual	0,17252		-	7428625 S; 449875 O	81
SO <sub>2</sub>	24 h	3,45833		20 $\mu\text{g/m}^3$	7432125 S; 449625 O	86
SO <sub>2</sub>	anual	0,47616		-	7428625 S; 449875 O	81

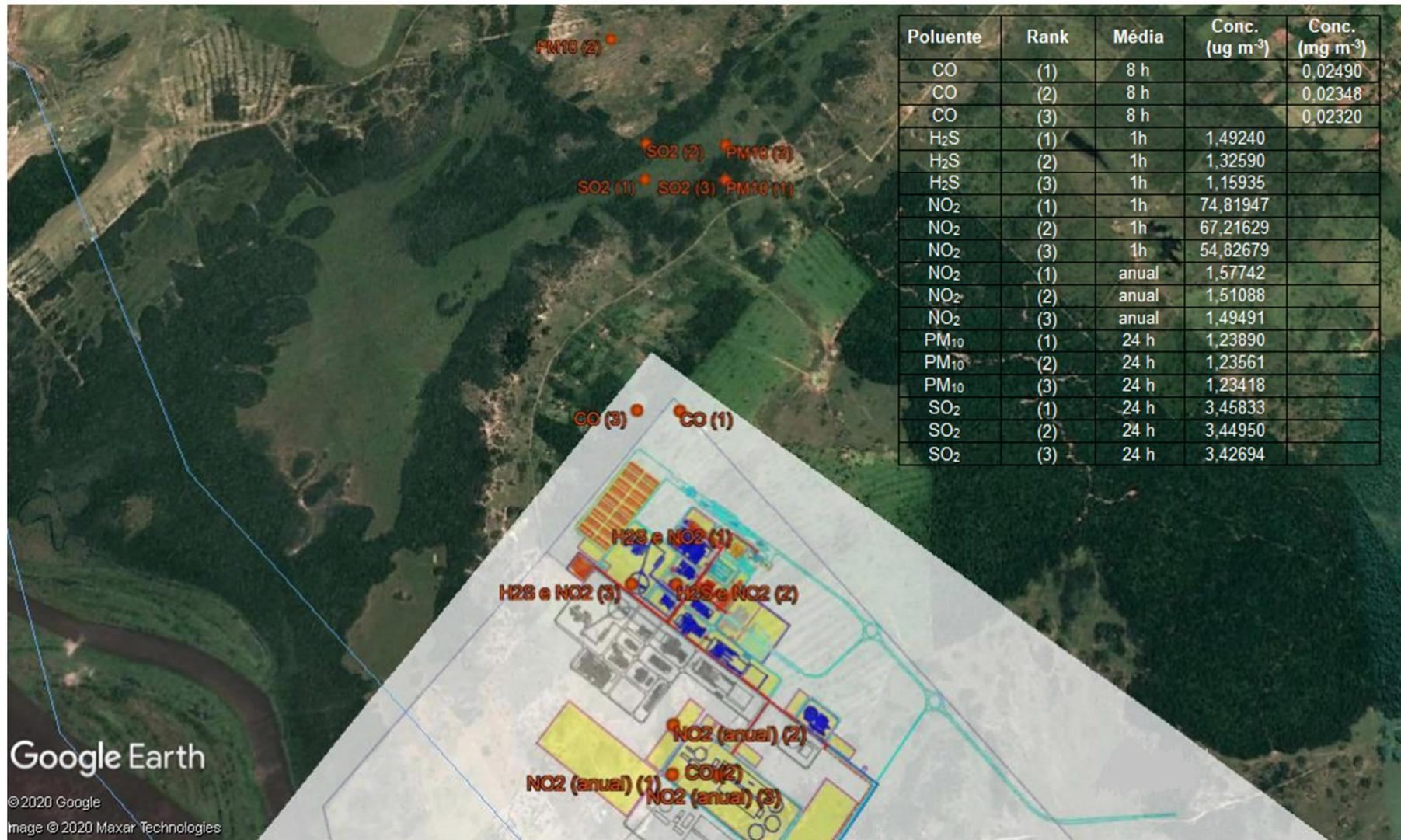


Figura 27 – Ubicación de las tres mayores concentraciones alrededor de las fuentes de la fábrica.

**Tabla 6** – Concentraciones máximas promedias de los contaminantes CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e SO<sub>2</sub> en 15 receptores discretos.

Receptor	Latitud (m UTM)	Longitud (m UTM)	Distancia (m)	CO (8h) (mg m <sup>-3</sup> )	TRS (1h) (μg m <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (1h) (μg m <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (anual) (μg m <sup>-3</sup> )	PM <sub>10</sub> (24h) (μg m <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (24h) (μg m <sup>-3</sup> )
1PC	7430391,91	449116,83	990	0,02278	0,62720	28,57480	0,62879	1,00221	2,74160
8PC	7431394,05	449676,03	1700	0,01943	0,52123	22,82475	1,18136	0,96854	2,76283
13PC	7432140,83	450453,38	2500	0,01438	0,56375	24,12785	0,66171	0,94413	2,93071
25SC	7432559,04	446004,90	4800	0,00646	0,39077	14,82095	0,20657	0,35561	1,00411
23SM	7425994,00	453141,00	4800	0,00579	0,27218	12,06002	0,20551	0,22369	0,58613
26SD	7434628,66	450930,24	5200	0,01216	0,43091	18,62207	0,46721	0,94560	2,58933
40LP - Centro	7433012,58	454114,85	5470	0,00840	0,35621	15,13918	0,14720	0,46553	1,29691
21PY	7429985,53	455552,36	5700	0,00628	0,33315	13,56784	0,12158	0,23911	0,67922
30SR - Centro	7427494,70	455813,98	6300	0,00490	0,39714	18,27058	0,11276	0,22911	0,62055
AR3	7434430,00	457299,00	8800	0,00748	0,32489	14,45117	0,09836	0,39442	1,02888
50RP - Centro	7436905,19	455528,15	9300	0,00555	0,28749	10,76636	0,11624	0,41794	1,16889
60KP - Centro	7420669,84	457392,36	11700	0,00317	0,33599	15,96352	0,10143	0,13293	0,34587
27HA	7417523,92	454028,61	13000	0,00476	0,55114	24,16594	0,18062	0,20875	0,55525
AR2	7426022,00	466753,00	17300	0,00276	0,27709	10,38484	0,05060	0,07745	0,20585
AR1	7410810,00	454572,00	19500	0,00287	0,32137	13,34266	0,14436	0,18067	0,47359
<b>Estándar Calidad del Aire Resolución SEAM n° 259/15</b>				<b>10 mg/m<sup>3</sup></b>	<b>-</b>	<b>200 μg/m<sup>3</sup></b>	<b>40 μg/m<sup>3</sup></b>	<b>150 μg/m<sup>3</sup></b>	<b>20 μg/m<sup>3</sup></b>



**Figura 27** – Ubicación de los 15 receptores discretos alrededor de la futura fábrica de celulosa.

#### 4. CONCLUSIONES

Este informe técnico presentó los resultados del estudio de dispersión de los contaminantes monóxido de carbono (CO), azufre total reducido (TRS), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), material particulado (MP<sub>10</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) emitidos por las fuentes de la futura fábrica de celulosa PARACEL. El proyecto y sus fuentes de emisión se instalarán cerca de la ciudad de Concepción, en Paraguay, en las coordenadas 23.241050° S y 57.490110° O. Se realizaron simulaciones de dispersión con el sistema del modelo WRF-MMIF-AERMET-AERMOD, de manera que los datos de superficie y altitud se derivan de la simulación numérica con el modelo meteorológico del WRF.

El estudio reveló que existe una buena correlación entre las condiciones meteorológicas y climatológicas analizadas y el comportamiento de la pluma de contaminantes. Las concentraciones de contaminantes en la superficie dependen principalmente de las condiciones meteorológicas y el transporte de contaminantes está bajo la influencia de las condiciones de macro, meso y microescala. Según los datos meteorológicos y los resultados del estudio de dispersión, las direcciones de los vientos del sur y del noreste definieron la ubicación de los picos de concentración.

Finalmente, las simulaciones de dispersión atmosférica generaron bajos valores de concentración de los contaminantes CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>. Los valores máximos de concentración están por debajo de los estándares de calidad del aire establecidos por la normativa de Paraguay para el CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> y del límite de percepción de olores indicado por la Organización Mundial de la Salud para el TRS (Azufre Total Reducido). Específicamente, las concentraciones máximas de PM<sub>10</sub> están incluso por debajo de los estándares de calidad del aire para PM<sub>2,5</sub>, considerando tanto el promedio diario (24 h) como el promedio anual. Los picos de concentración máxima de todos los contaminantes se producen cerca de la fábrica, a distancias entre 165 y 2.428 m. Las concentraciones de contaminantes en receptores discretos, elegidos para complementar la evaluación de la calidad del aire en el área de interés, están por debajo de las normas de calidad del aire.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Arya, S. P. 1999. Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press.
- Atkinson, B. W. 1981. Mesoscale Atmospheric Circulations. London Academic Press, 495 p.
- Carvalho, J. C., Vilhena, M. T., 2005. Pollutant dispersion simulation for low wind speed condition by the ILS method. Atmospheric Environment 39, 6282-6288
- Carvalho, J.C., Degrazia, G.A., Vilhena, M. T., Magalhães, S.G., 2006. Parameterization of meandering phenomenon in a stable atmospheric boundary layer. Physica A 368, 247-256.
- Bioagri, 2017. Relatório de Monitoramento de Emissões Atmosféricas N° 320405/2017. Paulinia-SP, 70p.
- Cimorelli, A. J., Perry S. G., Venkatram A., Weil J. C., Paine R. J., Wilson R. B., Lee R. F., Peters W. D., Brode R. W. & Paumier J. O. 2004. AERMOD: Description of Model Formulation, EPA-454/R-03-004. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Cimorelli, A. J. & Coauthors, 2005: AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization. J. Appl. Meteor., 44, 682–693.
- EPA, 2004a: User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET).
- EPA, 2004b: User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model – AERMOD. EPA-454/B-03-001. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- EPA, 2008a: AERMOD Implementation Guide. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- EPA, 2008b: AERSURFACE User's Guide. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Air Quality Modeling Group, Research Triangle Park, North Carolina
- EPA, 2013: The MESOSCALE MODEL. INTERFACE PROGRAM (MMIF). Draft User's Manual Version 2.3.
- Gryning, S. E. & Batchvarova, E. 1990. Simple model of the day time boundary layer height. 9th Symposium on Turbulence and Diffusion, American Meteorological

Society, 379.

National Centers For Environmental Protection (NCEP). Disponível em:  
<http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.  
<https://www.ncdc.noaa.gov/isd>. Acessado em 10 de abril de 2020.

Oke, T. R. 1978. Boundary Layer Climates”, Methuem, London, 372 pp.

Seinfeld J. H. 1986. Air Pollution: Physical and Chemical Fundamentals. McGraw-Hill.

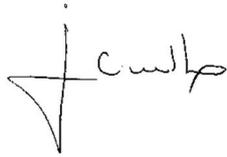
Velasco, I. & Fritsch, J. M. 1987. Mesooscale Convective Complexes in the Américas.  
Journal of Geophysical Research, v. 92, D8, p. 959-9613.

WHO 2003. Hydrogen Sulphide: Human Health Aspects. Concise International Chemical  
Assessment Document 53, World Health Organisation, Geneva.

Wikipedia - [https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_de\\_Paraguay](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Paraguay). Acessado em 10 de abril  
de 2020.

Rio Grande, 15 de julio de 2020.

RESPONSABILIDAD TÉCNICA:



---

Dr. Jonas Carvalho  
Meteorologista - Responsable Técnico  
CREA: RS122364



---

Dra. Natalia Pereira  
Meteorologista - Responsable Técnica  
CREA RS148325

## **ANEXO A**

**TABLAS QUE CONTIENEN LOS VALORES DE LAS CONCENTRACIONES  
MÁXIMAS DE LOS CONTAMINANTES CO, TRS, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> Y SO<sub>2</sub>**

**Tabla A1 – 50 concentraciones más altas de CO (8h) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE MAXIMUM 50 8-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***									
INCLUDING SOURCE(S): CALDREC , FRNCAL1 , FRNCAL2 , CALDBIO ,									
** CONC OF CO					IN MILLIGRAMS/M**3				
RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
1.	0.02490	(19020416)	AT	( 449875.00, 7430625.00) DC	26.	0.02171	(18120216)	AT	( 449875.00, 7430875.00) DC
2.	0.02348	(19022316)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC	27.	0.02167	(19110116)	AT	( 449375.00, 7428875.00) DC
3.	0.02320	(19022716)	AT	( 449625.00, 7430625.00) DC	28.	0.02167	(18120116)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC
4.	0.02319	(18022116)	AT	( 449875.00, 7430625.00) DC	29.	0.02166	(18120716)	AT	( 449625.00, 7431125.00) DC
5.	0.02316	(19020416)	AT	( 449875.00, 7430875.00) DC	30.	0.02157	(19022316)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
6.	0.02310	(18111916)	AT	( 449375.00, 7430375.00) DC	31.	0.02150	(18010316)	AT	( 449875.00, 7430625.00) DC
7.	0.02307	(18031016)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC	32.	0.02148	(18120216)	AT	( 449875.00, 7431125.00) DC
8.	0.02300	(19021616)	AT	( 450125.00, 7430625.00) DC	33.	0.02147	(18111216)	AT	( 449625.00, 7428375.00) DC
9.	0.02279	(18021316)	AT	( 449625.00, 7430625.00) DC	34.	0.02146	(19022416)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC
10.	0.02278	(18112516)	AT	( 449125.00, 7430375.00) DC	35.	0.02143	(19022416)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
11.	0.02275	(18010716)	AT	( 449375.00, 7430875.00) DC	36.	0.02141	(19011016)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC
12.	0.02262	(18021316)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC	37.	0.02139	(18031016)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
13.	0.02248	(18011416)	AT	( 450875.00, 7429125.00) DC	38.	0.02136	(19022316)	AT	( 450125.00, 7428875.00) DC
14.	0.02244	(18120716)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC	39.	0.02134	(19111516)	AT	( 449875.00, 7430625.00) DC
15.	0.02236	(19123116)	AT	( 450875.00, 7429375.00) DC	40.	0.02132	(18012316)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
16.	0.02220	(19112816)	AT	( 449875.00, 7430625.00) DC	41.	0.02131	(19092216)	AT	( 449375.00, 7430875.00) DC
17.	0.02219	(18110216)	AT	( 449875.00, 7428625.00) DC	42.	0.02130	(19121716)	AT	( 449625.00, 7431125.00) DC
18.	0.02214	(19022716)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC	43.	0.02128	(19122416)	AT	( 449625.00, 7428875.00) DC
19.	0.02211	(18111916)	AT	( 449125.00, 7430625.00) DC	44.	0.02128	(19011716)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
20.	0.02202	(19112316)	AT	( 449625.00, 7430625.00) DC	45.	0.02121	(19011516)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC
21.	0.02200	(19112316)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC	46.	0.02120	(19012816)	AT	( 449375.00, 7428375.00) DC
22.	0.02184	(19112816)	AT	( 449875.00, 7430875.00) DC	47.	0.02118	(19011416)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC
23.	0.02180	(19123116)	AT	( 450625.00, 7429375.00) DC	48.	0.02116	(19010216)	AT	( 450125.00, 7428375.00) DC
24.	0.02180	(18020916)	AT	( 450125.00, 7428875.00) DC	49.	0.02115	(19011716)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC
25.	0.02175	(19121716)	AT	( 449625.00, 7430875.00) DC	50.	0.02114	(18012316)	AT	( 450125.00, 7428625.00) DC

DC

**Tabla A2 – 10 concentraciones más altas de CO (media anual) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 2 YEARS ***									
** CONC OF CO IN MILLIGRAMS/M**3 **									
GROUP ID	AVERAGE CONC			RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	NETWORK	GRID-ID	
-----									
				-					
ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	0.00174	AT (	449875.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	2ND HIGHEST VALUE IS	0.00168	AT (	449875.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	3RD HIGHEST VALUE IS	0.00166	AT (	450125.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	4TH HIGHEST VALUE IS	0.00163	AT (	450125.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	5TH HIGHEST VALUE IS	0.00162	AT (	449875.00,	7428875.00,	82.00,	0.00,	0.00)	DC
	6TH HIGHEST VALUE IS	0.00154	AT (	449875.00,	7428125.00,	79.00,	0.00,	0.00)	DC
	7TH HIGHEST VALUE IS	0.00153	AT (	450125.00,	7428875.00,	83.00,	0.00,	0.00)	DC
	8TH HIGHEST VALUE IS	0.00152	AT (	450125.00,	7428125.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	9TH HIGHEST VALUE IS	0.00150	AT (	449625.00,	7428625.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC
	10TH HIGHEST VALUE IS	0.00148	AT (	449625.00,	7428375.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC

**Tabla A3 – 50 concentraciones más altas de Azufre Total Reducido (media 1h) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE MAXIMUM 50 1-HR AVERAGE CONCENTRATION INCLUDING SOURCE(S) :						VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***					
						CALDREC , FRNCAL1 , FRNCAL2 ,					
** CONC OF H2S						IN MICROGRAMS/M**3					
RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	1.49240	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	26.	0.95623	(19112116)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
2.	1.32590	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429625.00)	DC	27.	0.95053	(18022412)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
3.	1.15935	(18022412)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	28.	0.93719	(19041513)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
4.	1.15461	(18022413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	29.	0.93359	(19112116)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
5.	1.11782	(18022413)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	30.	0.92228	(18030615)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
6.	1.11480	(18022413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	31.	0.91922	(19112413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
7.	1.08065	(18022413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	32.	0.91141	(19112116)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
8.	1.07207	(18022412)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	33.	0.89467	(18030615)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
9.	1.06082	(19041513)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	34.	0.88188	(19041513)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
10.	1.05446	(19041513)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	35.	0.87378	(19041413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
11.	1.03435	(19020212)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	36.	0.87225	(19041413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
12.	1.03141	(18022413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	37.	0.87110	(19112116)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
13.	1.02779	(19020212)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	38.	0.87029	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
14.	1.02063	(18022412)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	39.	0.86099	(19041413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
15.	1.01692	(18030615)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	40.	0.85734	(19041413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
16.	1.01338	(19020212)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	41.	0.84552	(19112116)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC
17.	1.01315	(19041513)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	42.	0.84398	(18012515)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC
18.	1.01244	(19020212)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	43.	0.83527	(19020213)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
19.	0.98591	(19112413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	44.	0.83479	(19020212)	AT	( 449625.00, 7429375.00)	DC
20.	0.98333	(19041513)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	45.	0.83306	(19020212)	AT	( 449875.00, 7430125.00)	DC
21.	0.97344	(19112413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	46.	0.82900	(19020213)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
22.	0.97186	(19112413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	47.	0.82698	(19041413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
23.	0.96746	(19020212)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC	48.	0.81520	(18030615)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
24.	0.95960	(18022413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC	49.	0.81099	(19112116)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
25.	0.95712	(19112413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	50.	0.81064	(19020212)	AT	( 450125.00, 7429375.00)	DC

**Tabla A4 – 10 concentraciones más altas de Azufre Total Reducido (media anual) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 2 YEARS ***									
** CONC OF H2S IN MICROGRAMS/M**3 **									
GROUP ID	AVERAGE CONC			RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	NETWORK	GRID-ID	
-----									
				-					
ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	0.03424	AT (	449875.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	2ND HIGHEST VALUE IS	0.03276	AT (	449875.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	3RD HIGHEST VALUE IS	0.03260	AT (	450125.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	4TH HIGHEST VALUE IS	0.03206	AT (	449875.00,	7428875.00,	82.00,	0.00,	0.00)	DC
	5TH HIGHEST VALUE IS	0.03170	AT (	450125.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	6TH HIGHEST VALUE IS	0.03010	AT (	450125.00,	7428875.00,	83.00,	0.00,	0.00)	DC
	7TH HIGHEST VALUE IS	0.02998	AT (	449875.00,	7428125.00,	79.00,	0.00,	0.00)	DC
	8TH HIGHEST VALUE IS	0.02949	AT (	450125.00,	7428125.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	9TH HIGHEST VALUE IS	0.02946	AT (	449625.00,	7428625.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC
	10TH HIGHEST VALUE IS	0.02900	AT (	449625.00,	7428375.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC

**Tabla A5 – 50 concentraciones más altas de NO<sub>2</sub> (media 1h) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE MAXIMUM 50 1-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL *** INCLUDING SOURCE(S): CALDREC , FRNCAL1 , FRNCAL2 , CALDBIO ,											
** CONC OF NOX IN MICROGRAMS/M**3 **											
RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE
1.	74.81947	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	26.	43.85058	(19112413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
2.	67.21629	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429625.00)	DC	27.	43.66804	(19112413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
3.	54.82679	(18022412)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	28.	43.29349	(18030615)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
4.	52.82401	(18022413)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	29.	43.25166	(19112116)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
5.	52.79425	(18022413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	30.	43.06829	(19041513)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
6.	52.28682	(18030615)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	31.	42.75139	(19112413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
7.	51.05697	(19041513)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	32.	42.58570	(18022413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
8.	50.49182	(18022413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	33.	41.98974	(19020212)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
9.	50.13500	(18022412)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	34.	41.19899	(19112116)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
10.	49.50687	(19041513)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	35.	40.58434	(19112413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
11.	48.99142	(18022413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	36.	40.53243	(19112116)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC
12.	47.89336	(18022412)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	37.	40.09942	(18030615)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
13.	46.90867	(19041513)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	38.	39.94520	(19041413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
14.	46.39094	(18022413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	39.	39.85186	(19041513)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
15.	45.57274	(19041513)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	40.	39.76865	(18022412)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
16.	45.53535	(19112116)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	41.	39.75791	(19041413)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
17.	45.50227	(19020212)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	42.	39.53131	(19041413)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
18.	45.28503	(18030615)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	43.	39.10913	(19020213)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC
19.	45.15472	(19020212)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC	44.	38.98442	(19041413)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
20.	44.84967	(18012515)	AT	( 449875.00, 7429875.00)	DC	45.	38.57790	(19020213)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC
21.	44.67380	(19020212)	AT	( 449625.00, 7429625.00)	DC	46.	37.98624	(19112116)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
22.	44.35921	(19020212)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	47.	37.73857	(19020213)	AT	( 449625.00, 7429875.00)	DC
23.	44.26685	(19112413)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	48.	37.01162	(19041413)	AT	( 449875.00, 7429375.00)	DC
24.	44.25133	(19112116)	AT	( 450125.00, 7429625.00)	DC	49.	36.51162	(18030615)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC
25.	44.18416	(18022412)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC	50.	36.33225	(19020213)	AT	( 450125.00, 7429875.00)	DC

**Tabla A6 – 10 concentraciones más altas de NO<sub>2</sub> (media anual) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 2 YEARS ***									
** CONC OF NOX IN MICROGRAMS/M**3 **									
GROUP ID	AVERAGE CONC			RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	NETWORK	GRID-ID	
-----									
				-					
ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	1.57742	AT (	449875.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	2ND HIGHEST VALUE IS	1.51088	AT (	449875.00,	7428875.00,	82.00,	0.00,	0.00)	DC
	3RD HIGHEST VALUE IS	1.49491	AT (	450125.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	4TH HIGHEST VALUE IS	1.49017	AT (	449875.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	5TH HIGHEST VALUE IS	1.43693	AT (	450125.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	6TH HIGHEST VALUE IS	1.40948	AT (	450125.00,	7428875.00,	83.00,	0.00,	0.00)	DC
	7TH HIGHEST VALUE IS	1.38774	AT (	449625.00,	7430625.00,	104.00,	0.00,	0.00)	DC
	8TH HIGHEST VALUE IS	1.36688	AT (	449625.00,	7430875.00,	103.00,	0.00,	0.00)	DC
	9TH HIGHEST VALUE IS	1.35961	AT (	449625.00,	7428625.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC
	10TH HIGHEST VALUE IS	1.35616	AT (	449875.00,	7428125.00,	79.00,	0.00,	0.00)	DC

**Tabla A7 – 50 concentraciones más altas de PM<sub>10</sub> (media 24h) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***											
INCLUDING SOURCE(S): CALDREC , FRNCAL1 , FRNCAL2 , CALDBIO ,											
** CONC OF PM10						IN MICROGRAMS/M**3					
RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF
						TYPE					
-----											
1.	1.23890	19080224)	AT	( 450125.00, 7432125.00)	DC	26.	1.06653	19081324)	AT	( 449125.00, 7433875.00)	DC
2.	1.23561	19081324)	AT	( 449375.00, 7433125.00)	DC	27.	1.06633	19081324)	AT	( 449625.00, 7433375.00)	DC
3.	1.23418	19080224)	AT	( 450125.00, 7432375.00)	DC	28.	1.06514	19080224)	AT	( 450375.00, 7432875.00)	DC
4.	1.22371	19081324)	AT	( 449625.00, 7432375.00)	DC	29.	1.06144	19081324)	AT	( 449625.00, 7431625.00)	DC
5.	1.22183	19081324)	AT	( 449375.00, 7432625.00)	DC	30.	1.05845	19080224)	AT	( 450375.00, 7432625.00)	DC
6.	1.22049	19081324)	AT	( 449375.00, 7432875.00)	DC	31.	1.05619	19080224)	AT	( 450125.00, 7433375.00)	DC
7.	1.21874	19081324)	AT	( 449375.00, 7433375.00)	DC	32.	1.05493	19080224)	AT	( 450375.00, 7433125.00)	DC
8.	1.21416	19080224)	AT	( 450125.00, 7431875.00)	DC	33.	1.05078	19081324)	AT	( 449125.00, 7433375.00)	DC
9.	1.20598	19081324)	AT	( 449625.00, 7432125.00)	DC	34.	1.04975	18082024)	AT	( 450625.00, 7433125.00)	DC
10.	1.20486	19080224)	AT	( 450125.00, 7432625.00)	DC	35.	1.04455	18011424)	AT	( 450875.00, 7429125.00)	DC
11.	1.19638	19081324)	AT	( 449625.00, 7432625.00)	DC	36.	1.04363	19081324)	AT	( 449125.00, 7434125.00)	DC
12.	1.18226	19081324)	AT	( 449375.00, 7433625.00)	DC	37.	1.03720	18082024)	AT	( 450625.00, 7433375.00)	DC
13.	1.17451	19081324)	AT	( 449375.00, 7432375.00)	DC	38.	1.03661	18022124)	AT	( 449875.00, 7430625.00)	DC
14.	1.16956	19020424)	AT	( 449875.00, 7430625.00)	DC	39.	1.03603	19022324)	AT	( 450125.00, 7428625.00)	DC
15.	1.15599	19081324)	AT	( 449625.00, 7431875.00)	DC	40.	1.03504	18021324)	AT	( 449625.00, 7430875.00)	DC
16.	1.15082	19080224)	AT	( 450125.00, 7432875.00)	DC	41.	1.03312	19022724)	AT	( 449625.00, 7430625.00)	DC
17.	1.13852	19080224)	AT	( 450125.00, 7431625.00)	DC	42.	1.03145	19080224)	AT	( 450375.00, 7433375.00)	DC
18.	1.13490	19081324)	AT	( 449625.00, 7432875.00)	DC	43.	1.02975	18082024)	AT	( 450625.00, 7432875.00)	DC
19.	1.12516	19081324)	AT	( 449375.00, 7433875.00)	DC	44.	1.02913	18021324)	AT	( 449625.00, 7430625.00)	DC
20.	1.11293	19081324)	AT	( 449625.00, 7433125.00)	DC	45.	1.02599	18111924)	AT	( 449375.00, 7430375.00)	DC
21.	1.11120	19020424)	AT	( 449875.00, 7430875.00)	DC	46.	1.02533	18082024)	AT	( 450625.00, 7433625.00)	DC
22.	1.09877	19080224)	AT	( 450125.00, 7433125.00)	DC	47.	1.02061	18120724)	AT	( 449625.00, 7430875.00)	DC
23.	1.07352	19081324)	AT	( 449125.00, 7433625.00)	DC	48.	1.01639	19021624)	AT	( 450125.00, 7430625.00)	DC
24.	1.07134	19081324)	AT	( 449375.00, 7432125.00)	DC	49.	1.01607	18082024)	AT	( 450875.00, 7433875.00)	DC
25.	1.06690	19081324)	AT	( 449375.00, 7434125.00)	DC	50.	1.01591	19080224)	AT	( 450375.00, 7432375.00)	DC

**Tabla A8 – 10 concentrações más altas de PM<sub>10</sub> (media anual) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 2 YEARS ***										
** CONC OF PM10 IN MICROGRAMS/M**3 **										
GROUP ID	AVERAGE CONC			RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	NETWORK GRID-ID			
-----										
ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	0.17252	AT (	449875.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC	
	2ND HIGHEST VALUE IS	0.16465	AT (	449875.00,	7428875.00,	82.00,	0.00,	0.00)	DC	
	3RD HIGHEST VALUE IS	0.16382	AT (	450125.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC	
	4TH HIGHEST VALUE IS	0.16359	AT (	449875.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC	
	5TH HIGHEST VALUE IS	0.15801	AT (	450125.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC	
	6TH HIGHEST VALUE IS	0.15394	AT (	450125.00,	7428875.00,	83.00,	0.00,	0.00)	DC	
	7TH HIGHEST VALUE IS	0.15045	AT (	449625.00,	7430625.00,	104.00,	0.00,	0.00)	DC	
	8TH HIGHEST VALUE IS	0.14933	AT (	449875.00,	7428125.00,	79.00,	0.00,	0.00)	DC	
	9TH HIGHEST VALUE IS	0.14863	AT (	449625.00,	7430875.00,	103.00,	0.00,	0.00)	DC	
	10TH HIGHEST VALUE IS	0.14856	AT (	449625.00,	7428625.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC	

**Tabla A9 – 50 concentrações más altas de SO<sub>2</sub> (media 24h) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***											
INCLUDING SOURCE(S): CALDREC , FRNCAL1 , FRNCAL2 , CALDBIO ,											
** CONC OF SO2						IN MICROGRAMS/M**3					
RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH)	AT	RECEPTOR (XR,YR)	OF
						TYPE					
-----											
1.	3.45833	19081324)	AT	( 449625.00, 7432125.00)	DC	26.	2.98840	18082024)	AT	( 450625.00, 7433375.00)	DC
2.	3.44950	19081324)	AT	( 449625.00, 7432375.00)	DC	27.	2.98190	19081324)	AT	( 449375.00, 7433875.00)	DC
3.	3.42694	19080224)	AT	( 450125.00, 7432125.00)	DC	28.	2.95414	18082024)	AT	( 450375.00, 7432375.00)	DC
4.	3.41879	19080224)	AT	( 450125.00, 7431875.00)	DC	29.	2.93071	18082024)	AT	( 450375.00, 7432125.00)	DC
5.	3.39701	19081324)	AT	( 449375.00, 7432625.00)	DC	30.	2.91591	18082024)	AT	( 450625.00, 7433625.00)	DC
6.	3.38252	19081324)	AT	( 449625.00, 7431875.00)	DC	31.	2.91376	19080224)	AT	( 450125.00, 7433125.00)	DC
7.	3.36691	19080224)	AT	( 450125.00, 7432375.00)	DC	32.	2.90844	18021324)	AT	( 449625.00, 7430625.00)	DC
8.	3.35245	19081324)	AT	( 449375.00, 7433125.00)	DC	33.	2.90197	18082024)	AT	( 450375.00, 7432625.00)	DC
9.	3.34993	19081324)	AT	( 449375.00, 7432875.00)	DC	34.	2.89373	18082024)	AT	( 450375.00, 7431875.00)	DC
10.	3.32468	19081324)	AT	( 449625.00, 7432625.00)	DC	35.	2.88112	18111924)	AT	( 449375.00, 7430375.00)	DC
11.	3.31887	19081324)	AT	( 449375.00, 7432375.00)	DC	36.	2.87846	19091224)	AT	( 450375.00, 7432625.00)	DC
12.	3.28238	19080224)	AT	( 450125.00, 7431625.00)	DC	37.	2.87316	19081324)	AT	( 449625.00, 7433375.00)	DC
13.	3.27520	19081324)	AT	( 449375.00, 7433375.00)	DC	38.	2.87202	18021324)	AT	( 449625.00, 7430875.00)	DC
14.	3.25008	19080224)	AT	( 450125.00, 7432625.00)	DC	39.	2.87150	19112824)	AT	( 449875.00, 7430625.00)	DC
15.	3.23796	19020424)	AT	( 449875.00, 7430625.00)	DC	40.	2.86986	18011424)	AT	( 450875.00, 7429125.00)	DC
16.	3.17601	19081324)	AT	( 449625.00, 7431625.00)	DC	41.	2.86623	19081324)	AT	( 449125.00, 7433625.00)	DC
17.	3.15205	19081324)	AT	( 449375.00, 7433625.00)	DC	42.	2.86531	19022724)	AT	( 449625.00, 7430625.00)	DC
18.	3.11826	19081324)	AT	( 449625.00, 7432875.00)	DC	43.	2.86493	19091224)	AT	( 450375.00, 7432875.00)	DC
19.	3.08807	19081324)	AT	( 449375.00, 7432125.00)	DC	44.	2.85597	18082024)	AT	( 450875.00, 7433875.00)	DC
20.	3.07608	19080224)	AT	( 450125.00, 7432875.00)	DC	45.	2.84777	19080224)	AT	( 450375.00, 7432625.00)	DC
21.	3.06616	18082024)	AT	( 450625.00, 7433125.00)	DC	46.	2.84312	18022124)	AT	( 449875.00, 7430625.00)	DC
22.	3.05650	18082024)	AT	( 450625.00, 7432875.00)	DC	47.	2.84253	18082024)	AT	( 450875.00, 7433625.00)	DC
23.	3.02686	19020424)	AT	( 449875.00, 7430875.00)	DC	48.	2.83980	19080224)	AT	( 450375.00, 7432875.00)	DC
24.	3.02491	19081324)	AT	( 449625.00, 7433125.00)	DC	49.	2.83093	19091224)	AT	( 450375.00, 7433125.00)	DC
25.	2.99504	18082024)	AT	( 450625.00, 7432625.00)	DC	50.	2.83064	19081324)	AT	( 449125.00, 7433375.00)	DC

**Tabla A10 – 10 concentraciones más altas de SO<sub>2</sub> (media anual) generadas por el modelo AERMOD.**

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 2 YEARS ***									
** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **									
GROUP ID	AVERAGE CONC			RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	NETWORK	GRID-ID	
-----									
				-					
ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	0.47616	AT (	449875.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	2ND HIGHEST VALUE IS	0.46137	AT (	449875.00,	7428875.00,	82.00,	0.00,	0.00)	DC
	3RD HIGHEST VALUE IS	0.45015	AT (	450125.00,	7428625.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	4TH HIGHEST VALUE IS	0.44686	AT (	449875.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	5TH HIGHEST VALUE IS	0.43010	AT (	450125.00,	7428375.00,	81.00,	0.00,	0.00)	DC
	6TH HIGHEST VALUE IS	0.42905	AT (	450125.00,	7428875.00,	83.00,	0.00,	0.00)	DC
	7TH HIGHEST VALUE IS	0.42811	AT (	449625.00,	7430625.00,	104.00,	0.00,	0.00)	DC
	8TH HIGHEST VALUE IS	0.41828	AT (	449625.00,	7430875.00,	103.00,	0.00,	0.00)	DC
	9TH HIGHEST VALUE IS	0.41076	AT (	449625.00,	7428625.00,	84.00,	0.00,	0.00)	DC
	10TH HIGHEST VALUE IS	0.40553	AT (	449875.00,	7428125.00,	79.00,	0.00,	0.00)	DC

**ANEXO II**  
**ESTUDO DE DISPERSIÓN HÍDRICA**

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PRELIMINAR (EIAp/RIMA)

**Pöyry Tecnologia Ltda.**  
Av. Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100  
Bloco B - 5° andar  
04726-170 São Paulo - SP  
BRASIL  
Tel. +55 11 3472 6955  
Fax +55 11 3472 6980  
E-mail: contato.br@poyry.com

**Fecha 15.07.2020**

**N° Referência 109001759-003-0000-E-1501**

Página 1



**PARACEL**  
**Fábrica de Celulosa y Puerto en Concepción – Paraguay**

**VOLUMEN V – ESTUDIOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS**  
**Estudio de Dispersión Hídrica**

Contenido	1	INTRODUCCIÓN
	2	INFORMACIÓN SOBRE EL EMPRENDIMIENTO
	3	MODELO DE DISPERSIÓN DE EFLUENTES
	4	SIMULACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA
	5	CONCLUSIONES
	6	REFERENCIAS
Archivos Adjuntos	I	Simulaciones CORMIX

Distribución	
PARACEL	E
PÖYRY	-

Orig.	15/07/20 – msh	15/07/20 – bvv	15/07/20 – hfw	15/07/20 – hfw	Para información
Rev.	Fecha/Autor	Fecha/Verificado	Fecha/Aprobado	Fecha/Autorizado	Observación

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	INFORMACIÓN SOBRE EL EMPRENDIMIENTO .....	6
2.1	Descripción General .....	6
2.2	Descripción del Sistema de Tratamiento de los Efluentes.....	7
2.2.1	Fuentes de Generación y Características del Efluente Bruto .....	7
2.2.2	Descripción de la Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE) .....	8
2.2.3	Características del Efluente Tratado .....	12
2.3	Descarga de los Efluentes Tratados.....	12
2.4	Río Paraguay .....	13
2.4.1	Caudales y Profundidades .....	14
2.4.2	Calidad del Agua.....	14
3	MODELO DE DISPERSIÓN DE EFLUENTES .....	15
3.1	Concepto de Zona de Mezcla.....	15
3.2	Modelo Cormix (Simulación de la Zona de Mezcla).....	15
3.2.1	Procesos de Mezcla Hidrodinámica .....	16
3.2.2	Tipo de Descarga .....	16
3.2.3	Parámetros del CORMIX .....	19
4	SIMULACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA.....	19
4.1	Premisas Adoptadas .....	19
4.2	Datos de Entrada .....	19
4.3	Resultados de los Escenarios Evaluados .....	22
4.3.1	Escenario 1 (DBO, Caudal mínimo - $Q_{7,10}$ ).....	22
4.3.2	Escenario 2 (DBO, Caudal medio - $Q_m$ ) .....	24
4.3.3	Escenario 3 (Color, Caudal mínimo - $Q_{7,10}$ ).....	25
4.3.4	Escenario 4 (Color, Caudal medio - $Q_m$ ).....	27
4.3.5	Escenario 5 (Nitrógeno total, Caudal mínimo - $Q_{7,10}$ ) .....	28
4.3.6	Escenario 6 (Nitrógeno total, Caudal medio - $Q_m$ ) .....	30
4.3.7	Escenario 7 (Fósforo total, Caudal mínimo - $Q_{7,10}$ ).....	31
4.3.8	Escenario 8 (Fósforo total, Caudal medio - $Q_m$ ).....	33
4.3.9	Escenario 9 (AOX, Caudal mínimo - $Q_{7,10}$ ) .....	34
4.3.10	Escenario 10 (AOX, Caudal medio - $Q_m$ ) .....	36
5	CONCLUSIONES .....	37
6	REFERENCIAS .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ubicación de la descarga de efluentes. Fuente: <i>Google Earth</i> (2020).	13
Figura 2 – Visión del Río Paraguay. Fuente: Pöyry Tecnología (2019).	14
Figura 3 – Pantalla del Software CORMIX.	16
Figura 4 – Detalles del <i>riser</i> y válvula de retención (tipo boquilla de pato)	17
Figura 5 – Ejemplo de <i>risers</i> .	18
Figura 6 – Descarga del efluente por los difusores	18
Figura 7 – Perspectivas del emisario subacuático en el Río Paraguay	21
Figura 8 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	23
Figura 9 – Gráfico de la concentración de la DBO (mg/L) X distancia (m)	23
Figura 10 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	24
Figura 11 – Gráfico de la concentración de la DBO (mg/L) X distancia (m)	25
Figura 12 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	26
Figura 13 – Gráfico de la concentración del Color (mg/L) X distancia (m)	26
Figura 14 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	27
Figura 15 – Gráfico de la concentración del Color (mg/L) X distancia (m).	28
Figura 16 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	29
Figura 17 – Gráfico de la concentración del nitrógeno total (mg/L) X distancia (m)	29
Figura 18 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	30
Figura 19 – Gráfico de la concentración de nitrógeno total (mg/L) X distancia (m)	31
Figura 20 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	32
Figura 21 – Gráfico de la concentración de fósforo total (mg/L) X distancia (m)	32
Figura 22 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	33
Figura 23 – Gráfico de la concentración de fósforo total (mg/L) X distancia (m)	34
Figura 24 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	35
Figura 25 – Gráfico de la concentración de AOX (mg/L) X distancia (m)	35
Figura 26 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones.	36
Figura 27 – Gráfico de la concentración de AOX (mg/L) X distancia (m)	37

## LISTA DE TABELAS

Tabla 1 – Características de los efluentes antes del tratamiento .....	7
Tabla 2 – Características del Efluente Tratado .....	12
Tabla 3 – Datos Ambientales .....	20
Tabla 4 – Datos del efluente tratado .....	20
Tabla 5 – Datos del emisario subacuático .....	20
Tabla 6 – Escenarios evaluados en el presente estudio .....	22
Tabla 7 – Datos utilizados en el escenario 1 .....	22
Tabla 8 – Resultados del escenario 1 .....	24
Tabla 9 – Datos utilizados en el escenario 2 .....	24
Tabla 10 – Resultados del escenario 2 .....	25
Tabla 11 – Datos utilizados en el escenario 3 .....	25
Tabla 12 – Resultados del escenario 3 .....	27
Tabla 13 – Datos utilizados en el escenario 4 .....	27
Tabla 14 – Resultados del escenario 4 .....	28
Tabla 15 – Datos utilizados en el escenario 5 .....	28
Tabla 16 – Resultados del escenario 5 .....	30
Tabla 17 – Datos utilizados en el escenario 6 .....	30
Tabla 18 – Resultados del escenario 6 .....	31
Tabla 19 – Datos utilizados en el escenario 7 .....	31
Tabla 20 – Resultados del escenario 7 .....	33
Tabla 21 – Datos utilizados en el escenario 8 .....	33
Tabla 22 – Resultados del escenario 8 .....	34
Tabla 23 – Datos utilizados en el escenario 9 .....	34
Tabla 24 – Resultados del escenario 9 .....	36
Tabla 25 – Datos utilizados en el escenario 10 .....	36
Tabla 26 – Resultados del escenario 10 .....	37
Tabla 27 – Resultados de las simulaciones del CORMIX .....	38

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento consiste en Estudio de Dispersión Hídrica de la fábrica de celulosa de PARACEL, que serán descargados en el Río Paraguay.

En general, uno de los problemas más relevantes que enfrenta la sociedad contemporánea es la preservación de los recursos hídricos. En el Paraguay, la preocupación por esta cuestión se pone de manifiesto, entre otras, en la legislación de medio ambiente que establece reglas para los recursos hídricos: resolución SEAM n° 222/2002 (patrones de la calidad de agua en todo el territorio nacional), resolución SEAM n° 50/2006 (gestión nacional de recursos hídricos), resolución SEAM n° 255/2006 (clasificación de todas las aguas del Paraguay en la clase 2) y la Ley n° 3239/2007 (recursos hídricos del Paraguay).

Entre los instrumentos de control existentes, se destacan la vigilancia y el diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos, especialmente de los ríos y estuarios. A este respecto, los modelos matemáticos de la calidad del agua pueden ser herramientas útiles.

Esos modelos consisten en un conjunto de ecuaciones que, una vez solucionadas, proporcionan la distribución espacial y temporal de los constituyentes que son transportados en solución y en suspensión por la masa de agua. Estas ecuaciones, por regla general, se resuelven numéricamente, generando lo que se denomina simulación numérica, y el modelo, una vez calibrado, permite trazar escenarios futuros y pasados de acuerdo con las entradas que se prescriben. Así, las zonas de mezcla, el comportamiento de las plumas de los contaminantes y la dispersión pueden calcularse y predecirse adecuadamente mediante simulación.

La zona de mezcla se define como *"la región del cuerpo receptor, estimada sobre la base de modelos teóricos, que se extiende desde el punto de descarga del efluente, y delimitada por la superficie en la que se logra el equilibrio de mezcla entre los parámetros físicos y químicos, así como el equilibrio biológico del efluente y los del cuerpo receptor, siendo específico para cada parámetro"*.

Así, este estudio tiene como objetivo conocer la distancia aproximada a la que se produce la mezcla completa del efluente tratado de la fábrica de celulosa con las aguas del Río Paraguay, o sea, conocer su zona de mezcla.

Para conocer la dispersión de los efluentes, se realizaron simulaciones utilizando el modelo matemático CORMIX, desarrollado por la Universidad de Cornell en conjunto con la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), principalmente en términos de carga orgánica (medida en DBO), color, nitrógeno, fósforo y AOX, cuyos resultados se presentan en este informe.

Este estudio es parte del EIAp/RIMA de la fábrica de celulosa blanqueada de PARACEL en Concepción, Paraguay, que se dividió en los siguientes capítulos:

- Introducción;
- Información sobre el Emprendimiento;
- Modelos de dispersión de efluentes;
- Simulación de la zona de mezcla;
- Conclusiones; y
- Referencias.

## 2 INFORMACIÓN SOBRE EL EMPRENDIMIENTO

### 2.1 Descripción General

La actividad principal de la fábrica es la producción de 1.500.000 t/año de celulosa blanqueada o 900.000 t/año de celulosa soluble de PARACEL en Concepción, Paraguay.

Para producir celulosa blanqueada, la fábrica PARACEL empleará el proceso *kraft*, cuya tecnología es conocida por las industrias productoras de celulosa y por los proveedores de ingeniería, equipos y servicios de consultoría, además de ventajas adicionales para obtener los altos estándares de albura y calidad de fibra que requiere el mercado, combinados con la capacidad de autosuficiencia energética y ventajas ambientales en comparación con otros procesos.

El proceso elegido para el blanqueo de la celulosa fue el ECF (*Elemental Chlorine Free* – libre del elemento cloro), que no utiliza cloro elemental en sus etapas internas, evitando la importante emisión de compuestos organoclorados en el efluente.

La fábrica de celulosa de PARACEL también será una fuente de cogeneración de energía limpia, a través de la quema de biomasa forestal, así como de licor de madera, que son recursos naturales renovables.

La fábrica de celulosa de PARACEL funcionará 24 horas al día, 7 días a la semana y 12 meses al año. El período efectivo de producción será de aproximadamente 354 días, considerando la parada anual de mantenimiento general del equipo.

La mano de obra total, considerando empleados propios y de terceros, necesaria para el funcionamiento de la fábrica de celulosa de PARACEL será de aproximadamente 1.200 personas.

Cuanto a los sistemas de control ambiental, la fábrica de celulosa de PARACEL está firmemente comprometida con la adopción de las mejores tecnologías disponibles (BAT - *Best Available Techniques*, en inglés) con el fin de reducir, controlar y vigilar las emisiones atmosféricas, los efluentes líquidos y los residuos sólidos generados.

Cabe señalar que la fábrica de celulosa de PARACEL, a pesar de estar diseñada para producir 1.500.000 t/año, podrá producir hasta 1.800.000 t/año de celulosa blanqueada como consecuencia de una mayor eficiencia general de la planta, así como de un mayor rendimiento de los equipos sin necesidad de aumentar el área construida ni incluir nuevos equipos adicionales. Asimismo, no será necesario realizar ninguna modificación en los principales equipos de control ambiental, ni habrá ninguna pérdida en su rendimiento, lo que puede garantizar las mismas emisiones de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas consideradas en este EIAp/RIMA. Por lo tanto, se puede decir que en la eventualidad de incremento de la producción de celulosa hasta 1.800.000 t/año, no habrá cambios en los impactos ambientales identificados y evaluados en este EIAp/RIMA.

## 2.2 Descripción del Sistema de Tratamiento de los Efluentes

### 2.2.1 Fuentes de Generación y Características del Efluente Bruto

Básicamente, las fuentes de generación de efluentes líquidos que corresponden a las actividades del proceso de fabricación de celulosa y otras actividades de apoyo son las siguientes:

- Efluentes de la zona de preparación de la madera;
- Efluentes de la zona de cocción y lavado de la pulpa marrón;
- Filtrados alcalinos y filtrados ácidos de blanqueo;
- Efluentes de la máquina de secado;
- Efluentes de la evaporación y la recuperación;
- Efluentes de la zona de caustificación y del horno de cal;
- Condensados contaminados;
- Aguas residuales sanitarias;
- Agua de lluvia contaminada; y
- Miscelánea (derrames, fugas, áreas de limpieza, etc.).

En el cuadro siguiente se presentan las características cuantitativas y cualitativas previstas de esos efluentes antes del tratamiento, que constituyen la base del dimensionamiento de la planta de tratamiento de efluentes líquidos.

**Tabla 1 – Características de los efluentes antes del tratamiento**

Variables	Unidad	Valores
Caudal	m <sup>3</sup> /h	5.700
pH	-	3,0 a 10,0
Temperatura	°C	60 a 70
DBO	kg/d	84.000
	mg/L	600
DQO	kg/d	193.000
	mg/L	1 400
SST	kg/d	47.000
	mg/L	350
Color	kg/d	96.000
	mg/L	750
AOX	kg/d	1.400

Variables	Unidad	Valores
	mg/L	10
N <sub>total</sub>	kg/d	2.000
	mg/L	15
N <sub>amoniaco</sub>	kg/d	700
	mg/L	5
P <sub>total</sub>	kg/d	700
	mg/L	5

Fuente: Pöyry Tecnología (2020).

### 2.2.2 Descripción de la Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE)

Los efluentes líquidos industriales de la fábrica de celulosa serán sometidos a mediciones de flujo, temperatura, pH y conductividad y, dependiendo de los resultados obtenidos, serán desviados a la pileta de emergencia. El resto de la descripción del sistema de tratamiento es el siguiente.

#### Efluentes Específicos

Los efluentes de la planta de dióxido de cloro, la lixiviación de cenizas (*ash leaching*) y la planta de agua de reemplazo de calderas también serán segregados de las líneas principales, ya que no tienen carga orgánica, requiriendo sólo el control del pH antes de su descarga. Los efluentes específicos neutralizados se añadirán a los demás efluentes tratados, en el tanque de efluentes tratados, para ser luego eliminados en el Río Paraguay.

#### Aguas Residuales Sanitarias

Las aguas residuales sanitarias generadas en la planta serán recolectadas en la red de efluentes sanitarios y enviadas al PTE, directamente para tratamiento biológico.

#### Descripción general de la PTE

El sistema de tratamiento de efluentes de PARACEL consistirá básicamente en tres etapas: remoción de sólidos, remoción de carga orgánica y pulido final. A continuación, se enumeran y describen las principales unidades de este sistema.

Las principales etapas del proceso de tratamiento de efluentes son:

- Rejilla;
- Clarificador primario;
- Pileta de emergencia;
- Neutralización;
- Refrigeración;
- Lodo activado - tanque de aireación;

- Clarificador secundario;
- Tratamiento terciario; y
- Emisario.

### **Rejilla**

El efluente será dirigido por la gravedad a un sistema de rejilla para eliminar los materiales gruesos. Este sistema estará provisto de dos conjuntos que constan de una rejilla mecanizada y una rejilla manual, que se utilizarán para la manutención de la rejilla mecanizada.

### **Clarificador Primario**

Después de pasar por el sistema de rejilla y la medición del flujo, el efluente será enviado a dos clarificadores primarios de 68 m de diámetro para reducir la cantidad de sólidos en suspensión. Estos clarificadores estarán equipados con un raspador para eliminar los sólidos sedimentados y la espuma acumulada en su superficie. Los sólidos sedimentados y los espumantes se eliminarán por medio de bombas que enviarán a estos al sistema primario de deshidratación de lodos. El efluente clarificado será enviado al sistema de neutralización.

### Sistema primario de desagüe de lodos

El sistema primario de desagüe de lodos tendrá una capacidad total de 42 tSS/día. Cada juego consistirá en un espesador mecánico de tipo tambor o mesa de gravedad y una prensa deshidratadora de tipo tornillo. La consistencia final esperada de los lodos deshidratados es de entre el 35 y el 45%.

### **Pileta de Emergencia**

Además de los sistemas de prevención y recogida de fugas y derrames previstos en cada departamento de la fábrica de celulosa, habrá un conjunto de piletas de emergencia en la planta de tratamiento de efluentes. El propósito de esta pileta será recibir todos los efluentes con características fuera de parámetros o especificación. Una vez desviado a la pileta de emergencia, su contenido será dosificado a la entrada del tanque de neutralización para que no se cree ninguna perturbación en el tratamiento biológico.

Su funcionamiento será controlado por el monitoreo en línea del pH, la temperatura y la conductividad. Cuando se produzcan niveles fuera de la escala aceptable, las válvulas se cerrarán y el efluente se desviará a la pileta de emergencia.

El volumen total será de aproximadamente 70.000 m<sup>3</sup> para recibir los efluentes del proceso que se consideran contaminados.

La pileta se construirá excavada con el fondo debidamente sellado e inclinado hacia las bombas de drenaje.

### **Aguas Pluviales Contaminadas**

El agua de lluvia con posibilidad de contaminación se enviará a la pileta para la retención del agua de lluvia contaminada, a fin de evitar la sobrecarga hidráulica en la estación de tratamiento durante las grandes precipitaciones. Una vez desviada al tanque

de retención, el agua de lluvia será tratada y puesta lentamente a la entrada de la estación.

### **Neutralización del Efluente**

El efluente clarificado en los clarificadores primarios será enviado a un tanque de neutralización que también recibirá el efluente sin sólidos en suspensión. El propósito de este paso será neutralizar el efluente mezclado, mediante la adición de soda cáustica o ácido sulfúrico, a fin de mantener un pH entre 6 y 8, lo que lo hace adecuado para el tratamiento biológico.

El tanque de neutralización tendrá una capacidad aproximada de 2.900 m<sup>3</sup> y quedará equipado con agitadores mecánicos.

### **Enfriamiento del Efluente**

Debido a que el efluente neutralizado presentar una temperatura considerada alta para el tratamiento biológico, el efluente debe ser enfriado de manera que alcance una temperatura que no perjudique el rendimiento del tratamiento biológico.

El enfriamiento del efluente se realizará a través de una torre de refrigeración, compuesta de 6 celdas, siendo dimensionada para una temperatura de entrada de aproximadamente 70° C, y una temperatura de salida de alrededor de 35° C.

### **Lodos Activados**

El sistema de tratamiento biológico adoptado en PARACEL será de tipo aeróbico por lodos activados. El proceso de lodos activados es una tecnología probada que se utiliza normalmente en las industrias de celulosa y papel en todo el mundo.

El proceso biológico requiere, para un rendimiento óptimo, concentraciones suficientes de nitrógeno y fósforo en el efluente. Las cantidades necesarias estarán relacionadas con la cantidad de materia orgánica biodegradable, o sea, la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) presente en el efluente no tratado.

La urea y el ácido fosfórico se están considerando como fuentes de nitrógeno y fósforo y se añadirán, si es necesario, antes de que el efluente entre en el tanque selector. La cantidad requerida dependerá de la cantidad presente en el efluente (sólo se deben añadir las cantidades mínimas necesarias para reducir al mínimo las descargas).

Después de la dosis de nutrientes, los efluentes serán enviados al tanque de selección, que tendrá una alta capacidad de oxigenación y tiene el propósito de eliminar los organismos filamentosos. Desde este tanque, los efluentes irán al tanque de aireación, donde serán sometidos a la degradación de la materia orgánica presente en forma soluble y coloidal a través de la actividad de los microorganismos aeróbicos. La inyección de aire en el sistema se realizará mediante difusores del tipo de burbuja fina que se instalarán en el fondo del tanque de aireación. Estos difusores proporcionarán el oxígeno necesario para el desarrollo de las bacterias y promoverán la mezcla de la masa líquida contenida en el tanque de aireación, manteniendo la mezcla en suspensión.

El tanque de aireación (incluido el selector) tendrá un volumen total de aproximadamente 160.000 m<sup>3</sup> y los difusores serán alimentados por sopladores con una capacidad total de aproximadamente 130.000 Nm<sup>3</sup>/h, uno de los cuales estará en reserva durante el mantenimiento.

En el proceso de lodos activados se producirá la formación de la masa biológica (lodo) que tendrá que ser separada físicamente de la masa líquida (efluente clarificado), lo cual ocurrirá a través de dos clarificadores secundarios de 82 m de diámetro cada uno.

El lodo secundario (biológico) será constantemente removido del fondo de los clarificadores a través de raspadores y dirigido por gravedad a un pozo de lodo, desde donde se realizará el recalque a través de bombas al tanque selector, realizando su recirculación. El lodo biológico excedente se enviará al sistema de desagüe de lodo secundario.

### **Sistema de Desagüe del Lodo Secundario**

El sistema de desagüe de lodos secundarios tendrá una capacidad total estimada de 30 tSS/día y consistirá en espesadores mecánicos y centrífugas. La consistencia final esperada del lodo desaguado es de entre el 15 y el 20%.

### **Tratamiento Terciario**

Después del tratamiento biológico, los efluentes se someterán a un tratamiento terciario para minimizar el fósforo, el color y la DQO.

El tratamiento terciario será a través de un proceso fisicoquímico con la aplicación de sulfato de aluminio y polímero en tanques de coagulación y floculación, para luego ser dirigidos al sistema de flotación por aire disuelto (DAF – “*Dissolved Air Flotation*” en inglés). El sistema de flotación tiene la ventaja de obtener un lodo aproximadamente espesado, que alcanza una consistencia de 2,0 a 3,0%. El lodo terciario va a un sistema de desagüe dedicado.

Como alternativa al sistema fisicoquímico por flotación, el tratamiento terciario puede llevarse a cabo inyectando ozono en el efluente. El ozono será producido en el sitio, a través de descarga eléctrica en oxígeno. En esta alternativa, el efluente pasará a través de un tanque de contacto sellado, que estará cerrado herméticamente, donde el ozono se introducirá a través de difusores finos. El gas residual puede reutilizarse e inyectarse en el tanque de aireación de tratamiento biológico. Después de pasar a través de la cámara de contacto, el efluente se enviará a los filtros biológicos para retener los sólidos en suspensión.

El efluente tratado se descargará a través de emisarios y difusores en el río Paraguay. Cabe señalar que el punto de descarga estará ubicado arriba del punto de captura de agua cruda para la fábrica.

### **Sistema de Desagüe de Lodo Terciario**

El lodo terciario, procedente de los flotadores, donde se espera una consistencia de 2,0 a 3,0%, se enviará a un tanque de homogeneización provisto de agitador mecánico. Este tanque también recibirá los lodos de los decantadores de la Planta de Tratamiento de Agua (PTA). Desde el tanque de homogeneización, el lodo mezclado (terciario + PTA) será bombeado a las centrifugadoras, donde alcanzará una consistencia final de alrededor del 15%. Se prevé la adición de polímero a las entradas de la centrifugadora para aumentar la eficiencia del desagüe.

### 2.2.3 Características del Efluente Tratado

Las características previsto para los efluentes industriales después de tratamiento son las siguientes.

**Tabla 2 – Características del Efluente Tratado**

Variables	Unidad	Valores	Resolución SEAM 222/2002
Caudal	m <sup>3</sup> /h	5 700	-
pH	-	6 a 8	5 a 9
Temperatura	°C	38	< 40
DBO	kg/día	3 200	-
	mg/L	25	< 50
DQO	kg/día	20 500	-
	mg/L	150	< 150
Sólidos en Suspensión	kg/día	5 500	-
	mg/L	40	-
Color	kg/día	34 200	-
	mg/L	250	-
AOX	kg/día	400	-
	mg/L	3	-
N <sub>total</sub>	kg/día	960	-
	mg/L	7	< 40
N <sub>amoniaco</sub>	kg/día	300	-
	mg/L	2	5
P <sub>total</sub>	kg/día	150	-
	mg/L	1	< 4

Fuente: Pöyry Tecnología (2020).

### 2.3 Descarga de los Efluentes Tratados

La descarga de los efluentes tratados se realizará en el Río Paraguay a través de un emisario subacuático, perpendicular a la margen izquierda del Río Paraguay. El punto de descarga del efluente tratado está situado en las coordenadas geográficas UTM 448651 m E;7427135 m S (WGS 84), como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 1 – Ubicación de la descarga de efluentes. Fuente: *Google Earth* (2020).**

## 2.4 Río Paraguay

Paraguay cuenta con una red hidrográfica muy importante y extensa en todo su territorio, de hecho que el Río Paraguay separa y limita dos regiones naturales con características naturales y socioeconómicas bien diferentes (MADES, 2020).

La Cuenca del Río Paraguay tiene un área de 1.095.000 km<sup>2</sup>, que abarca cerca de 35% de toda área de la Cuenca de Plata, que tiene 3.100.000 km<sup>2</sup>. Una tercera parte de la cuenca del Río Paraguay corresponde a Brasil (370.000 km<sup>2</sup>), otro tanto a Paraguay (355.000 km<sup>2</sup>) y el resto se reparte entre Argentina (165.000 km<sup>2</sup>) y Bolivia (205.000 km<sup>2</sup>) (CIC, 2020).

El Río Paraguay nace en la Chapada de Parecís (Brasil) y, tras recorrer 2.550 km, desemboca en el río Paraná, a la altura de la ciudad de Resistencia (Argentina) (CIC, 2020). A lo largo del curso principal del Paraguay se localiza la ciudad de Asunción, capital del Paraguay (CIC, 2017).

El Río Paraguay y todos los recursos de agua superficial de Paraguay están clasificados como un río de Clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM n° 255/2006.

Sus afluentes de margen izquierda son los ríos Aquidaban, Jejuí, Aguaray y Tebicuary y sus afluentes de margen derecha son los ríos Pilcomayo y Bermejo (CIC, 2017).



**Figura 2 – Visión del Río Paraguay. Fuente: Pöyry Tecnología (2019).**

La naturaleza aluvial del terreno de las márgenes, el enorme volumen de material sólido acarreado por el río Bermejo y los remansos producidos por las aguas del río Paraná que ocasionan irregularidad en su régimen fluvial y transformaciones en su variación interanual, constituyen sus características principales (CIC, 2020).

#### **2.4.1 Caudales y Profundidades**

Los caudales promedio ( $Q_m$ ) y mínimo ( $Q_{7,10}$ ) del Río Paraguay se calcularon a partir de los datos de la Estación Hidrológica de Concepción (latitud: -57,43 / longitud: -23,44). Los flujos se muestran a seguir.

- Caudal mínimo ( $Q_{7,10}$ ) = 1.093 m<sup>3</sup>/s
- Caudal medio ( $Q_m$ ) = 2.179 m<sup>3</sup>/s

A partir de los datos de caudal, se calcularon las respectivas profundidades medias ( $Q_m$ ) y mínimas ( $Q_{7,10}$ ) del caudal del Río Paraguay, utilizando la curva clave  $Q=547,43+583,57H-26,18H^2$  (Fuente: DHI – Instituto de Hidrografía del Dinamarca). Las profundidades se presentan a continuación.

- Profundidad (H) para caudal mínimo ( $Q_{7,10}$ ) = 0,98 m
- Profundidad (H) para caudal medio ( $Q_m$ ) = 3,28 m

#### **2.4.2 Calidad del Agua**

Se debe tener en cuenta especialmente la actividad minera en la cuenca alta del Río Paraguay, en Bolivia y Brasil. Existen depósitos de estaño en forma de casiterita y drenaje ácido, consecuencia de la actividad minera y de sus pasivos ambientales, que contaminan los ríos y las aguas subterráneas (CIC, 2017).

Aguas abajo, en Paraguay, las mayores cargas de contaminantes provienen de la actividad agrícola (cultivos y pasturas) y, principalmente, de descargas de efluentes domésticos e industriales en áreas cercanas a grandes centros urbanos como Concepción, Asunción y Pilar (CIC, 2017).

Para el EIAp/RIMA se realizaron 3 (tres) campañas de monitoreo de calidad de las aguas del Río Paraguay en (2) dos puntos, un arriba y otro abajo de los puntos de toma y descarga de la futura fábrica de celulosa.

### **3 MODELO DE DISPERSIÓN DE EFLUENTES**

#### **3.1 Concepto de Zona de Mezcla**

La zona de mezcla se define como la región del cuerpo receptor que se extiende desde el punto de descarga del efluente, y está delimitada por la superficie en la que se logra el equilibrio de mezcla entre los parámetros físicos y químicos, así como el equilibrio biológico del efluente y los del cuerpo receptor, y es específica de cada parámetro.

Dentro de la zona de mezcla, el nivel de calidad del agua del cuerpo receptor es más bajo en comparación con un punto situado aguas arriba de la descarga de un efluente determinado. Por lo tanto, las normas de calidad del agua del cuerpo receptor se aplican fuera de la zona de mezcla, no dentro de la propia zona de mezcla.

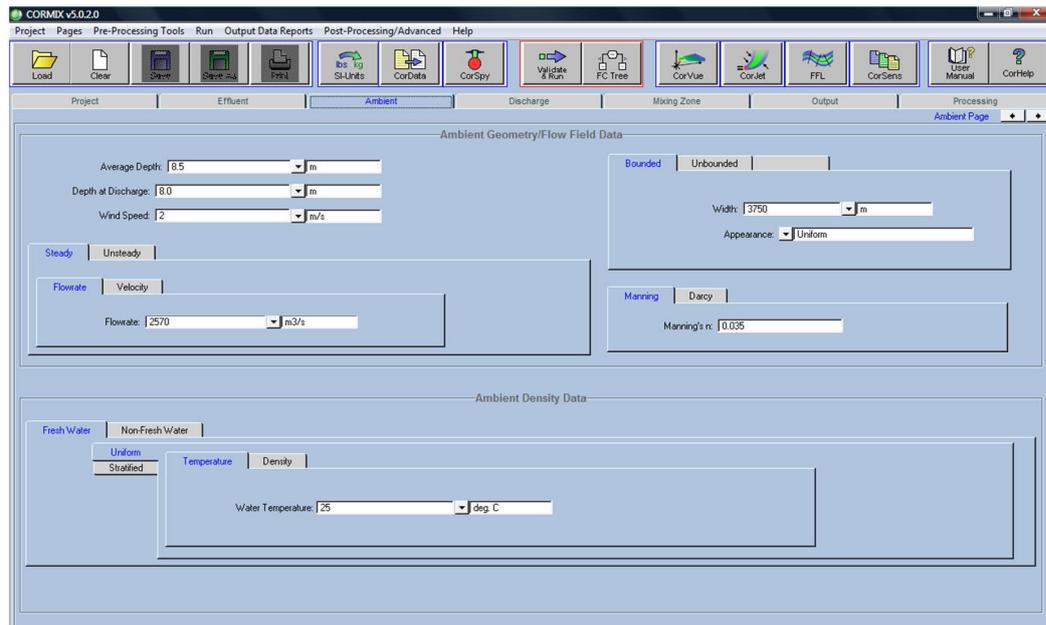
#### **3.2 Modelo Cormix (Simulación de la Zona de Mezcla)**

El *Cornell Mixing Zone Expert System* (Cormix) es un sistema de modelos computacionales desarrollado para el análisis, pronóstico y planificación de la descarga de efluentes en diferentes cuerpos de agua. Se desarrolló a través de la unión entre la EPA y la Universidad de Cornell durante el período 1985-1995.

Es un poderoso instrumento de análisis en el proceso de autorización de actividades industriales en relación con la descarga de efluentes tratados en los cuerpos receptores. Aunque el sistema pone gran énfasis en la predicción de la geometría y las características de dilución de la zona de mezcla inicial para comprobar el cumplimiento de la calidad del agua con las restricciones reglamentarias, el sistema también predice el comportamiento de la pluma de descarga a mayores distancias.

El CORMIX está compuesto por tres subsistemas: a) CORMIX1, utilizado para el análisis de las descargas puntuales (*single port discharges*); b) CORMIX2, para el análisis de las descargas de múltiples difusores bajo la superficie (*difusores*) y c) CORMIX3, para el análisis de las descargas de superficie flotantes (*buoyant surface discharges*).

Aunque la metodología CORMIX considera las condiciones ambientales estacionarias, el sistema representa una herramienta adecuada para pronosticar tanto las características cualitativas (clasificación del flujo, etc.) como los aspectos cuantitativos (tasas de dilución, trayectorias de las plumas, etc.) de los procesos de mezcla hidrodinámica resultantes de diferentes configuraciones de descarga y en diversos tipos de masas de agua, incluidos los arroyos pequeños, los grandes ríos, los lagos, los embalses, los estuarios y las aguas costeras.



**Figura 3 – Pantalla del Software CORMIX**

### 3.2.1 **Procesos de Mezcla Hidrodinámica**

El comportamiento de mezcla de cualquier descarga de aguas residuales se rige por la interacción de las condiciones ambientales del cuerpo receptor y las características de la descarga.

La simulación del transporte de una pluma de efluente comprende la simulación del campo cercano y del campo lejano. El campo cercano corresponde a la zona de dilución inicial, en la que prevalecen los efectos de la velocidad de eyección inicial y la diferencia de densidad entre el efluente y el medio hídrico. Por "campo lejano" se entiende la región en la que predominan los efectos de la dinámica local en el transporte y la dispersión de la pluma. Para representar el comportamiento de la pluma de efluentes, deben estar separados el proceso en el modelado del campo cercano y el modelado del campo lejano.

Este informe se limita al estudio de las interacciones de campo cercano, ya que el objetivo es conocer la zona de dilución inicial.

### 3.2.2 **Tipo de Descarga**

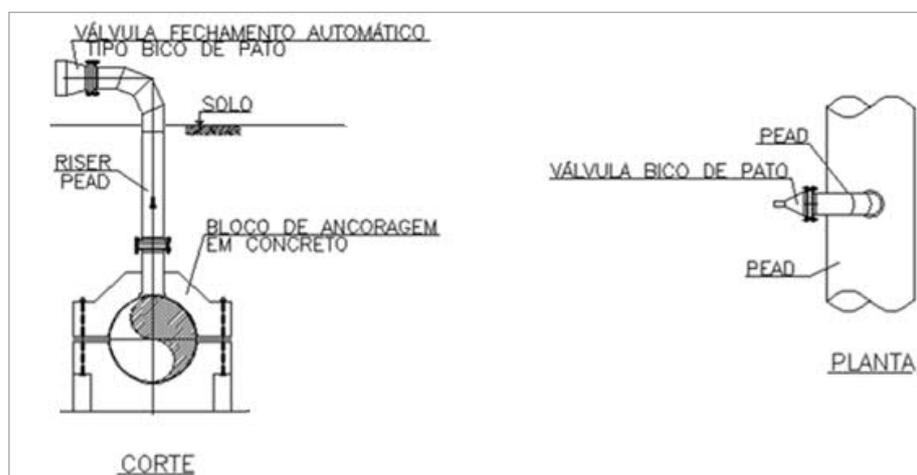
El efluente tratado se descarga en el Río Paraguay, y tendrá el siguiente diseño: 3 ramales submarinos (emisarios) con descargas multipuntos (5 difusores en cada ramal) por debajo de la superficie del agua. En esta concepción 2 extensiones estarán en modo operativo y 1 extensión estará en modo de reserva.

El emisario tiene por objeto descargar los efluentes tratados en el Río Paraguay, de manera controlada y segura, mediante la descarga submarino en condiciones que impidan la formación de espumas y promuevan la dispersión de la manera más eficiente en el cuerpo receptor.

El sistema completo consiste en: a) un pozo de efluente tratado; b) descarga del efluente tratado en la margen del Río Paraguay, en el punto de descarga; c) válvulas de control; d) tubería de descarga en el lecho del río; y e) tuberías difusoras verticales (ascensores, o *risers* en inglés) con boquillas para la descarga submarina y la dispersión en las aguas del río.

Los emisarios consistirán en 3 líneas (emisarios) de polietileno de alta densidad (PEAD) en el lecho del río. En ciertos lugares que favorecen la mejor dispersión en las aguas del río y la homogeneización de la mezcla, habrá elevadores verticales de acero, que conducirán el efluente tratado de las tuberías hasta aproximadamente 50 cm arriba del lecho del río.

Al final de cada *riser*, habrá una curva de 90° con respecto a la horizontal. Al final de esta curva se instalará una válvula de retención especial (tipo boquilla de pato) que permitirá la descarga de los chorros de efluentes de manera optimizada, así como evitar la entrada de arena y cuerpos extraños en el sistema. Las siguientes figuras muestran detalles del elevador y la válvula de retención (tipo boquilla de pato).



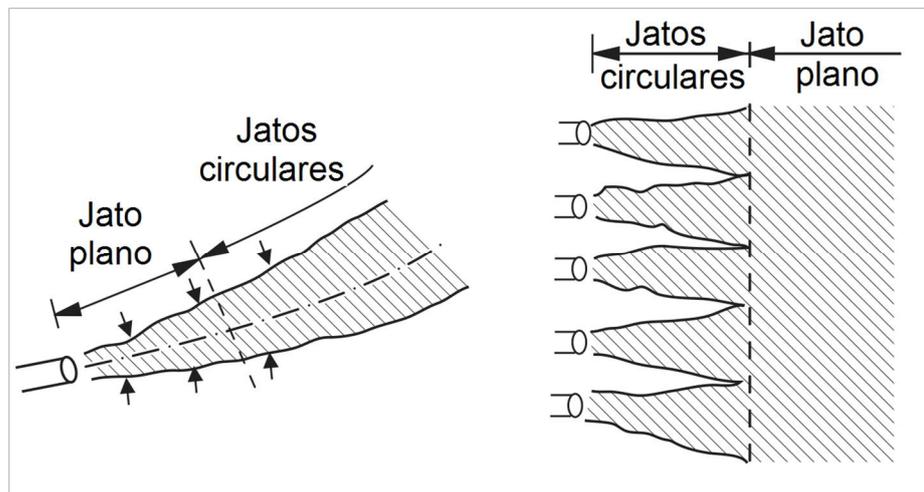
**Figura 4 – Detalles del *riser* y válvula de retención (tipo boquilla de pato)**



**Figura 5 – Ejemplo de risers**

El efluente tratado se descargará en forma paralela al flujo del río, inicialmente como un chorro cilíndrico y después como un chorro plano único. La siguiente figura ilustra este tipo de dilución.

Para el presente estudio se utilizó el CORMIX 2, que analiza las descargas bajo la superficie del agua, descargadas por un emisario submarino con múltiples difusores.



**Figura 6 – Descarga del efluente por los difusores**

### 3.2.3 Parámetros del CORMIX

El CORMIX permite el trabajo con tres tipos de parámetros:

- Conservativo: el parámetro no sufre ningún proceso de descomposición;
- No conservativo: el parámetro sufre un decaimiento de primer orden; y,
- Descargas de alta temperatura.

Normalmente, el comportamiento del campo cercano es bastante insensible con la elección de estos valores, pero puede afectar a la predicción de los resultados a mayores distancias, en los casos de campo lejano.

En el presente caso se adoptó que el efluente tratado de la fábrica es de tipo conservador para la DBO, lo que significa que no se consideró el decaimiento de la carga orgánica debido a la reacción o degradación biológica.

## 4 SIMULACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA

### 4.1 Premisas Adoptadas

El tipo de descarga de los efluentes en el Río Paraguay será del tipo de chorro mezclado por descargas multipunto (difusor) bajo la superficie (descargas de difusores multipunto sumergidos).

Según el tipo de descarga, se utilizó el CORMIX 2, es decir, cuando un efluente se descarga a través de numerosas descargas multipuntos (difusores).

### 4.2 Datos de Entrada

Hay tres tipos de datos de entrada necesarios para utilizar el modelo CORMIX: datos ambientales, datos sobre los efluentes y la información sobre el tipo de eliminación.

Los datos ambientales consisten en información sobre la temperatura, la profundidad del río, el caudal del río, la distancia entre sus márgenes, entre otros.

Se incluyen algunas propiedades fisicoquímicas del efluente en estudio, como: concentración del parámetro en estudio, velocidad de flujo y temperatura.

El último conjunto de datos de entrada del modelo está compuesto por información sobre el tipo de descarga, las características del difusor, la profundidad y el flujo de la descarga, la duración de la liberación y la simulación, etc.

En la modelización de la dispersión de este estudio se utilizaron los datos presentados en los siguientes cuadros.

**Tabla 3 – Datos Ambientales**

Variable	Unidad	Valor
Caudal Mínimo ( $Q_{7,10}$ )	m <sup>3</sup> /s	1 093
Caudal Medio ( $M_{\text{media}}$ )	m <sup>3</sup> /s	2 179
Profundidad en el caudal $Q_{7,10}$	m	0,98
Profundidad en el caudal $Q_m$	m	3,28
Ancho del río	m	740
Temperatura del agua	°C	29

**Tabla 4 – Datos del efluente tratado**

Variable	Unidad	Valor
Caudal	m <sup>3</sup> /h (m <sup>3</sup> /s)	5 700 (1,58)
Concentración de DBO	mg/L	25
Concentración de color	mg/L	250
Concentración de nitrógeno total	mg/L	7
Concentración de fósforo total	mg/L	1
Concentración de AOX	mg/L	3
Temperatura del efluente	°C	38

**Tabla 5 – Datos del emisario subacuático**

Variable	Unidad	Valor
Tipo de descarga	-	CORMIX2
Margen de descarga	-	Izquierda
Distancia de margen	m	205
Número de ramas	-	2 (operación) +1 (reservación)
Longitud de cada rama	m	50
Número total de difusores en operación	-	10 (5 por ramal)
Altura de las boquillas de pato	m	0,20
Diámetro de las boquillas de pato	m	0,25

En la figura siguiente se presenta una perspectiva del emisario subacuático.

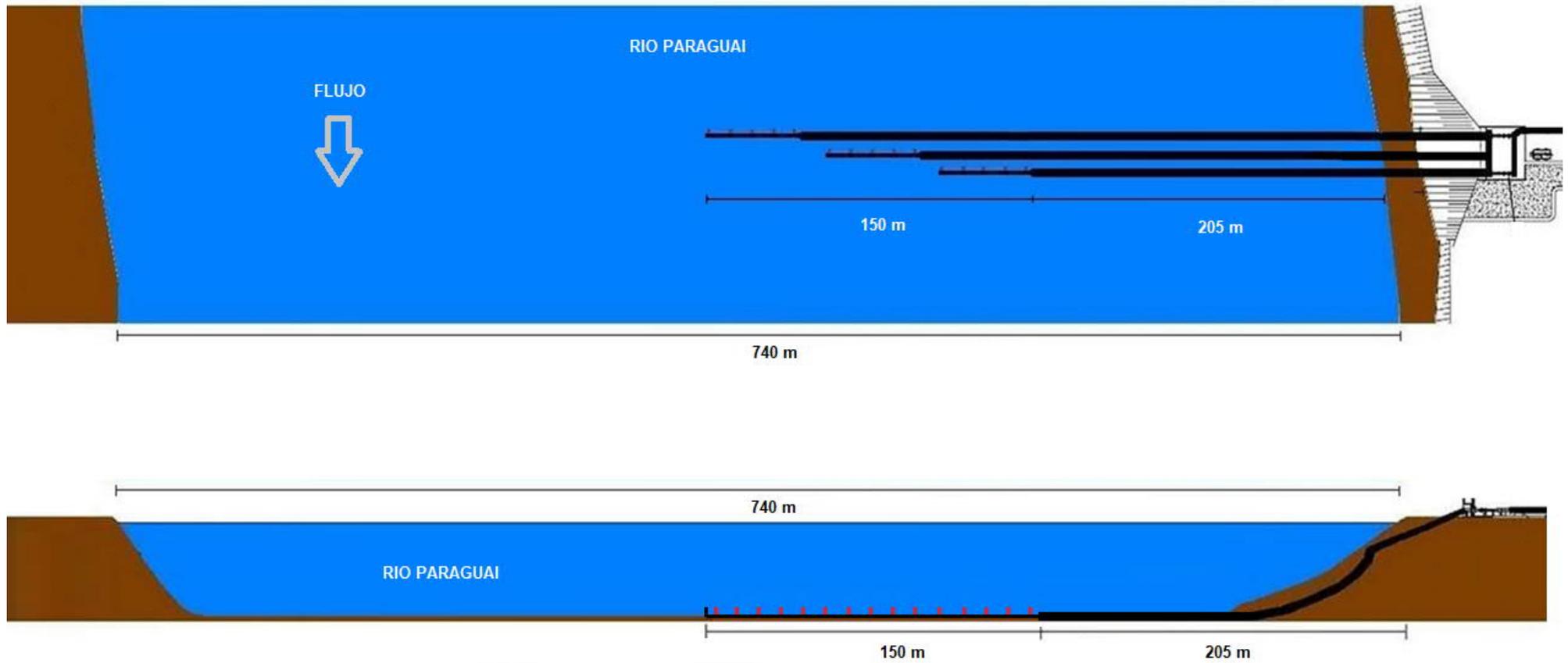


Figura 7 – Perspectivas del emisario subacuático en el Río Paraguay

Las concentraciones de DBO, color, nitrógeno total, fósforo total y AOX del efluente tratado en este estudio son los valores máximos, o sea, el máximo planificado para la fábrica de celulosa.

El modelo matemático tiene en cuenta la DBO y las concentraciones de color, de nitrógeno, de fósforo y de AOX del Río Paraguay en la situación inicial como cero, o sea, no considera la carga del río a lo largo del trecho de estudio, que varía según la autodepuración y las cargas que el río ya presenta. Por lo tanto, el modelo presenta los resultados de lo que ocurre con el efluente tratado de la fábrica y el aumento que causa en este río en términos de carga orgánica y color.

Para este estudio se consideraron 10 escenarios, variando el caudal del río (caudal mínimo de 1.093 m<sup>3</sup>/s y caudal medio de 2.179 m<sup>3</sup>/s) y las variables estudiadas (DBO, color, nitrógeno total, fósforo total y AOX), como se presenta en la tabla siguiente.

Como resultado, se verificaron las distancias a las que la calidad del Río Paraguay cumple con los estándares establecidos por la Resolución 222/2002 de la SEAM (para ríos de clase 2) para la DBO y las variables de color.

**Tabla 6 – Escenarios evaluados en el presente estudio**

Variable	Escenario	Caudal del río (m <sup>3</sup> /s)
DBO	1	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )
	2	2.179 (Q <sub>m</sub> )
Color	3	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )
	4	2.179 (Q <sub>m</sub> )
Nitrógeno total	5	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )
	6	2.179 (Q <sub>m</sub> )
Fósforo total	7	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )
	8	2.179 (Q <sub>m</sub> )
AOX	9	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )
	10	2.179 (Q <sub>m</sub> )

### 4.3 Resultados de los Escenarios Evaluados

#### 4.3.1 Escenario 1 (DBO, Caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>)

Los datos empleados en el escenario 1 están presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 7 – Datos utilizados en el escenario 1**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de la DBO
DBO	1.093 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	25 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.

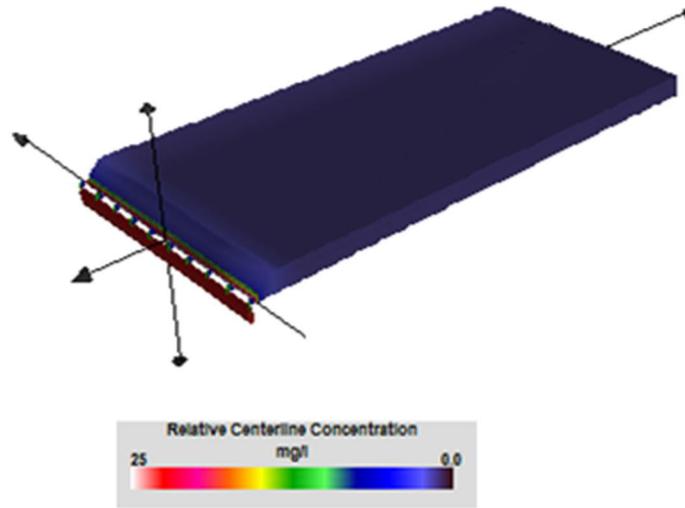


Figura 8 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones

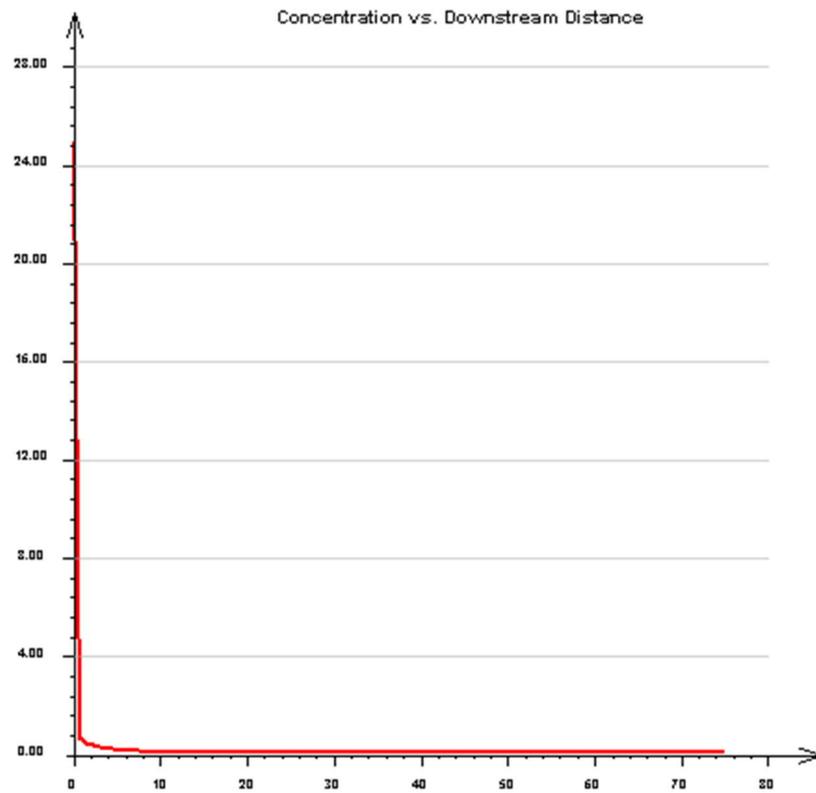


Figura 9 – Gráfico de la concentración de la DBO (mg/L) X distancia (m)

**Tabla 8 – Resultados del escenario 1**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
DBO	5 mg/L	0,42 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002.

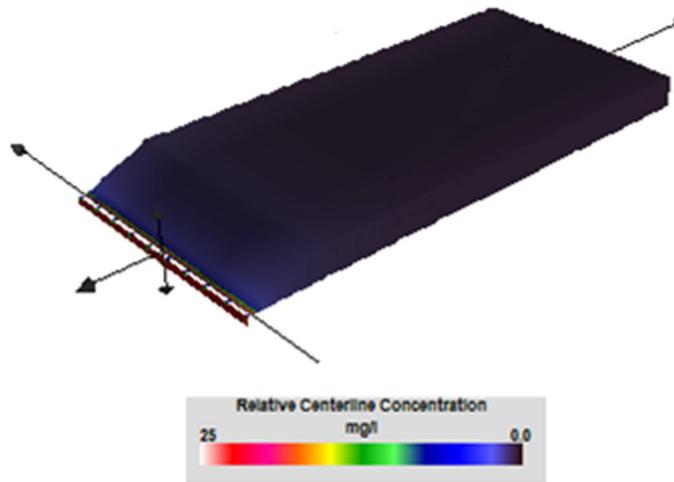
**4.3.2 Escenario 2 (DBO, Caudal medio -  $Q_m$ )**

Los datos utilizados en el escenario 2 están presentados en la tabla siguiente.

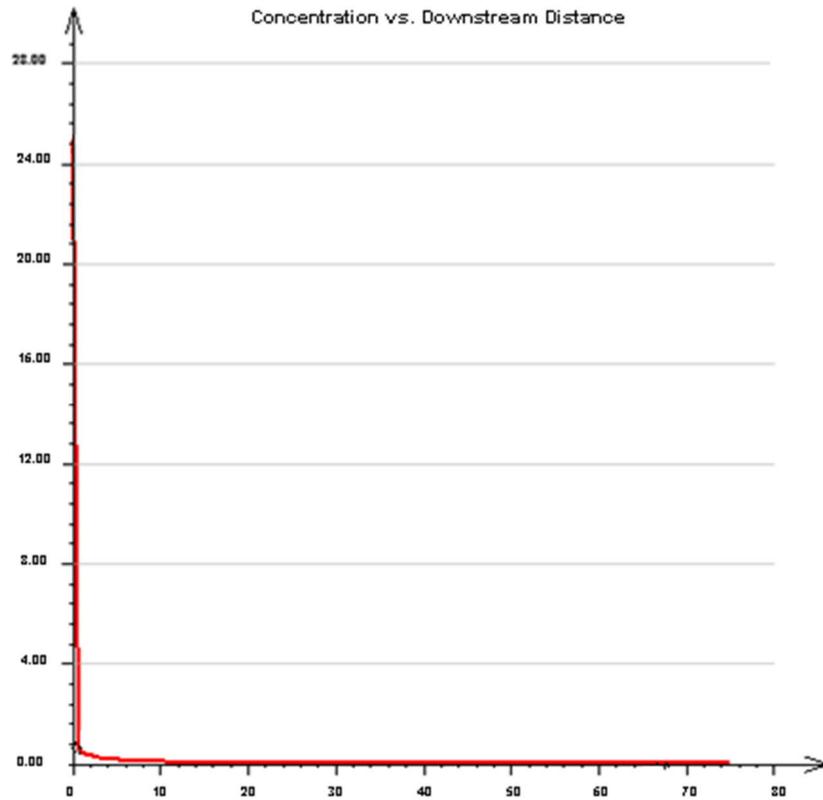
**Tabla 9 – Datos utilizados en el escenario 2**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de la DBO
DBO	2.179 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	25 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 10 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 11 – Gráfico de la concentración de la DBO (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 10 – Resultados del escenario 2**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
DBO	5 mg/L	0,42 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002

### 4.3.3 Escenario 3 (Color, Caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>)

Los datos utilizados en el escenario 3 son presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 11 – Datos utilizados en el escenario 3**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración del Color
Color	1.093 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	250 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla a seguir.

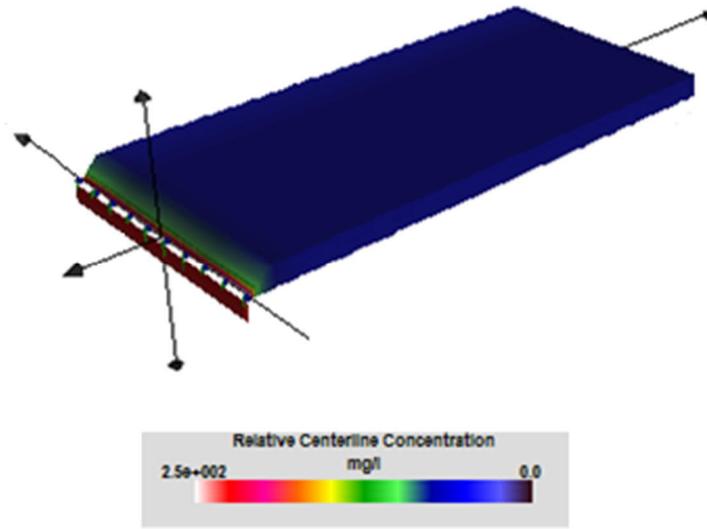


Figura 12 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones

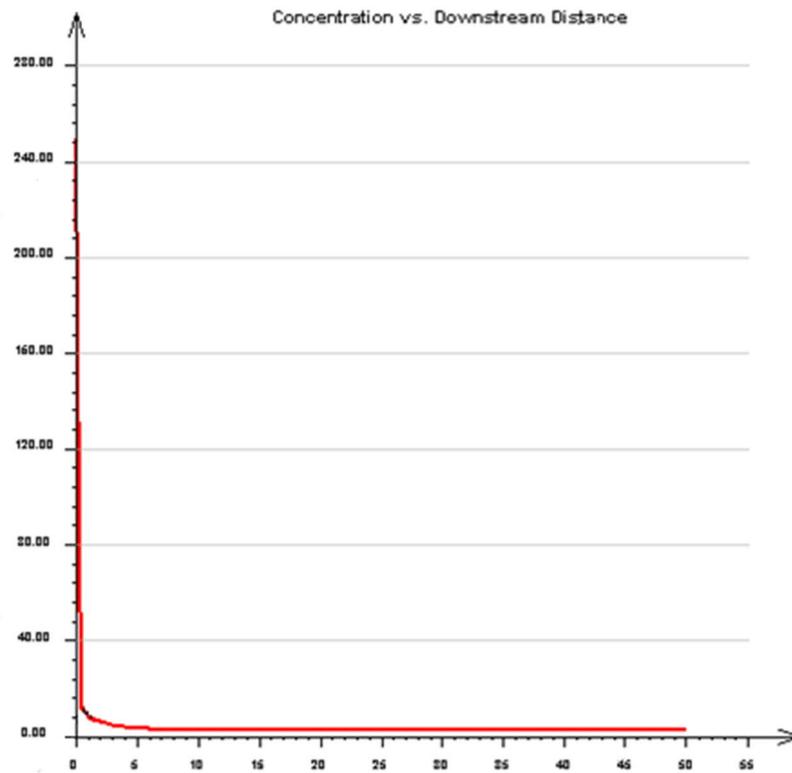


Figura 13 – Gráfico del concentración del Color (mg/L) X distancia (m)

**Tabla 12 – Resultados del escenario 3**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Color	75 mg/L	0,37 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, conforme la Resolución SEAM 222/2002

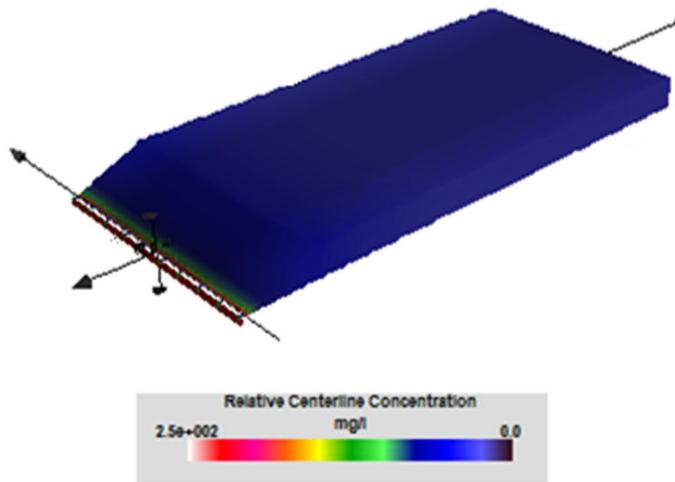
**4.3.4 Escenario 4 (Color, Caudal medio - Q<sub>m</sub>)**

Los datos utilizados en el escenario 4 son presentados en la tabla a seguir.

**Tabla 13 – Datos utilizados en el escenario 4**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración del Color
Color	2.179 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	250 mg/L

Los resultados de la simulación están presentados en las figuras y en la tabla a seguir.



**Figura 14 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**

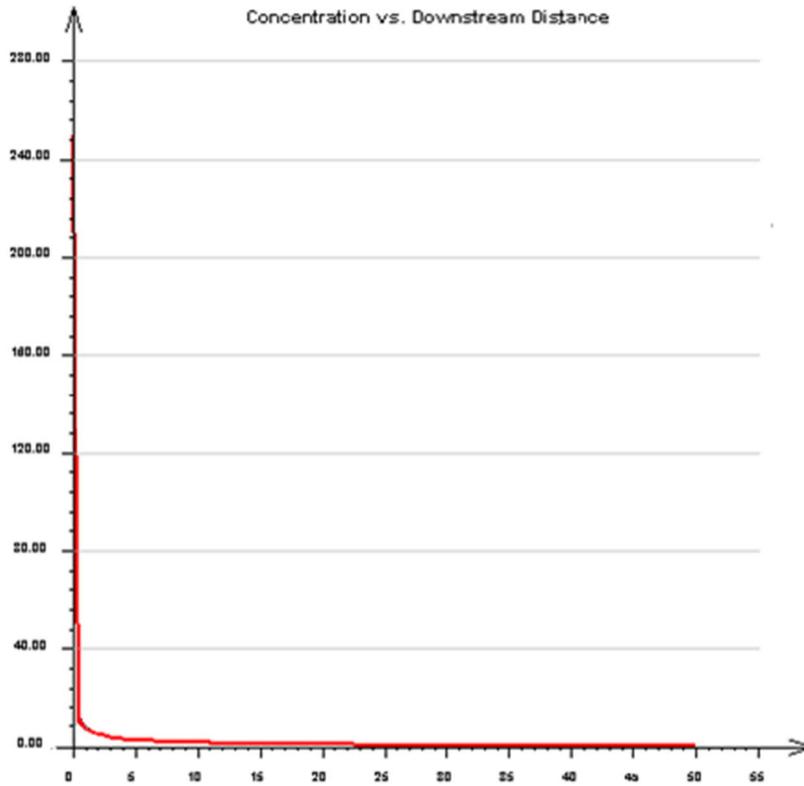


Figura 15 – Gráfico de la concentración del Color (mg/L) X distancia (m).

Tabla 14 – Resultados del escenario 4

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Color	75 mg/L	0,37 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, conforme la Resolución SEAM 222/2002

#### 4.3.5 Escenario 5 (Nitrógeno total, Caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>)

Los datos empleados en el escenario 5 están presentados en la tabla siguiente.

Tabla 15 – Datos utilizados en el escenario 5

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración del nitrógeno total
Nitrógeno total	1.093 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	7 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.

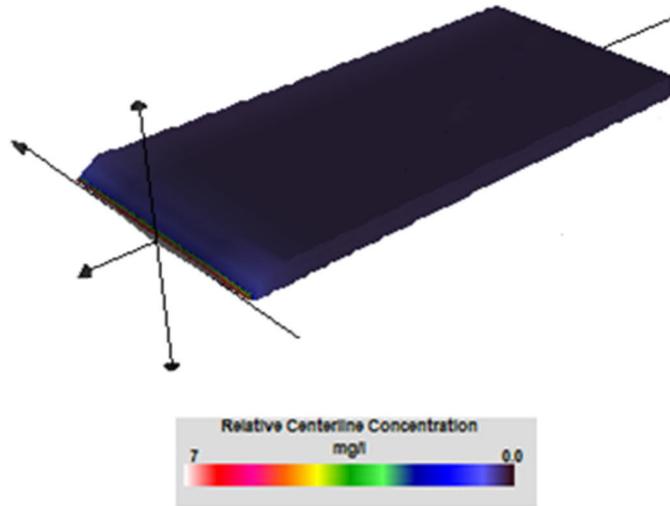


Figura 16 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones

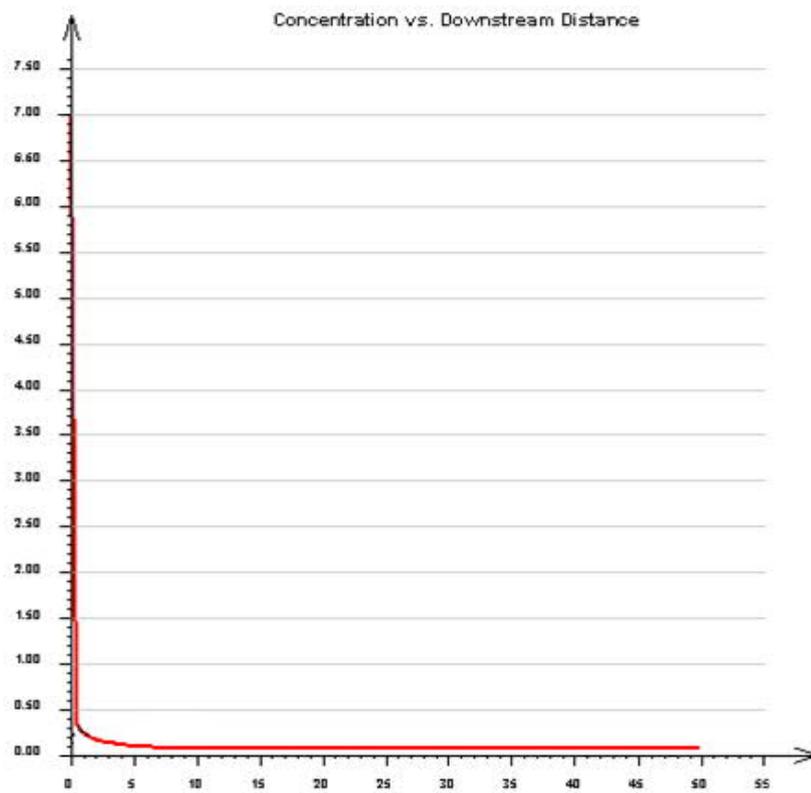


Figura 17 – Gráfico de la concentración del nitrógeno total (mg/L) X distancia (m)

**Tabla 16 – Resultados del escenario 5**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Nitrógeno total	0,6 mg/L	0,48 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002.

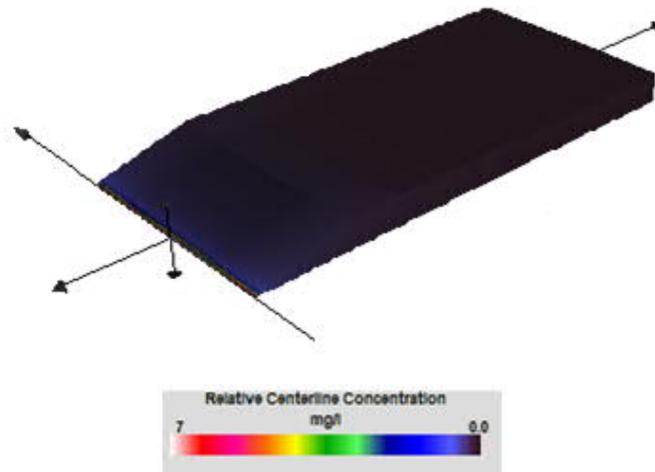
**4.3.6 Escenario 6 (Nitrógeno total, Caudal medio -  $Q_m$ )**

Los datos utilizados en el escenario 6 están presentados en la tabla siguiente.

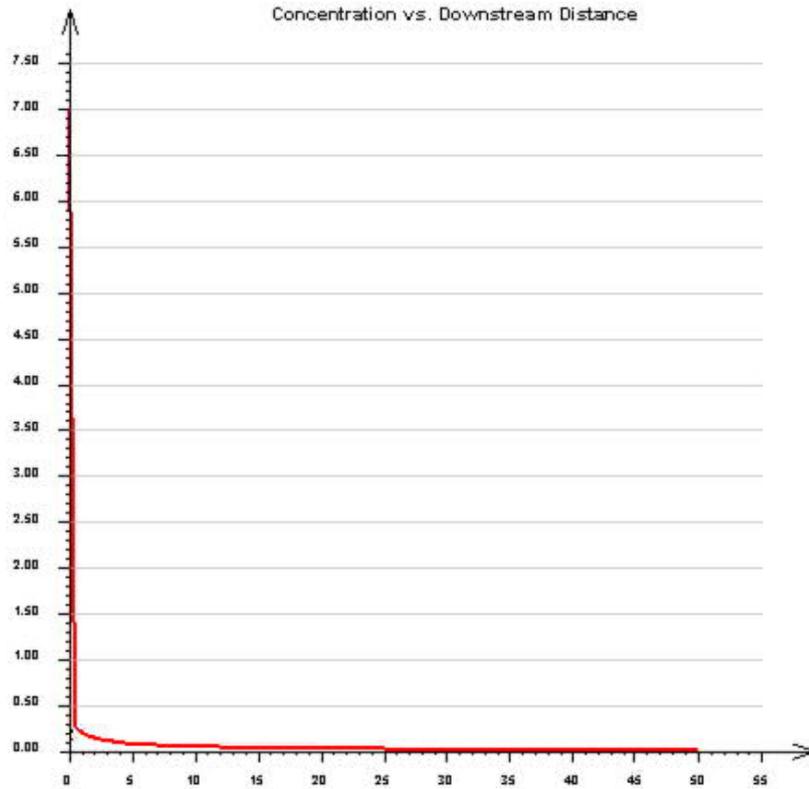
**Tabla 17 – Datos utilizados en el escenario 6**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de la nitrógeno total
Nitrógeno total	2.179 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	7 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 18 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 19 – Gráfico de la concentración de nitrógeno total (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 18 – Resultados del escenario 6**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Nitrógeno total	0,6 mg/L	0,48 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002.

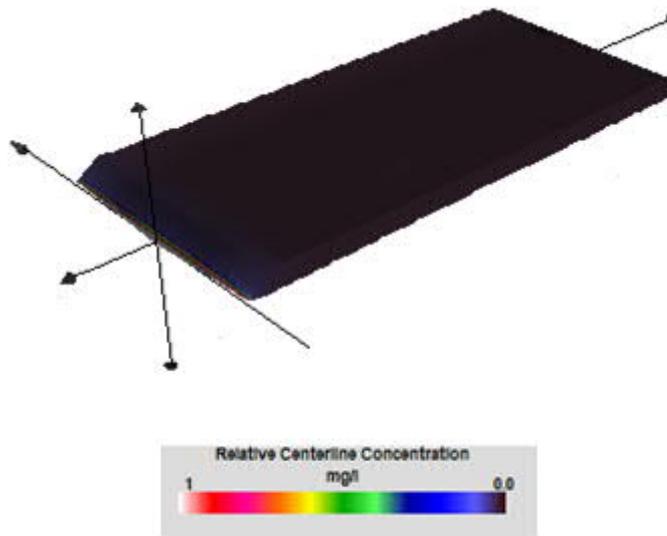
**4.3.7 Escenario 7 (Fósforo total, Caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>)**

Los datos empleados en el escenario 7 están presentados en la tabla siguiente.

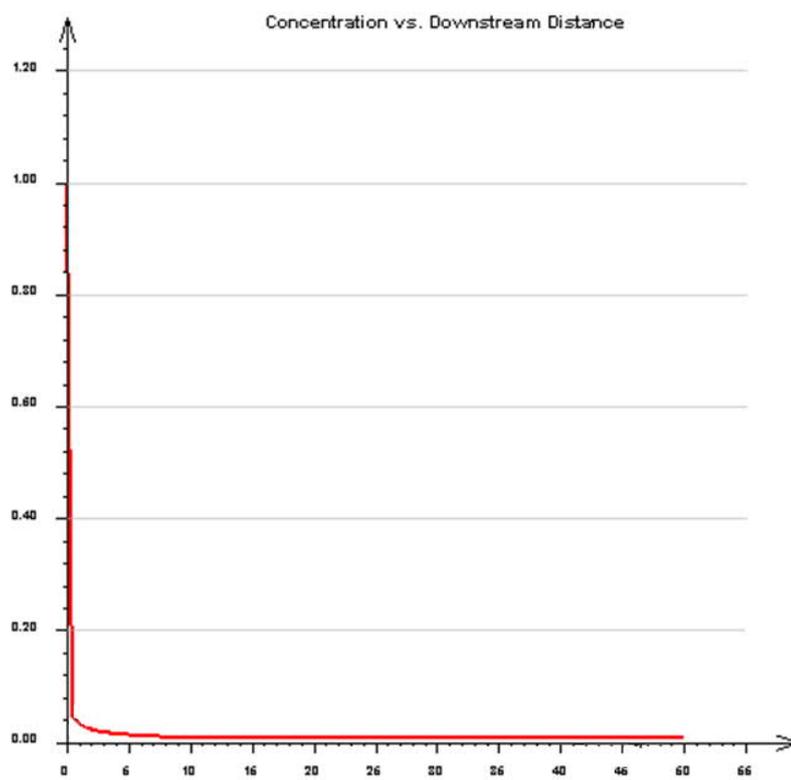
**Tabla 19 – Datos utilizados en el escenario 7**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de Fósforo total
Fósforo total	1.093 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	1 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 20 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 21 – Gráfico de la concentración de fósforo total (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 20 – Resultados del escenario 7**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Fósforo total	0,05 mg/L	0,50 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002.

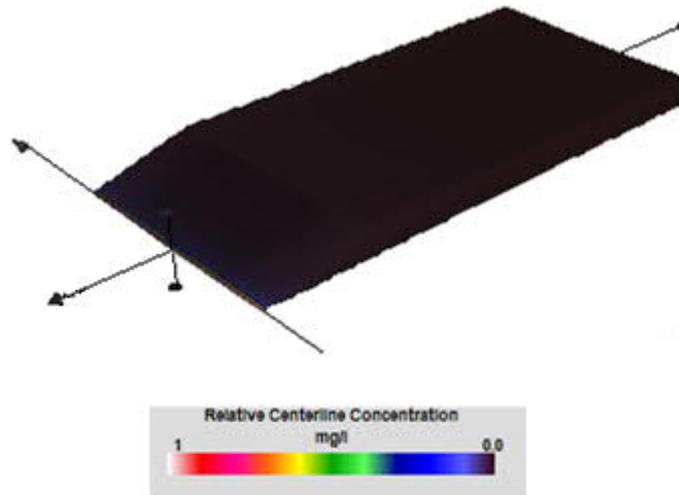
**4.3.8 Escenario 8 (Fósforo total, Caudal medio -  $Q_m$ )**

Los datos utilizados en el escenario 8 están presentados en la tabla siguiente.

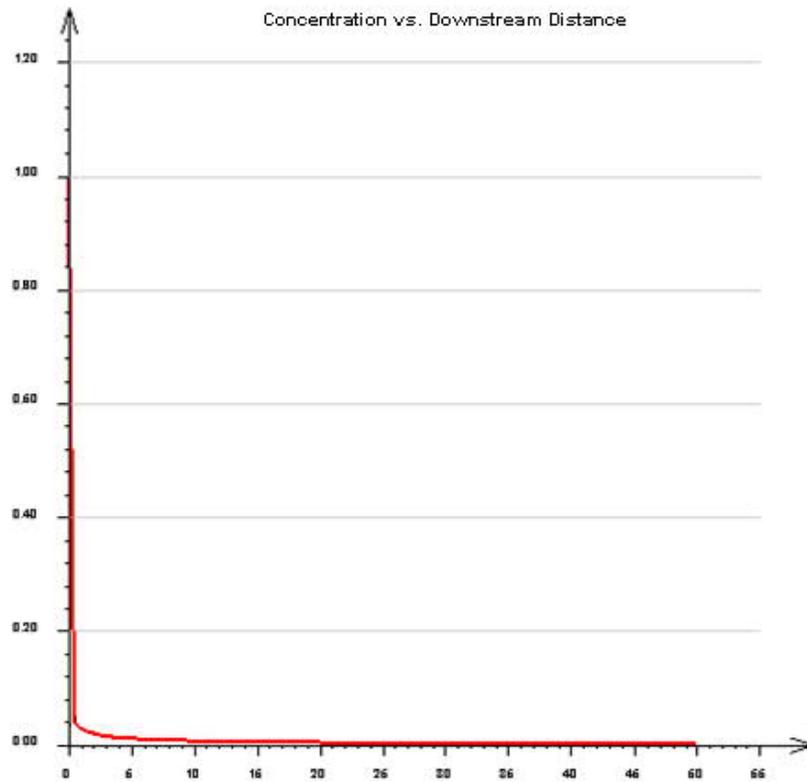
**Tabla 21 – Datos utilizados en el escenario 8**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de Fósforo total
Fósforo total	2.179 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	1 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 22 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 23 – Gráfico de la concentración de fósforo total (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 22 – Resultados del escenario 8**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
Fósforo total	0,05 mg/L	0,50 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad para río clase 2, de acuerdo con la Resolución SEAM 222/2002.

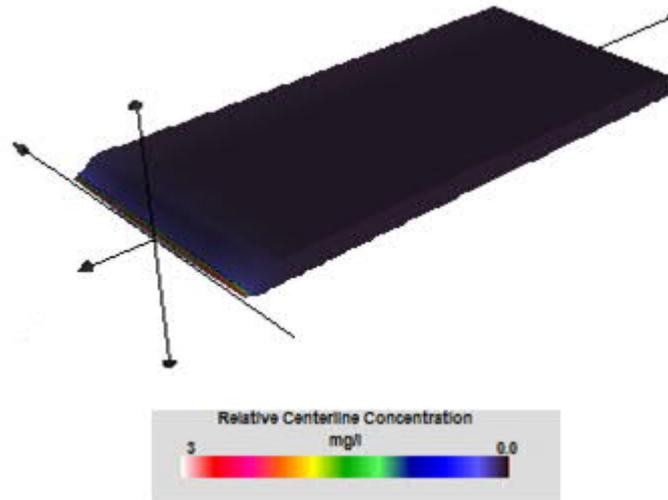
**4.3.9 Escenario 9 (AOX, Caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>)**

Los datos empleados en el escenario 9 están presentados en la tabla siguiente.

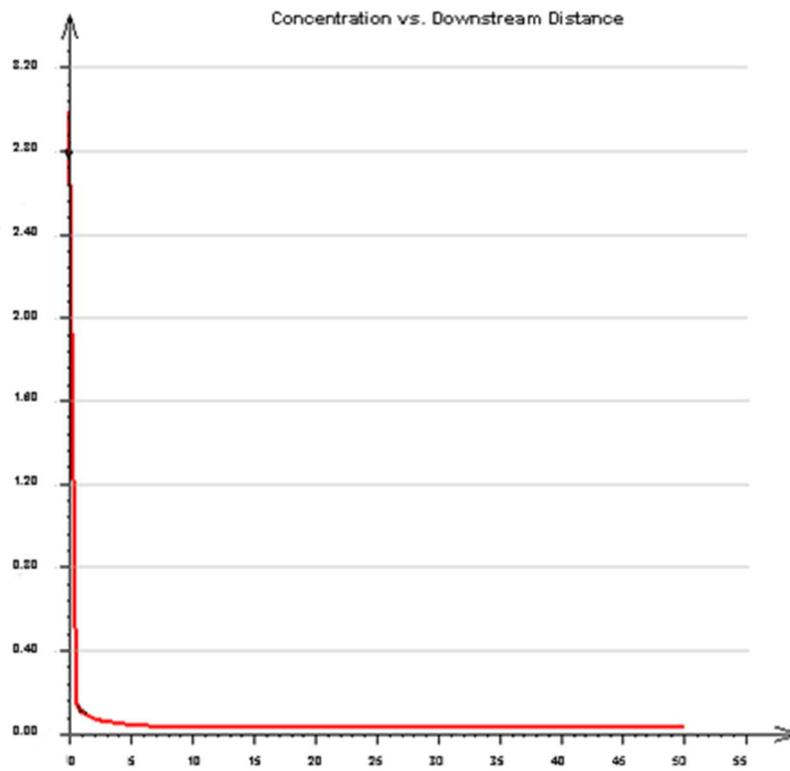
**Tabla 23 – Datos utilizados en el escenario 9**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de AOX
AOX	1.093 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	3 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 24 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 25 – Gráfico de la concentración de AOX (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 24 – Resultados del escenario 9**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
AOX	0,15 mg/L	0,50 m

<sup>1</sup> Concentración promedio de AOX obtenida en las 3 campañas de calidad del agua del Río Paraguay en el punto arriba de descarga.

**4.3.10 Escenario 10 (AOX, Caudal medio - Q<sub>m</sub>)**

Los datos utilizados en el escenario 10 están presentados en la tabla siguiente.

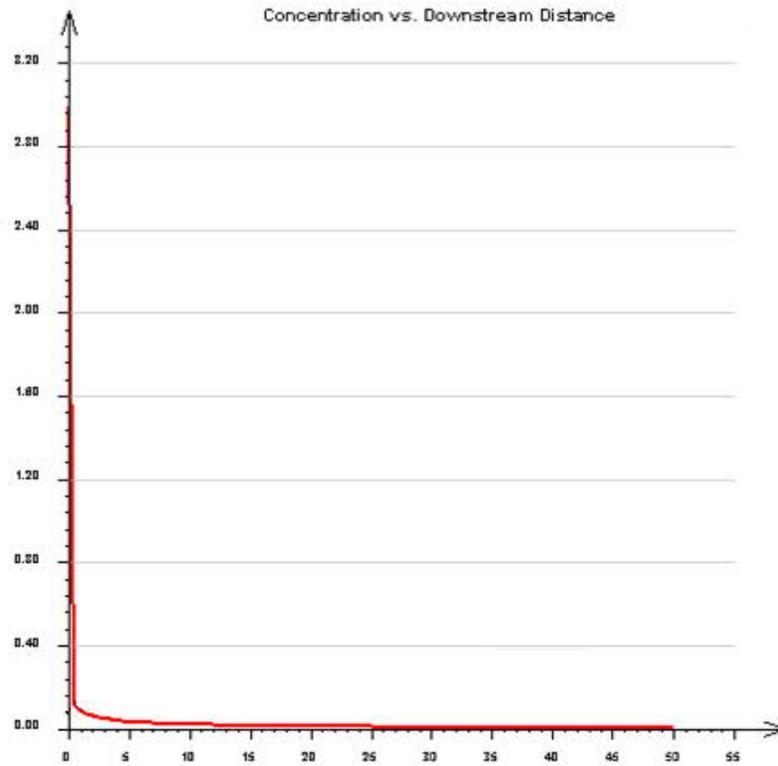
**Tabla 25 – Datos utilizados en el escenario 10**

Variable	Caudal del río	Caudal del efluente	Concentración de AOX
AOX	2.179 m <sup>3</sup> /s	1,58 m <sup>3</sup> /s	3 mg/L

Los resultados de la simulación son presentados en las figuras y en la tabla siguientes.



**Figura 26 – Simulación de la pluma de dispersión en 3 dimensiones**



**Figura 27 – Gráfico de la concentración de AOX (mg/L) X distancia (m)**

**Tabla 26 – Resultados del escenario 10**

Variable	Estándar de Calidad <sup>1</sup>	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
AOX	0,15 mg/L	0,50 m

<sup>1</sup> Concentración promedio de AOX obtenida en las 3 campañas de calidad del agua del Río Paraguay en el punto arriba de descarga.

**5 CONCLUSIONES**

Para el estudio de la zona de mezcla del Río Paraguay se realizaron 10 simulaciones, variando el caudal del río (caudal  $Q_{7.10}$  de 1.093 m<sup>3</sup>/s y caudal medio de 2.179 m<sup>3</sup>/s) y los parámetros en estudio (DBO, color, nitrógeno, fósforo y AOX), en las que se verificaron las distancias a las que la calidad del Río Paraguay cumple con los estándares establecidos por la Resolución 222/2002 (para ríos de clase 2) y con la calidad actual del Río Paraguay en el caso de AOX.

**Tabla 27 – Resultados de las simulaciones del CORMIX**

Variable	Escenario	Caudal del río (m <sup>3</sup> /s)	Nivel de calidad (mg/L)	Extensión de la pluma al alcanzar el nivel de calidad (zona de mezcla) <sup>1</sup>
DBO	1	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )	5 <sup>1</sup>	0,42 m
	2	2.179 (Q <sub>m</sub> )		0,42 m
Color	3	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )	75 <sup>1</sup>	0,37 m
	4	2.179 (Q <sub>m</sub> )		0,37 m
Nitrógeno total	5	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )	0,6 <sup>1</sup>	0,48 m
	6	2.179 (Q <sub>m</sub> )		0,48 m
Fósforo total	7	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )	0,05 <sup>1</sup>	0,50 m
	8	2.179 (Q <sub>m</sub> )		0,50 m
AOX	9	1.093 (Q <sub>7,10</sub> )	0,15 <sup>2</sup>	0,50 m
	10	2.179 (Q <sub>m</sub> )		0,50 m

<sup>1</sup> Estándar de calidad establecido por la Resolución 222/2002 (río clase 2). <sup>2</sup> Concentración promedio de AOX obtenida en las campañas de calidad del agua del Río Paraguay.

De acuerdo con los resultados de las simulaciones, se observa que para cumplir con los estándares de calidad establecidos por la Resolución SEAM 222/2002, en lo que respecta a los parámetros de DBO, color, nitrógeno y fósforo, tanto en las condiciones más críticas (caudal mínimo - Q<sub>7,10</sub>) como en las condiciones de caudal medio, las distancias requeridas para la zona de mezcla de los efluentes tratados por PARACEL en el Río Paraguay varían entre 0,37 y 0,50 m. En el caso del AOX, para alcanzar la concentración igual a la obtenida en las campañas de calidad las distancias requeridas son de 0,50 m.

En general, debido a los resultados obtenidos, la dispersión de los efluentes tratados de PARACEL en el Río Paraguay es rápida y se produce muy cerca del punto de descarga de los efluentes. Debido a esto, la simulación para el campo lejano no fue realizada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el modelo matemático no considera las concentraciones de DBO, color, nitrógeno, fósforo y AOX del río Paraguay. De cualquier modo, de acuerdo con la simulación la distancia a la que dejan de prevalecer las variables del campo cercano, o sea, la distancia del campo cercano es de 50 m.

Cabe señalar que el punto de recogida de agua de la fábrica se situará aguas abajo del punto de descarga de efluentes. Esto refuerza la adhesión de PARACEL a los aspectos ambientales y demuestra el compromiso y la seguridad que debe tener PARACEL con respecto al futuro sistema de tratamiento de efluentes de la fábrica, a fin de mantener el estándar de calidad del agua del Río Paraguay.

Además, es importante resaltar que, la descarga del efluente de la fábrica de PARACEL no causará impacto acumulativo en las aguas del Río Paraguay, debido a existencia de pocas descargas industriales en el río y alto flujo del mismo.

## 6

**REFERENCIAS**

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. 2020. Disponible en: <<https://cicplata.org/es/>>.

CIC – COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL COORDINADOR DE LOS PAÍSES DE LA CUENCA DEL PLATA. **Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata-ADT**. – 1ª ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata - CIC ; Estados Unidos : Organización de los Estados Americanos - OEA, 2017. Disponible en: <[https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analisis\\_diagnostico\\_transfronterizo\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_plata.pdf](https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analisis_diagnostico_transfronterizo_de_la_cuenca_del_plata.pdf)>.

DONEKER, R. L.; JIRKA, G. H. Cormix User Manual - A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Waters. Washington D. C: MixZon Inc, 2007.

MADES – MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2020. Disponible en: <<http://www.mades.gov.py/areas-tematicas/recursos-hidricos/>>.

SEAM. Resolución nº 222/2002 – Por la cual se establece el patrón de calidad de las aguas en el territorio nacional.

SEAM. Resolución nº 255/2006 (Clasificación de Todas las Aguas del Paraguay en la Clase 2).

**ANEXO I**  
**SIMULACIONES CORMIX**

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September, 2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: DBO  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/05/2020--17:51:17

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 1093 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 0.98 m  
 Depth at discharge HD = 0.78 m  
 Ambient velocity UA = 1.5072 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0711  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----

DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GPO = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 25 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) Q0 = 0.0158 m<sup>3</sup>/s

Discharge (volume flux)	q0	= 0.0133 m <sup>2</sup> /s
Momentum flux	m0	= 0.084760 m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
Buoyancy flux	j0	= 0.000464 m <sup>3</sup> /s <sup>3</sup>

## DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m	Lm = 0.04 m	LM = 14.10 m
lm' = 99999 m	Lb' = 99999 m	La = 99999 m

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

## NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number	FRO	= 576.71
Port/nozzle Froude number	FRDO	= 71.12
Velocity ratio	R	= 3.56

## MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge		= no
Water quality standard specified		= yes
Water quality standard	CSTD	= 5 mg/l
Regulatory mixing zone		= no
Region of interest		= 10000 m downstream

## HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*

| FLOW CLASS = MU2 |

\*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 0.78 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 692.8

## MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

## X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

## NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge	c	= 0.3283 mg/l
Dilution at edge of NFR	s	= 76.1
NFR Location:	x	= 50 m
(centerline coordinates)	y	= 0 m
	z	= 0.78 m

NFR plume dimensions:	half-width (bh)	= 48.89 m
	thickness (bv)	= 0.78 m

Cumulative travel time: 31.6932 sec.

## Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

## Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field

in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.  
-----

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 5 mg/l

Corresponding dilution s = 17.0

Plume location: x = 0.42 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.22 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.97 m

thickness (bv) = 0.09 m

## CORMIX SESSION REPORT:

XX

## CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September, 2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: DBO  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/05/2020--17:48:46

\*\*\*\*\*

## SUMMARY OF INPUT DATA:

-----  
 AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 2179 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 3.28 m  
 Depth at discharge HD = 3.08 m  
 Ambient velocity UA = 0.8977 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0475  
   Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----  
 DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter DO = 0.1936 m  
   with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width BO = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity UO = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate QO = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height HO = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration CO = 25 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----  
 FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.0158 m<sup>2</sup>/s

```

Discharge (Volume flow)      Q0      = 0.0100 m^3/s
Momentum flux                m0      = 0.084760 m^3/s^2
Buoyancy flux                 j0      = 0.000464 m^3/s^3
    
```

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

```

LQ = 0.00 m           Lm = 0.11 m           LM = 14.10 m
lm' = 99999 m        Lb' = 99999 m          La = 99999 m
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)
    
```

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

```

Slot Froude number          FRO      = 576.71
Port/nozzle Froude number   FRD0     = 71.12
Velocity ratio              R         = 5.98
    
```

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

```

Toxic discharge              = no
Water quality standard specified = yes
Water quality standard       CSTD     = 5 mg/l
Regulatory mixing zone      = no
Region of interest          = 10000 m downstream
    
```

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

```

*-----*
| FLOW CLASS   = MU2 |
*-----*
    
```

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
 Applicable layer depth = water depth = 3.08 m

Limiting Dilution  $S = (QA/Q0) + 1.0 = 1380.1$

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

```

Pollutant concentration at NFR edge  c = 0.1405 mg/l
Dilution at edge of NFR             s = 177.9
NFR Location:                        x = 50 m
    (centerline coordinates)         y = 0 m
                                      z = 3.08 m
    
```

```

NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 49.19 m
                       thickness (bv) = 3.08 m
    
```

Cumulative travel time: 53.8857 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
 Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing

in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

-----  
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 5 mg/l

Corresponding dilution  $s = 19.8$

Plume location:  $x = 0.42$  m

(centerline coordinates)  $y = 0$  m

$z = 0.24$  m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.98 m

thickness (bv) = 0.09 m

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September, 2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: COR  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/05/2020--17:41:58

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 1093 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 0.98 m  
 Depth at discharge HD = 0.78 m  
 Ambient velocity UA = 1.5072 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0711  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----

DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 250 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) Q0 = 0.0158 m<sup>3</sup>/s

Discharge (volume flux)            q0       = 0.0158 m<sup>2</sup>/s  
 Momentum flux                    m0       = 0.084760 m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>  
 Buoyancy flux                     j0       = 0.000464 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m                    Lm = 0.04 m                    LM = 14.10 m  
 lm' = 99999 m                Lb' = 99999 m                La = 99999 m  
 (These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number                FR0       = 576.71  
 Port/nozzle Froude number        FRD0      = 71.12  
 Velocity ratio                     R         = 3.56

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge                     = no  
 Water quality standard specified   = yes  
 Water quality standard            CSTD      = 75 mg/l  
 Regulatory mixing zone             = no  
 Region of interest                 = 10000 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*  
 | FLOW CLASS   = MU2 |  
 \*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
 Applicable layer depth = water depth = 0.78 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 692.8

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge   c = 3.2833 mg/l  
 Dilution at edge of NFR             s = 76.1  
 NFR Location:                         x = 50 m  
                                       y = 0 m  
                                       z = 0.78 m

NFR plume dimensions:   half-width (bh) = 48.89 m  
                                       thickness (bv) = 0.78 m

Cumulative travel time:               31.6932 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
 Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.  
-----

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No IDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 75 mg/l

Corresponding dilution s = 15.0

Plume location: x = 0.37 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.22 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.98 m

thickness (bv) = 0.08 m

## CORMIX SESSION REPORT:

XX

## CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September, 2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: COR  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/05/2020--17:45:59

\*\*\*\*\*

## SUMMARY OF INPUT DATA:

-----  
 AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 2179 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 3.28 m  
 Depth at discharge HD = 3.08 m  
 Ambient velocity UA = 0.8977 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0475  
   Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----  
 DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
   with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GPO = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 250 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----  
 FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.0158 m<sup>2</sup>/s

Momentum flux	m0	= 0.084760 m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
Buoyancy flux	j0	= 0.000464 m <sup>3</sup> /s <sup>3</sup>

## DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m	Lm = 0.11 m	LM = 14.10 m
lm' = 99999 m	Lb' = 99999 m	La = 99999 m

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

## NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number	FRO	= 576.71
Port/nozzle Froude number	FRDO	= 71.12
Velocity ratio	R	= 5.98

## MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge		= no
Water quality standard specified		= yes
Water quality standard	CSTD	= 75 mg/l
Regulatory mixing zone		= no
Region of interest		= 10000 m downstream

## HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*

| FLOW CLASS = MU2 |

\*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 3.08 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 1380.1

## MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

## X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:

255 m from the left bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 100 per module.

## NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge c = 1.405 mg/l

Dilution at edge of NFR s = 177.9

NFR Location: x = 50 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 3.08 m

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 49.19 m

thickness (bv) = 3.08 m

Cumulative travel time: 53.8857 sec.

## Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

## Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

-----  
-----  
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No IDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 75 mg/l

Corresponding dilution s = 17.5

Plume location: x = 0.37 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.23 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.98 m

thickness (bv) = 0.08 m

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September,2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: Nitrogeno total  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/21/2020--15:36:09

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----  
 AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 1093 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 0.98 m  
 Depth at discharge HD = 0.78 m  
 Ambient velocity UA = 1.5072 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0711  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----  
 DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 7 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----  
 FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) Q0 = 0.0158 m<sup>3</sup>/s

Discharge (volume flux)            q0       = 0.0158 m<sup>2</sup>/s  
 Momentum flux                      m0       = 0.084760 m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>  
 Buoyancy flux                      j0       = 0.000464 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m                      Lm = 0.04 m                      LM = 14.10 m  
 lm' = 99999 m                    Lb' = 99999 m                    La = 99999 m  
 (These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number                      FR0       = 576.71  
 Port/nozzle Froude number              FRD0       = 71.12  
 Velocity ratio                         R           = 3.56

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge                         = no  
 Water quality standard specified       = yes  
 Water quality standard                 CSTD       = 0.6 mg/l  
 Regulatory mixing zone                 = no  
 Region of interest                     = 10000 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*  
 | FLOW CLASS   = MU2 |  
 \*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
 Applicable layer depth = water depth = 0.78 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 692.8

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge   c = 0.0919 mg/l  
 Dilution at edge of NFR               s = 76.1  
 NFR Location:                           x = 50 m  
   y = 0 m  
   z = 0.78 m

NFR plume dimensions:   half-width (bh) = 48.89 m  
   thickness (bv) = 0.78 m

Cumulative travel time:                31.6932 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
 Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing

in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

---

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

---

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No IDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 0.6 mg/l

Corresponding dilution s = 19.3

Plume location: x = 0.48 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.22 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.97 m

thickness (bv) = 0.10 m



```

Discharge (volume flux)      q0      = 0.0138 m^2/s
Momentum flux                m0      = 0.084760 m^3/s^2
Buoyancy flux                 j0      = 0.000464 m^3/s^3

```

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

```

LQ = 0.00 m          Lm = 0.11 m          LM = 14.10 m
lm' = 99999 m       Lb' = 99999 m       La = 99999 m
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

```

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

```

Slot Froude number          FRO      = 576.71
Port/nozzle Froude number   FRD0     = 71.12
Velocity ratio              R          = 5.98

```

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

```

Toxic discharge              = no
Water quality standard specified = yes
Water quality standard       CSTD     = 0.6 mg/l
Regulatory mixing zone      = no
Region of interest          = 10000 m downstream

```

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

```

*-----*
| FLOW CLASS = MU2 |
*-----*

```

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
 Applicable layer depth = water depth = 3.08 m

Limiting Dilution  $S = (QA/Q0) + 1.0 = 1380.1$

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

```

Pollutant concentration at NFR edge  c = 0.0393 mg/l
Dilution at edge of NFR             s = 177.9
NFR Location:                        x = 50 m
(centerline coordinates)            y = 0 m
                                       z = 3.08 m

```

```

NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 49.19 m
                       thickness (bv) = 3.08 m

```

Cumulative travel time: 53.8857 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
 Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

-----  
There may be benthic impact of high pollutant concentrations.  
-----

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.  
-----

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard	= 0.6 mg/l
Corresponding dilution	s = 22.5
Plume location:	x = 0.48 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0.24 m
Plume dimensions:	half-width (bh) = 49.98 m
	thickness (bv) = 0.10 m

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September, 2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: Fosforo total  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/21/2020--16:36:41

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 1093 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 0.98 m  
 Depth at discharge HD = 0.78 m  
 Ambient velocity UA = 1.5072 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0711  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----

DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge  
 Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 1 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.0158 m<sup>2</sup>/s

Momentum flux  $m_0 = 0.084760 \text{ m}^3/\text{s}^2$   
 Buoyancy flux  $j_0 = 0.000464 \text{ m}^3/\text{s}^3$

## DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$LQ = 0.00 \text{ m}$        $Lm = 0.04 \text{ m}$        $LM = 14.10 \text{ m}$   
 $lm' = 99999 \text{ m}$        $Lb' = 99999 \text{ m}$        $La = 99999 \text{ m}$   
 (These refer to the actual discharge/environment length scales.)

## NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number  $FRO = 576.71$   
 Port/nozzle Froude number  $FRD0 = 71.12$   
 Velocity ratio  $R = 3.56$

## HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*  
 | FLOW CLASS = MU2 |  
 \*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 0.78 m

Limiting Dilution  $S = (QA/Q0) + 1.0 = 692.8$

\*\*\*\*\*  
 MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

## X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
 255 m from the left bank/shore.  
 Number of display steps NSTEP = 100 per module.

## NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge  $c = 0.0131 \text{ mg/l}$   
 Dilution at edge of NFR  $s = 76.1$   
 NFR Location:  $x = 50 \text{ m}$   
 (centerline coordinates)  $y = 0 \text{ m}$   
 $z = 0.78 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 48.89 m  
 thickness (bv) = 0.78 m

Cumulative travel time: 31.6932 sec.

## Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
 Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

## Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.  
 There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

## FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

## PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.  
\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*  
No IDZ was specified for this simulation.  
\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*  
No RMZ has been specified.  
However:  
The ambient water quality standard was encountered at the following  
plume position:  
Water quality standard = 0.05 mg/l  
Corresponding dilution s = 20.0  
Plume location: x = 0.5 m  
(centerline coordinates) y = 0 m  
z = 0.22 m  
Plume dimensions: half-width (bh) = 49.97 m  
thickness (bv) = 0.10 m



```

DISCHARGE (VOLUME FLOW)      Q0      = 0.0100 m^3/s
Momentum flux                m0       = 0.084760 m^3/s^2
Buoyancy flux                 j0       = 0.000464 m^3/s^3

```

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

```

LQ = 0.00 m           Lm = 0.11 m           LM = 14.10 m
lm' = 99999 m        Lb' = 99999 m        La = 99999 m
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

```

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

```

Slot Froude number           FRO      = 576.71
Port/nozzle Froude number    FRD0     = 71.12
Velocity ratio                R         = 5.98

```

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

```

Toxic discharge              = no
Water quality standard specified = yes
Water quality standard       CSTD     = 0.05 mg/l
Regulatory mixing zone       = no
Region of interest           = 10000 m downstream

```

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

```

*-----*
| FLOW CLASS   = MU2 |
*-----*

```

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
Applicable layer depth = water depth = 3.08 m

Limiting Dilution  $S = (QA/Q0) + 1.0 = 1380.1$

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

```

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:
    255 m from the left bank/shore.
Number of display steps NSTEP = 100 per module.

```

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

```

Pollutant concentration at NFR edge  c = 0.0056 mg/l
Dilution at edge of NFR             s = 177.9
NFR Location:                        x = 50 m
    (centerline coordinates)         y = 0 m
                                       z = 3.08 m

```

```

NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 49.19 m
                       thickness (bv) = 3.08 m

```

Cumulative travel time: 53.8857 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing

in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

---

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

---

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No IDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 0.05 mg/l

Corresponding dilution s = 23.4

Plume location: x = 0.50 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.24 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.98 m

thickness (bv) = 0.10 m

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM  
 CORMIX Version 9.0E  
 HYDRO2:Version-9.0.0.0 September,2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: AOX  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/21/2020--18:21:50

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 1093 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 0.98 m  
 Depth at discharge HD = 0.78 m  
 Ambient velocity UA = 1.5072 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0711  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----

DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 3 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.0158 m<sup>2</sup>/s

Discharge (volume flux)	q0	= 0.0100 m <sup>2</sup> /s
Momentum flux	m0	= 0.084760 m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
Buoyancy flux	j0	= 0.000464 m <sup>3</sup> /s <sup>3</sup>

-----  
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m	Lm = 0.04 m	LM = 14.10 m
lm' = 99999 m	Lb' = 99999 m	La = 99999 m

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)  
-----

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number	FRO	= 576.71
Port/nozzle Froude number	FRDO	= 71.12
Velocity ratio	R	= 3.56

-----  
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge	= no
Water quality standard specified	= yes
Water quality standard	CSTD = 0.15 mg/l
Regulatory mixing zone	= no
Region of interest	= 10000 m downstream

\*\*\*\*\*  
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

\*-----\*

| FLOW CLASS = MU2 |

\*-----\*

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
Applicable layer depth = water depth = 0.78 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 692.8

\*\*\*\*\*  
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-----  
X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:  
255 m from the left bank/shore.  
Number of display steps NSTEP = 100 per module.

-----  
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge	c = 0.0394 mg/l
Dilution at edge of NFR	s = 76.1
NFR Location:	x = 50 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0.78 m

NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 48.89 m
	thickness (bv) = 0.78 m

Cumulative travel time: 31.6932 sec.

-----  
Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

-----  
Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m  
downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

-----  
PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 0.15 mg/l

Corresponding dilution s = 20.0

Plume location: x = 0.5 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.22 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.97 m

thickness (bv) = 0.10 m

CORMIX SESSION REPORT:

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 9.0E

HYDRO2:Version-9.0.0.0 September,2014

SITE NAME/LABEL: PARACEL  
 DESIGN CASE: AOX  
 FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 9.0\Sample Files\Sample2  
 Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges  
 Start of session: 05/21/2020--18:33:56

\*\*\*\*\*

SUMMARY OF INPUT DATA:

-----  
 AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = bounded  
 Width BS = 740 m  
 Channel regularity ICHREG = 1  
 Ambient flowrate QA = 2179 m<sup>3</sup>/s  
 Average depth HA = 3.28 m  
 Depth at discharge HD = 3.08 m  
 Ambient velocity UA = 0.8977 m/s  
 Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0475  
 Calculated from Manning's n = 0.03  
 Wind velocity UW = 2 m/s  
 Stratification Type STRCND = U  
 Surface temperature = 29 degC  
 Bottom temperature = 29 degC  
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:  
 Surface density RHOAS = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>  
 Bottom density RHOAB = 995.9449 kg/m<sup>3</sup>

-----  
 DISCHARGE PARAMETERS:

Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular  
 Diffuser length LD = 100 m  
 Nearest bank = left  
 Diffuser endpoints YB1 = 205 m; YB2 = 305 m  
 Number of openings NOPEN = 10  
 Number of Risers NRISER = 10  
 Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1  
 Spacing between risers/openings SPAC = 11.11 m  
 Port/Nozzle diameter D0 = 0.1936 m  
 with contraction ratio = 0.6  
 Equivalent slot width B0 = 0.0029 m  
 Total area of openings TAO = 0.2945 m<sup>2</sup>  
 Discharge velocity U0 = 5.36 m/s  
 Total discharge flowrate Q0 = 1.58 m<sup>3</sup>/s  
 Discharge port height H0 = 0.2 m  
 Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning  
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg  
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg  
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg  
 Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg  
 Relative orientation angle BETA = 90 deg  
 Discharge temperature (freshwater) = 38 degC  
 Corresponding density RHO0 = 992.9612 kg/m<sup>3</sup>  
 Density difference DRHO = 2.9837 kg/m<sup>3</sup>  
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0294 m/s<sup>2</sup>  
 Discharge concentration C0 = 3 mg/l  
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s  
 Coefficient of decay KD = 0 /s

-----  
 FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.0158 m<sup>2</sup>/s

```

Discharge (volume flow)      q0      = 0.0100 m^3/s
Momentum flux                m0      = 0.084760 m^3/s^2
Buoyancy flux                 j0      = 0.000464 m^3/s^3
    
```

-----  
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

```

LQ = 0.00 m           Lm = 0.11 m           LM = 14.10 m
lm' = 99999 m        Lb' = 99999 m          La = 99999 m
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)
    
```

-----  
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

```

Slot Froude number          FRO      = 576.71
Port/nozzle Froude number   FRD0     = 71.12
Velocity ratio              R         = 5.98
    
```

-----  
MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

```

Toxic discharge              = no
Water quality standard specified = yes
Water quality standard       CSTD     = 0.15 mg/l
Regulatory mixing zone      = no
Region of interest          = 10000 m downstream
    
```

\*\*\*\*\*  
HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

```

*-----*
| FLOW CLASS   = MU2 |
*-----*
    
```

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.  
Applicable layer depth = water depth = 3.08 m

Limiting Dilution S = (QA/Q0)+ 1.0 = 1380.1

\*\*\*\*\*  
MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

-----  
X-Y-Z Coordinate system:

```

Origin is located at the BOTTOM below the port/diffuser center:
    255 m from the left bank/shore.
Number of display steps NSTEP = 100 per module.
    
```

-----  
NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

```

Pollutant concentration at NFR edge  c = 0.0169 mg/l
Dilution at edge of NFR             s = 177.9
NFR Location:                        x = 50 m
    (centerline coordinates)         y = 0 m
                                         z = 3.08 m
    
```

```

NFR plume dimensions:  half-width (bh) = 49.19 m
                       thickness (bv) = 3.08 m
    
```

Cumulative travel time: 53.8857 sec.

-----  
Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.  
Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

-----  
Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

-----  
FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 50 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.  
-----

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section does not contact bank.

\*\*\*\*\* TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No TDZ was specified for this simulation.

\*\*\*\*\* REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY \*\*\*\*\*

No RMZ has been specified.

However:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 0.15 mg/l

Corresponding dilution s = 23.4

Plume location: x = 0.50 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 0.24 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 49.98 m

thickness (bv) = 0.10 m

**ANEXO III**  
**ESTUDIO PRELIMINAR DE ANÁLISIS DE RIESGOS**

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PRELIMINAR (EIAp/RIMA)

**Pöyry Tecnologia Ltda.**  
Av. Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100  
Bloco B - 5º Andar  
04726-170 - São Paulo-SP  
Tel. (11) 3472 6955  
Fax (11) 3472 6980  
E-mail: contato.br@poyry.com  
www.poyry.com.br

**Fecha 15.07.2020**

**N° Referencia 109001759-003-0000-E-1501**  
Página 1



**Fábrica de Celulosa y Puerto en Concepción – Paraguay**

## VOLUMEN V

### ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

#### Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos

Contenido	1	INTRODUCCIÓN
	2	CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y DE LA REGIÓN
	3	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS y TOXICOLÓGICAS DE LOS PRODUCTOS
	4	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS
	5	CONCLUSIONES
	6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
Documentos Adjuntos	I	Diagrama del flujo de proceso
	II	Diseño de proyecto de la fábrica
	III	Hojas de Informaciones de Seguridad de Productos Químicos (HISPQ)
	IV	Planchas del Análisis Preliminar de Peligros (APP)
Distribución		
PARACEL	E	
PÖYRY	-	

Orig.	15/07/20 – bvv	15/07/20 – kgz	15/07/20 – hfw	15/07/20 – hfw	Para información
Rev.	Fecha/Autor	Fecha/Verificado	Fecha/Aprobado	Fecha/Autorizado	Observación

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	5
2	CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y DE LA REGIÓN .....	7
2.1	Historia del Proyecto .....	7
2.2	Informaciones del Emprendimiento .....	8
2.3	Ubicación .....	9
2.4	Breve Descripción del Proceso Productivo .....	10
2.5	Control Ambiental .....	31
2.5.1	Efluentes Líquidos .....	31
2.5.2	Drenaje del Aguas Pluviales .....	39
2.5.3	Emisiones Atmosféricas .....	40
2.5.4	Residuos Sólidos .....	42
2.6	Características Climáticas y Meteorológicas .....	52
3	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS y TOXICOLÓGICAS DE LOS PRODUCTOS .....	68
4	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....	69
4.1	Introducción .....	69
4.2	Análisis Histórica de Accidentes .....	69
4.3	Análisis Preliminar de Peligros .....	71
4.3.1	Metodología .....	71
4.3.2	Identificación de los Peligros .....	75
5	CONCLUSIONES .....	76
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de elaboración del Estudio Preliminar de Análisis del Riesgos.....	6
Figura 2 – Ubicación de la fábrica de PARACEL. Fuente: Google Earth, 2020.....	9
Figura 3 – Bosque de eucaliptos, con separación de la corteza en el campo.....	11
Figura 4 – Descarga de troncos de eucalipto en el patio de madera. ....	11
Figura 5 – Pila de astillas de madera.....	12
Figura 6 – Cocción.....	13
Figura 7 – Blanqueo.....	14
Figura 8 – Secadora.....	15
Figura 9 – Planta de evaporación.....	16
Figura 10 – Hornos de Cal.....	18
Figura 11 – Planta Química.....	19
Figura 12 – Ejemplo de captación de superficie.....	24
Figura 13 – Torres de enfriamiento.....	26
Figura 14 –Tanque de aireación.....	37
Figura 15 – Ilustración del sistema de descarga.....	39
Figura 16 – Emisario de efluentes.....	39
Figura 17 – Diagrama de flujo de la producción de compost.....	49
Figura 18 – Diagrama de flujo de la producción de corrector de acidez.....	52
Figura 19 – Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas distantes del emprendimiento. Fuente: Google Earth.....	53
Figura 20 – Clasificación climática del Paraguay por Köppen-Geiger.....	54
Figura 21 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Puerto Casado.....	55
Figura 22 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Pozo Colorado.....	55
Figura 23 – Presión Atmosférica mensual media en la estación San Pedro.....	56
Figura 24 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta. .....	56
Figura 25 – Temperatura mensual media en la estación Puerto Casado.....	57
Figura 26 – Temperatura mensual media en la estación Pozo Colorado.....	57
Figura 27 – Temperatura mensual media en la estación San Pedro.....	57
Figura 28 – Temperatura mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.....	58
Figura 29 – Humedad Relativa mensual media en la estación Puerto Casado.....	58
Figura 30 – Humedad Relativa mensual media en la estación Pozo Colorado.....	59
Figura 31 – Humedad Relativa mensual media en la estación San Pedro.....	59
Figura 32 – Humedad Relativa mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.....	59
Figura 33 – Velocidad Media del viento en la estación Puerto Casado.....	60
Figura 34 – Rosa de los vientos observada en la estación Puerto Casado.....	61
Figura 35 – Velocidad Media del viento en la estación Pozo Colorado.....	62
Figura 36 – Rosa de los vientos observada en la estación Pozo Colorado.....	63
Figura 37 – Velocidad Media del viento en la estación San Pedro.....	64
Figura 38 – Rosa de los vientos observada en la estación San Pedro.....	65
Figura 39 – Velocidad Media del viento en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.....	66
Figura 40 – Rosa de los vientos observada en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.....	67
Figura 41 – Plancha del APP – Análisis Preliminar de Peligros.....	72
Figura 42 – Matriz de Clasificación del Riesgo.....	75
Figura 43 – Matriz del riesgo con la cuantificación del hipótesis.....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Sustancias químicas .....	19
Tabla 2 – Colores de los contenedores y recipientes de las oficinas y áreas operacionales.....	44
Tabla 3 – Tratamiento o disposición final .....	45
Tabla 4 – Criterios para selección del área de la planta de compostaje .....	47
Tabla 5 – Criterios para selección del área de la planta de producción de corrector .....	50
Tabla 6 – Principales productos y clase/subclase ONU .....	68
Tabla 7 – Número de los incidentes por tipo de sustancia.....	70
Tabla 8 – Categorías del Severidad .....	73
Tabla 9 – Categorías de Frecuencia.....	74

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 General**

Durante más de cuatro décadas, las industrias de procesos han desarrollado un enfoque específico en relación con las posibles fallas y peligros derivados de sus actividades, que pueden causar la pérdida de vidas y propiedades.

Los accidentes industriales ocurridos contribuyeron considerablemente a atraer la atención de las autoridades gubernamentales, la industria y la sociedad en su conjunto, a fin de buscar mecanismos de prevención de esos episodios que pueden comprometer la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

En los años sesenta, comenzó un desarrollo que resultó en cambios importantes en las industrias química y petroquímica, que se volvieron más críticas y representaron un mayor peligro. Al mismo tiempo, las instalaciones de proceso comenzaron a crecer y los procesos se volvieron más complejos.

Estos desarrollos no ocurrieron de forma aislada, el contexto social también estaba cambiando y otros problemas, como la contaminación ambiental, comenzaron a ser motivo de preocupación. Como consecuencia, la industria se vio obligada a examinar los efectos de sus operaciones y reforzó la necesidad de desarrollo en el área de evaluación de riesgos y prevención de pérdidas.

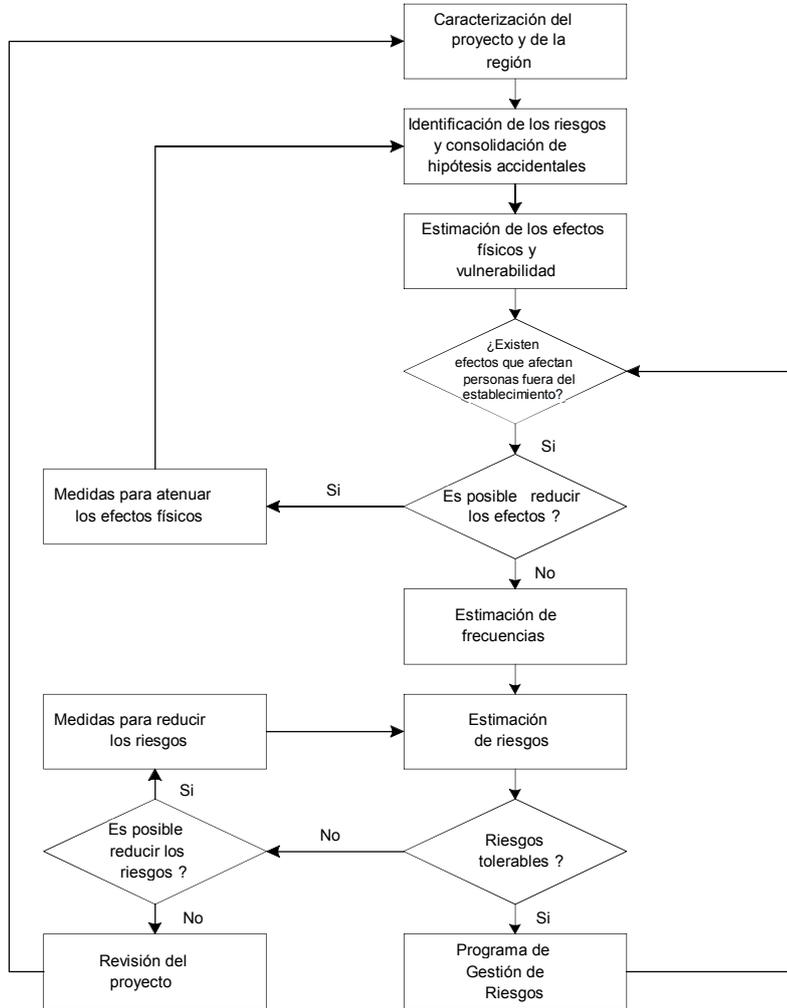
Por lo tanto, el propósito de este estudio es presentar el Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos, que tiene por objeto identificar, analizar y evaluar los posibles peligros que se imponen al medio ambiente y a la seguridad como resultado de las actividades referentes a la operación de la fábrica de celulosa de PARACEL, con una capacidad de 1.500.000 t/año de celulosa para papel o 900.000 t/año de celulosa soluble, ubicada en el municipio de Concepción, Departamento de Concepción, Paraguay.

La fábrica también será fuente de energía limpia, por la quema de biomasa forestal y del licor de la madera, que son recursos naturales renovables. Serán cogenerados 220 MW en caso de opción por la producción de celulosa blanqueada, siendo que la planta consumirá acerca de 120 MW y habrá un excedente de 100 MW para venta en la red; o en caso el proceso de celulosa soluble sea elegido, serán cogenerados 240 MW y la fábrica consumirá acerca de 110 MW de energía eléctrica, con excedente de 130 MW para exportar a la red.

Este estudio compone el EIAp/RIMA de la fábrica de celulosa de PARACEL y su objeto es proveer orientación a el proceso de licenciamiento para obtención de la licencia ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADES.

### **1.2 Metodología**

El presente Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos se realizó en base a los criterios del TÉRMINO DE REFERENCIA - Elaboración de un Estudio de Análisis de Riesgos - emprendimientos puntuales, de la Norma CETESB P4.261/2011. Cabe señalar que, en la actual fase de concesión de licencias, el estudio continuó hasta la etapa de identificación de los peligros.



**Figura 1 – Etapas de elaboración del Estudio Preliminar de Análisis del Riesgos**

### **1.3 Caracterización del Proyecto y de la Región**

Esa etapa presenta los aspectos físicos y operacionales de la fábrica de celulosa, y las peculiaridades de la región, cubriendo lo siguiente:

- Descriptivo/histórico de la empresa;
- Descriptivo del diseño en estudio;
- Descripción de la región; y
- Datos meteorológicos.

### **1.4 Características Físicoquímicas de los Productos Implicados**

Serán presentadas las propiedades físicoquímicas y toxicológicas de los productos manejados en la fábrica de celulosa PARACEL, a través de las Hojas de Información de Seguridad de Producto Químico (HISPQ).

### **1.5 Identificación de los Peligros y Consolidación de los Escenarios Accidentales**

Consiste en la aplicación de las metodologías desarrolladas para identificación y caracterización de eventos que pueden generar consecuencias no deseadas como lesiones a personas, daños a la propiedad e impactos en el medio ambiente.

Hay varias técnicas que pueden aplicarse en la identificación de los peligros. La técnica aplicada en este estudio fue el Análisis Preliminar de Peligros - APP.

## **2 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO Y DE LA REGIÓN**

### **2.1 Historia del Proyecto**

PARACEL es un proyecto paraguayo que nace de la visión innovadora de la familia Zapag. Esta visión, unida a la experiencia del grupo sueco Girindus Investments, logra la adhesión de otros inversores paraguayos y extranjeros para llevar adelante el mayor emprendimiento industrial productivo y la más grande inversión privada de la historia del Paraguay.

El impulso y la fortaleza de esta conjunción de entusiasmo, experiencia y capital en PARACEL, permite hoy cristalizar el proyecto de construcción, abastecimiento y operación de una fábrica de celulosa de clase mundial, sujeta a los más altos estándares de sustentabilidad ambiental y social, y con capacidad para satisfacer los mercados internacionales más exigentes.

## 2.2 Informaciones del Emprendimiento

### 2.2.1 Actividad Principal del Emprendimiento

La principal actividad de la fábrica es la producción de 1.500.000 toneladas anuales de celulosa blanqueada para papel o 900.000 toneladas anuales de celulosa soluble.

Cabe señalar que la fábrica de celulosa de PARACEL, a pesar de estar diseñada para producir 1.500.000 t/año, podrá en el futuro producir hasta 1.800.000 t/año de celulosa blanqueada como consecuencia de una mayor eficiencia general de la planta, así como de un mayor rendimiento de los equipos sin necesidad de aumentar el área construida ni incluir nuevos equipos adicionales. Asimismo, no será necesario realizar ninguna modificación en los principales equipos de control ambiental, ni habrá ninguna pérdida en su rendimiento, lo que puede garantizar las mismas emisiones de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas consideradas en este EIAp/RIMA. Por lo tanto, se puede decir que en la eventualidad de incremento de la producción de celulosa hasta 1.800.000 t/año, no habrá cambios en los impactos ambientales identificados y evaluados en este EIAp/RIMA.

Esa fábrica empleará como materia-prima troncos de eucalipto, además de diversos insumos químicos.

Para producir celulosa blanqueada, la fábrica PARACEL utilizará el proceso *kraft*, cuya tecnología es conocida por las industrias productoras de celulosa y por los proveedores de ingeniería, equipos y servicios de consultoría, además de ventajas adicionales para obtener los altos estándares de albura y calidad de fibra que requiere el mercado, combinados con la capacidad de autosuficiencia energética y ventajas ambientales en comparación con otros procesos.

El proceso elegido para el blanqueo de la celulosa fue el ECF (*Elemental Chlorine Free*), que no utiliza cloro elemental en sus etapas internas, evitando la emisión de compuestos organoclorados en el efluente.

La fábrica también será fuente de energía limpia, por la quema de biomasa forestal y del licor de la madera, que son recursos naturales renovables. Serán cogenerados 220 MW en caso de opción por la producción de celulosa blanqueada, siendo que la planta consumirá acerca de 120 MW y habrá un excedente de 100 MW para venta en la red; o en caso el proceso de celulosa soluble sea elegido, serán cogenerados 240 MW y la fábrica consumirá acerca de 110 MW de energía eléctrica, con excedente de 130 MW para exportar a la red.

En esta fábrica se utilizarán las Mejores Tecnologías Disponibles (en inglés para BAT – *Best Available Techniques*), así como las Mejores Prácticas de Gestión Ambiental (MPGA, el equivalente en inglés para BPEM – *Best Practices on Environmental Management*).

Cabe señalar que, en relación con los sistemas de control ambiental, esta fábrica tendrá capacidad para tratar y depurar las emisiones ambientales (efluentes líquidos, emisiones atmosféricas, desechos sólidos) de una producción de hasta 1.800.000 toneladas anuales de celulosa blanqueada para papel o 1.100.000 toneladas anuales de celulosa soluble.

La operación de la fábrica de celulosa de PARACEL requerirá la implantación de una infraestructura de apoyo interna y externa que incluirá el acceso por carretera, el puerto fluvial, la recepción de materias primas, los insumos, la recogida y el tratamiento de

aguas, el tratamiento y la eliminación adecuada de los efluentes y los sistemas de tratamiento y eliminación de los desechos industriales sólidos.

### 2.2.2 Número de Personal

Se estima que la mano de obra necesaria para la puesta en marcha de la fábrica de celulosa PARACEL es de aproximadamente 8.000 trabajadores en el período de mayor trabajo y montaje.

Para la operación de la fábrica de celulosa de PARACEL, la mano de obra total, considerando los empleados propios y de terceros, será de aproximadamente 1.200 personas.

La jornada de trabajo de los funcionarios del área industrial se realizará en 3 turnos de 8 horas cada uno. En el área administrativa, el trabajo se realizará en 8 horas y en horario comercial.

### 2.2.3 Régimen de Operación

La operación de la fábrica de celulosa de PARACEL será 24 horas al día, 7 días a la semana y 12 meses al año. El período de producción real será de aproximadamente 354 días, considerando la parada anual de mantenimiento de los equipamientos.

## 2.3 Ubicación

La fábrica de celulosa de PARACEL estará ubicada en el municipio de Concepción, sobre el río Paraguay, a unos 15 km del centro de la ciudad. La siguiente figura muestra la ubicación del proyecto.



Figura 2 – Ubicación de la fábrica de PARACEL. Fuente: Google Earth, 2020.

## 2.4 Breve Descripción del Proceso Productivo

Los troncos con corteza se enviarán a las líneas de descortezado y picado/astillado, que cortarán la madera en pedazos de chip. Las astillas producidas por las astilladoras se almacenarán en una pila y luego se transportarán al área de cocción.

Las astillas tienen dimensiones controladas, que permiten la penetración de productos químicos durante la cocción, lo que facilita el ablandamiento de la madera y la descomposición de las fibras, separándolas de la lignina, produciendo la llamada pasta/pulpa marrón (celulosa oscura).

Consiguientemente, la celulosa se blanquea previamente, a través de un proceso fisicoquímico, utilizando oxígeno como reactivo principal. El objetivo es reducir el consumo de reactivos químicos en el proceso de blanqueo y generar menos carga orgánica para el efluente.

El blanqueo es un proceso de purificación que tiene como objetivo eliminar gran parte de la lignina residual no disuelta. El objetivo es obtener un alto grado de albura. Para esto, se utilizan reactivos químicos más selectivos y condiciones de trabajo más suaves.

La pulpa blanqueada luego pasa a la sección de secado y empaçado, donde se produce la formación de la hoja, para garantizar una mayor homogeneidad y evitar roturas en la máquina o irregularidades en el producto. El prensado tiene como objetivo eliminar el agua por acción mecánica, consolidar la posición de las fibras y proporcionar una mayor resistencia para que la hoja húmeda pase por el secado. Al secar, el agua se elimina por evaporación aplicando calor a la lámina de celulosa. A la salida de la secadora, las hojas se cortan, pesan y embalan en fardos de 250 kg. Los fardos se apilan en dos grupos de cuatro, formando una carga de 2 toneladas.

### Recuperación Química

La industria de la pulpa *kraft* tiene un sistema que permite la recuperación de los productos químicos utilizados para obtener la pulpa.

La recuperación comienza con la evaporación del licor negro, aumentando el contenido de sólidos secos del 15% a aproximadamente el 80%.

Después de la evaporación, el licor se enviará a incineración en la caldera de recuperación. En la caldera, la materia orgánica presente en el licor será incinerada, dejando una masa fundida, formada por los compuestos inorgánicos que serán enviados a la caustificación.

En la caustificación, se producirá la clarificación del licor verde y la posterior obtención del licor blanco.

## 2.4.1 Descripción Detallada del Proceso

### 2.4.1.1 Recepción y Procesamiento de la Madera

La madera que se procesará en la fábrica de celulosa es compuesta de troncos de eucalipto de seis metros de largo, que serán descortezados en los propios bosques. Los troncos de madera serán transportados por carretera y/o vía fluvial.



**Figura 3 – Bosque de eucaliptos, con separación de la corteza en el campo**

La capacidad de almacenamiento de troncos para celulosa en la fábrica es equivalente a un consumo promedio de diez días. Los troncos se almacenarán en un patio interno pavimentado cercano de las mesas receptoras, con manipulación de madera empleando equipos móviles como cargadores de ruedas o grúas hidráulicas.

El pronóstico es que aproximadamente el 70% de la madera total se alimenta directamente a las mesas sin pasar por el área de almacenamiento.



**Figura 4 – Descarga de troncos de eucalipto en el patio de madera.**

Se están considerando tres líneas de astillado de madera.

A la mesa del alimentador le seguirá un transportador de cinta y rodillos para eliminar la corteza residual y otros contaminantes, una estación de limpieza de troncos y un detector de metales para proteger la astilladora.

Las mesas receptoras serán alimentadas por grúas (móviles o estacionarias) o cargadores diésel.



**Figura 5 – Pila de astillas de madera**

El almacenamiento de chips se basará en el principio FIFO (*First In First Out*, en inglés es *Primero en entrar, Primero en Salir*) al cielo abierto, con apilamiento y reanudación automáticos, y consistirá en dos pilas apiladoras / recuperadoras circulares con sistema de extracción de tornillo móvil giratorio. La capacidad de almacenamiento será de 3 días.

Las tres líneas de tamizado de chips se instalarán después de las pilas del almacenamiento. Los excedentes se coleccionarán y recuperarán para usar las fibras para la producción de celulosa, u opcionalmente, se utilizarán como biomasa para quemar en la caldera. Los chips de madera aceptados se enviarán a través de una línea de cintas transportadoras hasta los digestores.

La corteza residual se cortará y se enviará junto con los residuos de tamizado (fino) a una pila de biomasa cubierta, con una capacidad de almacenamiento de dos días, con apilamiento y continuación automáticos. Los extractores móviles recuperarán la biomasa de la pila, que luego se enviará a la caldera de biomasa.

El agua de limpieza de troncos será recuperada y recirculada, aunque se necesita una cantidad de agua industrial para reemplazar las pérdidas y mantener la calidad del agua. Los residuos sólidos contaminantes del agua de lavado después de decantar en el sistema de recuperación de agua serán eliminados en gran medida por un transportador de arrastre y descartados del proceso.

### 2.4.1.2 Línea de fibra

#### Cocción

El propósito de la cocción es separar las fibras y otros componentes de las astillas de madera mediante una reacción química.



**Figura 6 – Cocción**

La cocción es un proceso químico alcalino, ya que utiliza los reactivos químicos hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S), los principales componentes del licor blanco de cocción, para promover la disolución de los componentes que unen las fibras a los demás, en condiciones favorables y optimizadas de presión y temperatura en el digestor, que es un gran recipiente sometido a la presión.

Las astillas del sector de preparación de madera se alimentarán a un silo de astillas donde se calentarán con vapor, y luego se descargarán a través de un tornillo dosificador de astillas, se mezclarán con licor blanco y se bombearán al separador superior del digestor.

Después de un tiempo de reacción adecuado en el digestor, la pasta/pulpa obtenida será eliminada del interior por la línea de descarga y se lavará con licor negro, para reducir la concentración de materia orgánica que acompaña la pulpa.

El licor negro débil extraído del digestor durante el proceso de limpieza se enviará a la planta de evaporación, para ser sometido a evaporación instantánea.

La pulpa se enviará al tanque de descarga y luego a las áreas de separación marrón y separación de nudos. La pulpa purificada se lava y se deslignifica con oxígeno.

### **Extracción de Lignina por el Oxígeno (Deslignificación)**

El proceso de extracción de lignina con empleo de oxígeno es una de las etapas delanteras al blanqueo, por medio de la cual se produce una separación adicional lignina, a través de las reacciones de la pulpa con un agente oxidante en un medio alcalino. El objetivo es reducir al máximo el consumo de reactivos químicos en las últimas etapas del blanqueo, recuperar la cantidad máxima de álcali aplicado y minimizar la generación de carga orgánica para el efluente.

### **Blanqueo**

El blanqueo es un proceso de purificación que tiene como objetivo eliminar elementos que evitarían el blanqueo completo de la celulosa, como las resinas y gran parte de la lignina residual no disuelta en operaciones anteriores.

El objetivo es obtener celulosa ECF (libre de cloro elemental) con un alto grado de blancura (90% ISO) y estabilidad, sin perjuicio de sus características físico-mecánicas. Este alto grado de albura es requerido en el proceso, y se logra mediante el uso de reactivos químicos apropiados en varias etapas, cada una con condiciones de operación específicas.

La planta de blanqueo constará de cuatro etapas con una consistencia media: A/D Eop D P (dióxido de cloro a alta temperatura, extracción alcalina, dióxido de cloro y peróxido).

La pulpa blanqueada se enviará a las torres de almacenamiento, donde se almacenará con una consistencia media y luego se alimentará a la máquina de secado.



**Figura 7 – Blanqueo**

### 2.4.1.3 Secadora y empacadora

Desde la torre de almacenamiento de pulpa blanqueada, la pulpa se mezclará, se homogeneizará, se purificará y su consistencia se regulará con precisión. Luego se enviará a dos máquinas de secado en las cuales la suspensión de fibra en agua se someterá al proceso de deshidratación, formando la hoja (placas). Las dos máquinas operarán en paralelo para satisfacer la producción total de la fábrica.

El secador de celulosa será del tipo de lámina flotante, que seca la lámina mientras la mantiene flotando sobre un colchón de aire calentado por vapor.

Luego, la lámina de celulosa se enviará a un refrigerador, cuya salida se extraerá a través de una prensa y se dirigirá al cortador, que primero cortará la lámina en la dirección longitudinal, y sucesivamente en la dirección transversal.

Las láminas cortadas al tamaño programado serán almacenadas, presionadas en fardos, y cubiertas para posterior identificación. Los fardos también se apilarán y unificarán, siguiendo para el almacén de celulosa.



**Figura 8 – Secadora**

### 2.4.1.4 Recuperación

#### Planta de evaporación

El propósito de la evaporación es concentrar el licor negro de la cocción desde la concentración inicial de 14,0 – 16,0% hasta la concentración final de 80% de sólidos.

La planta de evaporación será una planta de efecto múltiple que utilizará vapor a baja presión. La concentración final del licor se logrará en las diversas etapas de los evaporadores. El licor concentrado producido se almacenará para su posterior quemado en la caldera de recuperación.

Los condensados de evaporación se segregarán en diferentes grados de calidad. Por lo tanto, la segregación es importante para garantizar una calidad suficiente en los condensados que se utilizarán en otras áreas de la fábrica.

La planta de tratamiento de condensado y rectificación de metanol se integrará en la planta de evaporación.

El condensado contaminado recogido del proceso será tratado en la planta de tratamiento y purificación de condensado. El condensado purificado se usará más adelante en el proceso.

Los gases de la columna de extracción de la planta de purificación de condensados se enviarán a la columna rectificadora para la extracción de metanol. El metanol producido se utilizará como combustible auxiliar en el horno de cal o en la caldera de biomasa.



**Figura 9 – Planta de evaporación**

### **Caldera de recuperación**

El propósito de la caldera de recuperación es:

- Recuperar los productos químicos utilizados en la cocción;
- Reducir el sulfato de sodio a sulfuro;
- Generar vapor utilizando la energía resultante de la quema de la materia orgánica extraída de la madera.

La caldera será del tipo de alta eficiencia y bajo olor con un sistema de aire multinivel para quemar licor al 80%.

El vapor generado a alta presión se enviará a los turbogeneradores para generar electricidad.

El aire de combustión se introducirá en el horno, al menos en cuatro niveles, con ventiladores de circulación forzada, para permitir un control óptimo de la combustión, reducción de la emisión de NOx y reducción del fundido.

Los gases de escape de la combustión pasarán a través de un precipitador electrostático, cuya eficiencia esperada será superior al 99,7%. El sistema de tratamiento de cenizas del precipitador se integrará en la caldera de recuperación o en la planta de evaporación.

Los gases no condensables concentrados y diluidos de la línea se incinerarán en la caldera de recuperación.

Aceite combustible se utilizará como combustible inicial, estabilizando el proceso de producción y generando electricidad.

### **Caustificación**

En la caustificación, el licor verde de la caldera de recuperación se transformará en licor blanco, que posteriormente se utilizará para cocinar la madera. El licor verde se forma a partir de la solubilización de la masa fundida formada en la caldera de recuperación.

Esa transformación es la reacción de carbonato de sodio del licor verde con cal (óxido de calcio), obteniendo hidróxido de sodio y carbonato de calcio, que se separarán por filtración.

Antes de entrar en contacto con la cal (óxido de calcio y agregados), el licor verde se filtrará para eliminar las impurezas (*dregs*). Los *dregs* se lavarán y filtrarán en un filtro o centrífuga, equipo específico para esta aplicación.

Se usará condensado secundario de la planta de evaporación o agua tibia para lavar los *dregs*.

Los residuos de cal (*grits*) también se lavarán y, al igual que los *dregs*, se enviarán al centro de reciclaje para generar el corrector del suelo, o incluso a un vertedero industrial.

Después de la reacción del licor verde con la cal, el licor blanco se obtendrá filtrando la mezcla de hidróxido de sodio (licor blanco) y carbonato de calcio (lodo de cal) a través de un filtro de disco presurizado.

El licor blanco se enviará para cocinar y el lodo de cal se lavará y se deshidratará en un filtro de disco de vacío antes de enviarse a los hornos de cal.

Se usará condensado secundario de la planta de evaporación o agua tibia para diluir y lavar el lodo de cal. El filtrado del filtro de lodo se bombeará al tanque de licor débil.

Se prevé la recolección y recuperación de todos los efluentes de esta área, así como el cierre del circuito de agua de refrigeración.

### **Hornos de cal**

El propósito de la calcinación es transformar el carbonato de calcio obtenido de la caustificación en óxido de calcio ( $\text{CaO} + \text{inerte}$ ) para usar en la reacción con el licor verde.

La calcinación se realizará en dos hornos rotativos en paralelo, revestidos internamente con ladrillos refractarios y aislantes y calentados por la combustión de fuel oil u otro combustible alternativo que puede usarse en el futuro (gas de biomasa).

Como combustible auxiliar, los hornos pueden quemar el metanol proveniente del stripping de condensados.

Los hornos de cal estarán equipados con un secador externo para el lodo de cal y refrigeradores para la cal quemada.

A través de un precipitador electrostático, el polvo se eliminará de los gases de escape y puede volver a los hornos de cal o desecharse (purga de lodo de cal).

Los gases de escape se enviarán a la chimenea (común con la caldera de recuperación), desde donde se liberan a la atmósfera.



**Figura 10 – Hornos de Cal**

#### **2.4.1.5 Área de manipulación, preparación y almacenamiento de productos químicos (Planta Química)**

La descripción de esta área corresponde a sistemas diferenciados para cumplir con los requisitos de suministro de productos químicos a la fábrica. Todos los tanques de almacenamiento de productos químicos tendrán muro de contención con un volumen al menos equivalente al volumen máximo de almacenamiento.



**Figura 11 – Planta Química**

El área de productos químicos incluirá:

- Descarga, manipulación y almacenamiento de hidróxido de sodio;
- Descarga, manipulación y almacenamiento de ácido sulfúrico;
- Descarga, manipulación y almacenamiento de bisulfito de sodio;
- Descarga, manipulación y almacenamiento de peróxido de hidrógeno;
- Descarga, manipulación y almacenamiento de clorato de sodio;
- Descarga, manipulación y almacenamiento de metanol;
- Planta para la producción de dióxido de cloro;
- Planta para producción de oxígeno.

### **Volúmenes de almacenamiento**

Los volúmenes de los tanques de almacenamiento de químicos se muestran en la Tabla siguiente.

**Tabla 1 – Sustancias químicas**

<b>Sustancias químicas</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Hidróxido de sodio 50%	2 x 750
Ácido sulfúrico	2 x 350
Bisulfito de sodio	120
Peróxido de hidrógeno	600

Sustancias químicas	Volumen (m <sup>3</sup> )
Clorato de sodio, disolución	510
Metanol	160
Dióxido de cloro, 10g/l	2 x 830

### **Descripción de los procesos de la planta química**

#### **Manejo y almacenamiento de hidróxido de sodio**

El hidróxido de sodio 50% se descargará de los camiones cisterna mediante bombas de circulación centrífugas y se depositará en los tanques de almacenamiento. La mayor parte de esta solución se transferirá para su uso en el licor de celulosa, en la extracción de lignina (deslignificación) y el sistema de blanqueo.

Otras áreas del proceso de fabricación también utilizarán hidróxido de sodio, tales como: tratamiento de aguas industriales, tratamiento de aguas de calderas y tratamiento de los efluentes.

#### **Manejo y almacenamiento de ácido sulfúrico**

El ácido sulfúrico (concentración del 96%) se descargará de los camiones cisterna mediante bombeo y se almacenará en un tanque cerrado para evitar la entrada de humedad. El ácido sulfúrico se utilizará en el generador de dióxido de cloro, en la acidificación de la pulpa en el blanqueo, en el tratamiento del agua de la caldera y en el tratamiento de los efluentes.

#### **Manejo y almacenamiento de bisulfito de sodio**

El bisulfito de sodio se descargará y almacenará en un tanque, y luego se enviará a un tanque de almacenamiento. El bisulfito de sodio se usará para el blanqueo.

#### **Manejo y almacenamiento de peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno llegará a la fábrica por camión, para ser suministrado en solución. Desde el tanque de almacenamiento, el producto se distribuirá para el blanqueo.

#### **Manejo y almacenamiento de clorato de sodio**

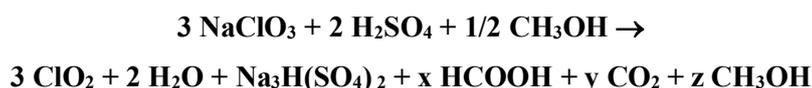
El clorato de sodio será la principal materia prima para obtener dióxido de cloro y el transporte se realizará en forma líquida en camiones que será descargado por la bomba y almacenado en tanque, desde donde se enviará el producto a la planta de producción de dióxido de cloro.

#### **Manejo y almacenamiento de metanol**

El metanol será transportado a la fábrica en camiones y luego descargado por bomba y almacenado en tanque. Desde el tanque de almacenamiento, el producto será enviado a la planta de producción de dióxido de cloro.

### Producción de dióxido de cloro

El dióxido de cloro se producirá mediante un proceso en el que el clorato de sodio reacciona con un agente reductor (metanol) en un medio ácido y al vacío, cuya reacción se presenta a continuación. El sulfato de sodio, obtenido como un subproducto de la generación de dióxido de cloro, se utilizará como *make-up* de sodio y azufre en la fábrica de celulosa.



El generador de dióxido de cloro será el equipo principal en el proceso, que es un recipiente (generalmente manufacturado en titanio) donde el clorato de sodio ( $\text{NaClO}_3$ ) reacciona para formar  $\text{ClO}_2$ .

El generador estará diseñado para optimizar la eficiencia de la reacción, promover el crecimiento de los cristales de la torta de sal, promover una separación eficiente de gas y líquido y un volumen suficiente para un control fácil de la concentración de los reactivos. Vale señalar que el diseño de los componentes de este circuito tiene como objetivo eliminar la limpieza interna del reactor.

La velocidad de evaporación del agua será igual a la velocidad del agua que ingresa con el suministro de productos químicos y servicios públicos al generador. La presión parcial del dióxido de cloro se mantendrá a un nivel seguro mediante vacío parcial y dilución con vapor del agua. Normalmente, el vacío en la reacción de  $\text{ClO}_2$  es producido por un eyector de vapor.

El agua efluente del depurador de gases se transferirá a la torre de absorción principal y, en consecuencia, todo el  $\text{ClO}_2$  en los gases de ventilación se recuperará y se agregará a la solución de dióxido de cloro.

El gas de dióxido de cloro resultante del generador será refrigerado y absorbido en una torre, utilizando agua helada. El producto resultante será una solución fuerte de  $\text{ClO}_2$  libre de cloro.

Como el gas del generador de  $\text{ClO}_2$  no tendrá ningún gas diluyente como el aire o el cloro, la eficiencia de absorción será alta para alcanzar concentraciones superiores a 10 g/l de  $\text{ClO}_2$ .

La solución de dióxido de cloro se bombeará a los tanques de almacenamiento para su uso en el proceso de blanqueo.

Los cristales de sesquisulfato de sodio ( $\text{Na}_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$ ) formados en el generador se bombearán para su filtración a fin de eliminar los sólidos. El filtro estará equipado con un sistema de lavado en caliente. El sesquisulfato de sodio se descargará en un sistema de disolución donde se neutralizará y se bombeará a la fábrica.

### Producción de oxígeno

La producción de oxígeno se llevará a cabo a través de una planta dedicada a ejecutar extracción de lignina (deslignificación), blanqueo y oxidación de licor blanco.

La generación de oxígeno se puede realizar purificando el aire atmosférico mediante el proceso de adsorción (VSA - *Vacuum Swing Adsorber*, en inglés), a través de tamices moleculares.

Al comienzo del proceso, el aire atmosférico pasará a través de un sistema de filtración, donde se eliminarán las partículas sólidas.

En seguir, el aire será succionado y sometido a un régimen de vacío, lo suficiente como para permitir que el aire fluya hacia el sistema de purificación.

El sistema de purificación de aire consiste principalmente en recipientes adsorbentes, que operan en ciclos. Al pasar a través de un lecho de tamiz molecular, la humedad, el CO<sub>2</sub> y el nitrógeno del aire se eliminarán de la corriente principal.

El aire purificado, rico en oxígeno, abandonará el sistema de purificación y luego irá al compresor de oxígeno, que lo comprimirá a las condiciones necesarias para su uso. El gas residual se descargará a la atmósfera a través del silenciador.

### **Sistema de transporte de productos**

El transporte de los principales productos químicos en forma líquida se realizará a granel, utilizando camiones tanque.

Vale la pena mencionar que las compañías de transporte deben tener capacitación específica para conductores y operadores en gestión de tráfico, educación y seguridad, con el objetivo de reducir los riesgos de accidentes.

### **Sistema de Control y Seguridad Operacional de Planta Química**

#### **Estructuras de contención y equipos de control y seguridad**

La planta química debe contar con los siguientes equipos y estructuras de almacenamiento, contención, control y seguridad:

- Plataformas de descarga de productos químicos, provistas de sistemas de contención a través de espinas o paredes bajas;
- Almacenamiento de productos líquidos en tanques metálicos, hechos de acero al carbono, acero inoxidable o fibra de vidrio (el material dependerá del tipo de químico a almacenar);
- Diques de contención de hormigón para tanques de almacenamiento de productos químicos;
- Canales de contención en las áreas de producción y en el stock de productos químicos;
- Instrumentos de monitoreo de procesos (nivel, presión, temperatura, entre otros) operados de forma remota, para minimizar la necesidad de operadores en el área de producción o almacenamiento de productos químicos. La operación remota se puede realizar mediante sistemas dedicados de control remoto;
- Con respecto al dióxido de cloro, se prevén las siguientes medidas:
  - ✓ Sistema de detección de fugas de dióxido de cloro;
  - ✓ Sistema de ventilación constante para los tanques (con fuente redundante);
  - ✓ Sistema fijo de espuma alrededor del dique de contención para evitar emanación de gases en caso de fugas.

- Sistemas de Protección de Descargas Atmosféricas (conocidos como *SPDA*), provistos de redes de puesta a tierra o pararrayos;
- Un de los puntos atención que respecta a los productos químicos de la fábrica de celulosa de PARACEL es que el sistema de transferencia de la Planta Química a los puntos de uso se llevará a cabo mediante tuberías aéreas a través de un puente de tubería (conocido como *Pipe Rack*), que evita la manipulación por los operadores y minimiza el riesgo de accidentes.

### **Sistema de Control de Incendios de la Planta Química**

La red interna de hidrantes de la planta química se distribuirá en forma de anillo que será alimentado por la red principal de hidrantes.

Las unidades hidráulicas y de lubricación, según el volumen, pueden protegerse mediante un sistema de *sprinklers* automáticos controlado por una válvula de activación y alarma independiente. Además, cada unidad hidráulica y de lubricación se instalará dentro de un dique de contención con un volumen suficiente para mantener todo el volumen de aceite en la unidad.

Los extintores portátiles se instalarán en los lugares necesarios de acuerdo con los requisitos del Departamento de Bomberos.

Las regulaciones del Departamento de Bomberos también requieren la instalación de letreros en el área reservada para extintores de incendios.

El tanque de almacenamiento de metanol debe tener un sistema de protección de acuerdo con los estándares FM Global. Se instalarán sistemas de protección contra inundaciones para este tanque y para todas las estructuras metálicas que pueden colapsarse en caso de incendio en el tanque u otro equipo de manejo de metanol.

El edificio de almacenamiento de clorato de sodio estará protegido por un sistema automático con *sprinklers* controlados por un sistema de acción independiente y una válvula de alarma.

### **Sistema de Gestión Ambiental de Planta Química**

En general, el sistema de gestión ambiental propuesto para la Planta Química de PARACEL tendrá como pautas principales los elementos que se describen a seguir. Vale la pena mencionar que este sistema se usa comúnmente en fábricas de celulosa alrededor del mundo.

- El equipo estará diseñado para operar con la eficiencia necesaria para minimizar los impactos ambientales de las actividades en el área;
- Instalación de instrumentación para monitorear y controlar el proceso;
- Implementación de un sistema de control de procesos operacionales a través de inspecciones con frecuencia determinada, incluida la recolección de muestras y análisis de laboratorio respectivos;
- Caracterización de variables de proceso críticas para el medio ambiente, para la seguridad de los empleados y para la seguridad del proceso;
- Gestión de mantenimiento: caracterización y registro de equipos e instrumentos críticos de proceso que requieren manutención preventiva/predictiva, a través de la

programación de mantenimiento a través de un software específico de control de mantenimiento;

- Equipos de operación, mantenimiento y gestión con capacitación y competencias técnicas adecuadas para cumplir las exigencias del área;
- Sistema estructurado para identificar y gestionar los aspectos e impactos ambientales y los peligros y riesgos de la unidad, con el objetivo de implementar acciones preventivas para reducir los riesgos y proteger a las personas y el medio ambiente;
- Implementación de un Plan de Acción de Emergencia (PAE) estructurado para minimizar los impactos de los accidentes, en caso de emergencias;
- Sistema estructurado para analizar no conformidades y/o accidentes e implementar acciones correctivas para evitar la recurrencia

## 2.4.1.6 Utilidades

### 2.4.1.6.1 Captación y Suministro del Agua Industrial

La construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas (PTA) está prevista para atender el consumo de la fábrica de celulosa de PARACEL.

El agua se capturará desde el río Paraguay, a través de un sistema de captación de superficie que consiste en un canal y una rejilla.



**Figura 12 – Ejemplo de captación de superficie**

Vale señalar que la captación será del tipo “operación a hilo de agua”, o sea, no se construirá un sistema de represas.

Se instalarán cuatro sistemas bombeo de 2.350 m<sup>3</sup>/h cada una, con un flujo de admisión total de 7.000 m<sup>3</sup>/h para abastecer la fábrica.

Se instalará una tubería de agua cruda de 1.100 mm de diámetro.

El agua cruda, que llega al Planta de Tratamiento de Aguas, será tratada con sulfato de aluminio, hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio, este último utilizado para promover la eliminación de hierro, además de oxidar la materia orgánica presente. Después del proceso de coagulación, se agregará polielectrolito para promover la floculación.

Luego, por gravedad, el agua floculada irá a la unidad de eliminación de sólidos, a través de un sistema de flotación por aire disuelto o similar. El lodo formado se descargará periódica y automáticamente en el canal de descarga central. El lodo recolectado será compactado y deshidratado y luego enviado para su disposición final.

Por gravedad, el agua clarificada se conducirá a través de canales hasta los filtros de gravedad. Después de la filtración, el agua tratada se almacenará en el depósito de agua tratada que abastecerá los diversos puntos de consumo de la fábrica, incluida el agua para el control de incendios y el agua potable.

La capacidad total de producción de agua tratada será de 6.700 m<sup>3</sup>/h.

#### **2.4.1.6.2 Depuración de agua para calderas**

El agua para reponer las pérdidas de condensado de vapor vivo no retornado del proceso será depurada por medio de la desmineralización del tipo de ósmosis inversa con pulido final a través de lechos mixtos.

La pre-depuración del agua de reposición se realizará mediante filtración a través de filtros de arena, filtros de carbón activado y filtros de cartucho mecánico antes de pasar por el permeado. Los desechos del permeado se usarán para reemplazar el sistema de sellado del agua.

El desaireador, el tanque de almacenamiento y las bombas de agua de alimentación, así como el tanque de recolección de condensado de vapor vivo, se instalarán en el edificio de la caldera de recuperación y servirán tanto a la caldera de recuperación como a la caldera de energía.

El condensado de vapor vivo recogido de los departamentos se bombeará, a través de filtros mecánicos, al tanque de agua de alimentación de la caldera.

Las bombas de agua de alimentación serán accionadas por un motor eléctrico con variador de velocidad hidráulico. La bomba de respaldo será alimentada por una turbina de vapor.

#### **2.4.1.6.3 Torres de Enfriamiento**

El sistema de agua de enfriamiento estará en un circuito cerrado, y se considera que las torres de contracorriente con un extractor de aire en la parte superior sirven a los siguientes procesos de la fábrica:

- Torre de los turbogeneradores + utilidades: condensadores de los turbogeneradores, calderas de recuperación y biomasa, enfriadores de sistemas de aire acondicionado, turbogeneradores, caustificación y horno de cal, línea de fibra, planta química, cocción, secado, manipulación de madera y sistema de aire comprimido.
- Torre de evaporación: evaporación.



**Figura 13 – Torres de enfriamiento**

#### **2.4.1.6.4 Caldera de biomasa**

La función de la caldera de biomasa será complementar el vapor generado en la caldera de recuperación para la generación de energía, mediante el uso de residuos de la preparación de madera para cocción.

Los desechos del manejo de la madera y la eliminación de la pulpa marrón se mezclarán y almacenarán en una pila de biomasa cubierta donde se enviarán a los silos de la caldera.

El vapor producido por la caldera de biomasa se mezclará con el vapor de la caldera de recuperación y se enviará a los turbogeneradores.

Se instalará un precipitador electrostático para controlar las emisiones atmosféricas.

La caldera de biomasa puede quemar metanol como combustible auxiliar, siendo así un sistema de quema de reserva para hornos de cal.

Las cenizas de fondo de la caldera y del precipitador se recolectarán en silos dedicados para su disposición final posterior.

El fuel oil se utilizará como combustible de partida, estabilizando el proceso de producción y eventualmente para oxidar gases no condensables cuando se desvían a la caldera de biomasa.

#### **2.4.1.6.5 Cogeneración de electricidad (turbogeneradores)**

En términos generales, se puede decir que el sistema de cogeneración comienza con la producción de vapor a alta presión que llevará a cabo la caldera de recuperación y la caldera de biomasa.

El vapor a alta presión sufrirá expansión en las palas de la turbina y se extraerá a diferentes niveles de presión para su uso en el proceso de fabricación de celulosa.

Los turbogeneradores tendrán el propósito de transformar la energía térmica del vapor a alta presión en energía mecánica para activar los generadores de energía eléctrica.

El suministro de vapor a los turbogeneradores cubrirá el régimen, más la contingencia. Se considera que la contingencia absorbe cualquier variación en la producción de vapor en la caldera de recuperación debido a variaciones en los sólidos contenidos en el licor o incluso en el valor calorífico.

Está previsto instalar 2 turbogeneradores para la generación total de hasta 220 MW, siendo que la planta consumirá acerca de 120 MW y habrá un excedente de 100 MW para venta en la red. Para la opción de celulosa soluble, la generación será de 240 MW, la planta consumirá acerca de 110 MW de energía eléctrica, con excedente de 130 MW para exportar a la red.

### **Medidas de control y monitoreo del sistema (incluida la protección contra sobrepresión de vapor)**

Aún pueden seguir produciéndose variaciones en el consumo de vapor durante la operación normal de la fábrica, con control de presión a través de turbinas y válvulas de control. El control y el enclavamiento de las turbinas se realizará mediante un sistema dedicado, complementado con controles para la admisión y extracción de vapor en las turbinas: válvulas de reducción y acondicionamiento de presión, válvulas de escape y, en el último caso, válvulas de seguridad y alivio.

El monitoreo de la operación cubre los siguientes componentes:

- instrumentos de indicación;
- instrumentos para registrar datos;
- indicadores de posición;
- sistema de alarma audible y visual.

Los valores presentados por los instrumentos deben compararse con los valores de diseño y los instrumentos de medición deben verificarse y calibrarse a intervalos regulares.

En caso de ocurrencia y detección de cualquier anomalía, se informará al equipo de mantenimiento para que se tomen las medidas correctivas necesarias.

### **Sistema de prevención y control de incendios**

#### **Caldera de recuperación y caldera de biomasa**

El área de la caldera contará con sistemas dedicados de prevención y control de incendios, que se describen a seguir.

La red interna de hidrantes de la caldera de recuperación y la caldera de biomasa se distribuirá en forma de anillo que será alimentado por la red principal de hidrantes. Los hidrantes se instalarán a niveles altos en el edificio de la caldera de recuperación y la caldera de biomasa, considerando un flujo mínimo de acción con la presión adecuada.

Las unidades hidráulicas y de lubricación, según el volumen, pueden protegerse mediante un sistema de rociadores automáticos controlado por una válvula de activación y alarma independiente. Además, cada unidad hidráulica y de lubricación se instalará dentro de un dique de contención con un volumen suficiente para mantener todo el volumen de aceite en la unidad. Los extintores portátiles se instalarán en los lugares necesarios de acuerdo con los requisitos del Departamento de Bomberos.

Las regulaciones del Departamento de Bomberos también requieren la instalación de letreros en el área reservada para extintores de incendios.

#### Turbogeneradores

La red interna de hidrantes en el área de Turbogeneradores se distribuirá en forma de un anillo que será alimentado por la red principal de hidrantes. Las unidades hidráulicas y de lubricación, según el volumen, pueden protegerse mediante un sistema de rociadores automáticos controlado por una válvula de activación y alarma independiente. Además, cada unidad hidráulica y de lubricación se instalará dentro de un dique de contención con un volumen suficiente para mantener todo el volumen de aceite en la unidad.

Se instalarán *sprinklers*:

- En la región donde se encuentran los mancales del turbogenerador;
- En todas las áreas donde el aceite puede fluir o acumularse.

Los extintores portátiles se instalarán en los lugares necesarios de acuerdo con los requisitos del Departamento de Bomberos.

Las regulaciones del Departamento de Bomberos también requieren la instalación de letreros en el área reservada para extintores de incendios.

Los posibles puntos de fuga de aceite combustible, como bridas, conexiones roscadas, etc., dependiendo de la presión, pueden protegerse para evitar incendios en forma de *spray*.

#### Emisión de ruido del turbogenerador

Los Turbogeneradores, que estarán encerrados en un edificio dedicado, se operarán de forma remota y la sala de control se ubicará a cierta distancia. Además, los operadores, que eventualmente necesitan acceder al área, deben usar el EPP apropiado - Equipo de Protección Personal.

#### **2.4.1.6.6 Almacenamiento de Combustible**

Se utilizará combustible en las áreas de calderas de recuperación, calderas de biomasa y hornos de cal, durante las siguientes ocasiones:

- Arranque la fábrica de celulosa;
- Parada general de la fábrica de celulosa (manutención preventiva anual) con el consiguiente arranque;
- Situaciones momentáneas de operación.

El volumen de almacenamiento de combustible será de 3.000 m<sup>3</sup>, siendo calentado y distribuido a los consumidores a una temperatura de 70 °C.

#### Sistema de Control de Incendios del Área de Almacenamiento de Combustible

Para el sistema de control de incendios en el área de almacenamiento de combustible, se instalarán hidrantes en lugares apropiados para proporcionar enfriamiento a los

tanques, además de líneas de espuma para combatir los derrames ocasionales de los tanques.

Todos los hidrantes alrededor de los tanques contarán con accesorios para el suministro manual de espuma y boquillas ajustables para la producción de agua nebulizada.

Los extintores portátiles de incendios se instalarán en los lugares necesarios de acuerdo con los requisitos del Departamento de Bomberos, incluidos los extintores portátiles de producto químico seco y espuma, que se instalarán cerca de la estación de descarga y de bombeo de aceite combustible.

Cuando corresponda, los tanques estarán equipados con un sistema interno fijo de dispersión de espuma.

Las regulaciones del Departamento de Bomberos también requieren la instalación de letreros en el área reservada para extintores de incendios.

#### **2.4.1.6.7 Aire comprimido**

Tanto el aire de servicio (proceso) como el aire del instrumento se tratarán en una secadora para eliminar la humedad, pero habrá 2 redes de aire independientes, una para el aire de servicio (proceso) y otra para el aire del instrumento.

La presión de funcionamiento será de 7 bar (g), mediante un compresor centrífugo sin aceite y un secador de tipo adsorción.

#### **2.4.1.6.8 Ventilación y aire acondicionado**

Las salas eléctricas y las salas de control estarán equipadas con un sistema de aire acondicionado *fan coil* con una planta de agua fría. El agua para el enfriador provendrá de la torre de enfriamiento bombeada a través de una bomba dedicada.

#### **2.4.1.7 Instalaciones de apoyo administrativo y operativo**

##### **Portería**

La fábrica de celulosa de PARACEL tendrá una portería para controlar el acceso de personas y vehículos.

##### **Edificio Administrativo**

El edificio administrativo consistirá en oficinas, baños, cafetería y ambulatorio.

##### **Estacionamiento para vehículos y camiones**

La fábrica de celulosa de PARACEL tendrá estacionamiento para empleados y visitantes. Además, habrá estacionamiento para camiones.

##### **Báscula**

Se instalarán dos básculas de pesaje para controlar la entrada y salida de madera e insumos para la fábrica.

##### **Almacén**

Al lado del edificio administrativo habrá un almacén para almacenar materiales en general.

### **Taller**

El taller se utilizará para mantener el equipo de la fábrica y habrá pisos de concreto reforzado, impermeabilizados por paredes de mampostería para contener cualquier derrame.

### **Puerto fluvial**

El puerto fluvial de la fábrica de celulosa será una construcción de tipo terminal en la margen izquierda del río Paraguay, construido como una plataforma elevada sobre una estructura compuesta por: una plataforma de operación, un puente de acceso para vehículos y personas, y una estructura de cobertizo para el área de transporte de celulosa. Todas las estructuras serán de hormigón armado y el techo de carga será de estructura metálica. Su implementación se hará desde la orilla a través de la metodología sostenible de tipo Cantitraveller con elementos prefabricados.

El puerto moverá las siguientes cargas:

- El transporte de celulosa por barcazas fluviales a una tasa media de 1.500.000 t/año;
- Recepción de madera en troncos con volúmenes que varían entre 2 y 5 millones de m<sup>3</sup> s sc/año;
- Recepción de insumos para la fábrica de celulosa (líquidos o granel) hasta 450.000 t/año.

Las embarcaciones que operarán en el puerto serán los modelos actuales en circulación en el tramo fluvial del río Paraguay con el formato de convoyes según las condiciones oficiales de navegación. El convoy típico de celulosa consistirá en 12 barcazas (3 x 4) con capacidad unitaria de hasta 2.500 toneladas cada una.

Las embarcaciones para la madera y los insumos serán adecuadas para cada una de las operaciones/productos y estarán reguladas por las condiciones de navegación.

No se requerirán acciones de dragado para el canal de aproximación, la cuenca de evolución y la zona de fondeo de las embarcaciones (barcazas y empujadores). Para los servicios de construcción de la plataforma o del puente de acceso, pueden requerirse ocasionalmente servicios de conformación del fondo en el lugar de las estructuras subacuáticas.

Es un muelle de barcazas para la operación de celulosa y productos químicos conectados al continente por un puente de acceso de 340 m de largo.

El muelle posee un espacio cubierto para la operación de dos (2) barcazas de celulosa y un espacio para operación de una (1) barcaza de insumos químicos, además de un edificio de soporte en su plataforma y un área para el parque de tanques de químicos en tierra.

### **Descripción de las Instalaciones**

#### **AWT**

El AWT (All Weather Terminal) tendrá un área de aproximadamente 4.600 m<sup>2</sup> y estará completamente desarrollado en estructura metálica, por lo tanto, el recubrimiento, los cierres, las vigas serán metálicas. Las columnas de soporte de grúa de 56 t de capacidad serán de hormigón prefabricado.

### Edificio de Apoyo y Casa de Bombas

Estos edificios se ejecutarán en estructura de hormigón convencional, mampostería estructural, losa prefabricada y techo de metal. El edificio de apoyo albergará baños, salas de reuniones y control que conformarán un área de 127 m<sup>2</sup>. La casa de bombas tendrá un área de aproximadamente 44 m<sup>2</sup>.

### Puntos de Amarre

Este diseño incluye 12 (doce) puntos de amarre, 2 (dos) puntos de protección principal y 11 (once) puntos de protección de las columnas de techo AWT.

Se prevé utilizar pilotes inclinados perforados con camisa de metal rellenos de hormigón armado y sus respectivos bloques que consisten en un elemento de corteza prefabricado para el segundo paso de hormigonado posterior.

### Muelle de Barcazas

El muelle de barcazas tendrá una plataforma de hormigón armado de 133 m x 32 m de ancho, con un área de 4.256 m<sup>2</sup>. Su estructura estará hecha de pilotes perforados revestidos de metal rellenos de hormigón armado, vigas y losas prefabricadas en solidaridad con el hormigón armado in situ.

### Puente de Acceso

Así como el muelle, estará compuesta por una estructura de hormigón armado de 340 m x 10 m de ancho que conformará un área de 3.400 m<sup>2</sup>. Su estructura estará hecha de pilotes perforados revestidos de metal rellenos de hormigón armado, vigas y losas prefabricadas en solidaridad con el hormigón armado in situ.

## **2.5 Control Ambiental**

### **2.5.1 Efluentes Líquidos**

#### **2.5.1.1 Fuentes de Generación**

Básicamente, las fuentes de generación de efluentes líquidos que corresponderán a las actividades del proceso de fabricación de pulpa y otras actividades de apoyo son las siguientes:

- Efluentes del área de preparación de madera;
- Efluentes del área de cocción y lavado de la pulpa marrón;
- Filtrados alcalinos y blanqueadores ácidos;
- Efluentes de la máquina de secado;
- Efluentes de la evaporación y recuperación;
- Efluentes del área de caustificación y horno de cal;
- Condensados contaminados;
- Efluentes sanitarios;

- Agua de lluvia contaminada; y
- Varios (derrames, fugas, limpieza de áreas diversas, etc.).

### 2.5.1.2 Sistema de Control de Derrames

El sistema de recolección y manejo de derrames ha sido diseñado de tal manera que las descargas accidentales pueden ser recolectadas lo más cerca posible de la fuente y recicladas directamente a su propia etapa de proceso.

Los enfoques principales son:

- Dique con muros de contención alrededor de tanques y equipos donde hay licores negros o blancos y productos químicos. En caso de fuga o derrame accidental el material será recogido y será devuelto directamente al proceso;
- Sistemas y equipos de tanques que permitirán que el licor sobrante se conduzca adecuadamente cuando se requiera vaciado para el mantenimiento. Los licores de proceso se llevarán a un tanque de derrames y se restituirán directamente al proceso en lugar de descargarse a la red de efluentes;
- En áreas con potencial para derrames, habrá interconexión de los canales del piso con los pozos de bombeo, desde los cuales los líquidos serán devueltos al proceso;
- Pileta de emergencia en el tratamiento de efluentes, donde los efluentes principales también pueden dirigirse en el caso de derrames que no han sido contenidos con los medios previamente provistos;
- Instrumentación apropiada para el monitoreo en línea del efluente, y un buen sistema de supervisión para ayudar a los operadores a detectar descargas accidentales y tomar las medidas correctivas apropiadas; y
- Capacitación de operadores, gerentes de procesos y sistemas de información, donde los problemas ambientales y las descargas accidentales requieren atención continua.

#### **Digestor y línea de pulpa marrón**

Las descargas accidentales de esta área pueden tener licor negro y fibras, y deben recuperarse.

Se instalará un tanque de derrames. El punto preferido para el retorno de este tanque será la dilución en el fondo del tanque de descarga.

Siempre que posible, los transbordos y los desagües del equipo de proceso deben conectarse directamente al tanque de derrame o, alternativamente, al tanque de alimentación antes del equipo.

Los posibles derrames adicionales se recogerán en los canales del piso y se llevarán a un pozo, desde donde se bombearán al tanque de derrames.

#### **Blanqueo**

Los transbordos y derrames en esta área pueden contener fibras, filtrados y productos químicos como la sosa cáustica, el dióxido de cloro y el ácido sulfúrico. Las pérdidas accidentales de fibras se enviarán a la estación de tratamiento de efluentes y se separarán

en el tratamiento primario. Los productos químicos serán neutralizados antes de ser enviados a la planta de tratamiento de efluentes.

### **Máquinas de secado**

Los transbordos y derrames de esta área contienen fibras, pero no una cantidad significativa de elementos disueltos. Si no se recolectan en el área, las pérdidas de fibra se enviarán a la estación de tratamiento de efluentes y se separarán en el tratamiento primario.

### **Evaporación**

Las descargas accidentales de estas áreas tienen un alto contenido de licor negro y deben recuperarse. El tratamiento básico es similar al del área de cocción y la línea de pulpa marrón.

Los derrames de esta área serán dirigidos al tanque de derrame de licor, desde donde serán enviados al tanque de licor, con la alimentación proporcional realizada. El licor del agua de lavado por evaporación también se canalizará a este tanque, así como el eventual exceso de condensado contaminado, en caso de problemas con el pulimiento del condensado.

Los condensados de vapor del segundo al último efecto del evaporador se segregarán y el condensado de la sección limpia de estos efectos se reciclará a algunos de los efectos en el extremo frontal para la extracción interna para producir condensado "A" que se utilizará en la línea de fibra y en el área de caustificación. Condensado "A" es un condensado más limpio, que permite su reutilización en el proceso.

Los canales del piso se conectarán a un pozo de recolección, desde donde los derrames se restituirán al tanque de derrames de licor. El tanque se instalará dentro de un depósito de contención.

### **Caldera de recuperación**

Las descargas accidentales de esta área tienen un alto contenido de licor negro y deben recuperarse. El tratamiento básico es similar al del área de cocción y la línea de pulpa marrón.

Los derrames de los pisos superiores se recogerán y enviarán a un tanque de descarga, e irán al pozo de recolección, que también recibirá derrames en la planta baja. Estos derrames serán bombeados a un tanque de derrames en la planta de evaporación, donde serán recuperados.

### **Caustificación**

En esta área, los derrames se recogerán y enviarán a dos pozos de recolección, que tienen un sistema de agitación, medición de conductividad y bombas. Si el derrame se encuentra dentro de un cierto rango de conductividad, se enviará al clarificador para su recuperación.

Fue previsto un sistema de recuperación de barro de cal en caso de paradas no programadas de los hornos de cal. El almacenamiento provisional del barro de cal se llevará a cabo en un lugar pavimentado con paredes, evitando su pérdida.

### **Otras áreas**

El área de preparación química estará rodeada por muros de contención a su alrededor. Además, los tanques químicos también estarán contenidos por diques. Si hay un derrame en el área, se enviarán a tanques de mezcla para ajustar el pH y luego se enviarán a la estación de tratamiento de efluentes.

El almacenamiento de aceite combustible también estará contenido por muros de contención con un pozo. En caso de derrame, se instalará una bomba que enviará el combustible a un camión tanque con cisterna.

Los calentadores de aceite combustible en las áreas de proceso deben tener sus propias paredes de contención.

Todas las áreas de proceso tendrán un sistema de derrame, sistema de compuertas y conductividad de efluentes. Después de cierta conductividad, el efluente se recupera en el proceso.

### **2.5.1.3 Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE)**

Los efluentes líquidos industriales de la fábrica se someterán a mediciones de flujo, temperatura, pH y conductividad y, según los resultados obtenidos, se desviarán a las piletas de emergencia. La otra parte de la descripción del sistema de tratamiento se encuentra adelante.

#### **Efluentes específicos**

Los efluentes de la planta de dióxido de cloro, la lixiviación de cenizas y la planta de agua de *make-up* de la caldera también se segregarán de las líneas principales, ya que no tienen carga orgánica, ya que solo requieren control de pH antes de su liberación. Los efluentes neutralizados específicos se agregarán a los otros efluentes depurados, en el tanque de efluentes depurados, para ser eliminados en el río Paraguay.

#### **Efluentes Sanitarios**

Los efluentes sanitarios generados en la planta serán recolectados en la red de efluentes sanitarios y enviadas al PTE, directamente para tratamiento biológico.

### **Resumen del Sistema de Tratamiento de Efluentes**

El sistema de tratamiento de efluentes de PARACEL consistirá básicamente en tres etapas: eliminación de sólidos, eliminación de carga orgánica y pulido final. Las unidades principales de este sistema se enumeran y describen a continuación.

Las principales etapas del proceso de tratamiento de efluentes son:

- Cámara de Rejas;
- Clarificador primario;
- Pileta de emergencia;
- Neutralización;
- Enfriamiento;
- Lodos activados - tanque de aireación;

- Clarificador secundario;
- Sistema de desagüe de lodos secundarios;
- Tratamiento terciario;
- Emisario.

### Cámara de Rejas

Los efluentes serán dirigidos por gravedad a un sistema de rejilla para eliminar materiales gruesos. Este sistema contará con 2 juegos compuestos por una rejilla mecanizada y una rejilla manual, que será utilizada cuando la rejilla mecanizada fue sometida a manutención.

### Clarificador primario

Después de pasar por sistema de rejilla y medición de flujo, el efluente se enviará a dos clarificadores primarios con un diámetro de 68 m para reducir la cantidad de sólidos en suspensión. Estos clarificadores estarán equipados con un raspador para eliminar los sólidos sedimentados y la espuma acumulada en su superficie. Los sólidos sedimentados y la escoria se eliminarán mediante bombas que se enviarán al sistema primario de deshidratación de lodos. El efluente clarificado se enviará al sistema de neutralización.

### Sistema primario de deshidratación de lodos

El sistema primario de deshidratación de lodos tendrá una capacidad total de 42 tSS/día. Cada conjunto consistirá en un espesador mecánico de mesa de tipo tambor o de gravedad y una prensa de desagüe de tipo tornillo. La consistencia final esperada del lodo deshidratado es de entre 35 - 45%.

### Pileta de emergencia

Además de los sistemas para prevenir y recoger fugas y derrames previstos en cada departamento de la fábrica, habrá un conjunto de piletas de emergencia en la planta de tratamiento de efluentes. El propósito de esta pileta será recibir todos los efluentes con características que están fuera de especificación. Una vez desviado para la pileta de emergencia, el contenido se dosificará a la entrada del tanque de neutralización para que no se cree ninguna perturbación en el tratamiento biológico.

Su funcionamiento estará controlado por el monitoreo en línea de pH, temperatura y conductividad. Cuando ocurren niveles fuera del rango aceptable, las válvulas se cerrarán y el efluente se desviará para pileta de emergencia.

El volumen total será de aproximadamente 70.000 m<sup>3</sup> para recibir los efluentes del proceso considerados contaminados.

La pileta se construirá excavada con el fondo debidamente impermeabilizado e inclinado hacia las bombas de drenaje.

### Agua de lluvia contaminada

El agua de lluvia con posibilidad de contaminación se enviará para la pileta de retención de agua de lluvia contaminada para evitar la sobrecarga hidráulica en la planta de tratamiento debido a las altas precipitaciones. Una vez desviado para pileta de retención, el agua de lluvia se tratará y se agregará lentamente a la entrada de la estación.

### Neutralización de efluentes

El efluente clarificado en los clarificadores primarios se enviará a un tanque de neutralización. El propósito de este paso será neutralizar el efluente combinado, agregando sosa cáustica o ácido sulfúrico, para mantener un pH entre 6 y 8, haciéndolo adecuado para el tratamiento biológico.

El tanque de neutralización tendrá una capacidad de aproximadamente 2.900 m<sup>3</sup> y estará equipado con agitadores mecánicos.

### Enfriamiento de efluentes

Debido a que el efluente neutralizado presenta temperatura considerada alta para el tratamiento biológico, el efluente debe enfriarse para que alcance una temperatura que no afecte el desempeño del tratamiento biológico.

El enfriamiento de los efluentes se llevará a cabo a través de una torre de enfriamiento, compuesta de 6 cámaras, a cuál es dimensionada para una temperatura de entrada de aproximadamente 70 °C y temperatura de salida de alrededor de 35 °C.

### Lodos activados

El sistema de tratamiento biológico adoptado en PARACEL será del tipo aeróbico por lodo activado. El proceso de lodos activados es una tecnología probada y se usa comúnmente en las industrias de pulpa y papel en todo el mundo.

El proceso biológico requiere concentraciones suficientes de nitrógeno y fósforo en el efluente para un rendimiento óptimo. Las cantidades requeridas estarán relacionadas con la cantidad de materia orgánica biodegradable, es decir, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) presente en el efluente no tratado.

La urea y el ácido fosfórico se consideran fuentes de nitrógeno y fósforo y se agregarán, si es necesario, antes de que el efluente ingrese al tanque selector. La cantidad requerida dependerá de la cantidad presente en el efluente (solo se deben agregar las cantidades mínimas necesarias, para minimizar las descargas).

Después de dosificar nutrientes, los efluentes se enviarán al tanque selector, que tendrá una alta capacidad de oxigenación y está destinado a eliminar los organismos filamentosos. Desde este tanque, los efluentes irán al tanque de aireación, donde serán sometidos a la degradación de la materia orgánica presente en forma soluble y coloidal a través de la actividad de microorganismos aerobios. La inyección de aire en el sistema se realizará mediante difusores de burbuja fina que se instalarán en la parte inferior del tanque de aireación. Estos difusores suministrarán el oxígeno necesario para el desarrollo de bacterias y promoverán la mezcla de la masa líquida contenida en el tanque de aireación, manteniendo la mezcla en suspensión.

El tanque de aireación (incluido el selector) tendrá un volumen total de aproximadamente 160.000 m<sup>3</sup> y los difusores serán alimentados por sopladores con una capacidad total de aproximadamente 130.000 Nm<sup>3</sup>/h, uno de los cuales estará reservado para mantenimiento.



**Figura 14 –Tanque de aireación**

En el proceso de lodo activado, se formará la masa biológica (lodo) que debe separarse físicamente de la masa líquida (efluente clarificado), que se producirá a través de dos clarificadores secundarios con un diámetro de 82 m cada uno.

El lodo secundario (biológico) se eliminará constantemente del fondo de los clarificadores por medio de raspadores y se dirigirá por gravedad a un pozo de lodo, desde donde será expedido por medio de bombas para el tanque selector, con su recirculación. El exceso de lodo biológico se enviará al sistema secundario de deshidratación de lodo.

#### Sistema secundario de desagüe de lodos

El sistema secundario de desagüe de lodos tendrá una capacidad total estimada de 30 tSS/día y consistirá en espesantes de tipo mecánico y centrifugadoras. La consistencia final esperada del lodo deshidratado es de entre 15 y 20%.

#### Tratamiento terciario

Después del tratamiento biológico, los efluentes se someterán a un tratamiento terciario para eliminar el fósforo, el color y la DQO.

El tratamiento terciario será a través de un proceso fisicoquímico con la aplicación de sulfato de aluminio y polímero en tanques de coagulación y floculación, para luego ser dirigidos a los flotadores por aire disuelto (DAF – “*Dissolved Air Flotation*” en inglés). El sistema de flotación tiene la ventaja de obtener un lodo aproximadamente espesado, que alcanza una consistencia de 2,0 a 3,0%. El lodo terciario va a un sistema de desagüe dedicado.

Como alternativa al sistema fisicoquímico por flotación, el tratamiento terciario puede llevarse a cabo inyectando ozono en el efluente. El ozono será producido en el sitio, a través de descarga eléctrica en oxígeno. En esta alternativa, el efluente pasará a través de un tanque de contacto sellado, que estará cerrado herméticamente, donde el ozono se introducirá a través de difusores finos. El gas residual puede reutilizarse e inyectarse en

el tanque de aireación de tratamiento biológico. Después de pasar a través de la cámara de contacto, el efluente se enviará a los filtros biológicos para retener los sólidos en suspensión.

El efluente tratado se descargará a través de emisarios y difusores en el río Paraguay. Cabe señalar que el punto de descarga estará ubicado arriba del punto de captura de agua cruda para la fábrica.

#### Sistema de deshidratación de lodos terciarios

El lodo terciario, de los flotadores, donde se espera una consistencia de 2,0 a 3,0%, se enviará a un tanque de homogeneización provisto de un agitador mecánico. Este tanque también recibirá el lodo de los decantadores de la Planta de Tratamiento de Agua (PTA). Desde el tanque de homogeneización, el lodo mixto (terciario + PTA) se bombeará a centrifugas, donde alcanzarán una consistencia final de alrededor del 15%. Se planea agregar polímero en las entradas de la centrífuga, para aumentar la eficiencia del desagüe.

#### **2.5.1.4 Disposición Final del Efluentes**

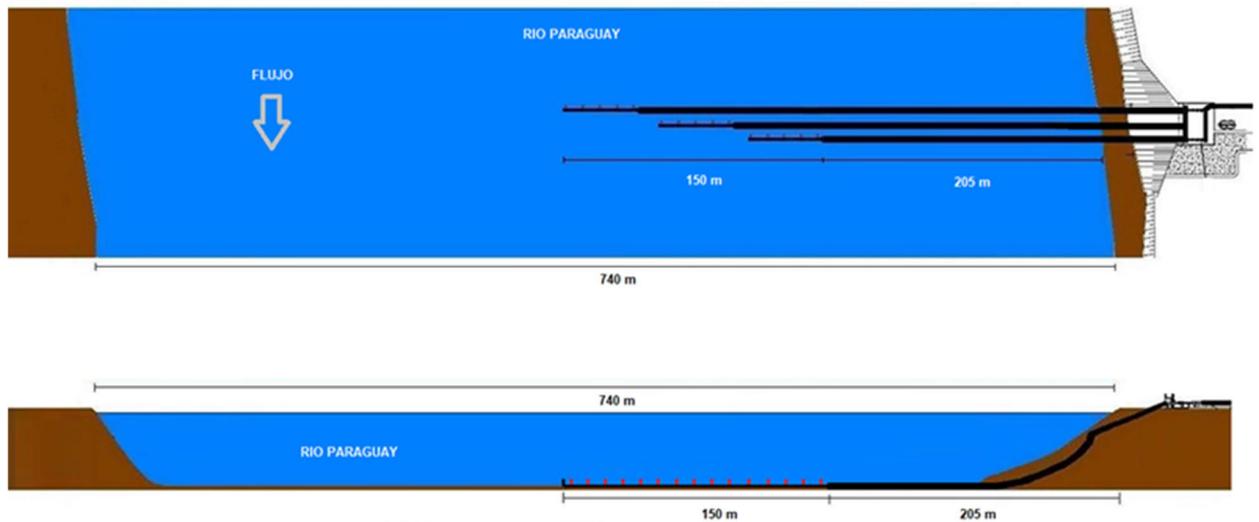
El efluente tratado se descargará en el río Paraguay a través de un emisario subacuático.

El emisario está destinado a la descarga de efluentes tratados en el río Paraguay de manera controlada y segura mediante descarga subacuática en condiciones que evitan la formación de espumas y promueven la dispersión más eficiente en el cuerpo receptor.

El sistema completo consiste en: (a) un pozo de efluente tratado; (b) emisario de efluentes purificados hasta la margen del río Paraguay, en el punto de descarga; (c) válvulas de control; (d) tuberías de desagüe en el lecho del río; (e) tubos difusores verticales ("risers") con orificios para lanzamiento subacuático y dispersión en las aguas del río.

Las tuberías subacuáticas consistirán en 3 líneas paralelas de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) en el lecho del río. En ciertos lugares que favorecen una mejor dispersión en las aguas del río y la homogeneización de la mixtura, habrá tuberías de acero verticales ("risers"), que conducirán el efluente tratado de las tuberías enterradas aproximadamente 50 cm por encima del lecho del río.

Al final de cada "riser", habrá una curva de 90° hacia la horizontal. Al final de esta curva, se instalará una válvula de retención especial, que permitirá la descarga de chorros de efluentes de manera optimizada, así como evitar la entrada de arena y cuerpos extraños en el sistema.



**Figura 15 – Ilustración del sistema de descarga**



**Figura 16 – Emisario de efluentes**

### 2.5.2 Drenaje del Aguas Pluviales

El agua de lluvia que cae en las áreas de proceso, ya que tienen el mayor potencial de contaminación, se enviará junto con los efluentes a la Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE) de PARACEL.

El agua de lluvia cae en las áreas del techo, calles, etc. así como el patio de almacenamiento de troncos, ya que tienen menos potencial de contaminación, se enviarán a piletas de agua de lluvia, que recibirán mediciones de pH y conductividad

para evitar la sobrecarga hidráulica en la PTE debido a la alta precipitación. En estas piletas, si los parámetros de pH y/o conductividad están fuera de los estándares aceptables, estas aguas se enviarán al PTE de la planta. De lo contrario, se enviarán para su eliminación al río, que se llevará a cabo a través del desagüe del efluente tratado. Es importante tener en cuenta que estas aguas de lluvia se agregarán a los efluentes tratados después del punto de medición y muestreo de los efluentes.

## **2.5.3 Emisiones Atmosféricas**

### **2.5.3.1 Fuentes de emisión**

Las principales fuentes de emisiones atmosféricas de la fábrica de celulosa se generarán a partir de los siguientes equipos:

- Caldera de recuperación;
- Hornos de cal; y
- Caldera de biomasa.

### **2.5.3.2 Parámetros principales de control**

Los principales parámetros de control relacionados con las emisiones atmosféricas significativas de una fábrica de celulosa corresponden a:

- Material particulado;
- TRS (azufre reducido total);
- SO<sub>x</sub> (óxidos de azufre);
- NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno); y
- CO (monóxido de carbono).

### **2.5.3.3 Tecnologías para minimizar, controlar y monitorear las emisiones al aire**

La minimización, el control y el monitoreo de las emisiones atmosféricas se basarán en las tecnologías ya establecidas y utilizadas con gran éxito, que se enumeran a continuación:

- Uso de caldera de recuperación de bajo olor;
- Alto contenido de sólidos secos de hasta 80% en el licor quemado en la caldera de recuperación, lo que minimiza las emisiones de SO<sub>x</sub>;
- Uso de precipitadores electrostáticos de alta eficiencia para la caldera de recuperación, caldera de biomasa y hornos de cal;
- Recolección de gases concentrados no condensables (GNCC) del digestor y la evaporación, y su incineración en la caldera de recuperación o caldera de biomasa (incineración de llama protegida);
- Amplia recolección de gases no condensables diluidos (GNCD) del digestor, línea de pulpa marrón, evaporación, con tratamiento en la caldera de recuperación;

- Tratamiento de gases del tanque de disolución en la propia caldera de recuperación;
- Limpieza eficiente de los gases de alivio de la planta de blanqueo; y
- Sistemas de monitoreo de gas y sistema de control en tiempo real, identificación y corrección rápida de perturbaciones operacionales.

#### 2.5.3.4 Tecnologías para controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos

##### **Caldera de recuperación**

La caldera de recuperación estará equipada con un precipitador electrostático de alta eficiencia para eliminar el material particulado, que será recolectado y transportado al tanque de mezcla.

Este tipo de equipo para controlar las emisiones atmosféricas de las calderas de recuperación se utiliza en todo el mundo.

El precipitador electrostático promoverá la eliminación de micropartículas sólidas o líquidas, cargadas por una corriente de gas, mediante el uso de electricidad estática.

El proceso de eliminación se basa en la ionización (concentración localizada de cargas eléctricas) de estas partículas, inducida por un potente campo eléctrico, a través de la acción del llamado "efecto corona". Este efecto consiste en la liberación de electrones del electrodo positivo al gas adyacente al mismo, alcanzando así las partículas cargadas, causando un desplazamiento al otro electrodo (o placa) que funciona como un colector. Esto crea una capa de polvo en este colector.

La capa de polvo se compacta y se mantiene unida a los electrodos por las fuerzas del campo eléctrico. Cuando esta capa se vuelve lo suficientemente gruesa y aglomerada, se somete a una acción mecánica, lo que provoca su desprendimiento, cayendo al fondo del precipitador, siendo eliminada en seco por un transportador de arrastre.

El proceso de captura electrostática es altamente eficiente, permitiendo la eliminación de partículas extremadamente finas.

Debido a la alta resistividad de los medios gaseosos, la diferencia de potencial que se aplicará entre los electrodos debe ser alta, lo que explica el alto voltaje verificado en estos equipos.

El precipitador que se utilizará tendrá cámaras independientes, que funcionarán juntas, en paralelo. De esta manera, es posible eliminar ocasionalmente una de las cámaras de operación, para proporcionar mantenimiento y no afectar significativamente la eficiencia general de la instalación de control, ya que el sistema ya está diseñado para soportar eventos de dicha naturaleza.

Como parte integral del equipo, se instalará un sistema automático de gestión y control de operaciones, basado en el uso de instrumentación acoplada a microprocesadores. Su función será mantener las condiciones de operación del precipitador en los rangos de operación ideales.

##### **Hornos de cal**

Para el control de la contaminación atmosférica, los hornos de cal estarán equipados con precipitadores electrostáticos de alta eficiencia para eliminar el material particulado

de los gases de escape. Este material volverá a los hornos de cal. La descripción del control del precipitador es similar a la descripción de la caldera de recuperación.

### **Caldera de biomasa**

Debido a los requisitos legales con respecto a la emisión de partículas en los gases de escape, la mejor alternativa para limpiar los gases generados en la combustión por la caldera de biomasa serán los precipitadores electrostáticos de alta eficiencia para eliminar el material particulado.

### **Sistema de recolección e incineración de gases no condensables**

Los gases no condensables de alta concentración generados en la planta de evaporación serán incinerados en la caldera de recuperación. En caso de imposibilidad de quemar en la caldera de recuperación, estos gases se incinerarán en la caldera de biomasa (equipo de reserva 1) y, si esto no es posible, se incinerarán en una antorcha (“flare”, en inglés).

Los gases no condensables de baja concentración recolectados de diversas fuentes en las áreas de proceso de la línea de fibra y la planta de evaporación serán acondicionados antes de ser introducidos como aire secundario en la caldera de recuperación o caldera de biomasa (equipo de reserva 1).

Los gases diluidos del tanque de disolución de la caldera de recuperación se enfriarán en una lavadora, se calentarán nuevamente y se introducirán como aire terciario en la caldera de recuperación.

Los gases de ventilación del extintor de cal, los equipos de caustificación, los tanques de almacenamiento y el equipo de caustificación se recogerán, se enfriarán en un intercambiador de calor para eliminar la humedad y se enviarán, a través de un ventilador, como aire de combustión a los hornos de cal.

## **2.5.4 Residuos Sólidos**

### **2.5.4.1 Fuentes de Generación**

La operación de la fábrica de celulosa de PARACEL generará residuos sólidos industriales y no industriales.

### **2.5.4.2 Residuos Sólidos Industriales**

Los residuos sólidos industriales generados por el proceso de producción de celulosa provendrán de las áreas de manejo de madera, caustificación, calderas y plantas de tratamiento de aguas y efluentes.

En esta categoría, se incluyen los siguientes residuos principales:

- Residuos de la preparación de madera;
- *Dregs, grits* y barro de cal;
- Ceniza de la caldera de biomasa;
- Lodos primarios, secundarios y terciarios de la planta de tratamiento de efluentes; y
- Lodos de la planta de tratamiento de las aguas.

### 2.5.4.3 Residuos Sólidos No Industriales

Los residuos sólidos no industriales son generados en las actividades administrativas y operacionales de apoyo tales como, oficinas, cafetería y talleres de mantenimiento.

Los siguientes residuos principales están incluidos en esta categoría:

- Metal
- Papel o cartón
- Plástico
- Vidrio
- Orgánicos reciclables y no reciclables
- Residuo de los servicios de salud
- Materiales contaminados con aceite y grasas
- Aceite lubricante usado
- Lámparas fluorescentes y baterías

### 2.5.4.4 Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos

La gestión de los residuos sólidos generados en la operación de la fábrica de celulosa de PARACEL comprenderá las mejores prácticas, de acuerdo con la Ley n° 3.956/2009 y Decreto n° 7.391/ 2017 (Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Paraguay), dentro de los cuales se destacan:

- Adopción de medidas de minimización
- Segregación (recolección selectiva o separada)
- Recolección, almacenamiento y transporte de acuerdo con la legislación
- Tratamiento o procesamiento y aprovechamiento, hasta la disposición final en vertedero sanitario (orgánico) o industrial

### Clasificación de los Residuos

De acuerdo con el Decreto n° 7.391/2017, los residuos sólidos en Paraguay son agrupados y clasificados en categorías: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial (no peligrosos) y residuos peligrosos.

- Residuos sólidos urbanos: los generados en cada habitación, unidad habitacional o similares.
- Residuos de manejo especial (no peligrosos): residuos industriales, de actividades agrícolas, pesqueras, forestales y pecuarias, de servicios de transporte, de la construcción civil y otros.
- Residuos peligrosos: previstos en la Ley 567/1995, que presentan características explosivas, inflamables, oxidantes, tóxicas, infecciosas, radioactivas, corrosivas, etc., pueden causar riesgos para la salud humana o ambiental.

### Segregación y Acondicionamiento de los Residuos Sólidos

El sistema de gestión de residuos de la fábrica de celulosa tendrá recolección selectiva o separada, que consiste en la separación de residuos, para que puedan ser reciclados luego.

Los contenedores y recipientes de las oficinas y de las áreas operacionales tendrán los siguientes colores, basadas en la Resolución S.G. 548/96 del Ministerio de Salud y Bienestar Público, como es presentado en la tabla abajo.

**Tabla 2 – Colores de los contenedores y recipientes de las oficinas y áreas operacionales**

Residuos	Color
Metal	Amarillo
Papel o cartón	Azul
Plástico	Rojo
Vidrio	Verde
Residuo peligroso	Naranja
Residuo general no reciclable	Gris
Servicio de salud	Blanco
Madera	Negro
Orgánico	Marrón

De acuerdo con el Decreto n.º 7.391/2017, los contenedores y recipientes utilizados para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos, tendrán los siguientes requisitos:

- Reutilizables
- Adecuadamente ubicados y cubiertos
- Capacidad para almacenar el volumen de residuos sólidos generados, tomando en cuenta la frecuencia de la recolección
- Construidos con materiales impermeables y con la resistencia necesaria para el uso al que están destinados
- Identificación relativa al uso y tipos de residuos sólidos

Los residuos de servicios de salud (principalmente punzocortantes) deberán ser segregados y acondicionados en contenedores o recipientes, de acuerdo con Ley n.º 3.361/2007.

Los residuos no industriales (no peligrosos y peligrosos) serán almacenados transitoriamente en un local hasta su envío para procedimientos de tratamiento específicos a cada tipo de residuo.

El local de almacenamiento de los residuos no peligrosos será un patio abierto, cercado, señalizado y con piso de suelo compactado.

El local de almacenamiento de los residuos peligrosos será un almacén cubierto con teja metálica, cerrado lateralmente, con ventilación natural, señalizada y con piso de concreto.

Las aguas de lluvia que caen sobre el patio y sobre el techo del almacenamiento (no contaminadas) serán conducidos al sistema de drenaje pluvial de la fábrica, por medio de canales de drenaje hasta en río Paraguay.

### 2.5.4.5 Tratamiento y Disposición Final

Los residuos sólidos serán destinados para tratamiento o disposición final, como es presentado en la tabla siguiente.

**Tabla 3 – Tratamiento o disposición final**

Residuo	Tratamiento o Disposición Final
Residuos de madera + arena	Producción de compost (aplicación forestal) o quema en la caldera de biomasa o vertedero industrial de PARACEL
<i>Dregs</i>	Producción de corrector de acidez del suelo (aplicación forestal) o vertedero industrial de PARACEL
<i>Grits</i>	Producción de corrector de acidez del suelo (aplicación forestal) o vertedero industrial de PARACEL
Barro de cal	Producción de corrector de acidez del suelo (aplicación forestal) o vertedero industrial de PARACEL
Cenizas + arena	Producción de corrector de acidez del suelo (aplicación forestal) o vertedero industrial de PARACEL
Lodo primario PTE	Producción de compost (aplicación forestal) o quema en la caldera de biomasa o reciclaje o vertedero industrial de PARACEL
Lodo biológico PTE	Producción de compost (aplicación forestal) o quema en la caldera de biomasa o vertedero industrial de PARACEL
Lodo terciario PTE	Vertedero industrial de PARACEL
Lodo PTA	Vertedero industrial de PARACEL
Metal	Reciclaje
Papel o cartón	Reciclaje
Plástico	Reciclaje
Vidrio	Reciclaje

Residuo	Tratamiento o Disposición Final
Orgánicos reciclables y no reciclables	Vertedero sanitario (orgánico) de PARACEL
Residuo de los servicios de salud	Descontaminación y vertedero sanitario (externo)
Contaminado con aceite	Incineración o coprocesamiento
Aceite lubricante usado	Reciclaje
Lámparas fluorescentes y baterías	Descontaminación y reciclaje (externo)

#### 2.5.4.5.1 Compostaje

En la fábrica de celulosa se instalará una planta de compostaje, para tratamiento de los residuos industriales orgánicos (no peligrosos), generados en la estación de tratamiento de efluentes (lodo primario y biológico) y en el patio de madera (residuos de madera).

El compostaje se ha practicado desde la historia antigua y puede definirse como una bio-oxidación aeróbica exotérmica de un sustrato orgánico heterogéneo, en estado sólido, caracterizado por la producción de CO<sub>2</sub>, agua, liberación de sustancias minerales y formación de materia orgánica estable (PROSAB, 1999).

En la práctica, esto significa que, a partir de residuos orgánicos, el proceso transforma estos residuos en compost, que es un insumo agrícola, fácil de manipular y libre de microorganismos patógenos (PROSAB, 1999).

Los componentes orgánicos biodegradables se someten a etapas sucesivas de transformación bajo la acción de varios grupos de microorganismos, lo que resulta en un proceso bioquímico altamente complejo (PROSAB, 1999).

Al ser un proceso biológico, los factores más importantes que influyen en la degradación de la materia orgánica son la aireación, los nutrientes y la humedad. La temperatura también es un factor importante, especialmente con respecto a la velocidad del proceso de biodegradación y la eliminación de patógenos, pero es el resultado de la actividad biológica. Los nutrientes, principalmente carbono y nitrógeno, son fundamentales para el crecimiento bacteriano. El carbono es la principal fuente de energía y el nitrógeno es necesario para la síntesis celular (PROSAB, 1999).

El proceso de compostaje tiene los siguientes objetivos principales:

- Reciclar adecuadamente, mediante un sistema de compostaje eficiente, los residuos generados y susceptibles de ser utilizados
- Sistematizar y homogeneizar el retorno de los nutrientes contenidos en los residuos a las plantaciones forestales, haciendo fertilizaciones con el compost producido
- Mejorar el estado nutricional y los parámetros físicos del suelo, agregando materia orgánica
- Promover el reemplazo parcial de fertilizantes y correctivos químicos utilizados, con ganancias ambientales y económicas
- Garantizar la eliminación adecuada de los residuos generados por la industria de acuerdo con las normas técnicas y la legislación ambiental vigentes.

El uso de este tipo de residuos en el proceso de compostaje para producir el compost es una alternativa sostenible para la eliminación de residuos, alineado con los conceptos de la economía circular y las mejores prácticas disponibles. Desde un punto de vista ambiental hay una reducción en la generación de residuos, y desde el punto de vista económico, se utiliza menos cantidad de insumos agrícolas con la utilización del compost.

### **Criterios de Proyecto**

Para instalación de la planta de compostaje y de la planta de producción de corrector de acidez del suelo se planea un área de 20 hectáreas (200.000 m<sup>2</sup>).

Se establecieron algunos criterios para selección del área de la planta de compostaje, basados en la Resolución SEAM n° 282/2004. Los criterios adoptados son presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 4 – Criterios para selección del área de la planta de compostaje**

<b>Criterio</b>	<b>Valores</b>
Distancia de cursos hídricos, áreas inundables, manantiales y bañados	Mayor a 200 metros, distancia medida a partir de la cota máxima de inundación
Distancias de áreas de protección ambiental y cultural	1.000 metros
Profundidad de las aguas subterráneas	Con impermeabilización de base a través de camada de arcilla compactada la distancia de las aguas subterráneas (Freática) a la base de más de 3,0 metros y la camada de impermeabilizante deberá tener un coeficiente de permeabilidad de $1 \times 10^{-6}$ cm/s o menor.
Distancia de vivienda más próxima, de pozos de abastecimiento de agua, centros educativos y centros de salud	500 metros

### **Descripción de la Planta de Compostaje**

El proyecto de la planta de compostaje comprenderá los siguientes elementos:

- Sistema de impermeabilización del suelo
- Sistema de drenaje de aguas pluviales
- Sistema de monitoreo de las aguas subterráneas

La descripción de los elementos de proyecto es presentada a seguir.

### **Sistema de Impermeabilización del Suelo**

La impermeabilización de los pisos de los patios abiertos y del almacén será con camada de arcilla compactada (coeficiente de permeabilidad de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s o menor) y deberá tener más de 3,0 metros de distancia del nivel de las aguas subterráneas.

### **Sistema de Drenaje de Aguas Pluviales**

#### Aguas Pluviales Contaminadas

Las aguas pluviales que caen sobre los patios abiertos serán dirigidas por gravedad a una pileta o tanque, donde serán bombeadas a la Planta de Tratamiento de Efluentes.

#### Aguas Pluviales No Contaminadas

Las aguas pluviales que caen sobre los techos del almacenamiento (no contaminadas) serán conducidas al sistema de drenaje pluvial de la fábrica, por medio de drenaje natural en el suelo o por medio de canales de drenaje hasta en río Paraguay.

### **Sistema de Monitoreo de las Aguas Subterráneas**

El sistema de monitoreo de las aguas subterráneas comprenderá diversos pozos de monitoreo en el área que rodea la planta de compost.

### **Descripción del Producción de Compost**

Los residuos generados en el tratamiento de efluentes (lodo primario y biológico) y en el patio de madera (residuos de madera) serán transportados a la planta de compostaje, donde serán almacenados temporalmente en patios abiertos (piso impermeabilizado con camada de arcilla) o enviados directamente al proceso.

Los residuos de madera se someterán a un proceso de astillado para reducir el tamaño de los residuos y optimizar el proceso de compostaje.

Los residuos se mezclarán en el patio abierto de compostaje (piso impermeabilizado con capa de arcilla), donde las hileras se formarán a través de un cargador.

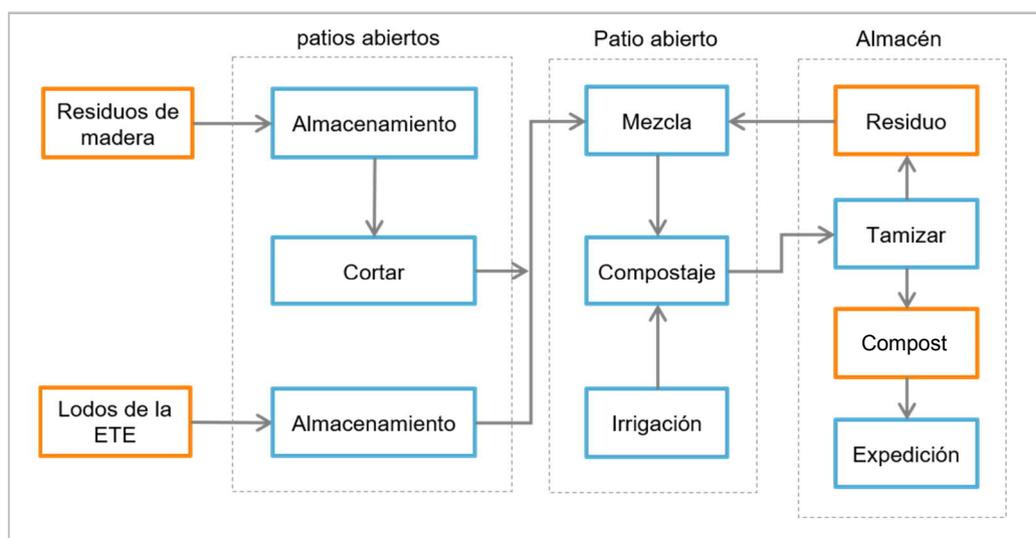
El proceso de compostaje (fase de bio-estabilización + fase de maduración) durará 120 días. Al final de este proceso, el compost estará listo, pero con granulometría irregular. De esta manera, se enviará al beneficiario para su evaluación.

Durante el proceso de compostaje, se realizarán volteos de hileras (para proporcionar aireación) y controles de proceso (temperatura, humedad, pH y relación C/N). Además, se realizará riego con agua para mantener la humedad del material cuando sea necesario.

El compost producido será transportado a un almacén, donde será sometido a un procesamiento mecánico, que consiste en tamizado rotativo, para estandarizar su granulometría.

El compost terminado será transportado a su destino final utilizando camiones.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de la producción de compost.



**Figura 17 – Diagrama de flujo de la producción de compost**

#### 2.5.4.5.2 Quema de Lodo en Caldera de Biomasa

Una alternativa al proceso de compostaje, que podrá ser utilizada por PARACEL es la quema de lodo primario y biológico juntamente con biomasa en la caldera de biomasa (proyectada para esto).

Actualmente, varias empresas del sector del papel y la celulosa han utilizado la caldera de biomasa para quemar lodos primarios y biológicos del PTE, en lugar de su destino para compostaje o vertedero industrial, como Klabin, Suzano, Eldorado, Veracel, Cenibra, CMPC y Arauco.

El uso de estos residuos como combustible en la caldera de biomasa, para la generación de vapor y energía eléctrica, es una alternativa de matriz energética sostenible. Desde un punto de vista ambiental, hay una reducción en la generación de residuos, y desde un punto de vista económico, se utiliza menos biomasa debido al uso de lodos.

#### 2.5.4.5.3 Planta de Producción de Corrector de Acidez Del Suelo

En la fábrica de celulosa se instalará una planta de producción de corrector de acidez del suelo, para tratamiento de los residuos industriales inorgánicos (no peligrosos), generados en la caustificación (*dregs*, *grits* y barro de cal) y en la caldera de biomasa (cenizas).

La producción del corrector de acidez del suelo consiste en secar los residuos (*dregs*, *grits*, barro de cal y cenizas) y hacer una mezcla equilibrada.

Dependiendo de su composición, el barro de cal y las cenizas se pueden usar individualmente como correctores de acidez del suelo.

El barro de cal y la mezcla de *dregs* y *grits* son subproductos alcalinos, básicamente carbonatados, que tienen una alta concentración de nutrientes como el calcio y el magnesio y tienen una alta capacidad de neutralización.

La ceniza, a pesar de la baja capacidad de neutralización, tiene una concentración de macronutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio que enriquecen el corrector de acidez del suelo. Estos nutrientes son importantes para el desarrollo de la plantación.

### **Criterios de Proyecto**

Para construcción de la planta de producción de corrector de acidez del suelo y de la planta de compostaje se planea un área de 20 hectáreas (200.000 m<sup>2</sup>).

Se establecieron algunos criterios para selección del área de la planta de producción de corrector, basados en la Resolución SEAM n° 282/2004. Los criterios adoptados son presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 5 – Criterios para selección del área de la planta de producción de corrector**

<b>Criterio</b>	<b>Valores</b>
Distancia de cursos hídricos, áreas inundables, manantiales y bañados	Mayor a 200 metros, distancia medida a partir de la cota máxima de inundación
Distancias de áreas de protección ambiental y cultural	1.000 metros
Profundidad de las aguas subterráneas	Con impermeabilización de base a través de membranas plásticas la distancia de la napa freática a la base de más de 1,5 metros. Con impermeabilización de base a través de camada de arcilla compactada la distancia del nivel de las aguas subterráneas (freáticas) a la base de más de 3,0 metros y la camada de impermeabilizante deberá tener un coeficiente de permeabilidad de $1 \times 10^{-6}$ cm/s o menor.
Distancia de vivienda más próxima, de pozos de abastecimiento de agua, centros educativos y centros de salud	500 metros

### **Descripción de la Planta de Producción de Corrector de Acidez**

El proyecto de la planta de producción de corrector comprenderá los siguientes elementos:

- Sistema de impermeabilización del suelo
- Sistema de drenaje de aguas pluviales
- Sistema de monitoreo de las aguas subterráneas

La descripción de los elementos de proyecto es presentada abajo.

### **Sistema de Impermeabilización del Suelo**

La impermeabilización de los pisos de los patios abiertos y dos invernaderos serán con camada de arcilla compactada (coeficiente de permeabilidad de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s o menor) y deberá tener más de 3,0 metros de distancia de las aguas subterráneas.

La impermeabilización del piso del almacén será de concreto.

### **Sistema de Drenaje de Aguas Pluviales**

#### Aguas Pluviales Contaminadas

Las aguas pluviales que caen sobre los patios abiertos serán dirigidas por gravedad a una pileta o tanque, donde serán bombeadas a la estación de tratamiento de aguas residuales.

#### Aguas Pluviales No Contaminadas

Las aguas pluviales que caen sobre los techos de los almacenes e invernaderos (no contaminadas) serán conducidos al sistema de drenaje pluvial de la fábrica, por medio de drenaje natural en el suelo o por medio de canales de drenaje hasta en río Paraguay.

### **Sistema de Monitoreo del Aguas Subterráneas**

El sistema de monitoreo de las aguas subterráneas comprenderá diversos pozos de monitoreo en el área que rodea la planta de producción de correctivo.

### **Descripción de la Producción de Corrector de Acidez**

Los residuos generados en el proceso de producción de celulosa (*dregs*, *grits*, barro de cal y cenizas) serán transportados a la planta de producción de corrector de acidez del suelo, donde serán almacenados temporalmente en patios abiertos o enviados directamente al proceso de secado.

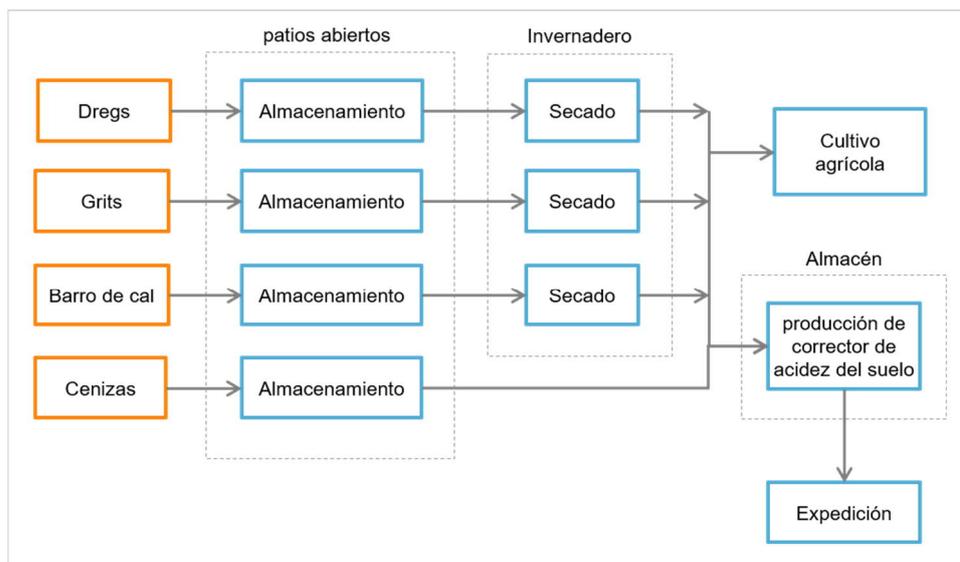
Los residuos húmedos (*dregs*, *grits* y barro de cal) se someterán al proceso de secado natural para reducir el contenido de humedad. Este proceso de secado ocurrirá en invernaderos de tipo agrícola.

Después del secado, los residuos secos pueden enviarse directamente al cultivo agrícola o para producir el corrector de acidez del suelo.

Los residuos secos, incluidas las cenizas de la caldera, se mezclarán en proporciones ideales, constituyendo el corrector de acidez del suelo que, más tarde, se someterá al tamizado, para estandarizar su granulometría. Todo este proceso tendrá lugar en un almacén.

El corrector de acidez listo se almacenará temporalmente o se cargará en camiones. Al salir de la planta, estos camiones serán pesados y el corrector será transportado a su destino final.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de la producción de corrector de acidez del suelo.



**Figura 18 – Diagrama de flujo de la producción de corrector de acidez.**

## 2.6 Características Climáticas y Meteorológicas

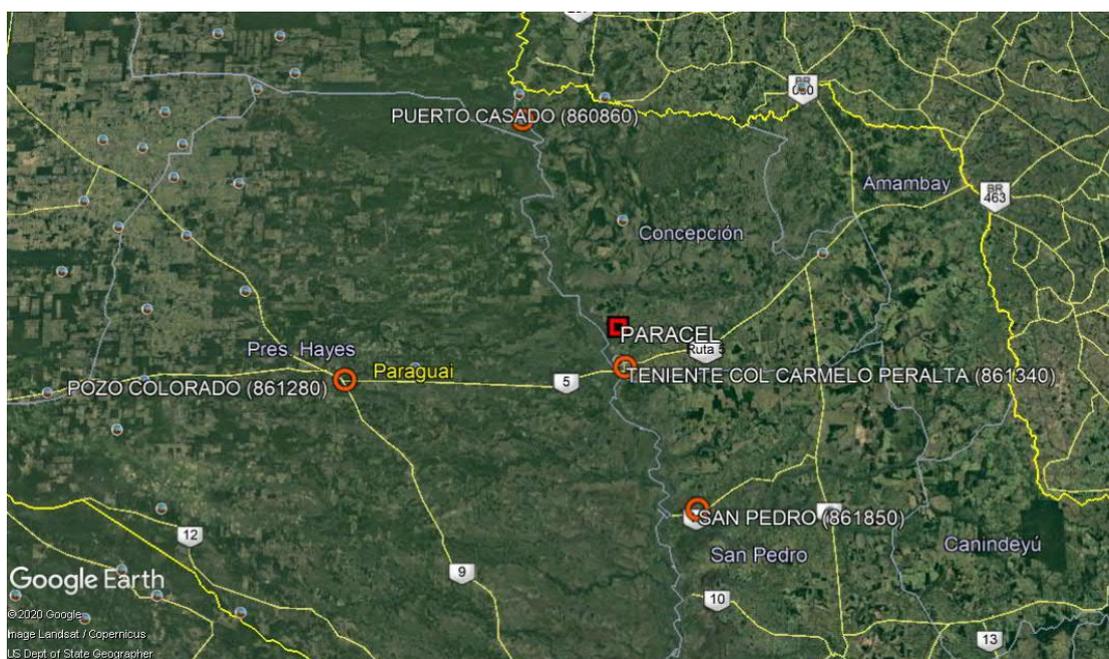
La caracterización climática de la región donde se encuentra la fábrica de pasta de papel consideró el análisis de los siguientes parámetros: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, precipitaciones, radiación solar y balance hídrico.

La información meteorológica y climática presentada procede del Estudio Climatológico y Meteorológico, realizado por la Compañía “Catavento Ambientale Meteorologia e Meio Ambiente”, los datos fueron obtenidos por estaciones meteorológicas de superficie homologadas en la región de la empresa.

Los datos utilizados para el estudio del clima de la región se obtuvieron de la Base de Datos Integrada de Superficie (ISD), que se puede consultar en el sitio web del Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA). Para el análisis de las condiciones climáticas de la región se eligieron cuatro estaciones meteorológicas de superficie que eran más representativas de la zona de la empresa, como se muestra a continuación.

- Puerto Casado (USAF:860860/ICAO:SGLV), distante 116 km al norte del emprendimiento, instalada en las coordenadas 22°16'58.80"S e 57°55'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).
- Pozo Colorado (USAF: 861280/ICAO: SGPC), distante 136 km al oeste del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 23°30'0.00"S e 58°46'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).
- San Pedro (USAF: 861850/ICAO: SGSP), distante 99 km al sur del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 24° 4'1.20"S e 57° 4'58.80"O. La serie de datos examinada es compuesta por 7 años (del 01/01/2013 al 31/12/2019).

- Teniente Coronel Carmelo Peralta (USAF: 861340/ICAO: SGCO), empleada como estación de referencia para la región, distante unos 21 km del emprendimiento, ubicada en las coordenadas 23°26'31.20"S e 57°25'37.20"O. La serie de datos examinada es compuesta por 10 años (del 01/01/2010 al 31/12/2019).



**Figura 19 – Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas distantes del emprendimiento. Fuente: Google Earth.**

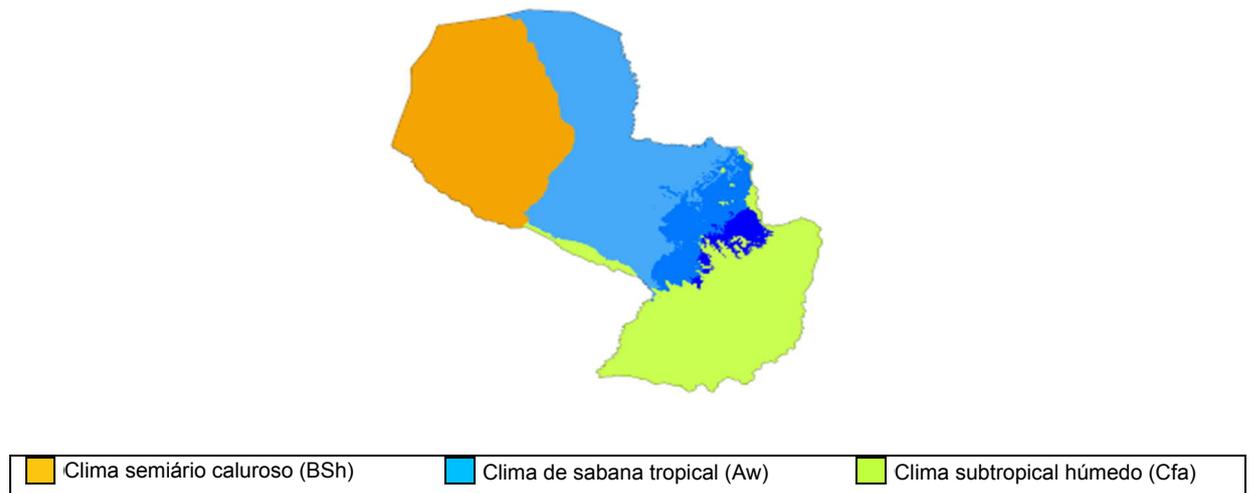
La climatología de la región de Concepción está definida por los sistemas meteorológicos que actúan en esa región o que influyen en las condiciones meteorológicas de ella.

La climatología del Paraguay, en particular la región de Concepción se ve afectada por varios sistemas sinópticos y factores asociados a la circulación en gran escala y a las circulaciones locales.

La región está bajo la influencia del anticiclón subtropical del Océano Atlántico. Este sistema de presión, cuyo centro varía estacionalmente entre 20° y 30° Sur, es responsable del transporte de masas de aire caliente y húmedo desde las latitudes bajas a las altas, como consecuencia de los vientos predominantes del noreste y del norte. Esta situación cambia durante los meses de invierno, cuando comienzan a entrar frentes fríos que transportan masas de aire frío y seco a través de los vientos del sur, sureste y este, haciendo la transición entre estos dos sistemas que afectan al país.

El clima de Paraguay puede clasificarse en tres tipos según la clasificación de Köppen-Geiger: 1) subtropical húmedo (Cfa), con veranos calurosos (las temperaturas superan los 22 °C en verano) y más de 30 mm de lluvia en el mes más seco; 2) sabana tropical (Aw), con invierno seco, estación de lluvias en verano, y temperatura media en el mes más frío por encima de los 18°C; 3) semiárido caluroso (BSh), caracterizado por escasas precipitaciones, intensa radiación solar, y altas temperaturas medias (alrededor de

27°C). Para la región de Concepción, sitio del desarrollo, la clasificación de Köppen-Geiger indica un clima de sabana tropical (Aw).



**Figura 20 – Clasificación climática del Paraguay por Köppen-Geiger**

Los parámetros analizados son: precipitación (mm), presión atmosférica (hPa), temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), velocidad de viento (m/s) y dirección del viento (grados).

### 2.6.1 Precipitación Pluvial

En la base de datos utilizada para el estudio no se dispone de datos sobre las precipitaciones. Por lo tanto, el estudio pluviométrico se realizó consultando la bibliografía con información de estudios anteriores de la región y del país.

La mayor parte de las precipitaciones del país son convectivas, producidas por tormentas aisladas o líneas de inestabilidad que son frecuentes en primavera y otoño. La precipitación media anual muestra una gran variación espacial. La mayor amplitud se da hacia el sur del país, variando zonalmente desde los 400 mm en el noroeste del Chaco hasta más de 1.800 mm en la Región Oriental.

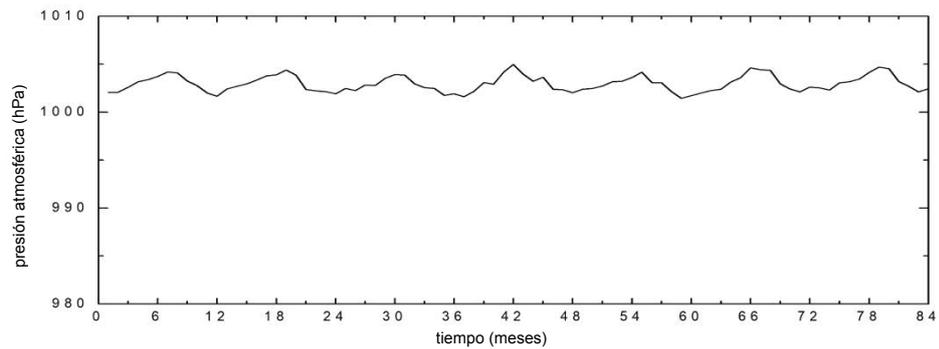
La cuenca del río Paraná es la más húmeda, con promedios anuales superiores a 1.800 mm, mientras que la cuenca del río Paraguay recibe máximos de 1.600 mm en la región oriental. Las precipitaciones también muestran una gran variabilidad estacional. Son más bajas en julio y agosto, y el promedio del mes menos lluvioso no suele alcanzar el 5% del total anual. Los mayores volúmenes de precipitaciones se producen durante los meses de octubre a abril y se registran generalmente en forma de tormentas o precipitaciones, como resultado de la inestabilidad atmosférica causada por el fuerte calentamiento de las capas inferiores de la atmósfera (Mayeregger y Romero 2017).

Las mayores tasas de precipitación en la región de Concepción se producen en el verano. El mes con las tasas más bajas es agosto, con un promedio de 28 mm. En febrero y noviembre, las precipitaciones alcanzan sus niveles más altos, entre 128 y 152 mm en

promedio. El promedio de precipitaciones anuales es de aproximadamente 1.190 mm (<https://es.weatherspark.com/>).

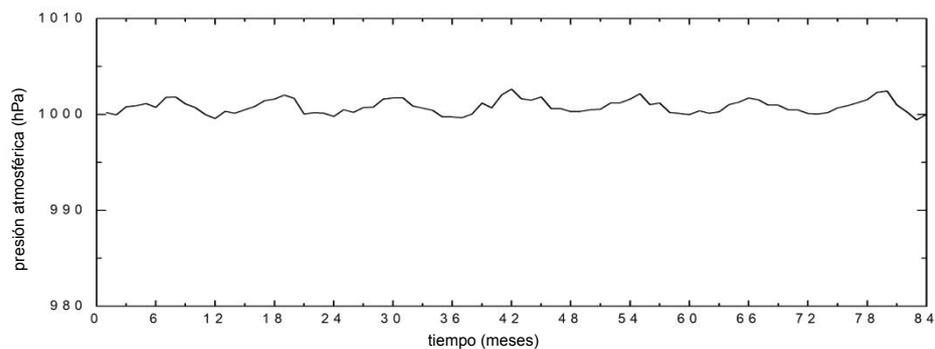
## 2.6.2 Presión Atmosférica

En la estación de Puerto Casado (860860), ubicada a 116 km al norte de la fábrica de pasta de papel, la presión atmosférica varió entre 1.001,4 y 1.004,9 hPa, mientras que el promedio para el período de 2013 a 2019 fue de 1.002,9 hPa.



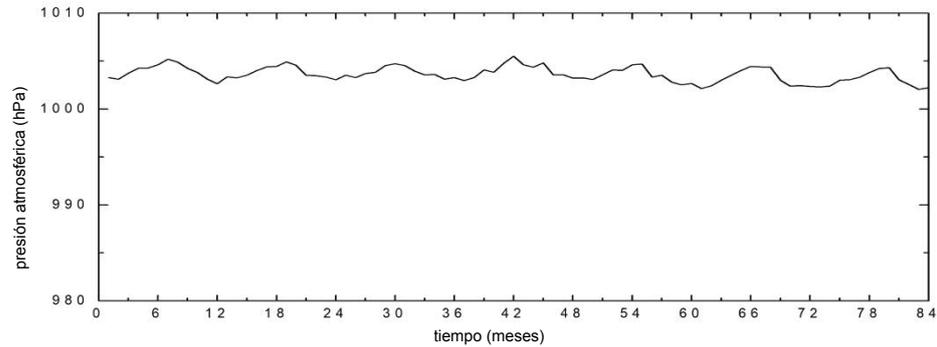
**Figura 21 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Puerto Casado.**

En la estación Pozo Colorado (861280), ubicada a una distancia de 136 km al oeste del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 999,4 y 1.002,7 hPa, en cuanto la media para el período del 2013 al 2019 fue de 1.000,8 hPa.



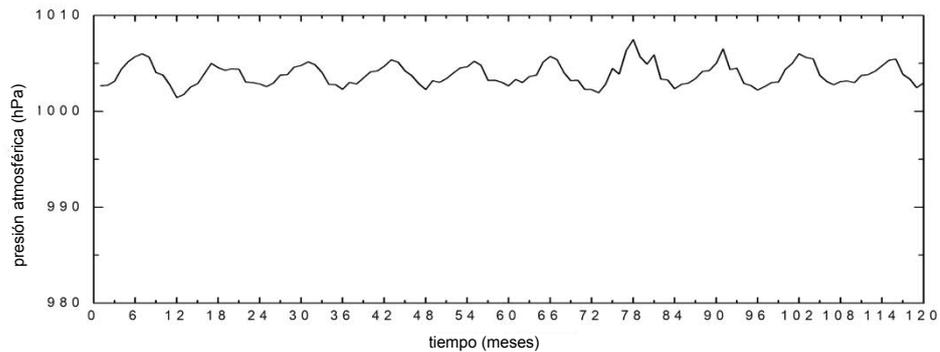
**Figura 22 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Pozo Colorado.**

En la estación San Pedro (861850), 99 km al sueste del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 1.002,1 y 1.005,5 hPa, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 1.003,6 hPa.



**Figura 23 – Presión Atmosférica mensual media en la estación San Pedro.**

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta (861340), distante a 21 km del emprendimiento, la presión atmosférica varió entre 1.001,5 y 1.007,5 hPa, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 1.003,9 hPa.

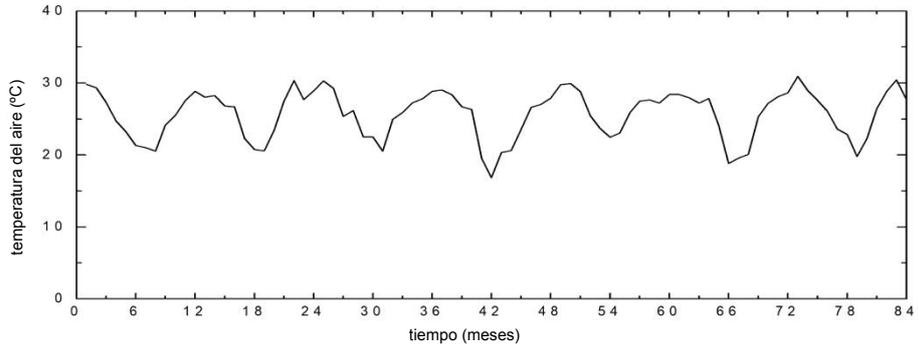


**Figura 24 – Presión Atmosférica mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.**

Aunque las cuatro estaciones meteorológicas cubren una zona relativamente grande y están separadas por distancias considerables, el comportamiento de la presión atmosférica fue similar en todas las estaciones y el promedio de la región fue de 1.002,8 hPa.

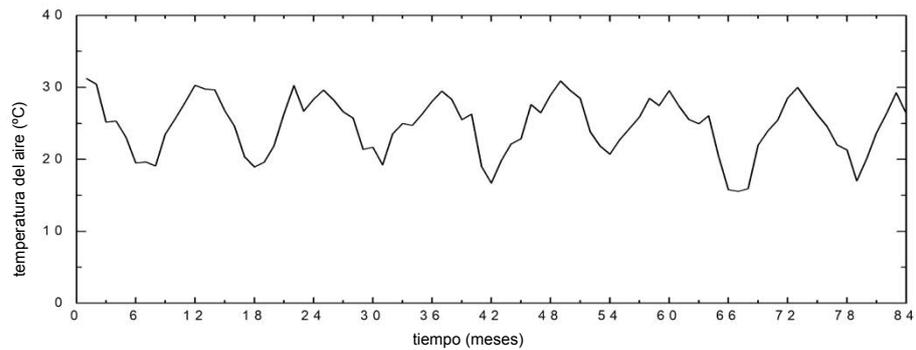
### 2.6.3 Temperatura del Aire

En la estación Puerto Casado, la temperatura media mensual varió entre 16,9°C y 31°C, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 25,7°C.



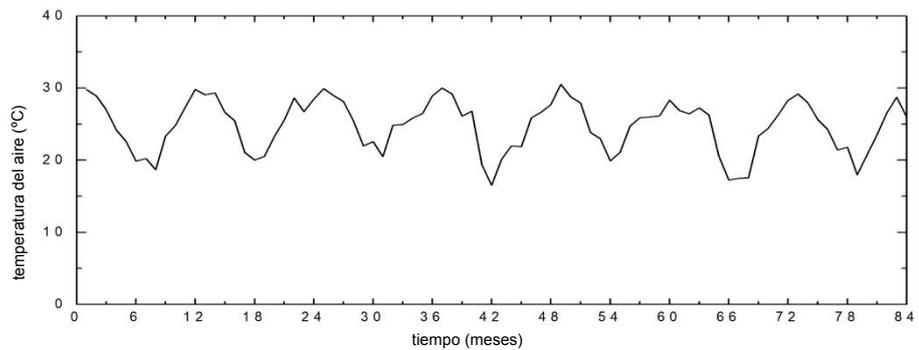
**Figura 25 – Temperatura mensual media en la estación Puerto Casado.**

En la estación Pozo Colorado, la temperatura media mensual varió entre 15,5°C y 31,2°C, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 24,7°C.



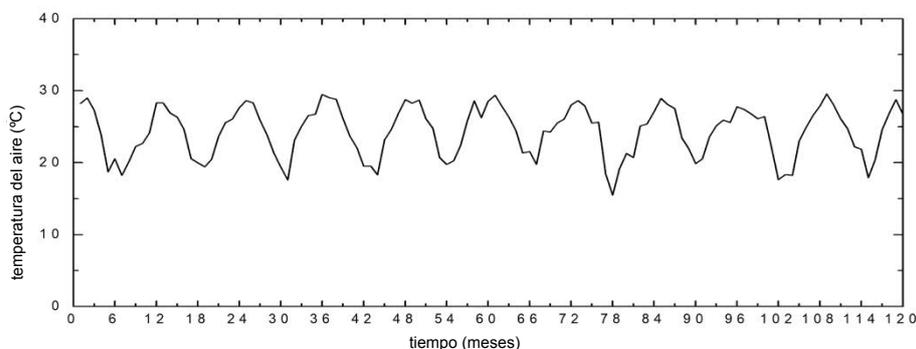
**Figura 26 – Temperatura mensual media en la estación Pozo Colorado.**

En la estación San Pedro, la temperatura media mensual varió entre 16,5°C y 30,5°C, en cuanto la media climatológica para el período de 2013 a 2019 fue de 24,1°C.



**Figura 27 – Temperatura mensual media en la estación San Pedro.**

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la temperatura media mensual varió entre 15,5°C y 29,6°C, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 24,3°C.



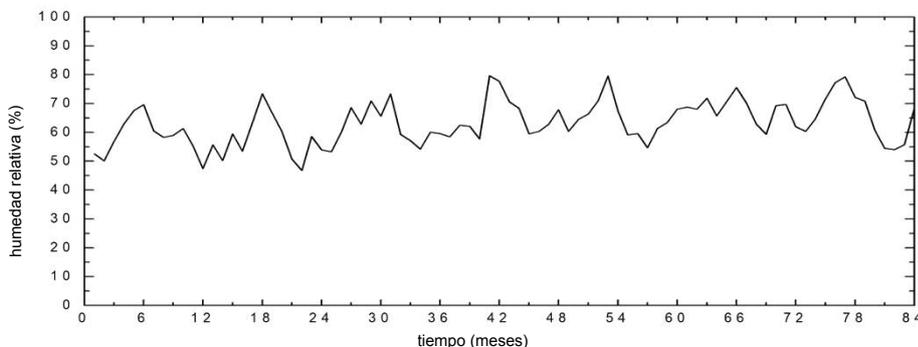
**Figura 28 – Temperatura mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.**

La temperatura del aire en la región se define por el efecto de la continentalidad y la homogeneidad topográfica, presentando una gran amplitud. En verano, por ser una región tropical, las temperaturas máximas pueden pasar de 30°C, y en invierno se pueden registrar fenómenos de heladas como consecuencia de la entrada de frentes fríos.

Las temperaturas medias son muy similares en todas las estaciones meteorológicas, desde el 24,1°C en la estación de San Pedro, que está más al sur, hasta el 25,7°C en la estación de Puerto Casado, situada más al norte. En la gran región analizada, la temperatura media fue de 24,7°C.

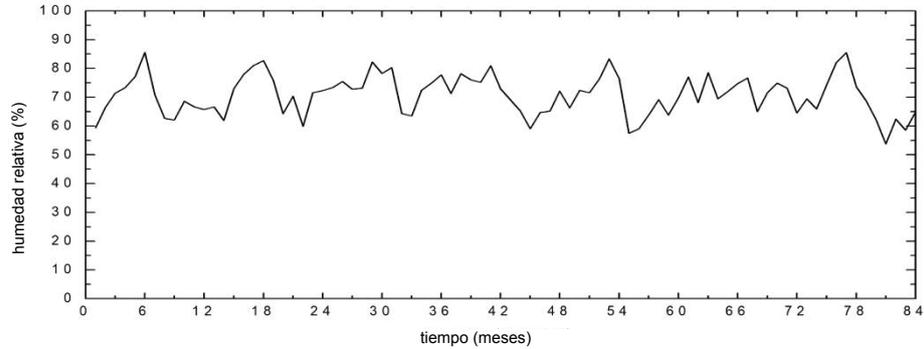
#### 2.6.4 Humedad Relativa

En la estación Puerto Casado, la humedad relativa mensual varió entre 46,7% y 79,6%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 63%.



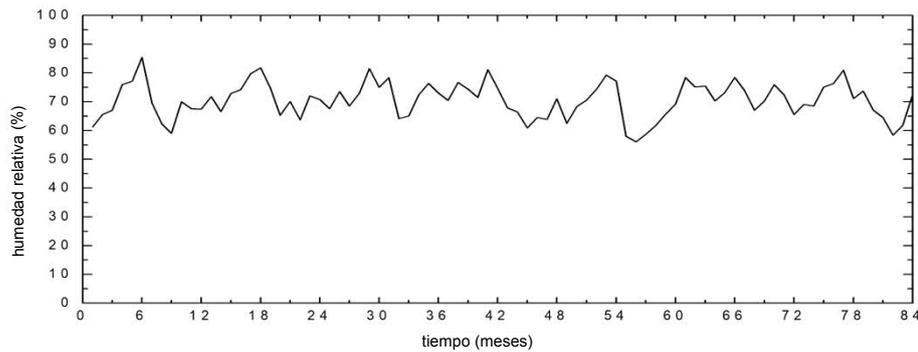
**Figura 29 – Humedad Relativa mensual media en la estación Puerto Casado.**

En la estación Pozo Colorado, la humedad relativa mensual varió entre 51,7% y 83,6%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 70,2%.



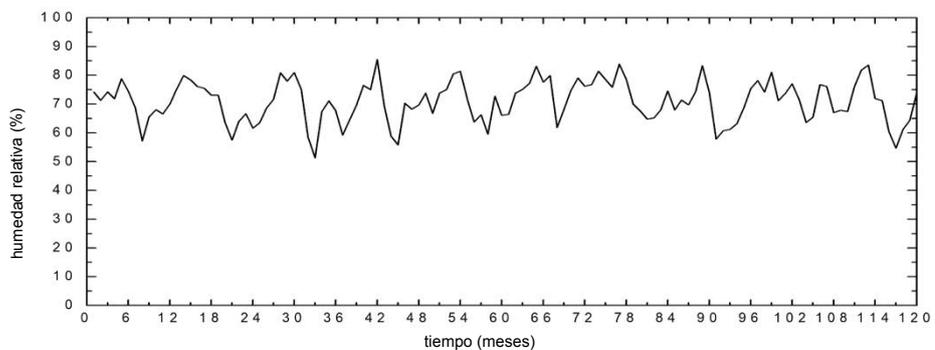
**Figura 30 – Humedad Relativa mensual media en la estación Pozo Colorado.**

En la estación San Pedro, la humedad relativa mensual varió entre 56,1% y 85,4%, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 70,5%.



**Figura 31 – Humedad Relativa mensual media en la estación San Pedro.**

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la humedad relativa mensual varió entre 51,4% y 85,5%, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 70,9%.



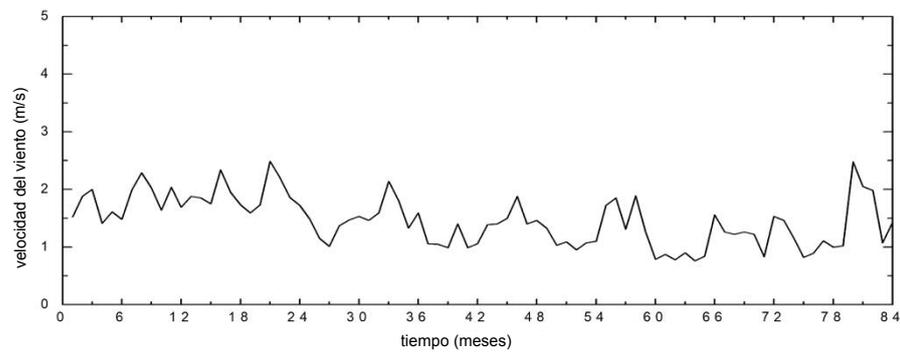
**Figura 32 – Humedad Relativa mensual media en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.**

La humedad relativa en la estación de Puerto Casado, al norte del sitio propuesto para la planta, tiene una humedad relativa media del 63%. Las demás regiones presentaron valores entre el 70,2% y el 70,9%, siendo el valor más alto el de la estación del Teniente Coronel Carmelo Peralta. Esta diferencia se debe a la variabilidad de las precipitaciones entre las regiones.

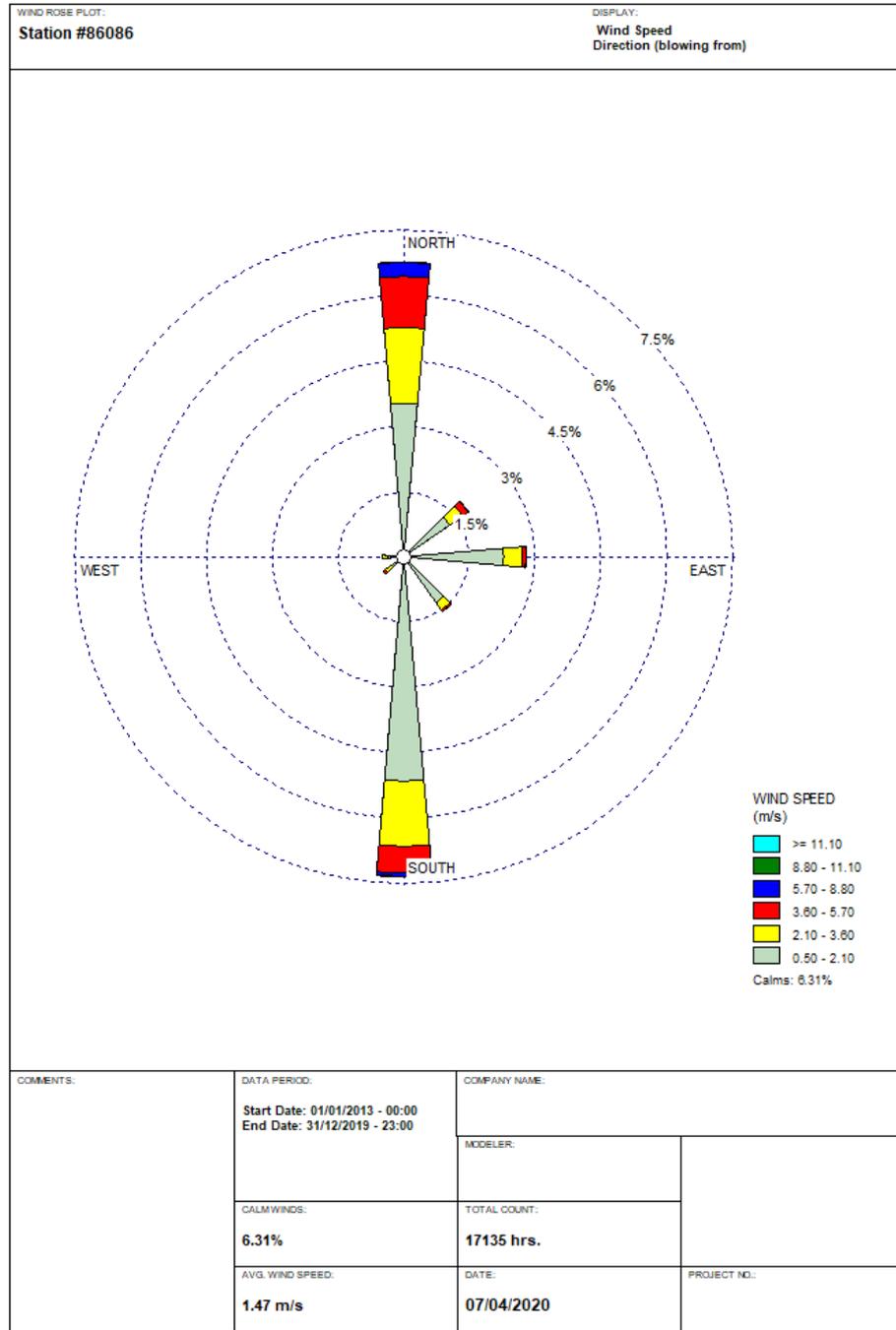
### 2.6.5 Viento

En la estación Puerto Casado, la velocidad promedio mensual del viento varió entre 0,76 y 2,49 m/s, en cuanto la media para el periodo de 2013 al 2019 fue de 1,47 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos obtenidos en la estación Puerto Casado prueba la predominancia de vientos del sur y del de norte.



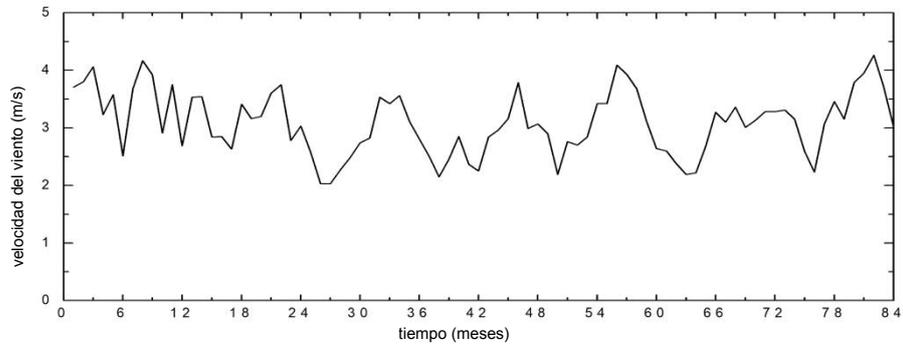
**Figura 33 – Velocidad Media del viento en la estación Puerto Casado.**



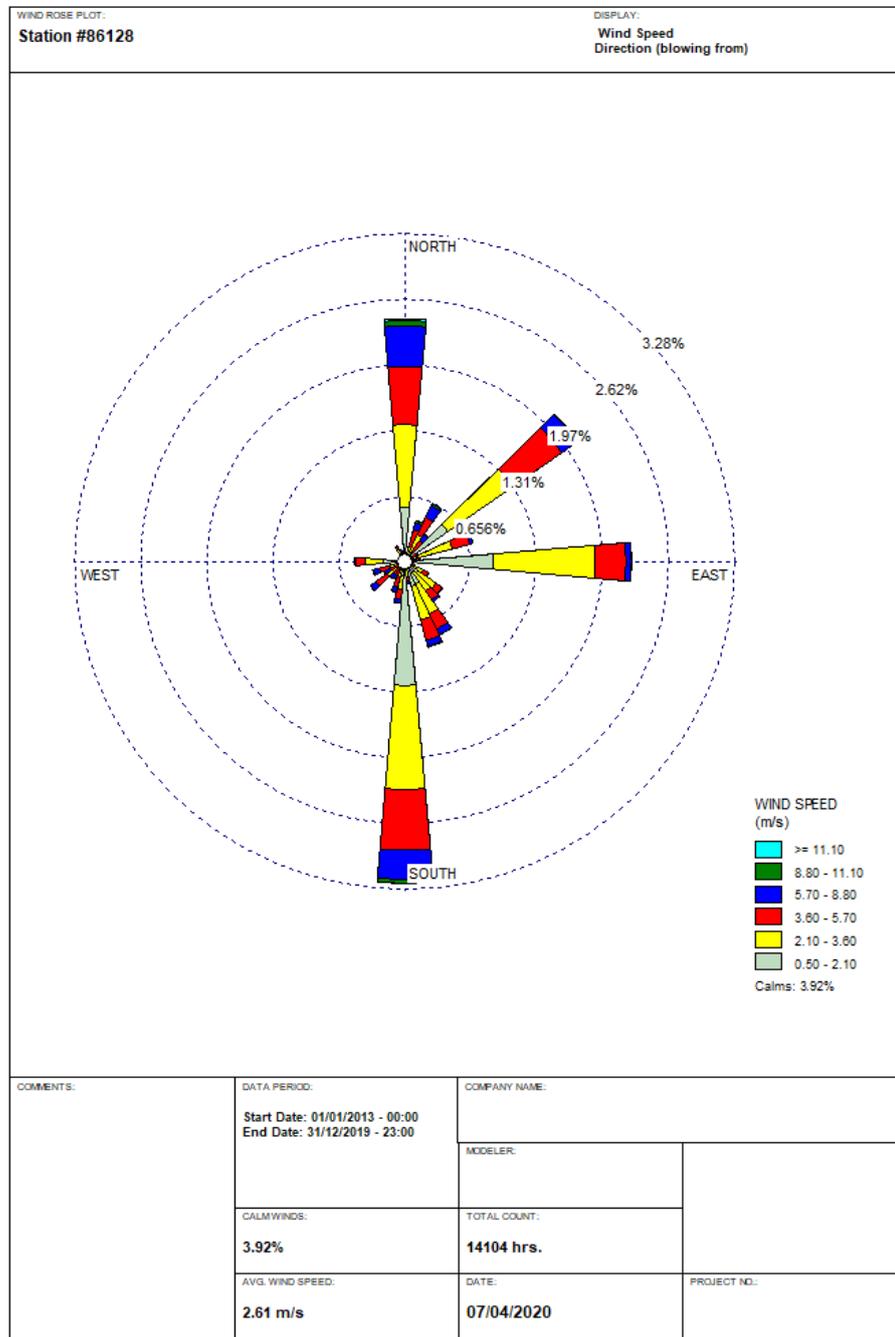
**Figura 34 – Rosa de los vientos observada en la estación Puerto Casado.**

En la estación Pozo Colorado, la velocidad media mensual del viento varió entre 0,7 y 5,0 m/s, en cuanto la media para el periodo de 2013 a 2019 fue de 2,5 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación Pozo Colorado prueba la predominancia de los vientos del sur y del norte, y con importantes componentes del noreste y del este.



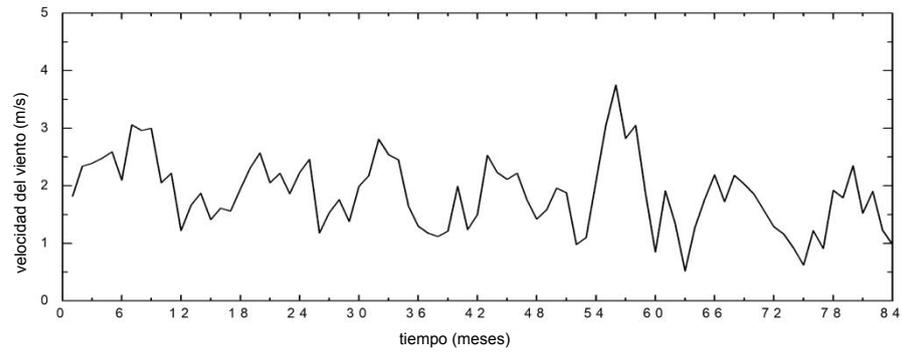
**Figura 35 – Velocidad Media del viento en la estación Pozo Colorado.**



**Figura 36 – Rosa de los vientos observada en la estación Pozo Colorado.**

En la estación San Pedro, la velocidad media mensual del viento varió entre 0,5 y 3,7 m/s, en cuanto la media para el período de 2013 a 2019 fue de 1,9 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación San Pedro prueba la predominancia dos ventos del sur e del norte, seguidos por vientos del este.



**Figura 37 – Velocidad Media del viento en la estación San Pedro.**

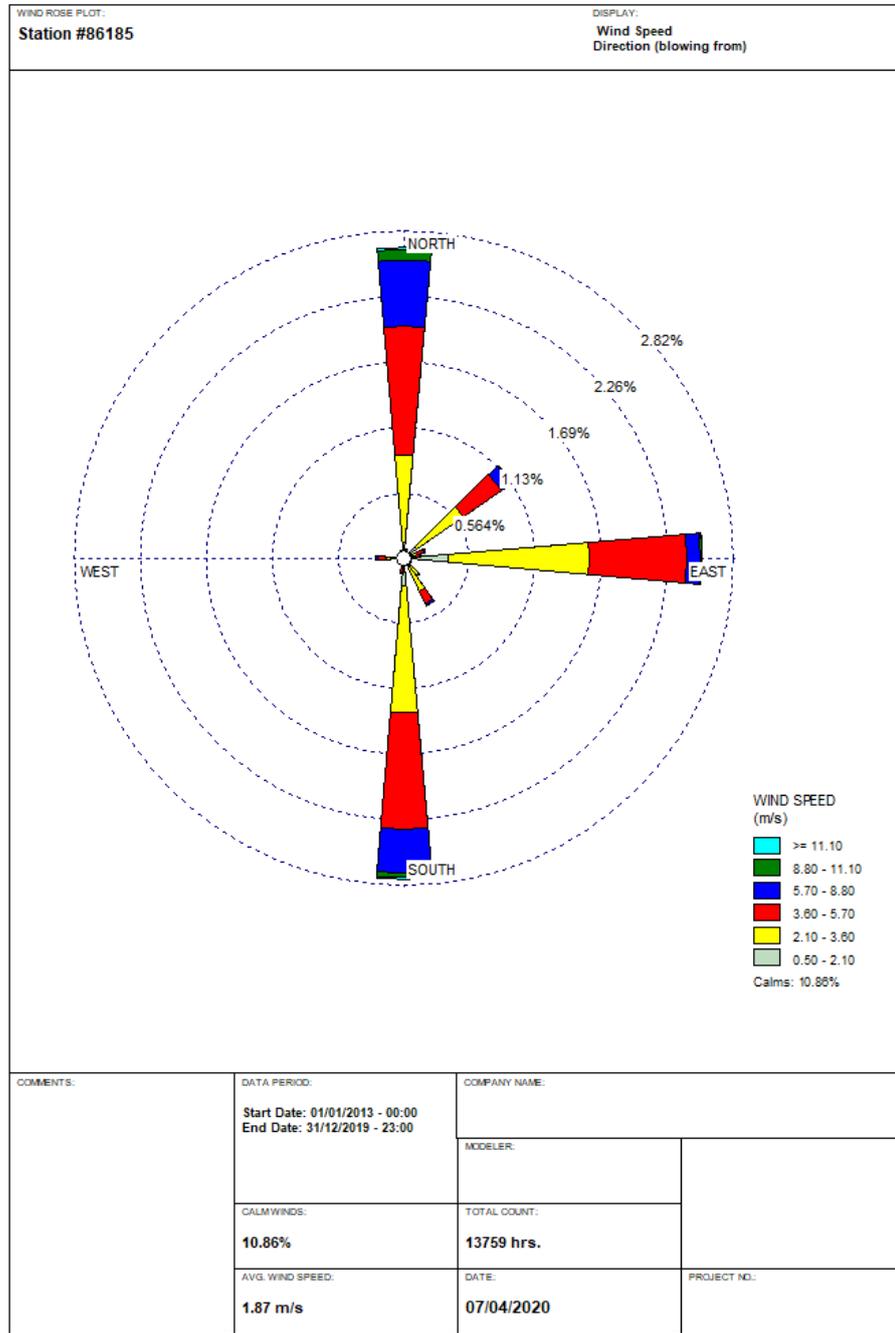
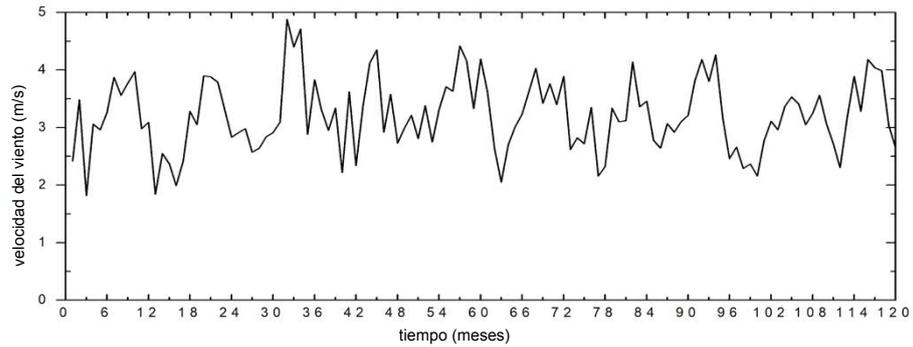


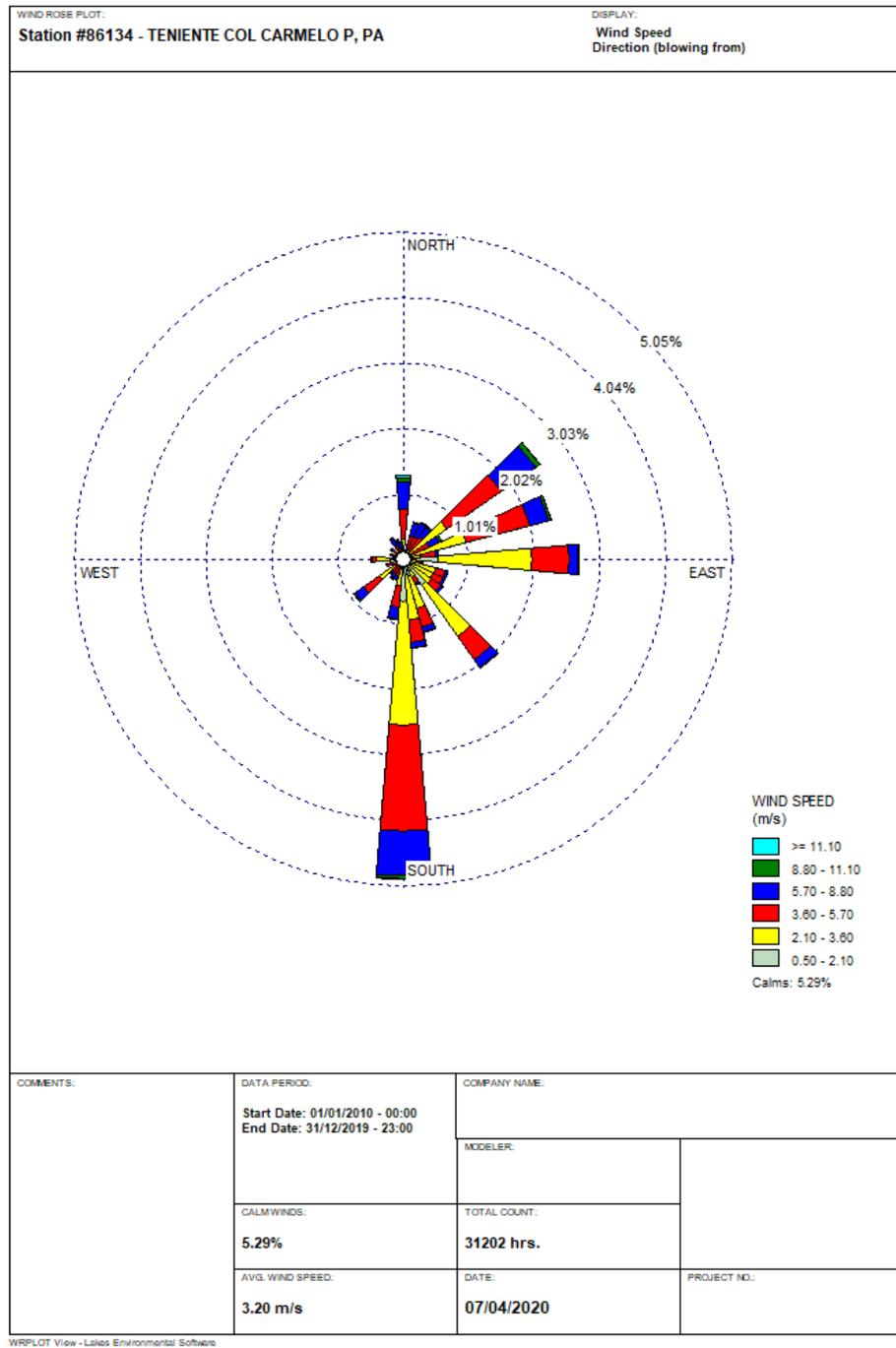
Figura 38 – Rosa de los vientos observada en la estación San Pedro.

En la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta, la velocidad media mensual del viento varió entre 1,8 y 4,9 m/s, en cuanto la media climatológica provisoria para el período de 2010 a 2019 fue de 3,2 m/s.

La rosa de los vientos generada con los datos observados en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta prueba la predominancia dos vientos del sur, seguidos de nordeste y este, y con componente menos importante del sudeste.



**Figura 39 – Velocidad Media del viento en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.**



**Figura 40 – Rosa de los vientos observada en la estación Teniente Coronel Carmelo Peralta.**

Las intensidades de los vientos en todas las regiones son muy similares y pueden clasificarse como vientos débiles, entre 1,4 y 3,2 m/s. Las mayores velocidades del viento se midieron en la estación del Teniente Coronel Carmelo Peralta. Las direcciones de los vientos predominantes son norte y sur, seguidas por los vientos del noreste y este.

### 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS y TOXICOLÓGICAS DE LOS PRODUCTOS

La operación de la fábrica de celulosa de PARACEL requiere una serie de productos químicos. El siguiente cuadro muestra los principales productos y su clase/subclase de riesgo establecidos por la ONU.

**Tabla 6 – Principales productos y clase/subclase ONU**

Producto	Número ONU	Clase de Riesgo	Etiqueta de Riesgo
Metanol	1230	3 – Líquido Inflamable	
Soda Cáustica	1824	8 – Sustancia Corrosiva	
Ácido Sulfúrico	1830	8 – Sustancia Corrosiva	
Diésel	1202	3 – Líquido Inflamable	
Combustible	3256	3 – Líquido Inflamable	
Clorato de sodio	2428	5.1 – Oxidante	
Dióxido de Cloro	3139	6.1 – Gas Tóxico	
Bisulfito de sodio	2693	8 – Sustancia Corrosiva	

Producto	Número ONU	Clase de Riesgo	Etiqueta de Riesgo
Oxígeno	1072	2.2 – Gas comprimido no tóxico	
Peróxido de hidrógeno	2014	5.1 - Oxidante	

NOTA: \* Cabe señalar que, de manera conservadora, se consideró al cloro como una sustancia representativa del dióxido de cloro, suponiendo que en una posible liberación del mismo, el producto desprendido será el cloro. Cabe señalar también que PARACEL no utilizará cloro en su proceso de blanqueo (empleará el Proceso ECF - Libre de cloro elemental).

A partir de la caracterización inicial de los productos, para dar continuidad al Estudio preliminar de análisis de riesgos, se seleccionaron las sustancias químicas líquidas o gaseosas de mayor representatividad en cuanto a inflamabilidad y toxicidad. Para ello se utilizaron los criterios establecidos por la CETESB de Brasil para la clasificación de las sustancias químicas en función de su peligrosidad.

Las Hojas de Informaciones de Seguridad de Productos Químicos (HIS PQ) se presentan en el ANEXO III.

## 4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

### 4.1 Introducción

En este capítulo se describe la metodología utilizada para la identificación de los riesgos relacionados con las instalaciones de la fábrica celulosa de PARACEL y se presentan como resultados las hipótesis de accidente identificadas mediante la aplicación de la técnica de Análisis Preliminar de Peligros - APP.

En la siguiente sección 4.2 se presenta un análisis histórico de los accidentes, mientras que en la sección 4.3 se presenta una breve descripción de la técnica de APP y la metodología utilizada para la identificación de los riesgos.

### 4.2 Análisis Histórica de Accidentes

El *Major Hazard Incidents Data Service* – MHIDAS es una base de datos internacional de accidentes/incidentes en la producción industrial, el transporte y el almacenamiento de productos químicos que resultan en un riesgo potencial para la comunidad.

Según la base de datos del MHIDAS, se han notificado accidentes con sustancias peligrosas utilizadas en las industrias de la pulpa y el papel. Desde 1974, se han encontrado 6 accidentes relacionados con este sector, siendo 1 relacionado con la explosión de polvo de celulosa recirculada, 1 relacionado con la ruptura de una piletta

de efluentes y la descarga de efluentes parcialmente tratados, 4 relacionados con la liberación de cloro (2 por ruptura de tubería y 2 por explosión en la unidad de generación).

En el siguiente cuadro se muestra el número de incidentes notificados en MHIDAS que se produjeron en diferentes tipos de industrias.

**Tabla 7 – Número de los incidentes por tipo de sustancia**

Sustancia	Estado	Incidentes
Clorato de sodio	Cristalizado o en polvo	19
Metanol	Líquido	197
Dióxido de cloro	Gas	1
Peróxido de hidrógeno	Solución	30
Combustible	Líquido	356

Fuente: MHIDAS

Según el MHIDAS, se registraron accidentes con sustancias peligrosas presentes en la industria de celulosa:

- Metanol: Se catalogan los accidentes con desprendimiento y formación de charcos, incendios y explosiones, causados por inundaciones, rayos, fallas humanas e impactos durante el transporte.
- Dióxido de cloro: Sólo se informó de un accidente en un laboratorio por explosiones debido a la liberación de la sustancia por uso indebido.
- Peróxido de hidrógeno: Se catalogaron los accidentes con peróxido que se produjeron durante la carga y descarga de los contenedores o las fugas en los almacenes de los distribuidores, lo que requirió el aislamiento de la zona y la limpieza; no se identificó ninguno de estos incidentes en las industrias de celulosa.
- Combustible: Los accidentes con explosiones de tanques con esta sustancia se reportan debido a fallas humanas, incendios externos, temperaturas extremas. Durante el transporte, los accidentes se produjeron debido a impactos seguidos de fuego y/o explosión.
- Calderas: Los accidentes de explosión causados por las condiciones de funcionamiento a bajo nivel de agua, los errores de los operadores o el mantenimiento deficiente, así como los fallos de supervisión humana y la falta de conocimientos, son responsables del 69% de las lesiones y el 60% de las muertes notificadas.

Además, se encontraron algunos accidentes en fábricas de pulpa, según la información publicada por la prensa:

- En el Brasil, en 1988, se produjo la explosión de la caldera de recuperación química en la región septentrional del país;
- En 1994, en una fábrica de los Estados Unidos, se produjo una explosión de un digestor;
- En 2007, en una planta del noreste de Brasil, el tanque de licor negro se rompió;
- En 2017, hubo la explosión de un digestor en una planta en los Estados Unidos;
- En 2020, hubo la explosión de dos digestores en una planta en los Estados Unidos.

### **4.3 Análisis Preliminar de Peligros**

#### **4.3.1 Metodología**

El Análisis Preliminar de Peligros (APP) es una técnica desarrollada por el programa de seguridad militar del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (MIL-STD-882B).

Se trata de una técnica estructurada destinada a identificar los riesgos presentes en una instalación o actividad causados por acontecimientos indeseables. Normalmente se utiliza en la fase inicial de diseño, aunque se ha aplicado en unidades en operación, lo que permite un análisis crítico de los sistemas de seguridad existentes y la identificación de posibles casos de accidente.

El APP se centra en los acontecimientos peligrosos cuyos fallos se originan en la instalación analizada, incluyendo tanto los fallos intrínsecos del equipo, instrumentos y materiales, como los errores humanos.

En la APP se identifican los riesgos, sus causas, efectos (consecuencias) y sus respectivas categorías de gravedad, y se señalan las observaciones y recomendaciones pertinentes a los riesgos identificados. Los resultados se presentan en una hoja de cálculo estandarizada, como se muestra en la siguiente figura.

<i>APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS</i>							
<b>Área:</b>							
Ítem	Peligros	Causas posibles	Efectos posibles	Grado			<i>Observaciones</i> <i>Recomendaciones</i>
				Frecuencia	Severidad	Riesgo	

**Figura 41 – Plancha del APP – Análisis Preliminar de Peligros**

- **Número de Orden:** número secuencial del peligro identificado en la unidad en estudio;
- **Peligro:** evento no deseado, usualmente asociado con una o más condiciones con el potencial de causar daño a las personas, la propiedad o el medio ambiente;
- **Causas:** posibles causas asociadas a un peligro particular;
- **Efectos:** posibles consecuencias asociadas a un peligro particular;
- **Categoría de Severidad:** clasificación cualitativa del efecto asociado al escenario accidental, de acuerdo con la clasificación presentada en el **Tabla 9**;
- **Observaciones/Recomendaciones:** observaciones pertinentes al peligro y sus escenarios accidentales, sistemas de seguridad existentes o recomendaciones para la gestión de los riesgos asociados.

En la sección siguiente se presentan los criterios para clasificar la probabilidad de que se produzcan peligros, la gravedad aplicada a los efectos asociados y las categorías de riesgo.

#### **Criterio para Clasificación de la Frecuencia y Severidad**

Para la categorización de los efectos se utilizó el criterio de los niveles de gravedad tradicionalmente adoptados en la aplicación del APA, que se presenta en el cuadro siguiente.

**Tabla 8 – Categorías del Severidad**

<b>Categoría</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>
I	Despreciable	Eventos asociados con ningún daño o daño no medible.
II	Marginal	Ocurrencias con el potencial de causar daños irrelevantes al medio ambiente, a las instalaciones y a las comunidades internas y externas.
III	Crítica	Situaciones con potencial para causar impactos en el medio ambiente fuera de la instalación con un tiempo de recuperación reducido, lo que puede causar un daño moderado a la población externa.
IV	Catastrófica	Ocurrencias con potencial para generar impactos ambientales significativos en áreas fuera de las instalaciones y con alto tiempo de recuperación, que también pueden causar muertes o lesiones graves a la población.

Para la categorización de la frecuencia de aparición se utilizó el criterio de los niveles de frecuencia tradicionalmente adoptados en la aplicación del APA, que se presenta en el cuadro siguiente.

**Tabla 9 – Categorías de Frecuencia**

<b>Categoría</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>
A	Muy improbable	Conceptualmente posible, pero extremadamente improbable que ocurra durante la vida de la instalación. Incidentes que dependen de la ocurrencia de múltiples fallas.
B	Improbable	No se espera que ocurra durante la vida de la instalación. Incidentes asociados a diversas fallas o averías de equipos grandes.
C	Remota	Es poco probable que ocurra durante la vida de la instalación. La ocurrencia depende de una sola falla (humana o de equipo).
D	Probable	Se espera que ocurra al menos una vez durante la vida de la instalación.
E	Frecuente	Se espera que ocurra varias veces durante la vida de la instalación.

La matriz de riesgos (figura a continuación) es el resultado de la interacción entre la gravedad y la frecuencia, obteniendo como resultado el riesgo expuesto.

		<b>FRECUENCIA DE OCURRENCIA</b>				
		A	B	C	D	E
<b>SEVERIDAD</b>	IV	<b>Mn</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
	III	<b>D</b>	<b>Mn</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>C</b>
	II	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>Mn</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
	I	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>Mn</b>	<b>M</b>

Severidad		Frecuencia		Riesgo	
<b>I</b>	Despreciable	<b>A</b>	Muy Improbable	<b>D</b>	Despreciable
<b>II</b>	Marginal	<b>B</b>	Improbable	<b>Mn</b>	Menor
<b>III</b>	Crítica	<b>C</b>	Remota	<b>M</b>	Moderado
<b>IV</b>	Catastrófica	<b>D</b>	Probable	<b>S</b>	Serio
		<b>E</b>	Frecuente	<b>C</b>	Crítico

**Figura 42 – Matriz de Clasificación del Riesgo**

### 4.3.2 Identificación de los Peligros

En la fábrica de celulosa PARACEL, los peligros se derivarán básicamente de la fuga accidental de los productos manipulados; por lo tanto, como principio básico utilizado en la aplicación de APP, se han identificado situaciones típicas relacionadas con fugas grandes y medianas, asociadas a fallas de componentes, como conexiones, válvulas de bloqueo, bridas y líneas, entre otras.

Las planchas de cálculo de APP fueron rellenas por profesionales de PÖYRY Tecnología y PARACEL y, basándose en el Diagrama de Flujo de Procesos (ANEXO I), se identificaron los principales peligros, sus causas y sus efectos asociados.

A cada uno de los posibles efectos generados por las hipótesis accidentales se le atribuyó un grado de gravedad, de acuerdo con el criterio presentado anteriormente. El ANEXO IV muestra las hojas de cálculo de la APA completadas.

A partir de la aplicación de APP para identificar los peligros relacionados con las instalaciones y operaciones con los productos manejados en PARACEL, se han identificado 53 peligros, considerando siempre situaciones accidentales relevantes, es decir, eventos causados por fugas de gases no condensables, metanol y dióxido de cloro, significativos en la fábrica en cuestión, como se describe en el Capítulo 2.

Los posibles efectos asociados a las hipótesis de accidente identificadas en la APP se clasificaron en función de la gravedad, considerando siempre dos tipos de fenómenos, cuando procedía; a saber, las fugas grandes y medianas, asociadas a la pérdida de contención de estos productos.

La distribución de los efectos asociados a estas hipótesis de accidentes (peligros) fue la siguiente:

- 13 peligros (24%) clasificados como Riesgo Despreciable;
- 10 peligros (19%) de Riesgo Menor;
- 26 peligros (49%) de Riesgo Moderado;
- 4 peligros (8 %) clasificados como Riesgo Serio;
- Ninguno peligro clasificado como Riesgo Crítico.

En la siguiente figura se presenta la matriz de riesgo con la cuantificación de las hipótesis según las clasificaciones adoptadas.

		FRECUENCIA DE OCURRENCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDAD	IV					
	III		3	4	4	
	II	3	10	6	22	
	I				1	

**Figura 43 – Matriz del riesgo con la cuantificación del hipótesis**

## 5 CONCLUSIONES

El presente Estudio Preliminar de Análisis de Riesgos fue elaborado con el objetivo de evaluar cualitativamente los riesgos impuestos por las actividades operativas de la planta de celulosa de PARACEL, a implementarse en la municipalidad de Concepción, en el Departamento de Concepción - Paraguay, que pueden causar incendios, explosiones, dispersiones tóxicas, fugas de efluentes o gases.

En este análisis de riesgos, se verificó, mediante la aplicación de la metodología APP - Análisis Preliminar de Peligros, que ningún peligro se clasificaba como Crítico, y que la mayoría (92%) de los riesgos identificados se clasifican como Despreciables, Menores o Moderados.

Por consiguiente, la puesta en marcha de la fábrica de celulosa puede considerarse factible, sin embargo, reforzándola mediante el cumplimiento de las medidas que se han de adoptar, que se describen a continuación, a fin de mantener los riesgos en niveles aceptables.

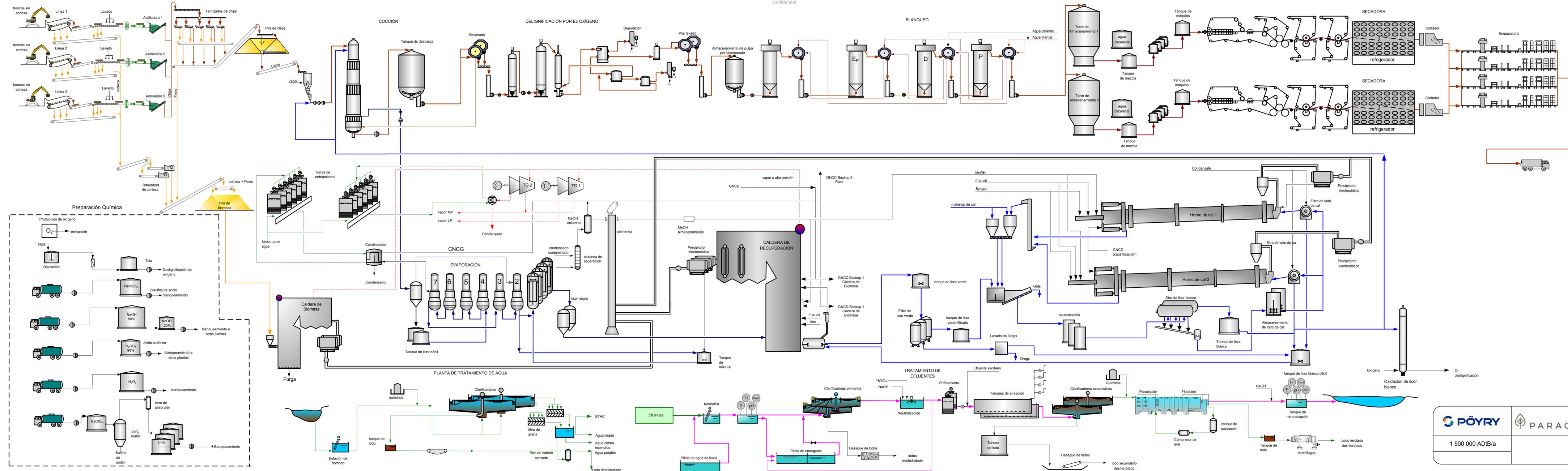
- Instalación del sistema de protección contra rayos (SPDA);
- Instalación de válvulas de alivio en equipos sujetos a sobrepresión;
- Construcción de diques de contención para tanques de almacenamiento de productos químicos e inflamables;
- Implementación de un alto nivel de instrumentación para permitir la vigilancia de todas las variables del proceso;
- Implantación de redundancia (seguridad adicional) en los enclavamientos en puntos críticos de seguridad y proceso;
- Elaboración de procedimientos operacionales, incluidas instrucciones sobre salud, seguridad y medio ambiente;
- Implementación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la planta;
- Capacitación periódica de operadores y empleados del sector de mantenimiento;
- Preparación del Programa de Prevención y Gestión de Contingencias, que incluye el Protocolo de Acción de Emergencia (PAE), en el que se especifica la ubicación de las alarmas de emergencia y los detectores de gas, los procedimientos, las rutas de escape y los puntos de encuentro;
- Instalación de sistemas contra incendios en las áreas de proceso, edificios auxiliares y administrativos, y en el área de almacenamiento de combustible;
- Ejecución periódica de simulacros de incendio y otros tipos de emergencia.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). P.4.261 Norma Técnica – Risco de Acidente de Origem Tecnológica – Método para decisão e termos de referência, 2011.*

*COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Manual de Produtos Químicos Perigosos.*

**ANEXO I**  
**DIAGRAMA DEL FLUJO DE PROCESO**

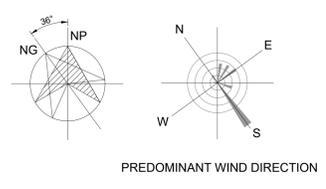


confidencial

confidencial

1 500 000 ADtB/a	

**ANEXO II**  
**DISEÑO DE PROYECTO DE LA FÁBRICA**



AREAS		DESCRIPTION	DESCRIPCIÓN
1100	Wood Handling - I	Manuseo de Madera - I	
1200	Cooking and Fiber Line - I	Cocimiento e Línea de Fibras - I	
1250	Pulp Drying	Secado de Pasta Celulosa - I	
1300	Chemical Preparation - I	Prep. de Productos Químicos - I	
1301	Chlorine Dioxide Plant	Planta de Dióxido de Cloro	
1303	Oxygen Plant	Planta de Oxígeno	
1401	Evaporation	Evaporación	
1402	Recovery Boiler	Caldera de Recuperación	
1450	Cauticizing and Lime Kiln	Cauticización e Horno de Cal	
1501	Power Boiler	Caldera de Fuerza	
1502	Turbogenerator	Turbogeneradores	
1503	Main Substation	Subestación Principal	
1505	Diesel Generator	Generador Diésel	
1601	Compressed Air System	Sistema de Aire Comprimido	
1602	Cooling Tower	Torre de Enfriamiento	
1603	Chilled Water System	Sistema de Agua Fría	
1605	Fuel Oil Storage	Depósito de Combustóleo	
1606	Stack	Chimenea	
1608	LPG System	Sistema de GLP	
1701	Water Intake	Captación de Agua	
1702	Water Treatment Plant	ETA - Estación de Tratamiento de Agua	
1703	Boiler Feedwater	Trat. de Agua de Alimentación de Caldera	
1751	Effluent Treatment	ETE - Estación de Tratamiento de Efluentes	
1753	Solids Waste Disposal	Aterro	
1754	Effluent Discharge Pipeline	Emisario	
1811	Maintenance Warehouse And Supplies	Mantenimiento Almacén y Suministros	
1815	Gas Station	Gasolinera	
1816	Flammable Chemicals and Refractories Storages	Productos Químicos Inflam. y Refractorios Almacenes	
1817	Pit Stop	Pit Stop	
1821	Offices	Oficinas	
1822	Laboratories	Laboratorios	
1824	Kitchen / Canteen	Cocina / Cantina	
1825	First Aid and Medical Facilities	Primeros Auxilios e Instalaciones Médicas	
1826	Central Control Building	Edificio de control central	
1827	Dressing Room	Vestidor	
1837	Gates Houses, Scales and Fences	Puertas de Entradas, Balanzas y Cercas	
1838	Trucker Support Building	Edificio de Apoyo para Camioneros	
1851	Communication Tower and Equipment Room	Torre de Comunicaciones y Sala de Equipos	
1894	Port	Puerto	

REVISION TABLE		CODE	DESCRIPTION				
0	03/12/19	jm	awg	dhy	mmq	pa	INITIAL ISSUE
a	23/01/20	jm	awg	dhy	mmq	pa	Added area 1851 and changed areas 1701, 1753 and 1754
b	20/02/20	jm	awg	dhy	mmq	pa	REVISED LAYOUT LEASE
c	27/03/30	jm	awg	dhy	mmq	pa	CHANGED LAYOUT POSITION

- NOTES:**
- 1 - ALL COORDINATES IN METERS (m).
  - 2 - THE COORDINATION SYSTEM USED IS WGS 84, OBTAINED FROM THE SOFTWARE GOOGLE EARTH.
  - 3 - PRELIMINARY DESIGN STUDY, ARRANGEMENT OF THE PROCESS ISLAND IN PROGRESS.
  - 4 - ELEVATIONS INDICATED FOR REFERENCE ONLY, CONFIRMATION OF SURVEY AND STUDY OF THE EARTH IN MOVEMENT BY IMPLEMENTATION.
  - 5 - TEMPORARY ACCESS FOR RECEIVING TORMS BY BARGE FOR WEIGHING AT GATE 2.

LEGEND:	
	NEW STREETS
	BATTERY LIMIT, SIDEWALKS AND ACCESS
	GROUND LIMITS AND DEFINITE FENCE
	WATER INTAKE
	EFFLUENT DISCHARGE PIPELINE
	EPC
	BOP
	OVER THE FENCE
	NON PROCESS BUILDING
	FUTURE EXPANSION
	PIPE RACK (BOP)
	PIPE WAY (BOP)
	TEMPORARY ROAD (NOTA 5)

**PENDENT ITEM:**

- M001 - GROUND LEVEL.
- M002 - PORT DEFINITION.
- M003 - EMERGENCY POND DEFINITION.
- M004 - PIPE RACK DEFINITION.
- M005 - FENCE DEFINITION.
- M006 - ACCESS DEFINITION.
- M007 - BASIC ROAD WATER INTAKE AND EFFLUENT DISCHARGE PIPELINE.
- M008 - ELECTRICAL ROOM DEFINITION.
- M110 - STORMWATER LAGOON CAPACITY.
- M111 - RAW WATER LAGOON CAPACITY.

CONSULTED DOCUMENTS		
TITLE	NUMBER	REV.

REFERENCE DOCUMENTS	
TITLE	NUMBER

DISTRIBUTION	REVISION						
	0	a	b	c	d	e	f
TO PARACEL	E	E	E	E	E	E	E
POVRY	E	E	E	E	E	E	E

**FOR APPROVAL**

**POYRY** PARACEL PROJECT  
Basic Engineering Services  
Cooptación - Paraguay

**PARACEL**

RESP./TITLE/CREA NUMBER CUSTOMER NUMBER REV.

**PARACEL PROJECT - BASIC ENGINEERING SERVICES**  
General Mill Site Layout  
Master Plan - General Layout

SCALE: 1:5000 UNIT: mm PROJECTION: POYRY NUMBER: 109001759-001-1000-M05-0001 REV: c

**ANEXO III**  
**HOJAS DE INFORMACIONES DE SEGURANZA DE PRODUCTOS**  
**QUÍMICOS (HISPQ)**



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD: ACIDO SULFURICO

Concentrado para uso industrial  
98,5 %  $\pm$  0,5 %

### 1. Identificación del producto y del proveedor

#### 1.1. Identificación del producto

- Nombre del producto indicado en la etiqueta: Ácido sulfúrico concentrado
- Nombre químico: Ácido sulfúrico
- Fórmula química: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- N° ONU: 1830
- Riesgo principal: 8
- Usos recomendados y restricciones de uso: Fabricación de fertilizantes, detergentes, sulfato de aluminio, sales, explosivos, productos farmacéuticos y numerosos productos químicos. En electrolito para baterías, agente deshidratante y otros diversos usos.

#### 1.2. Identificación de la empresa

- Fabricante: Industria Sulfúrica S.A. (ISUSA)
- Dirección:
  - Planta Ruta 1: Ruta 1 km 24, Ciudad del Plata, Departamento de San José
  - Planta Agraciada - Camino Vecinal Tramo 154 s/n entre Ruta 21 Km 283½ y Ruta 12 Km 20, Localidad de Agraciada, Departamento de Soriano
- País: República Oriental del Uruguay
- Teléfono:
  - Planta Ruta 1 – 2347 2035
  - Planta Agraciada – 098 392 811/22
- Correo Electrónico: isusa@isusa.com.uy
- Teléfono de Emergencia con atención las 24 horas
  - Planta Ruta 1: 2347 2035, 0800 8522
  - Planta Agraciada: 0800 8638



## 2. Identificación de peligros

### 2.1. Clasificación de la sustancia

Corrosivo cutáneo, categoría 1 A.  
Sustancia corrosiva para los metales, categoría 1.  
Grupo de embalaje II  
Número de riesgo: 80

### 2.2. Elementos de la etiqueta



**PELIGRO**

**PROVOCA GRAVES QUEMADURAS  
EN LA PIEL Y LESIONES OCULARES**

Evite el contacto con los ojos, piel y ropa. Si se produce, lávese con abundante agua por lo menos durante 15 minutos.  
No agregue agua al recipiente, el ácido reacciona violentamente con el agua.

### 2.3. Otros peligros

Es un ácido mineral fuerte que presenta color y olor aceitoso en estado puro, puede presentarse amarillo o marrón en estado impuro. Causa destrucción del tejido corporal y serias quemaduras químicas. Puede descomponerse en altas temperaturas formando gases tóxicos como el dióxido de azufre. No es inflamable pero reacciona violentamente con el agua generando calor y potenciales salpicaduras. Puede carbonizar y posiblemente incendiar materiales combustibles.

En contacto con metales puede desprender hidrógeno, el que forma mezclas explosivas con el aire.

## 3. Composición e información de los componentes

2.4. Identidad química de la sustancia: Ácido Sulfúrico

2.5. Nombres comunes, sinónimos de la sustancia: Acido de batería, ácido de cámara, ácido fertilizante, aceite de Vitriolo.

2.6. Número CAS y otros identificadores únicos para la sustancia: 7664-93-9

2.7. Impurezas y aditivos estabilizantes que estén clasificados y que contribuyen a la clasificación de la sustancia: No contiene



## 4. Medidas de primeros auxilios

Es un producto altamente corrosivo para los tejidos corporales por todas las vías de exposición.

**La rapidez en el lavado es esencial para evitar consecuencias mayores.** En todos los casos obtener atención médica.

Contacto con la piel: Retirar las ropas contaminadas inmediatamente. Lavar las partes afectadas del cuerpo con abundante agua durante 15 minutos.

Contacto con los ojos: Lavar con agua, inmediatamente durante 15 minutos, levantando ocasionalmente los párpados.

Ingestión: Si la víctima está consciente, administrar grandes cantidades de agua inmediatamente.

No intentar hacer vomitar a la víctima. Trasladar inmediatamente el paciente al hospital.

Inhalación: Llevar al accidentado al aire fresco, mantener abrigado y aplicar respiración artificial si fuera necesario. La administración boca a boca puede exponer al administrador. Transportar a la víctima al hospital inmediatamente.

Otros consejos médicos: después de la exposición, el paciente se mantendrá bajo vigilancia médica durante al menos 48 hs, como prevención a un posible desarrollo de edema pulmonar.

## 5. Medidas de lucha contra incendios

No es inflamable ni combustible pero sin embargo su acción corrosiva sobre numerosos metales es acompañada por desprendimiento de hidrógeno el cual es fuente de incendio y explosiones. El hidrógeno forma mezclas explosivas con el aire, por lo tanto al abrir un recipiente metálico conteniendo ácido evitar fuentes de ignición.

Cuando entra en contacto con combustible finamente dividido, (ejemplo aserrín o papel) puede provocar su ignición.

Medios de extinción apropiados:

Para fuegos pequeños: usar extintores de polvo. Tener en cuenta que el ácido reacciona con el agua produciendo desprendimiento de calor.

En caso de fuegos mayores: usar agua para refrigerar los recipientes, asegurándose que no entre en contacto con el producto.

Protección a bomberos: usar equipos de respiración autónoma y ropa de protección total.

Sustancias liberadas por el calor o descomposición: óxidos de azufre e hidrogeno.

## 6. Medidas a tomar en caso de derrames accidentales del producto

### 6.1. Precauciones personales, equipos de protección y procedimientos de emergencia:

Ponerse el equipo de protección antes de entrar en el área de peligro. Ventilar la zona de derrame o fuga. Use equipo antiácido, máscara completa o pantalla facial, guantes antiácidos, botas de PVC, por dentro del equipo.

Proceder con precaución. Restringir el acceso al área. Mantener el personal sin protección en posición contraria a la dirección del viento en el área de derrame. Evitar el contacto con el producto derramado. Tener en cuenta mientras se implementa la respuesta que el ácido



es altamente corrosivo y reactivo. El contacto con metales puede producir hidrógeno, gas inflamable y explosivo.

### 6.2. Precauciones ambientales:

Tomar precauciones para evitar la contaminación de los cursos de agua y drenajes. Informar a la autoridad correspondiente en caso de contaminación de los cursos de agua.

### 6.3. Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:

Contención: Por succión o bombeo a cisternas o contenedores usando equipos apropiados a tales fines.

Puede contenerse construyendo diques o barreras usando arena o tierra. El ácido contenido en la barrera puede filtrarse al suelo aumentando la extensión de la contaminación.

Mitigación: Se puede neutralizar, con carbonato de calcio, carbonato de sodio, calizas o dolomita.

Tener en cuenta que la reacción química produce calor, vapores y salpicaduras. Consultar con un técnico calificado sobre las técnicas seguras de contención y mitigación.

Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, no absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles.

## 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1. Precauciones para el manejo seguro:

Proporcionar una ventilación adecuada. Utilizar protección de ojos y manos cuando se manejen pequeñas cantidades. Usar equipo de protección total cuando exista riesgo de salpicaduras o derrames. Cuando se diluye, adicionar siempre el ácido sobre el agua y nunca el agua sobre el ácido. Evitar la inhalación de altas concentraciones de nieblas, en estos casos usar máscara completa con filtros para gases ácidos.

### 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro:

El ácido sulfúrico concentrado para uso industrial se almacena en recipientes y tanques de hierro, acero inoxidable o bidones de plástico apropiados. Es conveniente ubicarlos en locales bien ventilados y al abrigo de la luz del sol. En caso de depósitos exteriores se recomienda pintarlos exteriormente de colores claros. Se debe tener especial atención a que en recipientes metálicos se genera hidrógeno, que forma mezclas explosivas con el aire, por lo que nunca se deben producir chispas en las proximidades de los tanques. En todos los casos se deberá disponer de pisos resistentes a la corrosión y de desagües con una retención para poder neutralizar el ácido proveniente de fugas accidentales. Se deberá disponer en las proximidades un punto de suministro de agua con abundante caudal. Se aconseja la instalación de una ducha de seguridad para casos de accidentes.

### 7.3. Incompatibilidades con otras sustancias:



Alejar de los materiales combustibles, agentes reductores, bases fuertes, metales y alimentos y raciones para animales.

## 8. Control de la exposición y protección personal

### 8.1. Parámetros de control

Límite de exposición recomendados:

- TLV-TWA: Niebla 0,2 mg/m<sup>3</sup>(ACGIH 2010).
- TLV-STEL: No disponible (ACGIH 2010).
- OSHA PEL: 1mg/m<sup>3</sup>
- NIOSH REL: 1mg/m<sup>3</sup>

### 8.2. Controles de ingeniería apropiados.

Medidas de precaución y equipos mecánicos: ventilación local asistida. Instalar equipos lava-ojos y duchas de seguridad en cualquier lugar en donde se pueda producir contacto con los ojos y la piel.

### 8.3. Medidas de protección individual

Protección para ojos y cara: usar pantalla de protección facial.

Protección de la piel: usar equipo antiácido o delantal de PVC, guantes antiácidos, botas de PVC, pantalón por fuera de las botas.

Protección respiratoria: en caso de presencia de niebla ácida se debe usar máscara con cartuchos para gases ácidos.

**Medidas de higiene necesarias: no comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.**

## 9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto: líquido incoloro a amarillo, viscoso.

Olor: sin olor cuando está frío, si se calienta se desprenden vapores de SO<sub>3</sub>

Umbral Olfativo: Para niebla de SO<sub>3</sub> < 1mg/m<sup>3</sup>

PH (sin diluir): < 0.1

Punto de fusión y/o congelamiento: 3° C

Punto de ebullición: entre 310 y 335 °C

Punto de inflamación: No aplica

Tasa de evaporación: No disponible

Inflamabilidad: No aplica

Presión de vapor: < 0,001 mm Hg a 20 °C; 1 mm Hg a 146 °C

Densidad de vapor (aire=1): 3,4

Densidad relativa: 1.84 g/ml

Solubilidad: completamente soluble.

Coefficiente de reparto: No aplica

Temperatura de autoinflamación: No aplica

Temperatura de descomposición: Se descompone a 340°C en SO<sub>3</sub> y agua



Viscosidad: 25 centipoises a 21°C

## 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1. Reactividad.

Es extremadamente reactivo con metales, álcalis y muchos productos químicos orgánicos e inorgánicos.

La dilución con agua genera calor excesivo y pueden ocurrir salpicaduras o ebullición. Siempre añada el ácido al agua, NUNCA AGREGUE AGUA AL ACIDO

### 10.2. Estabilidad química:

Este producto es muy estable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso.

### 10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas:

De la reacción con metales se desprende hidrógeno, gas combustible y explosivo. Por contacto con cianuros, sulfuros y carburos se pueden desprender gases peligrosos como cianuro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y acetileno. El contacto con materia orgánica combustible puede causar fuego o explosión.

### 10.4. Condiciones que deben evitarse:

Debe evitarse las altas temperaturas

### 10.5. Materiales Incompatibles:

Materiales combustibles, materiales orgánicos, oxidantes, aminas, bases, agua, calor en exceso y metales.

### 10.6. Productos de descomposición peligrosos:

Dióxido de azufre, trióxido de azufre e hidrógeno.

## 11. Información toxicológica

### 11.1. General.

El ácido sulfúrico concentrado ejerce una acción corrosiva fuerte en todos los tejidos, debido a una acción de deshidratación severa. La severidad de una quemadura química es proporcional a la concentración del ácido y a la duración del contacto. Exposiciones prolongadas a soluciones diluidas o niebla ácida pueden llevar a irritación de los ojos y piel, causando conjuntivitis y dermatitis crónica. La inhalación de niebla de ácido sulfúrico puede resultar en irritación del tracto respiratorio que posiblemente puede llevar a espasmo laríngeo. Los asmáticos pueden ser muy sensibles a inhalar niebla de ácido sulfúrico. IARC y la ACGIH han concluido que hay suficiente evidencia que exposiciones ocupacionales a nieblas de ácidos inorgánicos fuertes conteniendo ácido sulfúrico es carcinogénico o potencialmente carcinogénico a los humanos.



### 11.2. Efectos agudos.

Contacto con la piel: Provoca quemaduras graves profundas y dolorosas. Las quemaduras extensas pueden tener como resultado el shock y muerte.

Contacto con los ojos: Provoca quemaduras graves profundas y dolorosas

Ingestión: Puede tener como resultado quemaduras graves en boca, garganta, perforación del esófago, estómago, manchas y erosión de dientes, náuseas y vómitos de sangre y tejidos erosionados, y hasta la muerte. No inducir el vómito.

**Especies y ruta LD<sub>50</sub>** rata- oral 2140 mg/kg

Inhalación: La niebla ácida puede causar irritación de vías respiratorias. Altas concentraciones pueden causar estornudo, tos, dificultad para respirar y edemas de vías respiratorias, con graves consecuencias.

**Especies y ruta LC<sub>50</sub>** rata- inhalatoria 0,375 mg/l (4hr)

### 11.3. Efectos crónicos.

La exposición prolongada a soluciones diluidas o nieblas puede resultar en irritación a los ojos (conjuntivitis crónica) y producir dermatitis en la piel. La exposición a altas concentraciones de niebla ácida ha causado erosión y decoloración de los dientes anteriores. La International Agency for Research on Cancer ha concluido que hay suficiente evidencia que la exposición ocupacional a nieblas ácidas inorgánicas fuertes conteniendo ácido sulfúrico son carcinógenos en humanos, resultando en un incremento de incidencia principalmente de cáncer laríngeo. La ACGIH tiene listada la niebla de ácido inorgánico fuerte conteniendo ácido sulfúrico como sospechoso de carcinógeno humano (A2). OSHA no lista la niebla de ácido sulfúrico como carcinógeno.

Mutagénico: mutagenicidad bacteriana: test de Ames negativo

Toxicidad para la reproducción: no teratogénico en experimentos con animales.

## 12. Información ecotoxicológica

### 12.1. Toxicidad

Toxicidad en peces (Brachydanio rerio): LC 50 82 mg/l en 24 hs (IUCLID)

Toxicidad en Crustáceos (Daphnia): EC50 29 mg/l en 24 h

(Fuente: Normativa de la CE 91/155/EC)

### 12.2. Persistencia y degradabilidad:

Los métodos para la determinación de la biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas. Es improbable que cause efectos perniciosos. Quedaran restos indefinidamente como sulfatos.

12.3. Bioacumulación: Este producto tiene un bajo potencial de bioacumulación.

12.4. Movilidad en el suelo: No se dispone de información



### 12.5. Otros efectos adversos

Efecto perjudicial en organismos acuáticos. Efecto perjudicial por desviación del pH. Corrosivo incluso en forma diluida. No produce consumo biológico de oxígeno. Existe peligro para el agua potable en caso de penetración en suelos y/o acuíferos.

## 13. Consideraciones para la eliminación

### 13.1. Métodos recomendados para disposición final del producto:

Recuperar todo el ácido posible mediante bombeo para reprocesarlo. No lavar hacia drenajes ni permitir que se alcance cursos naturales de agua.

### 13.2. Métodos recomendados para disposición final de los residuos:

Los desechos de neutralización se dispondrán de acuerdo con los requerimientos regulatorios. Si se neutraliza con piedra caliza o dolomita o ceniza de soda (carbonato de sodio) se requerirá de buena ventilación debido a que se libera dióxido de carbono.

### 13.3. Métodos recomendados para disposición final de embalajes contaminados: Devolver al proveedor.

## 14. Información para el transporte

### 13.4. Transporte Carretero

- Número de ONU: 1830
- Nombre según ONU: Ácido Sulfúrico
- Clasificación de riesgo para el transporte: 8
- Grupo de embalaje: II

### 13.5. Transporte Marítimo - IMDG

- Número de ONU: 1830
- Nombre según ONU: Ácido sulfúrico, la sustancia no está considerada contaminante marino.

### 13.6. Otros

Según el Código RID, la sustancia está clasificada como C1, Materias corrosivas sin riesgo subsidiario, de carácter ácido, inorgánicas líquidas. Según el Código ADN: información no disponible.

### 13.7. Precauciones especiales para el usuario

En caso de derrame neutralizar con carbonato de calcio, carbonato de sodio, cal, calizas o dolomita.

El ácido sulfúrico, reacciona violentamente con el agua.

Evitar el contacto con el producto, de producirse, lávese con abundante agua.

IMDG (Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas)

RID (Reglamentos sobre el transporte internacional de Mercancías peligrosas por ferrocarril)



ADN (Acuerdo Europeo relativo al transporte internacional de Mercancías peligrosas por vías de navegación interior)

## 15. Información reglamentaria

Decreto 560/2003, Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Cantidad exenta para la aplicación del Decreto 560/2003: 333 Kg

## 16. Otras informaciones/ bibliografía

La presente ficha de datos de seguridad, está realizada de acuerdo con los requisitos del Sistema Globalmente Armonizado

1. The Manufacture of Sulfuric Acid, W. Duecker. 1959
2. MSDS Canadian centre for occupational health and safety (november, 1995)
3. Fiche toxicologique n° 30 Institut National de Securite.
4. MSDS Fisher Scientific.
5. MSDS EFMA.
6. Acuerdo para la facilitación del transporte de mercancías peligrosas en el Mercosur. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Montevideo, 2005
7. Hoja de Datos de Seguridad de Teck Cominco Metals . Vancouver. Canadá. Dic. 2009
8. Ficha de datos de seguridad de Asturiana de Zinc S.A. Castrillón, Asturias, España 2010
9. IUCLID. International Uniform Chemical Information Database version 5.2 2010

Nota: La información aquí suministrada se basa en nuestros conocimientos actuales sobre el producto, no pretende ser completa y tienen como fin describir al producto con relación a las medidas de seguridad que hay que adoptar. Esta información es una ayuda para que quien la reciba haga sus propias determinaciones para su aplicación particular

Fecha de emisión: Enero 2012

Versión: 02

Sustituye: Versión 01 mayo 2009

M.S.C

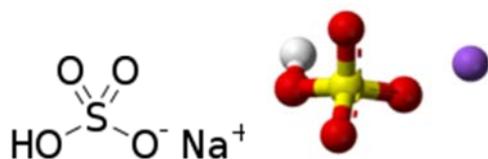
M.F.



# Hoja de seguridad Bisulfito de sodio MSDS

## Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Bisulfito de sodio.
- **Número CAS:** 7631-90-5
- **RTECS:** VZ2000000
- **Fórmula química:** NaHSO<sub>3</sub>
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 104,07 g/mol
- **Sinónimos:** Sulfito monosódico, ácido sulfuroso, Sódico sulfhídrico.
- **Usos recomendados:** Para disminución del pH y fabricación de joyas.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

## Sección 2. Identificación del peligro o peligros

### Descripción de peligros:



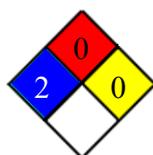
**Corrosivo 8.1**

### Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Sustancia nociva para la salud y peligrosa para el medio ambiente.

### Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



**-HMIS(escala 0-4):**

<b>SALUD</b>	2
<b>INFLAMABILIDAD</b>	0
<b>REACTIVIDAD</b>	0

**Consejos de prudencia:**

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

### Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

**Composición**

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7631-90-5	Bisulfito de sodio	99.0 %

### Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia nociva para la salud, en caso de emergencia buscar atención médica inmediatamente.
- **Contacto ocular:** Enjuague los ojos con agua corriente durante 15 minutos, manteniendo los párpados bien abiertos para eliminar el producto. Si persiste el dolor, consulte con un oftalmólogo.
- **Contacto dérmico:** Después del contacto con la piel, lavar inmediatamente con agua abundante.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco.
- **Ingestión:** No provocar el vómito sin consejo médico. Enjuague la boca con abundante agua fresca.

**Efectos por exposición**

- **Contacto ocular:** Puede causar irritación, conjuntivitis química, lagrimeo y dolor.
- **Contacto dérmico:** Puede causar irritación en la piel e hipersensibilidad.
- **Inhalación:** Puede causar irritación en las membranas mucosas.
- **Ingestión:** Puede ser nocivo si se ingiere. Puede causar náuseas, vómitos, diarrea, dolor abdominal dolor, hemorragia gástrica.

**Atención médica**

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

### Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** CO<sub>2</sub>, polvo extintor o chorro de agua rociada o espuma de alcohol.
- **Productos peligrosos por combustión:** Produce humos irritantes.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

## Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Coloque el producto contaminado en un contenedor cerrado, etiquetado y compatible con el producto.

## Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Si se manipulan correctamente, no se requieren medidas especiales. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto.
- **Condiciones de almacenamiento:** Mantener el recipiente cerrado herméticamente y en un lugar fresco.

## Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

### Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

<b>TWA</b>	5 mg/m <sup>3</sup>
<b>STEL</b>	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Usar equipo de seguridad respiratorio cuando el aerosol, vapor, y polvo.
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad.
- **Equipo de protección dérmica:** Usar guantes de carnaza o PVC y delantal, u otra ropa protectora para evitar el contacto con la piel.

## Sección 9. Propiedades físicas y químicas

<b>Estado físico</b>	Sólido
<b>Color</b>	Blanco
<b>Olor</b>	Inodoro
<b>Umbral olfativo</b>	No aplica.
<b>pH</b>	No disponible.
<b>Punto de fusión</b>	>300 °C
<b>Punto de ebullición</b>	No disponible
<b>Punto de inflamación</b>	No aplica
<b>Tasa de evaporación</b>	No aplica
<b>Límites de explosión</b>	No aplica
<b>Presión de vapor a 20°C</b>	23.3 hPa
<b>Densidad relativa de vapor</b>	No aplica

<b>(aire=1)</b>	
<b>Densidad relativa (agua=1)</b>	1.48
<b>Solubilidad en agua</b>	3,5 partes en agua fría.
<b>Solubilidad en otros disolventes</b>	Soluble en 70 partes de alcohol. insoluble en cloruro líquido y amonio.
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)</b>	No disponible
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	No aplica
<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible
<b>Peligro de explosión</b>	No disponible
<b>Viscosidad</b>	No aplica

### Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** No disponible.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Agentes oxidantes fuertes.
- **Productos de polimerización:** No ocurrirá.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** Óxidos de azufre.

### Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad aguda:** No disponible.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** Mutagénico para bacterias y levaduras.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana-Exposición única:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal.
- **Efectos inmediatos:** Irritación.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Efectos crónicos:** La exposición crónica puede causar náuseas y vómitos, la exposición más importante ocasiona inconsciencia

- **LD/LC50:**

<b>Oral (LD-50)</b>	2 g/Kg (rata)
<b>Dermal (LD-50)</b>	No disponible
<b>Inhalativa (LC-50)</b>	No disponible.

## Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No disponible.
- **DBO<sub>5</sub>**= No aplica.
- **Persistencia y degradabilidad:** Es posible la degradación sin embargo los productos no se espera que sean peligrosos.
- **Potencial de bioacumulación:** No disponible.
- **Movilidad en el suelo:** No disponible.
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

## Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

La eliminación de residuos debe realizarse de acuerdo con su caso Federal, estatal y local. Este producto, si alterada por el uso, se puede disponer de un tratamiento en una permitida instalación o los consejos de su peligrosa locales perder autoridad reguladora. Los residuos de los fuegos extinguidos con este material pueden ser peligrosos.

## Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 3260
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Etiqueta blanca y negro con el número 8 de corrosivo.
- **Riesgos ambientales:** Contaminante para el medio ambiente.
- **Precauciones especiales:** No transporte con agentes oxidantes fuertes ni alimentos.

## Sección 15. Información sobre la reglamentación

Regulado por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

## Sección 16. Otras informaciones

### Frases R:

R22 - Nocivo por ingestión.

R31 - En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

R58 - Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente

### Frases S:

S25 - Evítese el contacto con los ojos.

S46 - En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

S61 - Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

**Fecha de preparación de la hoja de seguridad:** 11 de agosto de 2013.

**Versión:** No aplica

**Modificaciones respecto a versión anterior:** 31 de mayo de 2016.

## HDS

### HOJA de DATOS de SEGURIDAD

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Producto: **CLORATO DE SODIO, NaClO<sub>3</sub>**  
Clase 5.1 NU 1495

Fabricante: Eka Chile S. A. Tel. : + 56 41 2129200  
Avda. Rocoto 2911 Fax : + 56 41 2929006  
Talcahuano

Fonos Emergencia: PLANTA : + 56 41 2129207 / 2129225 / 09 6268359 – 09 3461557

#### 2. COMPOSICIÓN / INGREDIENTES

Nombre Químico (IUPAC)	Contenido	CAS núm.	Núm. CE	HAZCHEM	Clasificación	FrasesR <sup>1)</sup>
Clorato de Sodio	> 99,5%	7775-09-9	231-887-4	1SE	O (oxidante), N (peligroso para el medio ambiente)	R9-22 Xn (nocivo a la salud)

<sup>1)</sup> Ver el punto 15.

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

**Clasificación** : O: R9 Xn: R22 N: R51/53

Efectos para la Salud : Nocivo por ingestión

Efectos sobre el medio ambiente: Dañino para vegetales, pero tóxico para las algas pardas

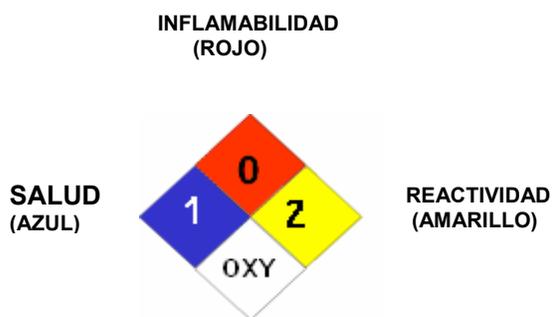
Otras Propiedades Peligrosas : Oxidante

Peligro de explosión mezclado con productos combustibles.

Los ácidos fuertes reaccionan violentamente con los cloratos produciendo gases tóxicos y explosivos como el cloro y el dióxido de cloro.

#### Marca en etiqueta NCh 2190

#### Clasificación de riesgos del producto químico (NFPA)



Grado de riesgo

4: Extremo

3: Alto

2: Moderado

1: Leve

0: No significativo

#### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación : Respirar aire puro  
Acudir al médico si aparecen síntomas de envenenamiento

Contacto con la piel : Lavar la piel con agua y jabón  
Despojarse de la ropa contaminada y lavarla para impedir incendio

Contacto con los ojos : Lavarlos inmediatamente con agua. Acudir al médico si persisten molestias

Ingestión : Lavar la boca y beber inmediatamente un par de vasos de agua o leche. ¡No provocar el vómito!  
Acudir al hospital si se ha ingerido algo más que una cantidad insignificante  
Hay resto de metahemoglobinemia. No debe tratarse con metiltionina

## 5. MEDIDAS PARA LUCHAR CONTRA EL FUEGO

- Sustancia extintora : Utilizar agua
- Sustancia extintora Inadecuada: ¡No utilizar extintores de polvo o nieve carbónica (CO<sub>2</sub>)!
- Riesgos específicos : En espacios cerrados en los que hay clorato pueden producirse explosiones en caso de incendio  
Recipientes cerrados que contienen clorato de sodio pueden explotar si se calientan por encima de la temperatura de desintegración (> 250°C)
- Métodos específicos : ¡Apagar los incendios con grandes cantidades de agua! ¡No intentar ahogar el fuego con mantas! Hay que alejar inmediatamente los recipientes en las cercanías del foco de calor, o enfriarlos con agua

## 6. MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

- Protección Personal : Cuando hay que tratar derrames de importancia es necesario llevar ropa protectora y otros equipo de protección (ver punto 6). Alejar cualquier material que pueda inflamarse
- Protección ambiental : Recoger el clorato contaminado del suelo  
No descargar soluciones de líquidos al alcantarillado
- Métodos de saneamiento : Cercar con arena o material similar no combustible y recoger todas las impurezas en recipientes de plástico o metal. No utilizar aserrines, turba, cortezas ni otro material que sean combustibles. Lavar con grandes cantidades de agua. Si los vertidos son grandes, llamar a expertos, informar al servicio de salvamento

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- Manipulación : Medidas técnicas  
: Utilizar únicamente lubricantes y juntas inertes (sintéticos) para bombas, válvulas y otros equipos donde y cuando se manipula el clorato seco o en solución. Rellenar con lubricantes a intervalos regulares
- Consejos para seguridad de manejo
- ◆ A intervalos regulares conviene limpiar los equipos eléctricos del polvo de clorato
  - ◆ Evitar el contacto con los productos químicos y materiales indicados abajo (sustancias incompatibles)
  - ◆ Mantener los recipientes cerrados cuando no se usan
  - ◆ Evitar el contacto con la piel y ojos
  - ◆ No manejar el clorato en las cercanías de productos combustibles y fuentes de calor
- Medidas de protección
- ◆ Manejar el clorato de modo que se evite la formación de polvo
  - ◆ Si ha de manejarse de manera que es inevitable la formación de polvo, hay que disponer de un ventilador de extracción
  - ◆ Recoger el polvo e inutilizarlo
- Almacenamiento : Medidas técnicas  
Ver más abajo
- Condiciones de almacenamiento
- ◆ Almacenar el producto en lugar fresco, seco y a prueba de fuego, separado de productos inflamables y fuentes de calor
  - ◆ No someter el material a fricción ni a golpes
  - ◆ Guardar el producto apartado de productos comestibles
- Sacos Grandes**
- ◆ Almacenarlos sobre arena, evitar el asfalto.
  - ◆ La distancia de seguridad entre las pilas de sacos ha de ser como mínimo de 1,5-3.0 m
  - ◆ Mantener la distancia de seguridad a los edificios

### A Granel

- ◆ Almacenar el producto en espacios que no contengan materiales combustibles
- ◆ Almacenar el material separado de otros productos

### Productos incompatibles

El clorato de sodio ha de almacenarse separado de materiales orgánicos, ácidos fuertes, fósforo, azufre, sulfuros, polvos metálicos y sales de amonio

### Material de envasado

Usar barriles metálicos o sacos de tipo aprobado (con marca UN)

Los sacos no han de volver a utilizarse

## 8. CONTROL DE EXPOSICION/PROTECCION ESPECIAL

Medidas técnicas : Extracción en puntos

- Equipo y medidas personales de protección :
- ◆ En atmósferas polvorrientas, usar filtro para respirar
  - ◆ Guantes pvc, botas pvc, delantales de plástico o goma o mono protector
  - ◆ Gafas protectoras
  - ◆ Lavajos
  - ◆ Las ropas de trabajo han de lavarse diariamente en agua
  - ◆ Cambiar inmediatamente la ropa que se haya contaminado con clorato

Medidas especiales : Tiene que haber disponibles duchas de emergencia o bañeras llenas con agua. Los materiales que se hayan impregnado con clorato han de ser inutilizados para que no exista riesgo de que se produzcan incendios incontrolables

**ESTA PROHIBIDO FUMAR**

## 9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- Apariencia y olor : Cristales blancos inodoros, sabor amargo y salado
- pH en solución : Neutro
- Punto de fusión : 248-250 °C
- Punto de ebullición : Se desintegra
- Desintegración : A más de 250-300 °C
- Punto de inflamación : No aplicable
- Zona de explosión : Ver punto 10
- Densidad, en granel : 1500 kg/m<sup>3</sup>
- Solubilidad en agua : 728 g/l a 20 °C

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

El clorato de sodio es una sustancia fuertemente oxidante que al calentarse desprende fácilmente oxígeno. La desintegración se produce al calentarse a más de 250 °C. Al desintegrarse se forma cloruro de sodio y oxígeno

Circunstancias que hay que evitar: Temperaturas elevadas

- Materiales y productos : Las mezclas de clorato y material orgánico son muy inflamables
- Químicos que hay que evitar :
- ◆ Las mezclas secas pueden inflamarse o explotar mediante la fricción o someténdolas a golpes
  - ◆ Los tejidos, celulosa y cuero contaminados con clorato son fácilmente inflamables
- Los ácidos fuertes reaccionan violentamente con el clorato y producen gases tóxicos y explosivos como cloro y dióxido de cloro

### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

El clorato de sodio está clasificado como producto nocivo a la salud

Toxicidad aguda : LD<sub>50</sub> (oral, rata) = 1200 mg/kg.  
LD<sub>Lo</sub> (oral, hombre) = 214 mg/kg.

El clorato de sodio tiene efecto oxidante y oxida la hemoglobina de la sangre convirtiéndola en metahemoglobina. Ello conduce a una escasez de oxígeno en los tejidos corporales ya que la metahemoglobina tiene peor capacidad para el transporte del oxígeno

#### Síntomas

Dolores abdominales, náuseas, vómitos, diarrea, disnea, cianosis, nefritis aguda, anuria, daños renales y hepáticos, convulsiones, coma y muerte. Los primeros síntomas pueden aparecer después de varias horas

Efectos locales : Inhalación

La inhalación del polvo causa irritación en las mucosas

#### Piel y ojos

El clorato de sodio es un irritante ligero

### 12. INFORMACION ECOTOXICOLOGICA

El clorato daña las plantas, pero es tóxico para las algas pardas. Son especialmente sensibles al clorato las bacterias que participan en la nitrificación, desnitrificación y formación de amoníaco

Movilidad : Agua  
Permanecer disuelto en el agua

#### Tierra

Puede percolarse el suelo

Persistencia/degradabilidad : Se degrada lentamente en el suelo en presencia de aire. Degradación más rápida en cloruro sódico y oxígeno en la ausencia de aire (desintegración microbiana)

Acumulación : En las plantas el clorato se convierte en cloruro. Este se acumula en las células hasta concentraciones tóxicas causando la muerte de la planta. No hay pruebas de que se acumule en la célula animal

Ecotoxicidad : Los cloratos son perjudiciales para los organismos acuáticos, pero tóxicos para las algas focáceas (*Fucus vesiculosus*). Los cloratos producen alteraciones en los microorganismos que hay en sedimentos, por ejemplo, los que intervienen en el ciclo del nitrógeno

Peces 48h LD<sub>50</sub>. Salmón arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) = 2750 mg/l

Crustáceos 24 h LC<sub>50</sub> pulga de agua (*Daphnia magna*) = 880 mg/l (clorato de potasio)

Algas IC50 alga azul (*fucus vesiculosus*) = 0,080 mg/l (estudio de larga duración). Tiene efecto inhibitor del plancton verde (*Scenedesmeus*) a 7 mg/l

### 13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION FINAL

Vertidos : El clorato de sodio no debe disponerse ni ser vertido en el alcantarillado. Recogerlo en recipientes de plástico o metal

Envases contaminados : Limpiar los envases vacíos de los restos de clorato. El material combustible puede quemarse en recipientes abiertos bajo condiciones controladas

En general : Consultar a las autoridades locales para obtener información sobre el manejo de los residuos  
Dirigirse a Eka Chile si se precisa ayuda técnica, ver punto 16

#### 14. INFORMACION SOBRE EL TRANSPORTE

Terrestre por carretera o ferrocarril : ADR/RID

Clase : 5.1

Núm. UN : 1495

Grupo de envase : II

Etiqueta : 5.1



50  
1495

Vía marítima

: IMDG

Clase 5.1

EmS núm. 5.1-06

MFAG 745



1495

Vía aérea

: IATA-DGR

Clase 5.1



1495

#### 15. NORMAS VIGENTES

##### Clasificación y marcas

Clasificación y marcas según la directiva 67/548/EEC, 18 adaptación técnica

Clase de peligrosidad : Oxidante, dañino a la salud

Designación de peligrosidad : O, Xn

Marcas



CLORATO DE SODIO



##### Frases de riesgo (R9-22-31)

Explosivo si se mezcla con material combustible

Peligroso de ingerir

(Forma un gas tóxico en contacto con lo ácidos) <sup>1)</sup>

##### Frases de seguridad (S(2)-13-17-46)

(Guardar fuera del alcance de los niños) <sup>(2)</sup>

Guardar separado de productos alimentarios y piensos

Guardar separado de productos inflamables

En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico y mostrarle este envase o etiqueta.

<sup>(1)</sup> Marcar adicional según Eka Chemicals

<sup>(2)</sup> Se utiliza únicamente en la marca de productos para el consumo

#### 16. OTRAS INFORMACIONES

##### Uso recomendado

El uso dominante del clorato de sodio es para la producción de dióxido de cloro, que se utiliza para el blanqueamiento de pasta de papel. Otras aplicaciones son para la producción de clorato de potasio, cloruro de sodio, perclorato de potasio, perclorato de sodio, herbicidas y defoliantes.

No utilizar el clorato de sodio en mezclas para fuegos artificiales de aficionados

Seguir las disposiciones de seguridad en el manejo del clorato de sodio. Su omisión puede ser causa de daños graves personales o materiales

**Unidades de protección de Eka Chemicals**

**ALBY** Dirección Eka Chemicals AB  
*Suecia* SE-841 44 Alby  
Fax +46 69 01 54 35  
Tel.: +46 69 01 54 00

**AMBES** Dirección: Eka Chimie S. A.  
*Francia* Z.I. du Bec  
FR-33810 Ambés  
Fax +33 556 77 05 08  
Tel. +33 556 77 31 40

**OULU** Dirección: Eka Chemicals OY  
*Finlandia* P.O. Box 198  
FI-99101 Oulu  
Fax +358 8 3183 3151  
Tel.: +358 8 3183 3111

**STOCKVIK** Dirección Eka Chemicals AB  
*Suecia* Box 13000  
SE-850 13 Sundsvall  
Fax: +46 60 56 93 82  
Tel.: +46 60 13 40 00

**TALCAHUANO** Dirección: Eka Chile S.A.  
*Chile* P.O. Box 167  
Talcahuano  
Fax: +56 41 2929006  
Tel.: +56 41 2129200  
+56 41 2129225 / 2129207 / 2129240  
09 6268359 – 09 3461557

**DIOXIDO DE CLORO**

ICSC: 0127



**DIOXIDO DE CLORO**

Peróxido de cloro  
Oxido de cloro (IV)  
ClO<sub>2</sub>

Masa molecular: 67.5

Nº CAS 10049-04-4  
Nº RTECS FO3000000  
Nº ICSC 0127

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	NO poner en contacto con combustibles.	En caso de incendio en el entorno: agua en grandes cantidades, agua pulverizada.
<b>EXPLOSION</b>	Riesgo de incendio y explosión en presencia de chispas, impactos, luz solar, calor o al entrar en contacto con sustancias combustibles.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. No exponer a fricción o choque.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
● <b>INHALACION</b>	Corrosivo. Tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta, náuseas. (Síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
● <b>PIEL</b>	Corrosivo. Enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.
● <b>OJOS</b>	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
● <b>INGESTION</b>			

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras. Mantener en lugar fresco. Ventilación a ras del suelo.	

**VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE**

**ICSC: 0127**

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

## DIOXIDO DE CLORO

ICSC: 0127

<b>D A T O S I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO; ASPECTO</b> Gas entre rojo y amarillo, de olor acre.</p> <p><b>PELIGROS FISICOS</b> El gas es más denso que el aire.</p> <p><b>PELIGROS QUIMICOS</b> Puede descomponerse con explosión por choque, fricción o sacudida. Puede explotar por calentamiento intenso. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con sustancias combustibles y reductores. Reacciona violentamente con mercurio, fósforo, azufre etc, originando peligro de fuego y explosión. Reacciona con el agua produciendo cloruro de hidrógeno y ácido clórico.</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV (como TWA): 0.1 ppm; 0.28 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 0.3 ppm; 0.83 mg/m<sup>3</sup> (piel) (ACGIH 1993-1994). MAK: 0.1 ppm; 0.3 mg/m<sup>3</sup> (1992).</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACION</b> Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> Lacrimógeno. La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La exposición por encima del OEL puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> La sustancia puede afectar el pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales.</p>
--	--	--

<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	<p>Punto de ebullición: 11°C Punto de fusión: -59°C Densidad relativa (agua = 1): 1.6 a 0°C (líquido) Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.8</p>	<p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 101 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.3 Límites de explosividad, % en volumen en el aire: &gt;10</p>
----------------------------	---	--

<b>DATOS AMBIENTALES</b>	<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
--------------------------	---	---

**NOTAS**

Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).

**INFORMACION ADICIONAL**

FISQ: 3-104 DIOXIDO DE CLORO	
------------------------------	--

<b>ICSC: 0127</b>	© CCE, IPCS, 1994	<b>DIOXIDO DE CLORO</b>
-------------------	-------------------	-------------------------

<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>
-------------------------------	---

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

**METANOL****ICSC: 0057**

Abril 2000

Alcohol metílico

Carbinol

**CAS:** 67-56-1  
**RTECS:** PC1400000  
**NU:** 1230  
**CE Índice Anexo I:** 603-001-00-X  
**CE / EINECS:** 200-659-6

**CH<sub>4</sub>O / CH<sub>3</sub>OH**  
**Masa molecular: 32.0**



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Altamente inflamable. Ver Notas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>¡EVITAR LA EXPOSICION DE ADOLESCENTES Y NIÑOS!</b>	
<b>Inhalación</b>	Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Debilidad. Alteraciones de la vista.	Ventilación. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Jadeo. Vómitos. Convulsiones. Pérdida del conocimiento (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!). Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Eliminar el residuo con agua abundante. Eliminar vapor con agua pulverizada. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	No transportar con alimentos y piensos. <b>Clasificación UE</b> Símbolo: F, T R: 11-23/24/25-39/23/24/25; S: (1/2-)7-16-36/37-45 <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 6.1; Grupo de Envasado NU: II
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1230. Código NFPA: H 1; F 3; R 0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco.

**IPCS**  
 International  
 Programme on  
 Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2000

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

**METANOL****ICSC: 0057****DATOS IMPORTANTES****ESTADO FÍSICO; ASPECTO:**

Líquido incoloro, de olor característico.

**PELIGROS FÍSICOS:**

El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

**PELIGROS QUÍMICOS:**

Reacciona violentamente con oxidantes, originando peligro de incendio y explosión.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN:**

TLV: 200 ppm como TWA, 250 ppm como STEL; (piel); BEI establecido (ACGIH 2004).

MAK: Riesgo para el embarazo: grupo (DFG 2004).

LEP UE: 200 ppm; 260 mg/m<sup>3</sup> como TWA (piel) como TWA (UE 2006).**VÍAS DE EXPOSICIÓN:**

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN:**

Por evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:**

La sustancia irrita los ojos la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a pérdida del conocimiento. La exposición puede producir ceguera y muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:**

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar sistema nervioso central, dando lugar a dolores de cabeza persistentes y alteraciones de la visión.

**PROPIEDADES FÍSICAS**

Punto de ebullición: 65 °C

Punto de fusión: -98 °C

Densidad relativa (agua = 1): 0.79

Solubilidad en agua: miscible

Presión de vapor, kPa a 20 °C: 12.3

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1): 1.01

Punto de inflamación: 12 °C c.c.

Temperatura de autoignición: 464 °C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5.5-44

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.82/-0.66

**DATOS AMBIENTALES****NOTAS**

Arde con llama azulada. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2006: ver Límites de exposición.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 200 ppm; 266 mg/m<sup>3</sup>

Notas: vía dérmica.

VLB: 15 mg/L en orina. Notas F, I.

**Nota legal**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 1 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## 1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do produto:	OC-3A
Código interno de identificação:	BR0306
Principais usos recomendados para a substância ou mistura:	Utilizado para geração de energia térmica em fornos e caldeiras.
Nome da empresa:	PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.
Endereço:	Rua Correia Vasques 250 20211-140 - Cidade Nova - Rio de Janeiro (RJ).
Telefone:	0800 728 9001
Telefone para emergências:	08000 24 44 33

## 2 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Classificação de perigo do produto:	Líquidos inflamáveis – Categoria 4 Corrosivo/irritante à pele – Categoria 3 Carcinogenicidade – Categoria 2 Toxicidade sistêmica ao órgão-alvo após única exposição – Categoria 3
Sistema de classificação utilizado:	Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010. Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.
Outros perigos que não resultam em uma classificação:	O produto não possui outros perigos.

### ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

Pictogramas:



Palavra de advertência:

ATENÇÃO



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 2 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

**Frase de perigo:**

Líquido combustível.

Provoca irritação moderada à pele.

Suspeito de provocar câncer.

Pode provocar irritação das vias respiratórias.

Pode provocar sonolência ou vertigem.

Pode ser nocivo se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.

**Frase de precaução:**

Evite inalar vapores e névoas.

Use luvas de proteção, roupa de proteção, proteção ocular e proteção facial.

EM CASO DE INALAÇÃO: Remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração.

EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: Consulte um médico.

Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico.

Em caso de incêndio: Para a extinção utilize pó químico, espuma resistente a álcool, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e neblina de água.

### 3 - COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE OS INGREDIENTES

**>>>SUBSTÂNCIA DE PETRÓLEO**

**Nome químico ou comum nome técnico:**

Óleo combustível residual.

Grupo de substância de petróleo:

Membros desta categoria formam um grupo abrangendo diversos hidrocarbonetos com uma ampla faixa de pesos moleculares, números de carbonos (C7 a C50) e pontos de ebulição (121 a 600 °C). Os hidrocarbonetos de petróleo contêm enxofre, nitrogênio, oxigênio e compostos organometálicos

**Sinônimo:**

Óleo Combustível residual.

**Número de Registro CAS:**

68476-33-5



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 3 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

Impurezas que contribuam para o perigo:

Componente	Concentração (%)	CAS
Compostos nitrogenados	-	NA
Compostos sulfurados	-	NA
Metais pesados	-	NA

\* Concentração de enxofre total: máx. 1% (p/p) – ASTM D4294  
NA: Não aplicável.

## 4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

**Inalação:**

Remova a vítima para local arejado e mantenha-a em repouso. Monitore a função respiratória. Se a vítima estiver respirando com dificuldade, forneça oxigênio. Se necessário aplique respiração artificial. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Contato com a pele:**

Remova as roupas e sapatos contaminados. Lave a pele exposta com grande quantidade de água, por pelo menos 20 minutos. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Contato com os olhos:**

Lave com água corrente por pelo menos 20 minutos, mantendo as pálpebras abertas. Retire lentes de contato quando for o caso. Procure atenção médica imediatamente. Leve esta FISPQ.

**Ingestão:**

Lave a boca da vítima com água em abundância. NÃO INDUZA O VÔMITO. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

**Notas para médico:**

Evite contato com o produto ao socorrer a vítima. Mantenha a vítima em repouso e aquecida. Não forneça nada pela boca a uma pessoa inconsciente. O tratamento sintomático deve compreender, sobretudo, medidas de suporte como correção de distúrbios hidroeletrólíticos, metabólicos, além de assistência respiratória.

## 5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

**Meios de extinção:**

Apropriados: Pó químico, espuma resistente a álcool, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e neblina de água.

Não recomendados: Jatos d'água. Água diretamente sobre o líquido em chamas.

**Perigos específicos da mistura ou substância:**

A combustão do produto químico ou de sua embalagem pode formar gases irritantes e tóxicos como monóxido, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição como: faíscas, chamas abertas ou chamas de fósforos e cigarros, operações de solda, lâmpadas-piloto e motores elétricos. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática. Os vapores são mais densos que o ar e tendem a se acumular em áreas baixas ou



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 4 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

confinadas, como bueiros, porões, etc. Podem deslocar-se por grandes distâncias provocando retrocesso da chama ou novos focos de incêndio tanto em ambientes abertos como confinados. Os contêineres podem explodir se aquecidos.

## Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio

Equipamento de proteção respiratória do tipo autônomo (SCBA) com pressão positiva e vestuário protetor completo. Em locais fechados, utilize equipamento de segurança com sistema de ar autônomo. Contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com jatos d'água.

## 6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

### Precauções pessoais

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Produto combustível. Remova todas as fontes de ignição. Impeça faúlhas ou chamas. Não fume. Não toque nos recipientes danificados ou no material derramado sem o uso de vestimentas adequadas. Evite inalação, contato com os olhos e com a pele. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na Seção 8.

Para pessoal de serviço de emergência:

Utilizar EPI completo, com óculos de segurança contra respingos, luvas de proteção de PVC, vestuário protetor adequado.

### Precauções ao meio ambiente:

Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgotos.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Colete o produto derramado e coloque em recipientes próprios. Adsorva o produto remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro.

Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos:

Não há distinção entre as ações de grandes e pequenos vazamentos para este produto.

## 7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

### MEDIDAS TÉCNICAS APROPRIADAS PARA O MANUSEIO

Precauções para manuseio seguro:

Manuseie o produto em local ventilado ou com sistema geral de exaustão local. Evite formação de vapores ou névoas. Evite contato com materiais incompatíveis. Não fume. Evite inalação e o contato com a pele, olhos e roupas. Evite respirar vapores/névoas do produto. Utilize equipamento de proteção individual ao manusear o produto, descritos na Seção 8.

Medidas de higiene:

Não coma, beba ou fume durante o manuseio do produto. Lave bem as mãos antes de comer, beber, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização.



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 5 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio e explosão:

Mantenha afastado do calor, faísca, chama aberta e superfícies quentes. — Não fume. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Aterre o vaso contendor e o receptor do produto durante transferências. Utilize apenas ferramentas antifaiscantes. Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas. Utilize equipamento elétrico, de ventilação e de iluminação à prova de explosão.

Condições adequadas:

Mantenha o produto em local fresco, seco e bem ventilado, distante de fontes de calor e ignição. Armazenar em tanque de teto fixo, em local bem ventilado, na temperatura ambiente e sob pressão atmosférica. O local de armazenamento deve conter bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento. O local de armazenamento deve ter piso impermeável, isento de materiais combustíveis e com dique de contenção para reter em caso de vazamento.

Materiais para embalagens:

Não especificado.

## 8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

### Parâmetros de controle

Limite de exposição ocupacional:

Ingredientes	TLV – TWA (ACGIH 2012 )
Óleo combustível	5,0 mg/m <sup>3</sup> .

Indicadores biológicos:

Não estabelecidos.

Medida de controle de engenharia:

Promova ventilação mecânica e sistema de exaustão direta para o meio exterior. Estas medidas auxiliam na redução da exposição ao produto. É recomendado tornar disponíveis chuveiros de emergência e lava olhos na área de trabalho. Manter as concentrações da substância ou mistura no ar abaixo dos limites de exposição ocupacional indicados.

### Equipamento de proteção pessoal

Proteção dos olhos/face:

Óculos de proteção com proteção facial contra respingos.

Proteção da pele e do corpo:

Luvas de proteção de PVC. Vestuário protetor adequado.

Proteção respiratória:

Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva. Siga orientação do Programa de Prevenção Respiratória (PPR), 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.

Perigos térmicos:

Não apresenta perigos térmicos.



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

**PRODUTO: OC-3A**

Página 6 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## 9 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Aspecto (estado físico, forma e cor)::	Líquido viscoso e escuro.
Odor e limite de odor:	Característico de hidrocarbonetos.
Ph:	Não aplicável.
Ponto de fusão/ponto de congelamento:	< 30°C
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição:	121 – 600°C
Ponto de fulgor:	66°C; Método: vaso fechado.
Taxa de evaporação:	Muito lenta.
Inflamabilidade : (sólido; gás):	Não aplicável.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade:	Superior: 6% Inferior: 1%
Pressão de vapor:	0,02 – 0,791 kPa a 120°C 0,063 – 0,861 kPa a 150°C
Densidade de vapor:	Não disponível.
Densidade relativa:	Não disponível
Solubilidade:	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
Coeficiente de partição – n-octanol/água:	Log kow: 3,9 – 6,0 (dado estimado).
Temperatura de auto-ignição:	250 – 537°C
Temperatura de decomposição:	Não disponível.
Viscosidade:	2300 cSt a 60°C (Método MB-293).
Outras informações:	Densidade: 1,026



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 7 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## 10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

<b>Estabilidade e reatividade:</b>	Estável sob condições usuais de manuseio e armazenamento. Não sofre polimerização.
Possibilidade de reações perigosas:	Não são conhecidas reações perigosas com relação ao produto
Condições a serem evitadas	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição. Contato com materiais incompatíveis.
Materiais incompatíveis	Agentes oxidantes fortes, como peróxidos, cloratos e nitratos.
Produtos perigosos da decomposição:	Em combustão libera hidrocarbonetos poli-aromáticos na forma de partículas e vapores. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

## 11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

<b>Toxicidade aguda:</b>	<p>Produto não classificado como tóxico agudo.</p> <p>Informações referentes ao:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Óleo combustível:</li> </ul> <p>DL50 (oral, ratos): &gt; 5000 mg/kg</p> <p>DL50 (dérmica, ratos): &gt; 3000 mg/kg</p>
<b>Corrosão/irritação da pele:</b>	Causa irritação moderada à pele com vermelhidão e dor no local atingido.
<b>Lesões oculares graves/ irritação ocular:</b>	Pode causar leve irritação ocular com vermelhidão e lacrimejamento.
<b>Sensibilização respiratória ou à pele:</b>	Não é esperado que o produto provoque sensibilização respiratória ou à pele.
<b>Mutagenicidade em células germinativas:</b>	Resultado positivo para ensaio de troca de cromátides-irmãs. Resultado positivo em teste de Ames (Salmonella typhimurium – in vitro). Porém, sem relevância para acarretar em uma classificação.
<b>Carcinogenicidade:</b>	Suspeito carcinógeno humano.
<b>Toxicidade à reprodução:</b>	Não é esperado que o produto apresente toxicidade à reprodução
<b>Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única:</b>	Como depressor do sistema nervoso central pode causar efeitos narcóticos como dores de cabeça, tontura, náuseas e sonolência. Pode causar irritação das vias aéreas superiores com tosse, dor de garganta e falta de ar. Pode causar confusão mental e perda da consciência em casos de exposição à altas concentrações.
<b>Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida:</b>	A exposição repetida e prolongada pode causar dermatite por Ressecamento.
<b>Perigo por aspiração:</b>	Pode causar pneumonia química se aspirado.



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 8 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## 12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

### Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

Ecotoxicidade:	Não é esperado que o produto apresente perigo para organismos aquáticos.
Persistência e degradabilidade:	É esperada baixa degradação e alta persistência.
Potencial bioacumulativo:	É esperado potencial de bioacumulação em organismos aquáticos.  Log <sub>kow</sub> : 3,9 – 6,0 (dado estimado).
Mobilidade no solo:	Não determinada.
Outros efeitos adversos:	Em caso de grandes derramamentos, devido à complexidade do produto, este poderá apresentar comportamentos distintos tais como adsorção ao sedimento e formação de película na superfície, podendo resultar em impacto ao meio ambiente.

## 13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

### Métodos recomendados para tratamento e disposição aplicados ao

<b>Produto:</b>	O tratamento e a disposição devem ser avaliados especificamente para cada produto. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Resolução CONAMA 005/1993, Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).
<b>Restos de produtos:</b>	Manter restos do produto em suas embalagens originais, fechadas e dentro de tambores metálicos, devidamente fechados, de acordo com a legislação aplicável. O descarte deve ser realizado conforme o estabelecido para o produto, recomendando-se as rotas de processamento em cimenteiras e a incineração.
<b>Embalagem usada:</b>	Nunca reutilize embalagens vazias, pois elas podem conter restos do produto e devem ser mantidas fechadas e encaminhadas para serem destruídas em local apropriado. Neste caso, recomenda-se envio para rotas de recuperação dos tambores ou incineração.

## 14 - INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

### Regulamentações nacionais e internacionais

<b>Terrestre:</b>	Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988: Aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências. Agência Nacional de transportes terrestres (ANTT): Resolução Nº. 5232/16.
<b>Hidroviário:</b>	DPC – Diretoria de Portos e Costas ( Transporte em águas brasileiras) Normas de Autoridade Marítima (NORMAM) NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto. NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior. IMO – “International Maritime Organization” ( Organização Marítima



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 9 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

Internacional)  
International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) –  
Incorporating Amendment 34-08;2008 Edition.

**Aéreo:**

DAC -Departamento de Aviação Civil: IAC 153-1001.  
Instrução de Aviação Civil – Normas para o transporte de artigos perigosos em aeronaves civis.  
IATA – “ International Air Transport Association” ( Associação Nacional de Transporte Aéreo)  
Dangerous Goods Regulation (DGR) - 51

**Número ONU:**

3256

**Nome apropriado para embarque:**

LÍQUIDO A TEMPERATURA ELEVADA, INFLAMÁVEL, N.E. (Óleo combustível), com PFg superior a 60,5°C, a temperatura igual ou superior ao PFg

**Classe e subclasse de risco principal e subsidiário:**

3

**Número de risco:**

30

**Grupo de embalagem:**

III

## 15 - REGULAMENTAÇÕES

**Regulamentações:**

Regulamentações: Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998  
Norma ABNT-NBR 14725:2012.  
Portaria MTE nº 704 de 28 de maio de 2015 – Altera a Norma Regulamentadora nº 26

## 16 - OUTRAS INFORMAÇÕES

**Informações importantes:**

Esta FISPQ foi elaborada baseada nos conhecimentos atuais do produto químico e fornece informações quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente.

Adverte-se que o manuseio de qualquer substância química requer o conhecimento prévio de seus perigos pelo usuário. Cabe à empresa usuária do produto promover o treinamento de seus empregados e contratados quanto aos possíveis riscos advindos do produto.

**Síglas:**

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
CAS - Chemical Abstracts Service  
DL50 - Dose letal 50%  
STEL – Short Term Exposure Level  
TLV - Threshold Limit Value  
TWA - Time Weighted Average



# Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **OC-3A**

Página 10 de 10

Data: 23/06/2017

Nº FISPQ: BR0306

Versão: 7

Anula e substitui versão: todas anteriores

## Bibliografia:

- ECB] EUROPEAN CHEMICALS BUREAU. Diretiva 67/548/EEC (substâncias) e Diretiva 1999/45/EC (preparações). Disponível em: <http://ecb.jrc.it/>. Acesso em: outubro de 2010.
- [EPI-USEPA] ESTIMATION PROGRAMS INTERFACE Suite - United States Environmental Protection Agency. Software.
- [HSDB] HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. Acesso em: outubro de 2010.
- [IARC] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. Acesso em: outubro de 2010.
- [IPCS] INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – INCHEM. Disponível em: <http://www.inchem.org/>. Acesso em: outubro de 2010.
- [PIECA] INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. Guidance on the application of Globally Harmonized System (GHS) criteria to petroleum substances. Version 1. June 17<sup>th</sup> 2010. Disponível em: [http://www.iecea.org/system/files/publications/ghs\\_guidance\\_17\\_june\\_2010.pdf](http://www.iecea.org/system/files/publications/ghs_guidance_17_june_2010.pdf). Acesso em: outubro de 2010.
- [IUCLID] INTERNATIONAL UNIFORM CHEMICAL INFORMATION DATABASE. [s.l.]: European chemical Bureau. Disponível em: <http://ecb.jrc.ec.europa.eu>. Access in: outubro de 2010.
- [NIOSH] NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL AND SAFETY. International Chemical Safety Cards. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/>. Acesso em: outubro de 2010.
- [NITE-GHS JAPAN] NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND EVALUATION. Disponível em: [http://www.safe.nite.go.jp/english/ghs\\_index.html](http://www.safe.nite.go.jp/english/ghs_index.html). Acesso em: outubro de 2010.
- [PETROLEUM HPV] PETROLEUM HIGH PRODUCTION VOLUME. Disponível em: <http://www.petroleumhvp.org/pages/petroleumsubstances.html>. Acesso em: outubro de 2010.
- [REACH] REGISTRATION, EVALUATION, AUTHORIZATION AND RESTRICTION OF CHEMICALS. Commission Regulation (EC) No 1272/2008 of 16 December 2008 amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals.
- [SIRETOX/INTERTOX] SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RISCOS DE EXPOSIÇÃO QUÍMICA. Disponível em: <http://www.intertox.com.br>. Acesso em: outubro de 2010.
- [TOXNET] TOXICOLOGY DATA NETWORKING. ChemIDplus Lite. Disponível em: <http://chem.sis.nlm.nih.gov/>. Acesso em: outubro de 2010.

## Ficha de Informação de Produto Químico

## IDENTIFICAÇÃO

Help

Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
1202	ÓLEO DIESEL	

Número de risco 30	Classe / Subclasse 3
<b>Sinônimos</b> ÓLEO COMBUSTÍVEL 1 - D ; ÓLEO COMBUSTÍVEL 2 - D	
<b>Aparência</b> LÍQUIDO OLEOSO ; MARROM AMARELADO ; ODOR DE ÓLEO COMBUSTÍVEL OU LUBRIFICANTE ; FLUTUA NA ÁGUA	
<b>Fórmula molecular</b> NÃO PERTINENTE	<b>Família química</b> HIDROCARBONETO (MISTURA)
<b>Fabricantes</b> Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: <a href="#">ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química</a> : Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 <a href="#">Programa Agrofit - Ministério da Agricultura</a>	

## MEDIDAS DE SEGURANÇA

Help

<b>Medidas preventivas imediatas</b> EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.
<b>Equipamentos de Proteção Individual (EPI)</b> USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE PROTEÇÃO.

## RISCOS AO FOGO

Help

<b>Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão</b> COMBUSTÍVEL. EXTINGUIR COM PÓ QUÍMICO SECO, ESPUMA OU DIÓXIDO DE CARBONO. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA.
<b>Comportamento do produto no fogo</b> NÃO PERTINENTE.
<b>Produtos perigosos da reação de combustão</b> NÃO PERTINENTE.
<b>Agentes de extinção que não podem ser usados</b> A ÁGUA PODE SER INEFICAZ.
<b>Limites de inflamabilidade no ar</b> Limite Superior: 6,0 vol % Limite Inferior: 1,3%
<b>Ponto de fulgor</b> 38°C (VASO FECHADO)
<b>Temperatura de ignição</b> (OBS. 1)
<b>Taxa de queima</b> 4 mm/min
<b>Taxa de evaporação (éter=1)</b> DADO NÃO DISPONÍVEL
<b>NFPA (National Fire Protection Association)</b>

Perigo de Saúde (Azul): 0  
 Inflamabilidade (Vermelho): 2  
 Reatividade (Amarelo): 0

### PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular NÃO PERTINENTE	Ponto de ebulição (°C) 288 A 338	Ponto de fusão (°C) - 18 A - 34
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	Pressão crítica (atm) NÃO PERTINENTE	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 0,841 A 16 °C (LÍQUIDO)	Pressão de vapor 2,17 mm Hg A 21,1 °C	Calor latente de vaporização (cal/g) NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) - 10.200	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água INSOLÚVEL	pH NÃO PERT.	
Reatividade química com água NÃO REAGE.		
Reatividade química com materiais comuns NÃO REAGE.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Degradabilidade DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Neutralização e disposição final DADO NÃO DISPONÍVEL.		

### INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

[Help](#)

<p><b>Toxicidade - limites e padrões</b>          L.P.O.: DADO NÃO DISPONÍVEL          P.P.: NÃO ESTABELECIDO          IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL          LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL          LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL          LT: EUA - TWA: 100 mg/m<sup>3</sup>          LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO</p>
<p><b>Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)</b>          M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL          M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL</p>
<p><b>Toxicidade: Espécie: RATO</b></p>
<p><b>Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO</b></p>
<p><b>Toxicidade: Espécie: OUTROS</b></p>
<p><b>Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie</b></p>
<p><b>Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie</b></p>
<p><b>Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie</b></p>
<p><b>Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS</b></p>

Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE		
Toxicidade a outros organismos: OUTROS		
Informações sobre intoxicação humana		
Tipo de contato	Síndrome tóxica	Tratamento
Tipo de contato LÍQUIDO	Síndrome tóxica IRRITANTE PARA A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.	Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. NÃO PROVOCAR O VÔMITO.

## DADOS GERAIS

Help

Temperatura e armazenamento AMBIENTE.
Ventilação para transporte ABERTA.
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL.
Usos COMBUSTÍVEL PARA MOTORES DIESEL E INSTALAÇÃO DE AQUECIMENTO EM PEQUENO PORTE.
Grau de pureza DE ACORDO COM NORMA "ASTM".
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta MÉTODO 12.
<b>Código NAS (National Academy of Sciences)</b> NÃO LISTADO

## OBSERVAÇÕES

Help

1) TEMPERATURA DE IGNIÇÃO : 1- D = 176,8 °C A 329,7 °C 2 -D = 254,6 °C A 285,2 °C POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL

[NOVA CONSULTA](#)



# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27  
 Fecha de revisión 02.05.2017  
 Sustituye a la versión: 1.26

Numero de FDS 300000000110  
 Fecha 03.11.2018

## SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto : Oxígeno

n° CAS : 7782-44-7

fórmula química : O<sub>2</sub>

Número de registro en REACH: Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro.

### 1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso de la sustancia o mezcla : Industrial en general

Restricciones de uso : Sin datos disponibles.

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad : S.E. de Carburos Metálicos, S.A.  
 Av. de la Fama, 1.  
 08940 Cornellà de Llobregat  
 (Barcelona)  
 www.carburos.com

Dirección de correo electrónico – Información técnica : GASTECH@airproducts.com

Teléfono : +34 (93)2902600

1.4. Teléfono de : + 34 932 902 600  
 Servicio de Información Toxicológica (Instituto Nacional de Toxicología)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

emergencia

y Ciencias Forenses) +34 91 562 04 20

## SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Gases oxidantes - Categoría 1 H270:Puede provocar o agravar un incendio; comburente.  
 Gases a presión - Gas comprimido. H280:Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

### 2.2. Elementos de la etiqueta

Pictogramas/símbolos de riesgos



Palabras de advertencia Peligro

Declaraciones de riesgo:

H270:Puede provocar o agravar un incendio; comburente.  
 H280:Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

Declaraciones de precaución:

Prevención	: P220:Mantener lejos de la ropa y otros materiales combustibles. P244:Mantener las válvulas y los accesorios limpios de aceite y grasa.
Respuesta	: P370+P376 :En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.
Almacenamiento	: P403:Almacenar en un lugar bien ventilado.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

## 2.3. Otros peligros

Gas oxidante a alta presión.

Acelera la combustión vigorosamente.

Mantener lejos de aceites, lubricantes y materiales combustibles.

Puede reaccionar violentamente con materias combustibles.

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

### 3.1. Sustancias

Componentes	EINECS / ELINCS Nombre	CAS Nombre	Concentración (Proporción de volumen)
oxígeno	231-956-9	7782-44-7	100 %

Componentes	Clasificación (CLP)	Registro REACH #
oxígeno	Ox. Gas 1 ;H270 Press. Gas (Comp.) ;H280	*1

\*1:Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro.

\*2:No exige su registro. Sustancias fabricadas o importadas < 1 t/a.

\*3:No ha expirado el plazo límite de solicitud de registro.

Consulte la sección 16 para conocer el texto completo de cada indicación de peligro (H) relevante.

La concentración es nominal. Para la composición exacta del producto, referirse a las especificaciones técnicas.

3.2. Mezclas : No aplicable.

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

### 4.1. Descripción de los primeros auxilios

Consejo generales : Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposa. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

Contacto con los ojos	: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Contacto con la piel	: No se esperan efectos adversos de este producto. EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Ingestión	: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
Inhalación	: Consultar a un médico después de una exposición importante. Salir al aire libre. Si la respiración es dificultosa o se detiene, proporcione respiración asistida. Se puede suministrar oxígeno suplementario. Si se detiene el corazón, el personal capacitado debe comenzar de inmediato la resucitación cardio-pulmonar.

## 4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Síntomas : Sin datos disponibles.

## 4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Tratamiento : En caso de exposición manifiesta o presunta: consulte a un médico.

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

### 5.1. Medios de extinción

Medios de extinción adecuados : Se pueden usar todos los medios de extinción conocidos.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad : Sin datos disponibles.

### 5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

: Ante la exposición al calor intenso o fuego, el cilindro se vaciará rápidamente y/o se romperá violentamente. Oxidante. Mantiene la combustión vigorosamente. Puede reaccionar violentamente con los materiales combustibles. Algunos materiales no inflamables en el aire, pueden ser inflamables con la presencia de un oxidante. Alejarse del envase y enfriarlo con agua desde un lugar protegido. Mantener los cilindros adyacentes fríos mediante pulverización de gran cantidad

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

de agua hasta que el fuego se apague. Si es posible, detener el caudal de producto.

**5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios** : Si es necesario, llevar aparato respiratorio autónomo para la lucha contra el fuego. Vestimenta y equipo de protección standard (aparato de respiración autónoma) para bomberos. Standard EN 137-mascara de cara completa que incluya un aparato de respiración autónomo de aire comprimido en circuito abierto. EN 469: Vestimenta protectora para bomberos. EN 659: Guantes de protección para bomberos.

**Información adicional** : Algunos materiales incombustibles en el aire, se encenderán en una atmósfera rica en oxígeno (más de 23(>,<)>5%). La ropa resistente al fuego puede encenderse y no proteger en atmósferas ricas en oxígeno.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

**6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia** : La ropa expuesta a altas concentraciones puede retener el oxígeno durante 30 minutos o más, y potencialmente existe peligro de incendio. Mantener lejos de fuentes de ignición. Evacuar el personal a zonas seguras. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. Ventilar la zona.

**6.2. Precauciones relativas al medio ambiente** : No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura.

**6.3. Métodos y material de contención y de limpieza** : Ventilar la zona.

**Consejos adicionales** : Si es posible, detener el caudal de producto. Aumentar la ventilación en el área de liberación del gas y controlar las concentraciones. Si la fuga tiene lugar en el cilindro o en su válvula, llamar al número de emergencia. Si la fuga tiene lugar en la instalación del usuario, cerrar la válvula del cilindro, ventear la presión con seguridad y purgar el cilindro con gas inerte antes de intentar repararlo.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

6.4. Referencia a otras secciones : Si desea más información, consulte las secciones 8 y 13

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

### 7.1. Precauciones para una manipulación segura

Todos los indicadores, válvulas, reguladores, tubos y equipo usados en servicio de oxígeno deben ser limpiados para el servicio de oxígeno. El oxígeno no debe ser usado como sustituto del aire comprimido. Nunca usar el chorro del oxígeno para depurar, especialmente la ropa, porque aumenta la posibilidad de incendio. Los gases comprimidos o líquidos criogénicos sólo deben ser manipulados por personas con experiencia y debidamente capacitadas. Proteger los cilindros contra daños físicos; no tirar, no rodar, ni dejar caer. La temperatura en las áreas de almacenamiento no debe exceder los 50°C. Antes de usar el producto, identificarlo leyendo la etiqueta. Antes del uso del producto se deben conocer y entender sus características así como los peligros relacionados con las mismas. En caso de que existan dudas sobre los procedimientos del uso correcto de un gas concreto, ponerse en contacto con el proveedor. No quitar ni emborronar las etiquetas entregadas por el proveedor para la identificación del contenido de los cilindros. Para la manipulación de cilindros se deben usar, también para distancias cortas, carretillas destinadas al transporte de cilindros. No quitar el protector de seguridad de la válvula hasta que el cilindro no esté sujeto a la pared, mesa de trabajo o plataforma, y listo para su uso. Para quitar las protecciones demasiado apretadas u oxidadas usar una llave inglesa ajustable. Antes de conectar el envase comprobar la adecuación de todo el sistema de gas, especialmente los indicadores de presión y las propiedades de los materiales. Antes de conectar el envase para su uso, asegurar que se ha protegido contra la aspiración de retorno del sistema al envase. Asegurar que todo el sistema de gas es compatible con las indicaciones de presión y con los materiales de construcción. Asegurarse antes del uso de que no existan fugas en el sistema de gas Usar los equipos de regulación y de presión adecuados en todos los envases cuando el gas es transferido a sistemas con una presión menor que la del envase. No insertar nunca un objeto (p.ej. llave, destornillador, palanca, etc.) a las aberturas del protector de la válvula. Tales acciones pueden deteriorar la válvula y causar una fuga. Si el usuario ve cualquier problema durante la manipulación de la válvula del cilindro, debe interrumpir su uso y ponerse en contacto con el proveedor. Cerrar la válvula del envase después de cada uso y cuando esté vacío, incluso si está conectado al equipo. Nunca intente reparar o modificar las válvulas de un envase o las válvulas de seguridad. Debe de comunicarse inmediatamente al proveedor el deterioro de cualquier válvula. No usar envases como rodillos o soportes, o para cualquier otro propósito que no sea contener el gas, tal como ha sido suministrado. Nunca crear un arco voltaico en un cilindro de gas comprimido o hacer que el cilindro forme parte de un circuito eléctrico. No fumar durante la manipulación de productos o cilindros Nunca re-comprimir el gas o la mezcla de gases sin consultarlo previamente con el proveedor. Nunca intente transferir gases de un cilindro / envase a otro. Usar siempre válvulas anti-retorno en las tuberías. Al devolver el cilindro instalar el tapón protector de la válvula o tapón protector de fugas. Nunca permitir el contacto de aceite, lubricante u otra sustancia combustible con válvulas o envases que contengan oxígeno u otros oxidantes. No usar válvulas de apertura rápida (p.ej: válvulas de bola). Abrir la válvula lentamente para evitar los golpes de ariete. Nunca someter todo el

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

sistema a presión al mismo tiempo. Usar sólo con equipo limpiado para el servicio de oxígeno e indicado para cilindros a presión. Nunca usar fuego directo o calentadores eléctricos para aumentar la presión en el envase. Los envases no deben ser sometidos a temperaturas superiores a los 50°C (122°F).

## 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Los envases deben ser almacenados en un lugar especialmente construido y bien ventilado, preferiblemente al aire libre. Se deben almacenar los envases llenos de tal manera que los más antiguos sean usados en primer lugar. Los envases almacenados deben ser controlados periódicamente en cuanto a su estado general y fugas. Tener en cuenta todas las leyes y requisitos locales sobre el almacenamiento de envases. Proteger los envases almacenados al aire libre contra la corrosión y las condiciones atmosféricas extremas. Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan acelerar la corrosión. Los envases deben ser almacenados en posición vertical y asegurados para prevenir las caídas. Las válvulas de los contenedores deben estar bien cerradas y donde sea necesario, las salidas de las válvulas deben ser protegidas con tapones. Los protectores de las válvulas o tapones deben estar en su sitio. Mantener los envases herméticamente cerrados en un lugar fresco y bien ventilado. Los envases deben ser almacenados en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Los cilindros llenos se deben separar de los vacíos. No permitir que la temperatura de almacenamiento alcance los 50°C (122 °F). Colocar señales "Se prohíbe fumar y usar el fuego abierto" en las áreas de almacenamiento. Devolver los envases con puntualidad

### Medidas técnicas/Precauciones

Los recipientes deben ser separados en el área de almacenamiento según las distintas categorías (p.e.: inflamable, tóxico, etc.) y conforme a la reglamentación local.

## 7.3. Usos específicos finales

Consulte la sección 1 o la hoja de datos de seguridad ampliada, si corresponde.

---

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

## 8.1. Parámetros de control

Si corresponde, consulte la sección ampliada de la hoja de datos de seguridad para obtener más información acerca de la materia prima aprobada (CSA).

## 8.2. Controles de la exposición

### Disposiciones de ingeniería

Asegúrese una ventilación apropiada.

### Equipos de Protección personal

- |  |   |   |
|--|---|---|
| Protección respiratoria                          | : | No se precisa en el uso normal. Para respirar en atmósfera deficiente de oxígeno debe usarse un equipo de respiración autónomo o una línea de aire con presión positiva y máscara. Los usuarios de los equipos de respiración autónomos deben ser entrenados. |
| Protección de las manos                          | : | Usar guantes de trabajo al manejar envases de gases. Los guantes deben estar limpios y sin aceite o lubricante. Standard EN 388 - guantes que protegen contra riesgos mecánicos.  |
| Protección para los ojos y la cara               | : | Se aconseja el uso de gafas de protección durante la manipulación de cilindros. Standard EN 166- Protección para el ojo.  |
| Protección de la piel y del cuerpo               | : | Durante la manipulación de cilindros se aconseja el uso de zapatos de protección. Standard EN ISO 20345 - Equipos de protección personal-zapatos de seguridad.  |
| Instrucciones especiales de protección e higiene | : | Asegurarse de una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados.  |
| Controles de la exposición medioambiental        | : | Si corresponde, consulte la sección ampliada de la hoja de datos de seguridad para obtener más información acerca de la materia prima aprobada (CSA).   |

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

### 9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

(a/b) estado físico/color : Gas comprimido. Gas incoloro

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

(c) Olor	:	Sin olor que advierta de sus propiedades
(d) Densidad	:	0,0013 g/cm <sup>3</sup> (0,081 lb/ft <sup>3</sup> ) a 21 °C ( 70 °F) Nota: (como vapor)
(e) Densidad relativa	:	1,1 ( agua = 1)
(f) Punto de fusión / punto de congelación	:	-362 °F (-219 °C)
(g) Temperatura de ebullición/rango	:	-297 °F (-183 °C)
(h) Presión de vapor	:	No aplicable.
(i) Solubilidad en agua	:	0,039 g/l
(j) Coeficiente de reparto: n-octanol/agua [log Kow]	:	No es aplicable a gases inorganicos.
(k) pH	:	No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
(l) Viscosidad	:	No se dispone de datos fiables.
(m) características de las partículas	:	No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
(n) Límites superior y inferior de explosión / inflamabilidad	:	No inflamable.
(o) Punto de inflamación	:	No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
(p) Temperatura de autoignición	:	No inflamable.
(q) Temperatura de descomposición	:	No aplicable.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

## 9.2. Otros datos

Peligro de explosión	: No aplicable.
Propiedades oxidantes	: Ci =1
Peso molecular	: 32 g/mol
Límite crítico de olores	: La superación de límites por el olor es subjetiva e inadecuado para advertir del riesgo de sobrecarga.
Índice de evaporación	: No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
Inflamabilidad (sólido, gas)	: Consulte la clasificación del producto en la Sección 2
volumen específico	: 0,7540 m <sup>3</sup> /kg (12,08 ft <sup>3</sup> /lb) a 21 °C ( 70 °F)
Densidad relativa del vapor	: 1,105 (aire = 1) Más pesado que el aire

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad	: Sin riesgo de reactividad salvo lo expresado en la sub-sección mas adelante.
10.2. Estabilidad química	: Estable en condiciones normales.
10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas	: Oxida violentamente materiales orgánicos.
10.4. Condiciones que deben evitarse	: Nunca por debajo de las condiciones de manejo y almacenamiento (ver sección 7).
10.5. Materiales incompatibles	: Materiales inflamables. Materiales orgánicos. Evitar aceite, grasas y otras sustancias inflamables

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

10.6. Productos de descomposición peligrosos : Sin datos disponibles.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

### 11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

#### Vías de entrada probables

- Efectos en los ojos : En caso de contacto directo con los ojos, busque asistencia médica.
- Efectos en la piel : No se esperan efectos adversos de este producto.
- Efectos debido a la inhalación : La respiración con oxígeno 75% o superior en la atmósfera durante más de unas horas puede taponar la nariz, tos, dolores de garganta, tórax y dificultades en la respiración. Inhalación del oxígeno puro comprimido puede causar lesiones de pulmón y trastornos del sistema nervioso.
- Efectos debido a la ingestión : La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
- Síntomas : Sin datos disponibles.

#### Toxicidad aguda

- Toxicidad oral aguda : No hay datos disponibles sobre este producto.
- Toxicidad aguda por inhalación : No hay datos disponibles sobre este producto.
- Toxicidad dérmica aguda : No hay datos disponibles sobre este producto.
- Corrosión o irritación de la piel : Sin datos disponibles.
- Irritación o daños oculares severos : Sin datos disponibles.
- Sensibilización. : Sin datos disponibles.

#### Toxicidad crónica o efectos debidos a la exposición a largo plazo

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

Carcinogenicidad	:	Sin datos disponibles.
Toxicidad reproductiva	:	No hay datos disponibles sobre este producto.
Mutagenicidad en células germinales	:	No hay datos disponibles sobre este producto.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposición única)	:	Sin datos disponibles.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposición repetida)	:	Los nacidos prematuramente expuestos a concentraciones altas a oxígeno pueden sufrir lesión de retina, que puede progresar hasta sudeprendimiento y ceguera. La lesión de retina puede también aparecer en adultos expuestos al oxígeno 100% durante períodos prolongados (de 24 a 48 horas). A dos o más atmósferas aparece toxicidad en el sistema nervioso central (CNS). Los síntomas incluyen náuseas, vomitos, mareos o vértigo, agarrotamiento de los músculos, cambios de visión, y pérdida de sentido y ataques generalizados. A tres atmósferas, la toxicidad del CNS afecta en menos de dos horas, y a seis atmósferas en solo algunos minutos.
Peligro de aspiración	:	Sin datos disponibles.

## SECCIÓN 12: Información ecológica

### 12.1. Toxicidad

Toxicidad acuática	:	No hay datos disponibles sobre este producto.
Toxicidad para otros organismos	:	No hay datos disponibles sobre este producto.

### 12.2. Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

## 12.3. Potencial de bioacumulación

Consulte la sección 9 "Coeficiente de partición (n-octanol/agua)".

## 12.4. Movilidad en el suelo

Debido a su alta volatilidad, es poco probable que el producto cause contaminación del suelo.

## 12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

Si corresponde, consulte la sección ampliada de la hoja de datos de seguridad para obtener más información acerca de la materia prima aprobada (CSA).

## 12.6. Otros efectos adversos

Este producto no causa daños ecológicos.

Efectos sobre la capa de ozono

Potencial factor : Sin datos disponibles.  
reductor de la capa de  
ozono

Factor de calentamiento : Sin datos disponibles.  
global

## SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

**13.1. Métodos para el tratamiento de residuos** : Devolver el producto no usado al proveedor en el cilindro original. Contactar con el proveedor si es necesaria información y asesoramiento. Referirse al código de prácticas de EIGA Doc. 30 "Disposal of Gases" accesible en <http://www.eiga.org> para mayor información sobre métodos adecuados de vertidos. Lista de residuos peligrosos: 16 05 04: Contenedores de gases a presión (incluido halones) que contienen sustancias peligrosas.

**Envases contaminados** : Devolver el cilindro al proveedor.

## SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

13/19

S.E. de Carburos Metálicos, SA

Oxígeno

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

## ADR

No. ONU/ID : UN1072  
Denominación adecuada de envío : OXIGENO COMPRIMIDO  
Clase o división : 2  
Código de restricción en túneles : (E)  
Etiqueta(s) : 2.2 (5.1)  
ADR/RID Peligro ID nº : 25  
Contaminante marino : No

## IATA

No. ONU/ID : UN1072  
Denominación adecuada de envío : Oxygen, compressed  
Clase o división : 2.2  
Etiqueta(s) : 2.2 (5.1)  
Contaminante marino : No

## IMDG

No. ONU/ID : UN1072  
Denominación adecuada de envío : OXYGEN, COMPRESSED  
Clase o división : 2.2  
Etiqueta(s) : 2.2 (5.1)  
Contaminante marino : No  
Grupo de segregación: : None

## RID

No. ONU/ID : UN1072  
Denominación adecuada de envío : OXIGENO COMPRIMIDO  
Clase o división : 2  
Etiqueta(s) : 2.2 (5.1)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

Contaminante marino : No

Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC

Si desea la información completa para el transporte, comuníquese con un representante de atención al cliente.

## Información Adicional

Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia. La información de transporte no ha sido elaborada para incluir todos los datos reglamentarios específicos correspondientes a este material. Si desea la información completa para el transporte, comuníquese con un representante de atención al cliente.

## SECCIÓN 15: Información reglamentaria

### 15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

País	Listado de regulaciones	Notificación
EE.UU.	TSCA	Incluido en inventario.
EU	EINECS	Incluido en inventario.
Canadá	DSL	Incluido en inventario.
Australia	AICS	Incluido en inventario.
Corea del Sur	ECL	Incluido en inventario.
China	SEPA	Incluido en inventario.
Filipinas	PICCS	Incluido en inventario.
Japón	ENCS	Incluido en inventario.

#### Otros regulaciones

REGLAMENTO (CE) nº 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

REGLAMENTO (UE) 2015/830 DE LA COMISIÓN de 28 de mayo de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).

REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006.

Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR), celebrado en Ginebra el 30 de septiembre de 1957, en su versión enmendada.

Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero (BOE núm. 50, de 27 de febrero de 2014), por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.

Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre (BOE núm. 251, de 20 de octubre de 2015), por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril (BOE núm. 104, de 1 de mayo de 2001), sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril (BOE núm. 104, de 1 de mayo de 1998), por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

DECRETO 2414/1961, de 30 de noviembre (BOE núm. 292, de 7 de diciembre de 1961), por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

Orden de 9 de marzo de 1971 (BOE núm. 64, de 16 de marzo de 1971), por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

Trabajo.

## 15.2. Evaluación de la seguridad química

Un CSA (Análisis de Seguridad Química) no debe de realizarse para este producto.

---

## SECCIÓN 16: Otra información

Asegurar que se cumplen todas las regulaciones nacionales/locales.

Declaraciones de riesgo:

H270 Puede provocar o agravar un incendio; comburente.

H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

Indicación del método:

Gases oxidantes Categoría 1 Puede provocar o agravar un incendio; comburente. Método de cálculo

Gases a presión Gas comprimido. Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. Método de cálculo

Abreviaturas y acrónimos:

ATE - Estimación de Toxicidad Aguda

CLP - Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado

REACH - Registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos Reglamento (CE) nº 1907/2006

EINECS - Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas

ELINCS - Lista europea de sustancias químicas notificadas

CAS# - No. CAS (Chemical Abstracts Service)

PPE - equipos de protección personal

Kow - coeficiente de reparto octanol-agua

DNEL - nivel sin efecto derivado

LC50 - concentración letal para el 50 % de una población de pruebas

LD50 - dosis letal para el 50 % de una población de pruebas (dosis letal media)

NOEC - concentración sin efecto observado

PNEC - concentración prevista sin efecto

RMM - medida de gestión del riesgo

OEL - valor límite de exposición profesional

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

PBT - sustancia persistente, bioacumulativa y tóxica  
vPvB - muy persistente y muy bioacumulable  
STOT - toxicidad específica en determinados órganos  
CSA - valoración de la seguridad química  
EN - norma europea  
UN - Organización de las Naciones Unidas  
ADR - Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera  
IATA - Asociación Internacional de Transporte Aéreo  
IMDG - Código marítimo internacional para el transporte de mercancías peligrosas  
RID - Reglamento relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por ferrocarril  
WGK - clase de peligro para el agua

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos:

ECHA - Directriz sobre la compilación de fichas de datos de seguridad  
ECHA - Documento de orientación sobre la aplicación de los criterios del CLP  
La base de datos de ARIEL

Indicación de cambios : Teléfono de emergencia (24h)  
9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS  
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD  
15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Preparado por : Departamento EH&S Global, Air Products and Chemicals, Inc.

Para información adicional, por favor, visite nuestra página web de Tutela de Producto en la dirección  
<http://www.airproducts.com/productstewardship/>

Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada de acuerdo con las Directivas Europeas aplicables y es de aplicación en todos los países que han traspuesto las Directivas a leyes nacionales. REGLAMENTO (UE) 2015/830 DE LA COMISIÓN de 28 de mayo de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).

Los detalles dados en este documento se cree son correctos en el momento de su publicación. Aunque se ha tomado el cuidado apropiado en la preparación de este documento, no se puede aceptar ninguna responsabilidad

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 1.27

Fecha de revisión 02.05.2017

Numero de FDS 300000000110

Fecha 03.11.2018

---

por lesión o daños resultantes de su uso.

---

confidential

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Peróxido de Hidrógeno 50% estándar**

SDS #: 7722-84-1-50-10

Fecha de revisión: 2015-05-08

Formato: NA

Versión: 1



## 1. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO Y EMPRESA

### Identificación del producto

**Nombre del Producto:** Peróxido de Hidrógeno al 50% estándar.

**Otras formas de identificación**

**CAS No:** 7722-84-1

**Uso Recomendado del químico y restricciones de uso:**

**Uso recomendado:** Blanqueo industrial, tratamiento, reducción de la contaminación y reacciones generales de oxidación.

**Restricciones de uso:** Use como se recomienda en la etiqueta.

**Fabricante/Distribuidor:**

PeroxyChem, LLC  
2005 Market Street  
Suit 3200  
Philadelphia, PA 19103  
Teléfono: +1 267/422-2400 (Información General)  
[sdsinfo@peroxychem.com](mailto:sdsinfo@peroxychem.com)

PeroxyChem-México  
Av. Industria #9, Col. Industrial Cerro Gordo C.P. 55420  
Teléfono: 56-99-08-14 (Información General)

**Teléfonos de Emergencia**

Por fuga, fuego o derrame o emergencia por accidentes llamar a

01 800 /424 93000 (CHEMTREC-USA)  
1 703/527 3887 (CHEMTREC- Collect-otros países)  
1 613/ 996-6666 (CANUTEC – Canada)  
1 303/ 389-1409 (Medical –US-llamada por cobrar)  
01 800 00 214 00 (SETIQ- MEXICO)  
55-59-15-88 (SETIQ- MEXICO)  
24 hrs del día/365 días del año.

1 281 / 474-8750 (Bayport, Planta en Texas)  
1 250 / 561-4221 (Prince George, BC, Planta en Canada)  
52-55-56-99-08-00 ext. 0807, 0806, 1335  
(Centro de Distribución, México)  
(Información Lunes a Viernes 8:30 a 17:30 hrs)

## 2. IDENTIFICACION DE RIESGOS

### Clasificación

#### **Regulación OSHA**

Este material es considerado peligroso por la OSHA Estandar de Comunicación de Riesgo (29 CFR 1910. 1200).

Toxicidad Aguda-Oral	Categoría 4
Toxicidad Aguda- Inhalación (Vapores)	Categoría 4
Corrosión a la piel / Irritación	Categoría 1, Sub-Categoría B
Daño serio a los ojos/ Irritación a los ojos	Categoría 1
Toxicidad específica en órgano blanco (exposición única)	Categoría 3
Líquidos oxidantes	Categoría 2

**Elementos de las etiquetas de SGA Sistema Globalmente Armonizado (GHS), incluyendo las declaraciones de precaución**

**Consejos de prudencia**

<p><b>Peligro</b></p> <p><b><u>Indicaciones de Peligro</u></b> H314-Causa severas quemaduras en piel y daños en los ojos. H302-Nocivo por ingestión. H332-Nocivo por inhalación. H335-Puede irritar las vías respiratorias. H272-Puede intensificar un incendio; es oxidante.</p> 
---

**Consejos de Prudencia - Prevención**

- P271-Usar solamente en exteriores o en áreas bien ventiladas.
- P260-No respire los vapores, niebla o rocío.
- P280-Usar guantes de protección/ropa de protección/protección ocular/careta de protección.
- P210-Mantenerse lejos de las fuentes de calor/chispas/llamas abiertas/superficies calientes.- No fumar.
- P220-Mantener o almacenar alejado de la ropa o materiales inflamables/combustibles.
- P221-Tomar todas las precauciones necesarias posibles para no mezclarse con combustibles /inflamables.

**Consejos de Prudencia - Respuesta**

- P305+P351+P338-Si el contacto es con los ojos: Enjuague cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar lentes de contacto si están presentes y es fácil retirarlos. Continuar enjuagando.
- P310-Llame inmediatamente a un centro de toxicología o a un médico.
- P303+P361+P353- Si el contacto es en la piel o en el cabello: Quítese inmediatamente la ropa contaminada, enjuagar la piel con abundante agua/ ducharse.
- P363-Lavar perfectamente la ropa contaminada antes de usarse nuevamente.
- P304+P340-En caso de inhalación, alejar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
- P312- Si no se siente bien, llamar a un centro de toxicología o a un médico.
- P301+P330+P331- En caso de ingestión: Enjuagar la boca, no inducir el vómito.
- P310- Llame inmediatamente a un centro de toxicología o a un médico.
- P370+P378- En caso de incendio: Utilizar agua para la extinción.

**Otros Peligros que no contribuyen en la clasificación.**

No fueron identificados

**Otra información**

Mantener el contenedor en un lugar fresco fuera del sol directo. Almacenar sólo en contenedores ventilados. No almacenar en tarimas de madera. No devuelva el material no utilizado a su envase original. Evitar la contaminación ya que podría causar la descomposición y la generación de oxígeno que puede resultar en alta presión y la posible ruptura del contenedor-. Los porrones vacíos se deben enjuagar tres veces con agua antes de desechar.

**Peróxido de Hidrógeno 50% Estándar**

SDS #: 7722-84-1-50-10  
 Fecha de revisión: 2015-05-08  
 Formato: NA  
 Versión: 1

**3. COMPOSICION/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

Fórmula HO-OH

Nombre Químico	CAS-No.	% en Peso
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1	50
Agua	7732-18-5	50

Limites de exposición ocupacional, en caso de existir, se presentan en la sección 8.

**4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**

<b>Contacto con los ojos</b>	Enjuague inmediatamente con abundante agua por al menos 15 minutos, levantando tanto el parpado superior como inferior. Remueva lentes de contacto después de los primeros 5 minutos de enjuague, después siga enjuagando. Consulte a un médico u oftalmólogo inmediatamente.
<b>Contacto con la piel</b>	Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con abundante agua, lave durante 15 a 20 minutos. Consulte a un médico inmediatamente.
<b>Inhalación</b>	Traslade al lesionado donde reciba aire fresco. Si la persona no está respirando, llame al médico y/o ambulancia, entonces dé respiración, preferiblemente de boca a boca si es posible. Acuda al médico para tratamiento adicional.
<b>Ingestión</b>	Enjuague la boca con agua. No induzca el vómito. Si la persona está consciente, dele 2 vasos de agua. Consiga atención médica inmediata. No administrar nada por la boca de una persona que se encuentra inconsciente.
<b>Los síntomas más importantes y efectos agudos y retardados</b>	El peróxido de hidrógeno irrita el sistema respiratorio y, si se inhala, puede causar inflamación y edema pulmonar. Los efectos pueden no ser inmediatos. Síntomas de sobreexposición son tos, dolor de garganta, vértigo. En caso de ingestión accidental, la necrosis puede ser consecuencia de las quemaduras de membrana mucosa (boca, esófago y estómago). La liberación rápida de oxígeno puede causar hinchazón de estómago y hemorragias e incluso lesiones mortales a órganos si una gran cantidad se ha ingerido. En caso de contacto con la piel, puede causar quemaduras, eritema (enrojecimiento de la piel), ampollas o incluso necrosis.
<b>Indicación de atención médica inmediata y tratamientos especiales en caso necesario</b>	El Peróxido de Hidrógeno en estas concentraciones es un fuerte oxidante. El contacto directo con los ojos posiblemente cause daño en las corneas especialmente si no se enjuaga inmediatamente. Se recomienda una cuidadosa evaluación oftalmológica y la posibilidad de terapia local corticosteroide debe ser considerada. Debido a la probabilidad de los efectos corrosivos en el tracto gastrointestinal después de la ingestión, y a la escasa probabilidad de efectos sistémicos, intentar una evacuación estomacal vía inducción del vómito o lavado gastrointestinal debe ser evitado. Existe una posibilidad remota de que una sonda nasogástrica u orogástrica pueda ser requerido para la reducción de distensión severa (grave) debido a la formación de gas.

**5. MEDIDAS PARA COMBATIR INCENDIOS**

<b>Medios adecuados de extinción.</b>	Agua. No use otra sustancia.
<b>Riesgos específicos que se deriven del químico.</b>	En contenedores cerrados sin ventilación existe el riesgo de ruptura debido al incremento de presión derivado de su descomposición. El contacto con material combustible puede causar fuego.
<b>Riesgos de los productos de combustión.</b>	Como producto de la descomposición se libera oxígeno el cual puede intensificar el fuego.
<b><u>Datos de explosión:</u></b>	
<b>Sensibilidad a impacto mecánico:</b>	No sensible
<b>Sensibilidad a descarga estática:</b>	No sensible
<b><u>Equipo de protección y precauciones para bomberos:</u></b>	Use agua en spray para enfriar las superficies expuestas a fuego y para proteger al personal. Mueva los contenedores del área de fuego si puedes hacerlo sin riesgo. Como en cualquier incendio, use aparatos de respiración autónoma y equipo de protección completo.

**6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL**

- Precauciones personales** Evite el contacto con la piel, ojos y vestimenta. Use equipo de protección personal. Aisle y delimite el área del derrame. Mantenga a las personas alejadas del derrame y a las personas necesarias para el combate de la emergencia, manténgalas corriente arriba de la dirección del viento en relación del derrame o fuga. Elimine todas las fuentes de ignición y remueva los materiales combustibles.
- Otros** Material combustible expuesto al peróxido de hidrógeno deberá ser inmediatamente sumergido en agua o enjuagado con grandes cantidades de agua para asegurar que todo el peróxido de hidrógeno es removido. El peróxido de hidrógeno residual que es permitido se seque (por evaporación del peróxido de hidrógeno puede concentrarse) en materiales orgánicos como papel, telas, algodón, piel madera o otros combustibles puede causar que el material se encienda y resulte en fuego.
- Precauciones medioambientales** Ver sección 12 para información ecotoxicológica adicional
- Métodos de contención.** Use diques para coleccionar grandes derrames. Detenga la fuga y contenga los derrames si puede hacerse en forma segura, posteriormente diluya con abundante agua. Para derrames pequeños, diluir con grandes cantidades de agua.
- Métodos de limpieza** Enjuague el área hasta anegar con agua. El peróxido de hidrógeno puede descomponerse adicionado metabisulfito de sodio o sulfito de sodio después de haber diluido hasta cerca del 5%.

**7. MANIPUACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

- Manipulación** Úselo únicamente en áreas bien ventiladas. Mantenga / almacene fuera del alcance de de materiales combustibles / vestimenta. Nunca regrese el peróxido de hidrógeno no usado al contenedor original. Su contaminación puede causar descomposición y generación de gas oxígeno el cual puede resultar en altas presiones y en posible ruptura del envase o recipiente que lo contiene. Los porrones vacíos deben ser enjuagados tres veces con agua antes de desecharse o disponerse. Los utensilios usados para manipular el peróxido de hidrógeno únicamente deben ser hechos con vidrio, acero inoxidable, aluminio o plástico. Tuberías y equipos deberán ser pasivados antes del primer uso. El peróxido de hidrógeno deberá ser almacenado solamente en contenedores ventilados y transferidos solamente en forma autorizada.
- Almacenamiento** Mantenga los contenedores en áreas frescas fuera de la luz solar directa y lejos de combustibles. Provea de ventilación mecánica en forma general o local para ventilación y así evitar la liberación de vapor o niebla en el medio ambiente de trabajo. Los contenedores deben ser venteados. Almacene en el contenedor original solamente. El lugar de almacenamiento debe estar hecho de materiales no combustibles con pisos impermeables. En caso de liberación, el derrame debe dirigirse a un área segura. Los contenedores deberán ser inspeccionados en forma visual en forma regular para detectar anomalías como (porrones contraídos, inflados, incremento en temperatura, etc.)
- Productos incompatibles** Materiales combustibles, aleaciones de cobre, acero galvanizado. Fuertes agentes reductores, metales pesados. Hierro, contacto con metales, iones metálicos, álcalis, agentes reductores y material orgánico (como alcoholes o terpenos). Puede producir descomposición térmica auto acelerada.

**8. CONTROL DE DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL**

Parámetros de control

**Límite de exposición**

Parámetros de control en el centro de trabajo

Nombre Químico	ACGIH TLV	OSHA PEL	NIOSH	México
Peróxido de Hidrógeno 7722-84-1	TWA: 1 ppm	TWA: 1 ppm TWA: 1.4 mg/m <sup>3</sup>	IDLH: 75 ppm TWA: 1 ppm TWA: 1.4 mg/m <sup>3</sup>	México: TWA 1 ppm México: TWA: 1.5 mg/m <sup>3</sup> México: STEL 2 ppm México: STEL 3 mg/m <sup>3</sup>
Nombre Químico	British Columbia	Quebec	Ontario TWAEV	Alberta
Peróxido de Hidrógeno 7722-84-1	TWA: 1 ppm	TWA: 1 ppm TWA: 1.4 mg/m <sup>3</sup>	TWA: 1 ppm	TWA: 1 ppm TWA: 1.4 mg/m <sup>3</sup>

TWA= (Time-Weighted Average) concentración promedio de exposición en una jornada de 8 horas.

STEL= (Short term exposure limit) limite de exposición a corto plazo.

### Controles de ingeniería adecuados

**Controles adecuados de ingeniería** Asegure que las estaciones de lava ojos y regaderas de emergencia están cerca del lugar de trabajo.  
 Asegure ventilación adecuada.

### Medidas de protección individual, como equipo de protección personal

**Protección ocular y facial** Use goggles y careta hecha de policarbonato, acetato, policarbonato/acetato, PETG o termoplástico.

**Protección de piel y de cuerpo** Para protección del cuerpo use ropa impermeable, un traje hecho de caucho SBR, PVC, (revestimiento exterior de PVC con sustrato de polyester), Gore-tex (polyester, trilaminado con Gore-tex), o un traje especializado HAZMAT contra salpicaduras o traje protector (nivel A, B o C). Para protección de pies use botas apropiadas hechas de NBR, PVC, Poliuretano o Neopreno. Zapatones hechos de látex PVC, así como botas de bombero o botas especializadas HAZMAT. No use alguna otra bota o zapatón hecho de nylon o mezclas de nylon. No use algodón, lana o piel porque esos materiales reaccionan rápidamente con concentraciones altas de peróxido de hidrógeno. Sumerja completamente en agua ropa u otros materiales contaminados con peróxido de hidrógeno antes de secarse. Si se deja secar el peróxido de hidrógeno residual en materiales orgánicos como papel, telas, algodón, piel madera u otros combustibles pueden causar que el material se encienda y resulte en fuego.

**Protección de manos** Para protección de manos, utilice guantes aprobados hechos de nitrilo, PVC, o Neopreno. No use algodón, lana o piel porque esos materiales reaccionan RAPIDAMENTE con concentraciones altas de peróxido de hidrógeno. Enjuague vigorosamente el exterior de los guantes antes de retirarlos. Inspeccionelos por fuga regularmente.

**Protección respiratoria** Si se esperan concentraciones por arriba de 10 ppm, use NIOSH/DHHS aprobados, aparato de respiración autónoma (SCBA) u otro respirador con aire suministrado (ASR) aprobado (ejemplo: un respirador de cara completo con línea de aire (ALR)). NO use ninguna forma de purificador de aire (APR) o mascararas para polvo, especialmente aquellos que contengan agentes oxidables como carbón activado.

**Medidas de higiene** Evite respirar vapores rocío o gas. Agua limpia debe estar disponible para lavar en caso de contaminación de piel u ojos.

**Información general** Soluciones de ingeniería para protección deben ser implementadas y en uso antes de considerar al equipo de protección personal.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### Información en base a propiedades físicas y químicas

<b>Apariencia:</b>	Claro, incoloro
<b>Estado Físico:</b>	Líquido
<b>Color:</b>	Incoloro
<b>Olor:</b>	Inodoro
<b>Olor límite:</b>	No aplica
<b>pH:</b>	<= 3.0
<b>Punto de fusión/Punto de Congelamiento</b>	-52 °C
<b>Punto de ebullición:</b>	114°C
<b>Flash point:</b>	No inflamable
<b>Taza de evaporación:</b>	> 1 (N-Butil Acetato =1)
<b>Inflamabilidad (sólido, gas)</b>	No inflamable
<b>Inflamabilidad límite en aire</b>	No aplica
<b>Límite superior de inflamabilidad:</b>	
<b>Límite inferior de inflamabilidad:</b>	
<b>Presión de vapor:</b>	18 mmHg @ 30°C
<b>Densidad de vapor:</b>	Información no disponible
<b>Densidad</b>	1.2 g/cm <sup>3</sup> @20°C
<b>Gravedad específica:</b>	1.2
<b>Solubilidad en agua:</b>	Completamente Soluble.

<b>Coefficiente de partición:</b>	log Kow=-1.5 @ 20 °C
<b>Temperatura de auto ignición:</b>	No combustible.
<b>Temperatura de descomposición:</b>	100°C (adiabático)
<b>Viscosidad cinemática:</b>	1.17 cp @ 20°C
<b>Viscosidad dinámica:</b>	Información no disponible.
<b>Propiedades explosivas:</b>	Información no disponible.
<b>Propiedades oxidantes:</b>	Fuertemente oxidante
<b>Peso Molecular:</b>	34
<b>Bulk density</b>	No aplica

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Reactividad</b>	Agente reactivo y oxidante
<b>Estabilidad química</b>	Estable bajo condiciones normales. Se descompone con calor. Estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento
<b>Posibles reacciones de riesgo</b>	El contacto con sustancias orgánicas puede causar fuego o explosión, el contacto con metales, iones metálicos, álcalis, agentes reductores y materia orgánica (como alcoholes o terpenos) pueden producir descomposición térmica auto-acelerada
<b>Riesgo de polimerización</b>	No ocurre
<b>Condiciones a evitar</b>	Calor excesivo; contaminación; exposición a rayos UV; variaciones de pH.
<b>Materiales incompatibles</b>	Los materiales combustibles. Aleaciones de cobre, hierro galvanizado. Agentes fuertemente reductores. Los metales pesados hierro. Las aleaciones de cobre. El contacto con metales, iones metálicos, álcalis, agentes reductores y materia orgánica (como como alcoholes o terpenos) pueden producir la descomposición térmica de auto-acelerada.
<b>Productos de descomposición peligrosa:</b>	Oxígeno el cual mantiene la combustión. Producirá sobrepresión en el equipo que lo contenga.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLOGICA

### Información del producto

<b>LD 50 Oral</b>	50% solución: LD50 > 225 mg/kg bw (rata) 35% solución: LD50 1193 mg/kg bw (rata) 70% solución: LD50 1026 mg/kg bw (rata)
<b>LD 50 Piel</b>	35% solución: LD50 > 2000 mg/kg bw (conejo) 70% solución: LD50 9200 mg/kg bw (conejo)
<b>LC 50 Inhalación</b>	50% solución: LC50 > 170 mg/m <sup>3</sup> (rata) (4 horas) Vapores de peróxido de hidrogeno: LC0 9400 mg/m <sup>3</sup> (ratón) (5 a 15 min) Vapores de peróxido de hidrógeno: LC50 > 2160 mg/m <sup>3</sup> (ratón)
<b>Daños serios a los ojos / irritación a los ojos</b>	Corrosivo. Riesgo de serio daño a los ojos
<b>Corrosión a la piel / irritación</b>	Corrosivo a la piel. Causa de severas quemaduras.
<b>Sensibilización</b>	No causa sensibilización en animales de laboratorio.

### Efectos e información toxicológica

<b>Síntomas</b>	Vapores, rocío o aerosoles de peróxido de hidrógeno puede causar irritación en las vías respiratorias superiores, inflamación de la nariz, ronquera, dificultad para respirar y una sensación de quemazón, opresión en el pecho. Prolongada exposición a vapores concentrados o a soluciones diluidas puede causar irritación y temporal decoloración de piel y cabello. Exposición a vapor, rocío, o aerosol puede causar ardor, dolor y lagrimeo de ojos.
-----------------	---

**Efectos inmediatos y retardados así como efectos crónicos por la exposición a corto y largo plazo.**

**Carcinogenicidad** Este producto contiene peróxido de hidrógeno. La agencia internacional para la investigación de cáncer (IARC) ha concluido que es inadecuada la evidencia para carcinogenicidad de peróxido de hidrógeno en humanos, pero limitada evidencia en animales experimentales (grupo 3-no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en humanos). La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) 'un carcinógeno confirmado en animales con desconocida relevancia en humanos' (A3).

Nombre del químico	ACGIH	IARC	NTP	OSHA
Peróxido de hidrógeno 7722-84-1	A3	3		

**Mutagenicidad** Este producto no está reconocido como mutagenico por las agencias de investigación. Pruebas In vivo no muestran efectos mutagénicos.

**Toxicidad reproductiva** Este producto no está reconocido como tóxico para la reproducción por agencias de investigación. No es tóxico a la reproducción en estudios en animales.

**Toxicidad sistémica específica del órgano blanco-Exposición única** Puede causar irritación respiratoria

**Toxicidad sistémica específica del órgano blanco -Exposición repetida** No clasificado

**Efecto en órgano blanco** Ojos, sistema respiratorio y piel.

**Riesgo de aspiración** Riesgo de aspiración: puede causar daño al pulmón si se ingiere.

## 12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

**Ecotoxicidad****Efectos ecotoxicológicos**

Peróxido de hidrógeno (7722-84-1)				
Ingrediente activo	Duración	Especies	Valor	Unidades
Peróxido de Hidrógeno	96 h LC50	Fish Pimephales promelas	16.4	mg/L
Peróxido de Hidrógeno	72 h LC50	Fish Leuciscus idus	35	mg/L
Peróxido de Hidrógeno	48 h EC50	Daphnia pulex	2.4	mg/L
Peróxido de Hidrógeno	24 h EC50	Daphnia magna	7.7	mg/L
Peróxido de Hidrógeno	72 h EC 50	Algae Skeletonema costatum	1.38	mg/L
Peróxido de Hidrógeno	21 d NOS	Daphnia magna	0.63	mg/L

**Persistencia y degradabilidad**

El peróxido de hidrógeno en ambiente acuático es sujeto a varios procesos de reducción u oxidación y se descompone en agua y oxígeno. La vida media del peróxido de hidrógeno en agua fresca esta en un rango de 8 horas a 20 días, en aire de 10 a 20 horas, y en suelos de min. a hrs. Dependiendo de su actividad microbiológica y contaminación de metales.

**Bioacumulación**

El material puede tener algún potencial bioacumulable pero probablemente se degradará en más medioambientes antes de que la acumulación pueda ocurrir.

**Movilidad**

Probablemente sea móvil en el medio ambiente debido a su solubilidad en el agua pero probablemente se degradará con el tiempo.

**Otros efectos adversos**

Se descompone en oxígeno y agua. No hay efectos adversos.

**Peróxido de Hidrógeno 50% Estándar**

**13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DEL PRODUCTO**

<b>Métodos de disposición de residuos</b>	Disponga de acuerdo con las regulaciones locales. Puede disponerse como agua residual si está en cumplimiento con regulaciones locales
<b>US EPA Número de desecho</b>	D001 D003
<b>Empaques contaminados</b>	Disponga de acuerdo con regulaciones locales Porriones- vaciarlos tan vigorosamente como sea posible, enjuague tres veces antes de disponer. Evite contaminación; las impurezas aceleran la descomposición. Nunca regrese producto al envase original.

**14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTACIÓN.**

**DOT**

<b>Número ONU</b>	UN 2014
<b>Nombre correcto de embarque</b>	Peróxido de hidrógeno, solución acuosa
<b>Clase de riesgo</b>	5.1
<b>Sub-Clase</b>	8
<b>Grupo de empaque</b>	II

**TDG**

<b>Número ONU</b>	UN 2014
<b>Nombre correcto de embarque</b>	Peróxido de hidrogeno, solución acuosa
<b>Clase de riesgo</b>	5.1
<b>Sub-Clase</b>	8
<b>Grupo de embarque</b>	II

**ICAO/IATA**

Peroxido de hidrógeno mayor de 40% es prohibido en avión de carga o de pasajero. La regulación aérea permite el embarque de peróxido de hidrógeno (<= 40%) en contenedores sin venteo en avión de carga solamente, así como para aviones de pasajeros y de carga. SIN EMBARGO, todos los contenedores de peróxido de hidrógeno son venteados y entonces, los envíos aéreos de peróxido de hidrógeno no están permitidos. Las regulaciones de IATA establecen que sustancias que contengan envases de sustancias oxidantes con venteo no son permitidas para transportación por aire.

**IMDG/IMO**

<b>Número ONU</b>	UN 2014
<b>Nombre correcto de embarque</b>	Peróxido de hidrógeno, solución acuosa
<b>Clase de riesgo</b>	5.1
<b>Sub-Clase</b>	8
<b>Grupo de empaque</b>	II

**OTRA INFORMACIÓN**

Proteja de daño físico. Mantenga los porrones en posición vertical con la tapa hacia arriba. Los porrones no deben ser estibados en tránsito. No almacene porrones en tarimas de madera.

**Peróxido de Hidrógeno 50% Estándar**

**SDS #:** 7722-84-1-50-10  
**Fecha de revisión:** 2015-05-08  
**Formato:** NA  
**Versión:** 1

**15. INFORMACIÓN REGULATORIA**

U.S. Regulaciones Federales

**SARA 313**

La sección 313 del título III del SARA de 1986. Este producto no contiene ningún químico que sea sujeto a requerimientos de reporte del Acta y Título 40 del Código de Regulaciones Federales, parte 372.

**SARA 311/312 Categorías de Riesgo**

**Riesgo agudo a la salud** Si  
**Riesgo crónico a la salud** No  
**Riesgo de fuego** Si  
**Riesgo por repentina liberación de presión** No  
**Riesgo de reactividad** No

**Ley de agua limpia**

Este producto no contiene ninguna sustancia regulada como promotor de contaminación a la ley de agua limpia (40 CFR 122.21 y 40 CFR 122.42)

**CERCLA**

Nombre químico	Sustancias peligrosas RQs	Sustancias extremadamente riesgosas RQs	SARA RQ
Peróxido de hidrógeno 7722-84-1		1000 lb	

Peróxido de hidrógeno RQ es para concentraciones mayores a 52% solamente

**Inventarios internacionales**

Compo- nente	TSCA (EUA)	DSL (Canadá)	EINECS/EL INCS (Europa)	ENCS (Japón)	China (IECSC)	KECL (Korea)	PICCS (Filipinas)	AICS (Australia)	NZloC (Nueva Zelanda)
Peroxido de hidrógeno 7722-84-1 (50)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

México-Grado Riesgo serio, Grado 3

CANADÁ

WHMIS Clase del riesgo.

- C- Materiales oxidantes
- D1B Materiales tóxicos
- E – Material corrosivo
- F – Material peligrosamente reactivo



SDS #: 7722-84-1-50-10  
 Fecha de revisión: 2015-05-08  
 Formato: NA  
 Versión: 1

**Peróxido de Hidrógeno 50% Estándar**

**16-. OTRA INFORMACIÓN**

<b>NFPA</b>	<b>RIESGO A LA SALUD 3</b>	<b>FLAMABILIDAD 0</b>	<b>REACTIVIDAD 1</b>	<b>RIESGO ESPECIAL OX</b>
<b>HMIS</b>	<b>RIESGO A LA SALUD 3</b>	<b>FLAMABILIDAD 0</b>	<b>RIESGO FISICO 1</b>	<b>PROTECCION PERSONAL H</b>

**NFPA/HMIS Clasificación de Leyendas.**

Severo= 4, Serio=3, Moderado =2, Ligerio=1, Mínimo=0  
 Riesgo especial: OX= Oxidante  
 Protección = H (Goggles de seguridad, guantes, delantal, el uso de aire suministrado o SCBA es requerido en lugar de un respirador de cartuchos para vapores)

**Código de Fuego:**

Oxidante: Clase 2- Líquido.

**Fecha de revisión:**

2015-05-08

**Nota de revisión:**

Revisión inicial

**Acrónimos**

TWA: (Time-Weighted Average) concentración promedio de exposición en una jornada de 8 horas.

STEL: (Short term exposure limit) limite de exposición a corto plazo.

NFPA: National Fire Protection Association. Asociación Nacional de Protección contra Incendios (USA).

Clasificación de riesgos creada por la NFPA para atención de emergencias.

HMIS: Hazardous Material Information System. Clasificación de riesgos creada para presentar riesgos a la salud.

PeroxyChem, considera que la información y recomendaciones presentadas aquí (incluyendo los datos, indicaciones y los enunciados) son exactos en la fecha actual. NO SE OFRECEN GARANTIAS SOBRE LA IDONEIDAD PARA CUALQUIER PROPOSITO PARTICULAR, NI GARANTIA DE COMERCIALIZACION O CUALQUIER OTRA, EXPRESA O IMPLICITA, RELATIVA A LA INFORMACIÓN BRINDADA AQUÍ. La información proporcionada aquí está relacionada solamente con el producto específico mencionado y puede no ser aplicable cuando se utilice este producto en combinación con cualquier otro material o en algún proceso. Adicionalmente, debido a que las condiciones y métodos de uso están fuera del control de PeroxyChem, rechazamos expresamente toda responsabilidad legal en relación con los resultados que se obtengan o que se deriven del uso de los productos o del uso de ésta información.

**Preparado por:**

**PeroxyChem**

© 2015 PeroxyChem. Todos los Derechos Reservados.

**Fin de la hoja de seguridad.**

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 1 / 14

1- IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	
Identificador SGA del producto:	SODA CAUSTICA LÍQUIDA
Otros medios de identificación:	No aplicable.
Uso recomendado del producto químico y restricciones:	Fabricación de celulosa, aluminio, hilados de rayón, jabón y detergentes e intermedios químicos, utilizados también por la industria siderúrgica y metalúrgica, aditivos alimentarios, mercerización de productos textiles, regeneración de resinas de intercambio iónico y corrección de pH en varios procesos industriales.
Datos sobre el proveedor:	Unipar Carbocloro S/A
Dirección:	Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 1.327 – 22º andar São Paulo/SP - Brasil
Número de teléfono:	(+55) (11) 3704-4200
Número de teléfono para emergencias:	(+55) (13) 3362-8022 (+55) 0800-118270 (PróQuímica Abiquim)

2- IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS	
Clasificación de la sustancia o mezcla:	Sustancias y mezclas corrosivas para los metales – Categoría 1 Toxicidad aguda por vía cutánea – Categoría 5 Corrosión/irritación cutáneas – Categoría 1B Lesiones oculares graves/irritación ocular – Categoría 1 Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposición única) – Categoría 3 Peligros para el medio ambiente acuático – peligro a corto plazo (agudo) – Categoría 3
Sistema de clasificación adoptado:	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), Naciones Unidas.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 2 / 14

<b>Elementos de las etiquetas del SGA</b>	
Pictogramas:	
Palabra de advertencia:	PELIGRO
Indicación o indicaciones de peligro:	<p>H290 Puede ser corrosiva para los metales.</p> <p>H313 Puede ser nocivo en contacto con la piel.</p> <p>H314 Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares.</p> <p>H335 Puede irritar las vías respiratorias.</p> <p>H402 Nocivo para los organismos acuáticos.</p>
Consejos de prudencia:	<p><b>PREVENCIÓN:</b></p> <p>P234 Conservar únicamente en el embalaje original.</p> <p>P260 No respirar nieblas y vapores.</p> <p>P261 Evitar respirar nieblas y vapores.</p> <p>P264 Lavarse las manos cuidadosamente después de la manipulación.</p> <p>P271 Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado.</p> <p>P273 No dispersar en el medio ambiente.</p> <p>P280 Usar guantes, ropa de protección, equipo de protección para los ojos o la cara.</p> <p><b>INTERVENCIÓN:</b></p> <p>P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.</p> <p>P303 + P361 + P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.</p> <p>P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.</p>

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 3 /14

	<p>P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.</p> <p>P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.</p> <p>P312 Llamar un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico si la persona se encuentra mal.</p> <p>P321 Tratamiento específico.</p> <p>P363 Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.</p> <p>P390 Absorber el vertido para prevenir daños materiales.</p> <p><b>ALMACENAMIENTO:</b></p> <p>P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente herméticamente cerrado.</p> <p>P405 Guardar bajo llave.</p> <p>P406 Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión o con revestimiento interior resistente.</p> <p><b>ELIMINACIÓN:</b></p> <p>P501 Eliminar el contenido y el recipiente conforme a la reglamentación local.</p>
Otros peligros que no conducen a una clasificación:	El producto no tiene otros peligros.

### 3- COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

#### MEZCLA

Componentes que contribuyen al peligro:		Componentes	Concentración (%)	Numero CAS
		Hidróxido de Sodio	49,0 – 51,5	1310-73-2

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 4 /14

<b>4- PRIMEROS AUXILIOS</b>	
<b>Vía de exposición</b>	
Inhalación:	Llevar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. Si se siente mal, llame a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o un médico. Lleve esta FDS.
Contacto con la piel:	Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua y ducharse. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico. Lleve esta FDS.
Contacto con los ojos:	Enjuague bien con agua durante varios minutos. En caso de lentes de contacto, quitarlas, si es fácil. Continúe enjuagando. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico. Lleve esta FDS.
Ingestión:	No inducir el vómito. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuagar la boca de la víctima con agua en abundancia. Si ocurre vómito espontáneo, proporcione agua adicional y mantenga a la víctima en aire fresco. Si no se siente bien, llame a un CENTRO DE TOXICOLÓGÍA o un médico. Lleve esta FDS.
Síntomas/efectos más importantes, agudos o retardados:	Puede ser nocivo en contacto con la piel. Provoca graves quemaduras en la piel con ampollas, descamación y dolor, y lesiones oculares con ardor, lagrimeo y dolor. Puede causar irritación respiratoria con tos y estornudos.
Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial:	Evite contacto con el producto para socorrer a la víctima. Si es necesario, el tratamiento sintomático debe incluir principalmente medidas de apoyo tales como la corrección de las alteraciones electrolíticas, metabólicas y cuidados respiratorios. En caso de contacto con la piel no frotar la zona afectada.

<b>5- MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>	
Medios de extinción:	Apropiados: Compatible con polvo químico, dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) y niebla de agua. No apropiados: Chorro de agua directamente.



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 5 /14

Peligros específicos del producto químico:	El producto no es inflamable. La combustión del producto químico o recipientes pueden formar gases y humos tóxicos e irritantes, tales como monóxido de carbono y dióxido de carbono.
Medidas especiales que deben tomar los equipos de lucha contra incendios:	Equipo de protección respiratoria tipo autónomo (SCBA) con presión positiva y ropa de protección completa. Rociar con agua los recipientes implicados en el incendio para mantenerlos fríos.

### 6- MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

#### Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia:	Aislar preventivamente las fuentes de ignición. Evacuar el área dentro de un radio de al menos 50 metros. Mantenga a las personas no autorizadas fuera de la zona. Detenga la fuga si puede hacerlo sin riesgo. No fume. No toque en los recipientes dañados o material derramado sin el uso de ropa adecuada. Evite la exposición al producto. No exponerse a la sustancia sin utilizar equipo de protección personal recomendado en la sección 8.
Para el personal de los servicios de emergencia:	Use equipo completo de protección con gafas de seguridad contra salpicaduras, guantes de seguridad, delantal de PVC, vestimenta de protección anti-ácido (PVC u otro material equivalente), botas de PVC. El material utilizado debe ser impermeable. En caso de fuga, donde la exposición es grande, se recomienda el uso de máscara de protección respiratoria (semifacial) con un filtro contra vapores y nieblas o una máscara facial completa con una línea de aire o un aparato de respiración autónomo.
Precauciones relativas al medio ambiente	Evitar que el material derramado llegue a los cursos de agua o sistemas de alcantarillados.
Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos	No permita que entre agua en los recipientes. Use barreras naturales o de contención de derrames. Recoger el producto derramado y colocar en contenedores apropiados. Se adsorbe el producto restante con arena seca, tierra, vermiculita u otro material inerte. Coloque el material adsorbido en los contenedores apropiados y trasladarlos a un lugar seguro. Para su eliminación, proceda de acuerdo con la Sección 13 de esta FDS.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 6 /14

<b>7- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>Precauciones que se deben tomar para garantizar una manipulación segura</b>	
Precauciones para una manipulación segura de la sustancia o mezcla:	Úselo en un área bien ventilada o con el sistema de la ventilación/escape local. Evitar la formación de vapores y nieblas. Evite la exposición al producto. Evite el contacto con materiales incompatibles. Use el equipo de protección personal como se describe en la Sección 8.
Higiene en general:	Lavarse las manos y la cara completamente después de manipular y antes de comer, beber, fumar o ir al baño. La ropa contaminada debe cambiarse y lavarse antes de volver a usarla. Quite la ropa contaminada y el equipo de protección antes de entrar en áreas de alimentación.
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibilidades</b>	
Prevención de incendio y atmósferas explosivas:	No se espera que el producto presente un riesgo de incendio o explosión.
Condiciones adecuadas:	Almacenar en un lugar bien ventilado, lejos de la luz solar. Mantenga el recipiente cerrado. Mantener almacenado a temperatura ambiente. No es necesario añadir estabilizantes y antioxidantes para asegurar la durabilidad del producto. Este producto puede reaccionar peligrosamente con algunos materiales incompatibles como se describe en la Sección 10.
Materiales de embalaje:	Recomendado: Tanques de acero al carbono o acero inoxidable, horizontal o vertical, cuando su temperatura es inferior a 60°C. No se recomienda: Metales (aluminio, zinc, estaño y sus aleaciones).

<b>8- CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL</b>			
<b>Parámetros de control</b>			
Límite(s) de exposición ocupacional:		<b>Nombre químico o común</b>	<b>TLV – C (ACGIH, 2016)</b>
		Hidróxido de Sodio	2 mg/m <sup>3</sup>

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 7 / 14

Límite biológicos:	No establecidos.
Otros límites y valores	IDLH (NIOSH, 2010): 10 mg/m <sup>3</sup>
Controles técnicos apropiados:	Promover la ventilación mecánica directa y el sistema de escape al ambiente exterior. Estas medidas ayudan a reducir la exposición al producto. Mantener las concentraciones de aire por debajo de las normas de exposición ocupacionales.
<b>Medidas de protección individual, como equipo de protección personal (EPP)</b>	
Protección de los ojos/la cara:	Gafas de seguridad contra salpicaduras.
Protección de la piel:	Guantes de seguridad, delantal de PVC o de caucho, ropa anti-ácido protectora (PVC u otro material equivalente), botas de caucho o PVC. El material utilizado debe ser impermeable.
Protección de las vías respiratorias:	En caso de fuga, donde la exposición es grande, se recomienda el uso de máscara de protección respiratoria (semifacial) con un filtro contra vapores y nieblas o una máscara facial completa con una línea de aire o un aparato de respiración autónomo.
Peligros térmicos	No es necesario utilizar EPP específicos, ya que el producto no presenta peligros térmicos.

### 9- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico:	Líquido.
Color:	Transparente a turba blanquecina.
Olor:	Inodoro.
Punto de fusión/punto de congelación:	No disponible (Ausencia de información).
Punto de ebullición o punto de ebullición inicial e intervalo de ebullición:	140°C (Información sobre la solución de NaOH al 50% en peso)
Inflamabilidad:	No aplicable.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 8 /14

Límites inferior y superior de explosión/inflamabilidad:	No disponible (Ausencia de información).
Punto de inflamación:	No disponible (Ausencia de información).
Temperatura de ignición espontánea:	No disponible (Ausencia de información).
Temperatura de descomposición:	No disponible (Ausencia de información).
pH:	14,0 (solución al 0,5%)
Viscosidad cinemática:	No disponible (Ausencia de información).
Solubilidad:	Miscible con agua. Soluble en alcoholes (etanol, metanol y glicerol). Insoluble en acetona y éter.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (valor logarítmico):	No disponible (Ausencia de información).
Presión de vapor:	13 mmHg a 60°C (Información relativa a la solución de NaOH al 50% en peso)
Densidad y/o densidad relativa:	1,5280 g/cm <sup>3</sup> - 1,5506 g/cm <sup>3</sup> a 15,5°C (el intervalo es igual a una concentración de alcalinidad total entre 49% y 51% de NaOH)
Densidad de vapor relativa:	No disponible (Ausencia de información).
Características de las partículas:	No aplicable.
Otras informaciones:	No aplicable.

### 10- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Reactividad:	No se espera reactividad en condiciones normales de temperatura y presión.
Estabilidad química:	Producto es estable en condiciones normales de temperatura y presión.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 9 /14

Posibilidad de reacciones peligrosas:	Reacciona violentamente con ácidos, aldehídos, metales y otros productos orgánicos. Reacciona con aluminio, zinc, estaño y cobre, que pueden causar la corrosión y la generación de hidrógeno, que pueden formar mezclas explosivas con el aire. Posibilidad de reacción exotérmica cuando se diluye en agua, alcohol y glicerol.
Condiciones que deben evitarse:	Temperaturas elevadas y el contacto con materiales incompatibles.
Materiales incompatibles:	Aluminio, zinc, estaño, cobre, ácidos, aldehídos, productos orgánicos y agua.
Productos de descomposición peligrosos:	No son conocidos materiales productos de descomposición peligrosos.

### 11- INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda:	Puede ser nocivo en contacto con la piel. Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación por vía oral e inhalatoria. ETAmézcla (Estimación de la Toxicidad Aguda) ETAmézcla (cutánea): 2621,359 mg/kg Información relativa al: <u>- Hidróxido de Sodio:</u> DL <sub>50</sub> (cutánea, ratas): 1350 mg/kg
Corrosión/irritación cutáneas:	Provoca quemaduras graves en la piel con ampollas, descamación y dolor.
Lesiones oculares graves /irritación ocular:	Provoca lesiones oculares con ardor, lagrimeo y dolor.
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.
Mutagenicidad en células germinales:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 10 /14

Carcinogenicidad:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.
Toxicidad para la reproducción:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposición única:	Puede causar irritación respiratoria con tos y estornudos. La ingestión del producto en dosis altas puede causar perforaciones en los tejidos de la boca, garganta, esófago y estómago.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposiciones repetidas:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.
Peligro por aspiración:	Basándose en los datos disponibles, no cumple los criterios de clasificación.

### 12- INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Toxicidad:	Nocivo para los organismos acuáticos. Información relativa al: <u>- Hidróxido de Sodio:</u> CE <sub>50</sub> ( <i>Ceriodaphnia dubia</i> , 48h): 40,38 mg/L
Persistencia y degradabilidad:	Debido a la ausencia de datos, se espera que el producto presente persistencia y no sea rápidamente degradable.
Potencial de bioacumulación:	Debido a la ausencia de datos, no se espera que el producto presente potencial bioacumulativo en los organismos acuáticos.
Movilidad en el suelo:	No determinada.
Otros efectos adversos:	Debido al carácter básico del producto, puede causar cambios en los compartimentos ambientales, causando daños a los organismos.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente  
Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos  
Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 11 /14

<b>13- INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS</b>	
<b>Métodos de eliminación</b>	
<p>Debe eliminarse como residuo peligroso de acuerdo con las regulaciones locales. El tratamiento y eliminación deberán ser evaluadas específicamente para cada producto. Mantenga el resto del producto en su envase original y debidamente cerradas. La eliminación debe realizarse según lo previsto para el producto. No reutilizar los envases vacíos. Ellos pueden contener restos del producto y debe ser cerrado y enviado para su disposición apropiada como se requiere para el producto.</p>	

<b>14- INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE</b>	
<b>Reglamentaciones internacionales</b>	
<b>Carretera:</b>	ONU – Organización de las Naciones Unidas Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas. Reglamentación Modelo.
Número ONU:	1824
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	HIDRÓXIDO SÓDICO EN SOLUCIÓN
Clase(s) relativas al transporte:	8
Grupo de embalaje:	II
<b>Ferrocarril:</b>	<i>Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF) Appendix C - Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail - RID</i>
Número ONU:	1824
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	SODIUM HYDROXIDE SOLUTION

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente  
Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos  
Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 12 /14

Clase(s) relativas al transporte:	8
Grupo de embalaje:	II
<b>Mar:</b>	<i>IMO – International Maritime Organization International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)</i>
Número ONU:	1824
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	SODIUM HYDROXIDE SOLUTION
Clase(s) relativas al transporte:	8
Grupo de embalaje:	II
Contaminante marino:	El producto no se considera un contaminante marino.
EmS:	F-A, S-B
<b>Aire:</b>	<i>IATA - International Air Transport Association Dangerous Goods Regulation (DGR)</i>
Número ONU:	1824
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	SODIUM HYDROXIDE SOLUTION
Clase(s) relativas al transporte:	8
Grupo de embalaje:	II
Riesgos ambientales:	El producto no se considera peligroso para el medio ambiente.
Precauciones especiales:	No hay necesidad de precauciones especiales.

**FDS**

En conformidad con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) – Capítulo 1.5 y Anexo 4

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 13 /14

<p>Transporte a granel con arreglo al Convenio MARPOL 73/78, Anexo II, y del Código IBC:</p>	<p>Reglamentaciones consultadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>International Maritime Organization. MARPOL: Articles, protocols, annexes, unified interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, consolidated edition. IMO, London, 2006.</i></li> <li>- <i>International Maritime Organization. IBC code: International code for the construction and equipment of shipping carrying dangerous chemicals in bulk: With Standards and guidelines relevant to the code. IMO, London, 2007.</i></li> </ul>
--	---

### 15- INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

*Convention concerning Safety in the use of Chemicals at Work (Convention 170) - International Labour Organization, 1990.*

### 16- OTRAS INFORMACIONES

Esta FDS ha sido elaborada sobre la base de los conocimientos actuales sobre el manejo adecuado del producto y en condiciones normales de uso, en conformidad con la aplicación especificada en el envase. Cualquier otro uso del producto que implica su combinación con otros materiales, y el uso de diversas formas de las que se indican, son responsabilidad del usuario. Advierte de que el manejo de cualquier sustancia química requiere el conocimiento previo de sus peligros para el usuario. En el lugar de trabajo es para el producto de la empresa usuaria promueve la formación de sus empleados acerca de los posibles riesgos derivados de la exposición a la sustancia química.

FDS elaborada en Julio, 2017.

#### Control de cambios:

Versión	Fecha de publicación	Cambios
00	26/07/2017	Elaboración



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

**Producto: SODA CAUSTICA LÍQUIDA**

Revisión: 00

Fecha: 26/07/2017

Página: 14 /14

**Abreviaturas:****ACGIH** - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists***CAS** - *Chemical Abstracts Service***C** - *Ceiling***CE<sub>50</sub>** - *Concentración efectiva 50%***DL<sub>50</sub>** - *Dosis letal 50%***IDLH** - *Immediately Dangerous to Life or Health***NA** - *No aplicable***NIOSH** - *National Institute of Occupational Safety and Health***PVC** - *Policloruro de vinilo***SCBA** - *Self-Contained Breathing Apparatus***TLV** - *Threshold Limit Value***Referencias bibliográficas:**

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIALS HYGIENISTS. TLVs® and BEIs®: Baseados na “Documentação” dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs®). Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo, 2016.

NIOSH - NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL AND SAFETY. International Chemical Safety Cards. Disponible en: <<http://www.cdc.gov/niosh/>>. Acceso en: julio 2017.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). 6. Rev. Ed. Nueva York: Naciones Unidas, 2015.

UNIPAR CARBOCLORO S/A. FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: SODA CÁUSTICA Líquida. Revisión 13. Brasil. Julio, 2017.

## **ANEXO IV**

### **PLANCHAS DEL ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS - APP**

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Patio de Madera							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
1	Ignición en la pila de astillas o de biomasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de ignición externa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendio;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Daños materiales;</li> <li>Alteración de la calidad del aire;</li> <li>Efluentes líquidos de control de incendio.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>La zona estará dotada de un sistema de extinción de incendios.</li> <li>El fuego será controlado adecuadamente dentro del área del Patio de Madeira.</li> </ul>
2	Fuga de aceite de las unidades hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura del sistema de aceite hidráulico, debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impacto mecánico,</li> <li>✓ Falla mecánica.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio en la calidad del suelo y las aguas subterráneas;</li> <li>Cambio en la calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las zonas de las unidades hidráulicas estarán provistas de muros de contención</li> <li>Proporcionar sistemas de protección contra la contaminación del agua de lluvia</li> </ul>
3	Fuga de percolado de la pila de astillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura del suelo de la zona de almacenamiento o del sistema de contención</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio en la calidad del suelo, las aguas subterráneas o las aguas superficiales.</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>El drenaje de la pila debe ser enviado al sistema de tratamiento de efluentes;</li> <li>Instalación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas;</li> <li>Inspección visual frecuente de la zona, lo que permitirá tomar medidas correctivas rápidas, minimizando el impacto en caso de rotura del suelo.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Cocción, Depuración y Deslignificación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
4	Ignición en la pila de astillas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de ignición externa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendio;</li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Daños materiales;</li> <li>• Alteración de calidad del aire.</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Será instalado sistema de control de incendio.</li> </ul>
5	Derrame del licor (blanco y/o negro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Falla mecánica;</li> <li>✓ Falla operacional;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o falla de componentes (válvula, bomba, tanque).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Alteración de calidad del suelo y aguas subterráneas;</li> <li>• Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El área estará rodeada por un muro de contención;</li> <li>• El equipo y las líneas con licor serán de acero inoxidable.</li> </ul>
6	Fuga de pulpa de celulosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Falla mecánica;</li> <li>✓ Falla operacional;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o falla de componentes (válvula, bomba, tanque).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El área estará rodeada por un muro de contención.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Cocción, Depuración y Deslignificación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
7	Fuga (emisiones fugitivas) de gases concentrados no condensables (GNCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Falla mecánica;</li> <li>✓ Falla operacional;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o falla de componentes (válvula, bomba, tanque).</li> <li>• Falla de ajustes de proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Alteración de calidad del aire.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las fuentes generadoras de GNCC estarán provistas de un sistema de seguridad compuesto de pararrayos y discos de ruptura para la protección contra explosiones y emisiones accidentales a la atmósfera;</li> <li>• Las tuberías de los discos de ruptura estarán provistas de un sensor de presión, de modo que en caso de ruptura del disco, se produzca inmediatamente el cierre de la válvula ON-OFF bloqueando las fuentes y evitando la emisión de GNCC a la atmósfera;</li> <li>• Cada fuente tendrá la emisión de GNCC monitoreada (flujo, temperatura y presión);</li> <li>• Las líneas de recolección del GNCC serán individualizadas para un mejor control operacional;</li> <li>• Los gases no condensables serán recogidos e incinerados en la caldera de recuperación;</li> <li>• Las emisiones fugitivas tienen un bajo flujo, lo que limita su dispersión por el sitio.</li> </ul>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Cocción, Depuración y Deslignificación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
8	Explosión del digestor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrepresión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bola de fuego;</li> <li>Daños materiales;</li> <li>Cambio en la calidad del aire y del suelo.</li> </ul>	B	II	D	<p>El diseño y el funcionamiento del Digestor se basan en los más estrictos criterios de seguridad para prevenir accidentes y explosiones, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alto nivel de instrumentación para permitir la vigilancia de todas las variables del proceso;</li> <li>Mantenimiento preventivo de la protección contra la corrosión de las paredes del digestor en las ocasiones de las paradas generales;</li> <li>Redundancia en los enclavamientos en puntos críticos de seguridad y proceso;</li> <li>Además, tanto el proceso de operación como la fase de preparación del proyecto se basan en el pleno cumplimiento de los requisitos de seguridad impuestos por la Norma Reguladora n.-13: Calderas y recipientes a presión (NR-13).</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  <b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  <b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Blanqueamiento							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
9	Fuga de dióxido de cloro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Alteración de calidad del suelo y aguas subterráneas;</li> <li>• Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona tendrá muros de contención a su alrededor, y aún así, habrá canaletas cerradas con un sistema de recolección de gas, que se enviará a una lavadora de gas;</li> <li>• El equipo con el dióxido de cloro será de titanio.</li> </ul>
10	Fuga de productos químicos (ácido sulfúrico, hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Alteración de calidad del suelo y aguas subterráneas;</li> <li>• Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El área estará rodeada por un muro de contención.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Máquina de Secado y Empaquetamiento							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
11	Fugas de pulpa de las torres de pulpa blanqueada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accidente personal;</li> <li>Pérdida de producto;</li> <li>Alteración de calidad del suelo;</li> <li>Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>El área de almacenamiento estará rodeada por un muro de contención.</li> </ul>
12	Fuga de aceite de las unidades hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura del sistema de aceite hidráulico, debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impacto mecánico,</li> <li>✓ Falla mecánica.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración de calidad del suelo y aguas subterráneas;</li> <li>Alteración de calidad de las aguas superficiales.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las zonas de las unidades hidráulicas estarán provistas de muros de contención</li> </ul>
13	Ignición de los fardos de celulosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de ignición externa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendio;</li> <li>Daños materiales;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Cambio de calidad del aire.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>La zona de almacenamiento de fardos de celulosa contará con un sistema de extinción de incendios;</li> <li>El fuego será controlado adecuadamente dentro del área y no habrá propagación.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Planta de Evaporación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
14	Fuga (emisiones fugitivas) de gases concentrados no condensables (GNCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla de ajustes de proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración de calidad del aire.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las fuentes generadoras de GNCC estarán provistas de un sistema de seguridad compuesto de pararrayos y discos de ruptura para la protección contra explosiones y emisiones accidentales a la atmósfera;</li> <li>Las tuberías de los discos de ruptura estarán provistas de un sensor de presión, de modo que en caso de ruptura del disco, se produzca inmediatamente el cierre de la válvula ON-OFF bloqueando las fuentes y evitando la emisión de GNCC a la atmósfera;</li> <li>Cada fuente tendrá la emisión de GNCC monitoreada (flujo, temperatura y presión);</li> <li>Las líneas de recolección del GNCC serán individualizadas para un mejor control operacional;</li> <li>Los gases no condensables serán recogidos e incinerados en la caldera de recuperación;</li> <li>Las emisiones fugitivas tienen un bajo flujo, lo que limita su dispersión por el sitio.</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente</p> <p><b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica</p> <p><b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Planta da Evaporación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
15	Fuga de licor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas del producto;</li> <li>Accidente personal.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las áreas de recuperación química tendrán paredes de contención a su alrededor.</li> </ul>
16	Fuga del condensado contaminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de productos;</li> <li>Alteración de la calidad del Aire;</li> <li>Accidente personal.</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>El área de evaporación tendrá un muro de contención a su alrededor;</li> <li>Implementación de alarmas de alto y muy alto nivel con enclavamiento de parada y desviación de corrientes de condensado;</li> <li>Implantación de redundancia (seguridad adicional) de enclavamiento para alto nivel en paralelo con el interruptor de nivel.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Planta de Evaporación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
17	Fuga del condensado poco o no contaminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, tanque)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de productos;</li> <li>• Alteración de calidad del aire;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas de recuperación química tendrán paredes de contención a su alrededor.</li> </ul>
18	Fuga de gas no condensable concentrado (GNCC) después del condensador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo del componente (válvula).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de chorros tóxicos;</li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	III	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los gases concentrados no condensables (GNC) se recogerán e incinerarán en la caldera de recuperación.</li> </ul>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Planta de Evaporación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
19	Fuga de metanol de proceso a los puntos de incineración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formación de un charco con posibilidad de causar una ignición:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuego en el charco;</li> <li>✓ Flashfire;</li> <li>✓ Explosión.</li> </ul> </li> <li>Accidente personal;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>La tubería puede estar envuelta;</li> <li>La zona estará dotada de muros de contención.</li> </ul>
20	Explosión del tanque de almacenamiento de metanol de proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caída de rayo sobre el tanque de almacenamiento;</li> <li>Fallas operacionales en los servicios de mantenimiento (soldadura);</li> <li>Fallo en el sistema de inertización del tanque de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explosión;</li> <li>Daños materiales;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>El tanque estará provisto de SPDA (Sistema de Protección de Descarga Atmosférica);</li> <li>La ejecución de los servicios de soldadura tendrá que ser ejecutada por profesionales altamente calificados. Se requerirá una orden escrita para la realización de trabajos de soldadura en puntos de riesgo;</li> <li>La inertización del tanque deberá ser monitoreada ininterrumpidamente hasta el final del mantenimiento</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caldera de Recuperación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
21	Explosión de la caldera de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la tubería; debido a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo.</li> </ul> </li> <li>• Inyección de licor débil (contiene mucha agua);</li> <li>• El agua se arrastra con los gases;</li> <li>• Fallo del sistema de protección de la caldera de recuperación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños materiales;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	B	III	Mn	<p>El diseño y el funcionamiento de la caldera de recuperación se basan en los más estrictos criterios de seguridad para evitar accidentes y explosiones, que se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro de agua alternativo a través de una bomba impulsada por turbina;</li> <li>• Sistema de alimentación de licor negro con refractómetros redundantes para medir la humedad del combustible;</li> <li>• Esparcidores de smelt;</li> <li>• Depósito de agua de emergencia situado en la caldera para garantizar la refrigeración de las boquillas en caso de que se produzca un fallo de alimentación en la planta;</li> <li>• Tanque de disolución provisto de un sistema de alivio (amortiguador de emergencia) para aliviar la eventual sobrepresión;</li> <li>• Sistema de drenaje de emergencia dedicado totalmente independiente del sistema de control principal (DCS);</li> <li>• Aplicación de materiales especiales en áreas críticas del horno, como curvas, conductos de ventilación, esquinas;</li> <li>• Aplicación de materiales especiales en áreas críticas en los supercalentadores;</li> <li>• Adopción de un sistema de purga de cloruro y potasio para mantener las concentraciones en el licor negro a niveles que aseguren una baja corrosividad;</li> <li>• BMS (Burner Management Systems) independiente del SDCD configurado en un PLC dedicado con redundancia;</li> <li>• Alto nivel de instrumentación para la vigilancia de todas las variables del proceso;</li> <li>• Redundancia en los enclavamientos críticos de seguridad.</li> </ul> <p>Además de los criterios de diseño mencionados, el proyecto de la caldera de recuperación seguirá todas las recomendaciones del Comité Consultivo de la Caldera de Recuperación de Licor Negro, entidad estadounidense constituida en 1961 que establece procedimientos y recomendaciones para aumentar la seguridad de las calderas de recuperación, desde su concepción y diseño hasta su funcionamiento y mantenimiento.</p> <p>La repentina expansión del agua producirá un aumento de la presión que deformará la estructura de la caldera, pero sin causar una explosión. Este tipo de incidente, considerando que el horno funcionará básicamente a presión atmosférica hay un alivio al mismo tiempo que produce graves daños a la caldera, pero sin causar una explosión. Habrá un borde de la caldera llamado "esquina de la cremallera", en el que se producirá una ruptura y el consiguiente alivio de la presión se producirá debido a la mayor fragilidad de esta parte.</p>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caldera de Recuperación							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
22	Explosión del precipitador electrostático	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de monóxido de carbono debido a un fallo en el proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales;</li> <li>Accidente personal.</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los conductos con gases que irán al precipitador tendrán un detector de monóxido de carbono que, en caso de su presencia, apagará automática e instantáneamente el precipitador, es decir, el sistema estará enclavado.</li> </ul>
23	Explosión del tanque de disolución	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo operacional que causa la obstrucción de la boquilla;</li> <li>Fallo del sistema de protección del tanque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Alteración de calidad del aire.</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>El diseño, el funcionamiento y los requisitos de seguridad del tanque de disolución siguen las recomendaciones del Comité de Calderas de Recuperación de Licor Negro;</li> <li>El proyecto proporciona una cámara de televisión para vigilar el flujo de producto en las boquillas; en caso de explosión, el sitio se restringe al área de la caldera de recuperación, es decir, está confinado;</li> <li>Las premisas adoptadas en el peligro de explosión de la caldera (expansión del agua) son válidas también en este caso.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caustificación y Hornos de Cal							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
24	Fuga de aceite en la alimentación del hornos de cal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea o los tanques debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo del componente (válvula).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de un charco con posibilidad de ignición;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona estará dotada de muros de contención;</li> <li>• El sistema de instrumentación / automatización puede estar provisto de enclavamiento en caso de cambio de los parámetros de funcionamiento (presión, temperatura, presión).</li> </ul>
25	Fuga de metanol en la alimentación del hornos de cal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea o los tanques debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo del componente (válvula).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de un charco con posibilidad de causar una ignición:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuego en el charco;</li> <li>✓ Flashfire;</li> <li>✓ Explosión.</li> <li>✓ Cambio en la calidad del aire.</li> </ul> </li> </ul>	<b>D</b>	<b>III</b>	<b>S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona estará dotada de muros de contención;</li> <li>• Implantación de sistemas de señalización en los puntos más susceptibles a los impactos;</li> <li>• El sistema de instrumentación/ automatización estará provisto de un sistema de enclavamiento en caso de que se produzcan cambios en los parámetros de funcionamiento (presión, temperatura, flujo).</li> </ul>
26	Explosión del precipitador electrostático (Hornos de cal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de monóxido de carbono debido a un fallo en el proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños materiales localizados;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	<b>B</b>	<b>II</b>	<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los conductos con gases que irán al precipitador tendrán un detector de monóxido de carbono que, en caso de su presencia, apagará automática e instantáneamente el precipitador, es decir, el sistema se enclavará</li> </ul>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caustificación y Hornos de Cal							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
27	Fuga de licor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea o los tanques debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas de recuperación química tendrán paredes de contención a su alrededor.</li> </ul>
28	Fuga de condensado contaminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea o los tanques debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>II</b>	<b>M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas de recuperación química tendrán paredes de contención a su alrededor.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caldera de Biomasa							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
29	Ignición en el silo de biomasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de ignición externa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incendio</li> <li>Accidente personal</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>El silo de biomasa está provisto de un sistema de extinción de incendios;</li> <li>El fuego será controlado adecuadamente dentro del área de la caldera de biomasa.</li> </ul>
30	Explosión de la caldera de biomasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la tubería;</li> <li>Fallo del sistema de protección de la caldera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales</li> <li>Accidente personal</li> </ul>	B	III	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>El diseño y el funcionamiento de la caldera de biomasa se basan en los más estrictos criterios de seguridad para evitar accidentes y explosiones, que se describen a continuación:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sistema de control de alimentación de biomasa altamente automatizado e instrumentado con escala online de combustible para una combustión estable y segura;</li> <li>✓ Adopción de la alimentación de biomasa a través de válvulas rotativas para evitar el retorno de la llama a los silos de almacenamiento;</li> <li>✓ Horno con revestimiento refractario para evitar la erosión de las tuberías de agua en las zonas de turbulencia;</li> <li>✓ Aplicación de materiales especiales en zonas críticas en los recalentadores secundarios (zonas más calientes) y terciarios (completos);</li> <li>✓ BMS (<i>Burner Management Systems</i>) independiente del SDCD configurado en un PLC dedicado con redundancia;</li> <li>✓ Alto nivel de instrumentación para permitir la vigilancia de las variables del proceso;</li> <li>✓ Redundancia en los enclavamientos críticos de seguridad.</li> </ul> </li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Caldera de Biomasa							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
31	Explosión del precipitador electrostático	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de monóxido de carbono debido a un fallo en el proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales localizados</li> <li>Accidente personal</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los conductos con gases que irán al precipitador tendrán un detector de monóxido de carbono que, en caso de su presencia, apagará automática e instantáneamente el precipitador, es decir, el sistema se enclavará</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  <b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  <b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Utilidades – PTA, PTAC e PTE							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
32	Fuga de productos químicos en PTA, PTE y PTAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o fallo del componente (válvula).</li> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Cambio de calidad del suelo.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las zonas de descarga y almacenamiento de productos químicos tendrán sistemas de contención</li> </ul>
33	Fuga de piletas y tanques en el PTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto mecánico;</li> <li>• Ruptura o perforación de la camada impermeabilizante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de calidad del suelo y agua subterráneas</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando corresponda, los tanques se construirán en hormigón. Si se excavan, tendrán protección con arcilla compactada y membrana de HDPE, además de contar con un sistema de detección de fugas</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Almacenamiento de Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
34	Fuga de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> desde el recibo del camión hasta el consumo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura de la manguera;</li> <li>Desconexión de la manguera;</li> <li>Ruptura o fallo de los componentes (válvula, bomba);</li> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de producto;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Cambio en la calidad del suelo.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>La descarga del producto del camión se llevará a cabo en una zona de contención, y los eventuales efluentes se enviarán para su tratamiento;</li> <li>El equipo y las líneas con ácido sulfúrico serán de acero inoxidable.</li> </ul>
35	Formación de productos no deseados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envío de ácido sulfúrico a otro tanque químico debido a una falla operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para el tanque de hidróxido de sodio: aumento de la presión en el tanque con posibilidad de ruptura de este;</li> <li>Para el tanque de peróxido de hidrógeno: posibilidad de ruptura del tanque.</li> </ul>	A	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>La descarga de ácido sulfúrico será llevada a cabo por personal debidamente capacitado, con verificación del tipo de producto transportado en comparación con el depósito de destino;</li> <li>Se debe comprobar el programa diario de entrega de productos. Ningún producto fuera de esta lista diaria será recibido / descargado;</li> <li>La densidad y la composición del producto serán controladas antes de la descarga.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Almacenamiento de Bisulfito de Sodio (NaHSO <sub>3</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
36	Fuga de la solución de NaHSO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la manguera;</li> <li>• Desconexión de la manguera;</li> <li>• Ruptura o fallo de los componentes (válvula, bomba);</li> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento de SO<sub>2</sub> a pequeña escala;</li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Cambio en la calidad del suelo.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las zonas de preparación y almacenamiento tienen contención.</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente</p> <p><b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica</p> <p><b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Almacenamiento de Metanol							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
37	Fuga de metanol de la recepción a la planta de dióxido de cloro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la manguera;</li> <li>• Desconexión de la manguera;</li> <li>• Ruptura o fallo de los componentes (válvula, bomba);</li> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de un charco con posibilidad de causar una ignición:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuego en el charco;</li> <li>✓ Flashfire;</li> <li>✓ Explosión.</li> </ul> </li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	III	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La descarga del producto del camión se realiza en una zona de contención, y los eventuales efluentes se envían a tratamiento.</li> </ul>
38	Ignición de la fase de vapor de metanol en el tanque de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de rayo sobre el tanque de almacenamiento;</li> <li>• Fallas operacionales en los servicios de mantenimiento (soldadura);</li> <li>• Fallo en el sistema de inertización del tanque de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosión;</li> <li>• Daños materiales;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque debe estar provisto de SPDA (Sistema de Protección de Descarga Atmosférica);</li> <li>• Los servicios de soldadura deben ser realizados por profesionales altamente calificados. Se requerirá una orden especial (escrita) para realizar trabajos de soldadura en puntos de riesgo;</li> <li>• La inertización del tanque debe ser monitoreada ininterrumpidamente hasta el final del mantenimiento</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
39	Fuga de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> desde la recepción hasta el consumo en la línea de fibra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura de la manguera;</li> <li>Desconexión de la manguera;</li> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de producto;</li> <li>Accidente personal;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>La descarga del producto del camión se lleva a cabo en una zona de contención, y los eventuales efluentes se envían a tratamiento.</li> <li>El tanque de almacenamiento de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> estará provisto de muros de contención.</li> </ul>
40	Descomposición del H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentamiento del producto (por fuego externo);</li> <li>Devolución del producto debido a un fallo operacional;</li> <li>Fallo en la instrumentación;</li> <li>Presencia de contaminante en el agua de dilución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posibilidad de explosión del tanque;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se instalará un sistema de doble cierre y un medidor de flujo que indica el flujo inverso.</li> <li>Medir la conductividad del agua que se utilizará en la dilución de peróxido de hidrógeno.</li> </ul>
41	Explosión del tanque de almacenamiento de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del producto;</li> <li>Calentamiento del producto (fuego externo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales;</li> <li>Cambio de calidad del aire.</li> </ul>	B	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema de instrumentación/ automatización puede ser enclavado en caso de que se produzcan cambios en los parámetros de funcionamiento (presión, temperatura, caudal)</li> <li>Los tanques de almacenamiento deben tener un sistema de alivio de presión, con indicación de alarma en caso de alta presión.</li> </ul>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
42	Formación de productos no deseados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envío del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a otro tanque químico debido a un fallo operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para el tanque de hidróxido de sodio: aumento de la presión en el tanque con posibilidad de explosión;</li> <li>En el caso de un tanque de ácido sulfúrico: posibilidad de ruptura del tanque.</li> </ul>	A	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>La descarga de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> será realizada por personal debidamente capacitado, con verificación del tipo de producto transportado frente al tanque de destino;</li> <li>Se comprobará el programa diario de entrega de productos. Ningún producto fuera de esta lista diaria será recibido / descargado;</li> <li>La densidad y la composición del producto serán controladas antes de la descarga.</li> <li>El olor será controlado en la descarga del producto.</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente</p> <p><b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica</p> <p><b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Almacenamiento de Hidróxido de Sodio (NaOH)							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
43	Fuga de NaOH de la recepción del camión a la bomba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la manguera;</li> <li>• Desconexión de la manguera;</li> <li>• Ruptura o fallo de los componentes (válvula, bomba);</li> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La descarga del producto del camión se realizará en una zona de contención, y los eventuales efluentes se enviarán para su tratamiento.</li> </ul>
44	Formación de productos no deseados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envío de hidróxido de sodio a un tanque de otro producto químico debido a un fallo operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el tanque de peróxido de hidrógeno: explosión o ruptura del tanque;</li> <li>• Para el tanque de ácido sulfúrico: posibilidad de ruptura del tanque.</li> </ul>	A	II	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La descarga de hidróxido de sodio debe ser realizada por una persona debidamente capacitada, con verificación del tipo de producto transportado en comparación con el depósito de destino;</li> <li>• Debe comprobarse el programa diario de entrega de productos. No se recibirá/descargará ningún producto fuera de esta lista diaria;</li> <li>• La densidad y la composición del producto serán controladas antes de la descarga.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Almacenamiento de clorato de sodio (NaClO <sub>3</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
45	Fuga de la solución de NaClO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba);</li> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de producto;</li> <li>• Accidente personal;</li> <li>• Cambio en la calidad del suelo.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La zona deberá ser dotada de un sistema de contención de fugas.</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  <b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  <b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Dióxido de Cloro							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
46	Apertura de la cubierta de alivio del reactor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrepresión en el reactor debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descomposición fuerte o violenta en el reactor debido a la pérdida de vacío;</li> <li>✓ Sobredosis de peróxido de hidrógeno/metanol con vacío en el reactor;</li> <li>✓ Presencia de contaminantes en la materia prima o en el agua.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeña emisión de cloro;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El reactor está diseñado para soportar una descomposición violenta;</li> <li>• Enclavamiento de seguridad: parada total y activación de las duchas de emergencia;</li> <li>• Apertura de la cubierta de alivio sobre el reactor asignada al techo, restringiendo el área.</li> <li>• Luz de advertencia por la pérdida de vacío.</li> </ul>
47	Apertura de la tapa de alivio de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La sobrepresión en el tanque de drenaje se debe a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alimentación química continua en ausencia de aire de arrastre;</li> <li>✓ Descomposición fuerte o violenta en el reactor debido a la pérdida de vacío;</li> <li>✓ Sobredosis de peróxido de hidrógeno/metanol con vacío en el reactor;</li> <li>✓ Presencia de contaminantes en la materia prima o en el agua.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación de dióxido de cloro;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque de descarga está diseñado para soportar una descomposición violenta, equipado con una cubierta de alivio;</li> <li>• El manual contiene instrucciones para drenar el reactor;</li> <li>• Se proporciona aire de arrastre al depurador.</li> </ul>
48	Fuga de la solución de reacción del reactor o del tanque de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Fallo de la bomba;</li> <li>• Fallo en el drenaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio en la calidad del suelo;</li> <li>• Cambio en la calidad del aire;</li> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de los tubos de dióxido de cloro serán de titanio;</li> <li>• Se proporciona protección mecánica para las tuberías pequeñas;</li> <li>• Se proporciona un enclavamiento de seguridad con parada general (en el reactor)</li> </ul>

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Dióxido de Cloro							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
49	Fuga de la solución de ClO <sub>2</sub> de la torre de absorción a la planta de blanqueo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión;</li> <li>✓ Fallo mecánico;</li> <li>✓ Fallo operativo;</li> <li>✓ Impacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El gas se libera de la solución y se descompone en cloro y oxígeno,</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	III	S	<ul style="list-style-type: none"> <li>El tanque de almacenamiento de ClO<sub>2</sub> tendrá una presa de contención;</li> <li>Se instalará un interruptor de vacío separado para cada tanque.</li> </ul>
50	Apertura de la cubierta de alivio sobre el tanque de almacenamiento de ClO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descomposición del ClO<sub>2</sub> en el tanque de almacenamiento debido a una concentración muy alta de ClO<sub>2</sub>, sin corriente de aire (ventilación del tanque superior) y una temperatura muy alta o calentamiento externo;</li> <li>Presión muy baja (vacío).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El gas se libera de la solución y se descompone en cloro y oxígeno;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	C	II	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se instalará un interruptor de vacío separado para cada tanque.</li> </ul>
51	Desbordamiento del tanque de almacenamiento de ClO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrecarga y fallo de los transmisores de nivel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liberación de la solución de ClO<sub>2</sub>;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	B	III	Mn	<ul style="list-style-type: none"> <li>El tanque de almacenamiento de ClO<sub>2</sub> estará provisto de un recipiente de contención de fugas.</li> </ul>

**Frecuencia:** A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  
**Severidad:** I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  
**Riesgo:** D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: Área Química – Producción del oxígeno (O <sub>2</sub> )							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
52	Fuga de oxígeno (O <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura o perforación en la línea debido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrosión,</li> <li>✓ Fallo mecánico,</li> <li>✓ Fallo operativo,</li> <li>✓ mpacto mecánico.</li> </ul> </li> <li>• Ruptura o fallo de componentes (válvula, bomba, compresor, vaporizador).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidente personal.</li> </ul>	<b>D</b>	<b>I</b>	<b>Mn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de instrumentación / automatización estará provisto de enclavamiento en caso de que se produzcan cambios en los parámetros de funcionamiento (presión, temperatura).</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente</p> <p><b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica</p> <p><b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

APP – ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS							
Área: General							
Ítem	Peligro	Causas Posibles	Efectos Posibles	Grado			Observaciones y/o Recomendaciones
				Frec.	Sever.	Riesgo	
53	Fuga de productos químicos durante el transporte dentro de la Unidad Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colisión de un camión causando la ruptura de un tanque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños materiales;</li> <li>Cambio en la calidad de las aguas superficiales;</li> <li>Cambio en la calidad del aire.</li> </ul>	D	II	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrenamiento de la brigada de combate, entrenamiento y reentrenamiento;</li> <li>Dirección de los desagües de las calles con mayor potencial de riesgo para la PTE;</li> <li>Implementación de la señalización (límite de velocidad, etc.).</li> </ul>
<p><b>Frecuencia:</b> A – Muy Improbable, B – Improbable, C – Remota, D – Probable, E – Frecuente  <b>Severidad:</b> I – Despreciable, II – Marginal, III – Crítica, IV – Catastrófica  <b>Riesgo:</b> D – Despreciable, Mn – Menor, M – Moderado, S – Serio, C – Crítico</p>							

**ANEXO IV**  
**MODELACIÓN DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA**



**UNIDAD AGUA AMBIENTE Y TERRITORIO**



**PARACEL**

**Modelación de Nivel de Presión Sonora**



**Mayo 2020**

Este documento ha sido editado para ser impreso doble faz. Las hojas en blanco se han interpuesto para respetar la numeración del estilo de edición.



## Índice

1.	Introducción .....	3
1.1.	Objetivo .....	3
1.2.	Alcance .....	3
2.	Metodología de la modelación .....	4
2.1.	Escenarios a modelar .....	4
2.2.	Software de modelación .....	4
2.3.	Datos de entrada al modelo .....	5
3.	Resultados .....	8
4.	Discusión de resultados .....	17
5.	Conclusiones .....	21
6.	Técnicos intervinientes .....	22

### ANEXO I Edificaciones Tanques y Fuentes

## Índice de figuras

Figura 2-1 Receptores relevados.....	6
Figura 2-2 Rosa de los vientos para la planta industrial de PARACEL .....	7
Figura 4–1 Percepción de las diferencias de sonidos en dBA .....	19

## Índice de láminas

Lámina 3-1 Mapa de ruido – Escenario 1 .....	11
Lámina 3-2 Mapa de ruido – Escenario 2 .....	12
Lámina 3-3 Mapa de ruido – Escenario 3 .....	13
Lámina 3-4 Mapa de ruido – Escenario 4 .....	14
Lámina 3-5 Mapa de ruido – Escenario 5 .....	15
Lámina 3-6 Mapa de ruido – Escenario 6 .....	16

## Índice de tablas

Tabla 3–1 NPS modelados para los escenarios 1 a 4 – Aporte incremental de planta industrial	9
Tabla 3–2 NPS modelados para los escenarios 5 y 6 - Evaluación de barrera vegetal.....	10
Tabla 3–3 NPS modelado para los escenarios 1 a 4 - Puntos de monitoreo de Línea de Base	10
Tabla 4–1 Valores medidos de línea de base en los receptores evaluados .....	17
Tabla 4–2 NPS resultante en puntos de monitoreo de línea de base para la situación futura	18
Tabla 4–3 Aporte de la planta industrial a los registros de la situación base .....	18
Tabla 4–4 Aporte de la planta en cada receptor sensible considerando la LB .....	20

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivo

El objetivo del informe es presentar la modelación de los niveles de presión sonora en el entorno de la futura planta de producción de celulosa de PARACEL, a instalarse sobre el río Paraguay al norte de la ciudad de Concepción, en el departamento homónimo de la República del Paraguay.

La modelación permite caracterizar el ambiente sonoro del entorno mediante el estudio de propagación del ruido generado por la operativa de la planta y los datos de línea de base disponibles para la zona, determinando el aporte incremental del proyecto.

### 1.2. Alcance

La caracterización del ambiente sonoro en el entorno de la planta industrial se realiza mediante modelación matemática de propagación de ruido, considerando la información disponible del equipamiento a ser instalado, la dinámica operativa estimada, los datos de línea de base generados por PARACEL en abril de 2020 y los receptores definidos por la empresa.

La información integrada al modelo es provista por PARACEL, y se complementa en caso de ser necesario con información de base de la consultora. Esta información complementaria deriva de experiencias en trabajos similares con plantas de producción de celulosa en Uruguay.

La caracterización del ambiente sonoro del entorno de la planta industrial se cuantifica determinando los niveles de presión sonora en receptores determinados. Asimismo, a partir del modelo se elaboran mapas de ruido para los distintos escenarios considerados.

En todos los casos se comparan los niveles de presión sonora modelados con los estándares de referencia aplicables, determinados por el marco normativo de referencia constituido por la Ley N° 1.100/97 y las normas vigentes de la República del Paraguay que sean de aplicación.

## 2. Metodología de la modelación

### 2.1. Escenarios a modelar

La situación de base para los diferentes escenarios a modelar considera la dinámica operativa más conservadora –*worst case scenario*– donde las principales fuentes de ruido operan simultáneamente y el tránsito interno de vehículos es máximo (vehículos livianos, pesados y transporte de balas de celulosa).

Tomando como situación base la dinámica operativa más conservadora, se definieron diferentes escenarios de modelación:

- Escenario 1: Funcionamiento de todos los equipos en planta, máximo recorrido interno de vehículos y acceso principal a la planta **opción A** (flujo máximo de camiones y vehículos livianos).
- Escenario 2: Funcionamiento de todos los equipos en planta, máximo recorrido interno de vehículos y acceso principal a la planta **opción B** (flujo máximo de camiones y vehículos livianos).
- Escenario 3: Funcionamiento de todos los equipos en planta, máximo recorrido interno de vehículos, acceso respaldo para vehículos livianos (flujo máximo) y acceso principal **opción A** para vehículos pesados (flujo máximo).
- Escenario 4: Funcionamiento de todos los equipos en planta, máximo recorrido interno de vehículos, acceso respaldo para vehículos livianos (flujo máximo) y acceso principal **opción B** para vehículos pesados (flujo máximo).

Por último, se modelaron dos escenarios adicionales con el fin de evaluar la efectividad de incluir una barrera vegetal como medida de mitigación, según el siguiente detalle:

- Escenario 5: Funcionamiento de todos los equipos en planta y máximo recorrido interno de vehículos.
- Escenario 6: Funcionamiento de todos los equipos en planta, máximo recorrido interno de vehículos y presencia de **barrera vegetal**.

### 2.2. Software de modelación

Para la modelación de los Niveles de Presión Sonora (en adelante NPS) se utilizó el software CadnaA de *DataKustik GmbH* (versión 2020). Este software se basa en herramientas de cálculo numérico de NPS a través de diferentes modelos matemáticos de propagación de ruido.

En este estudio en particular, se integra el cálculo basado en la norma ISO 9613 para la modelación de complejos industriales y el modelo de cálculo francés NPMB Routes 96 para fuentes lineales (carreteras, caminos y otras vías de circulación de vehículos). Ambas metodologías de cálculo son reconocidas internacionalmente para modelación de NPS.

El software de cálculo permite incorporar elementos georreferenciados para la elaboración del modelo, como las curvas de nivel del terreno, las fuentes emisoras y receptores con sus alturas respectivas, rutas

y caminos vecinales existentes, áreas forestadas, etc. El modelo considera las atenuaciones por divergencia geométrica<sup>1</sup> teniendo en cuenta el terreno, la atenuación por la absorción atmosférica<sup>2</sup>, la atenuación por efecto del suelo, atenuaciones debido a la presencia de barreras (incluidos los edificios, estructuras y topografía), correcciones meteorológicas y reflexiones de ondas. Los criterios para la determinación de los factores de atenuación se basaron en las recomendaciones de las normas ISO 9613 y NPMB Routes 96.

En cuanto a las barreras específicamente, se pueden incorporar barreras de aislación con sus respectivas características, barreras vegetales existentes y/o proyectadas, dando altura y espesor adecuado.

En el caso de la modelación de la planta industrial de PARACEL, donde es necesario combinar fuentes fijas y fuentes vinculadas al tránsito, el software CadnaA es de mucha utilidad ya que permite aplicar modelos de cálculo o normas de referencia complementarias en una misma corrida, aplicando el modelo más adecuado para cada tipo de fuente (puntual, lineal y superficial). Otra ventaja importante del programa es su gran velocidad de cálculo, aún para proyectos de gran escala.

Como resultado de la modelación, dentro de la configuración de cálculo adoptada, el software devuelve valores de NPS estimados en los receptores evaluados, así como un mapa de ruido para toda la zona de evaluación (grilla de cálculo). Los mapas de ruido pueden representarse como líneas isófonas o como áreas de ruido.

Cabe destacar además que las salidas del modelo de cálculo son exportables a software específicos de información geográfica, como *Google Earth*, característica por demás valiosa para visualizar de manera sencilla y práctica el resultado del modelo, exportable además a formatos shape, dwg, dxf, entre otros, lo que permite la edición y manejo de los *outputs* con versatilidad.

### 2.3. Datos de entrada al modelo

La calidad de los datos de entrada al modelo es clave para asegurar resultados precisos, que interpreten los escenarios modelados de la forma más realista posible.

En primer lugar se construye el modelo físico de la planta, lo que se realizó incorporando el *Layout* general de la planta industrial de PARACEL al software (según plano "*General Mill Site Layout*"), asignando nombres y alturas a todas las edificaciones, estructuras y tanques. En el Anexo I se presenta el detalle de las edificaciones consideradas con sus características.

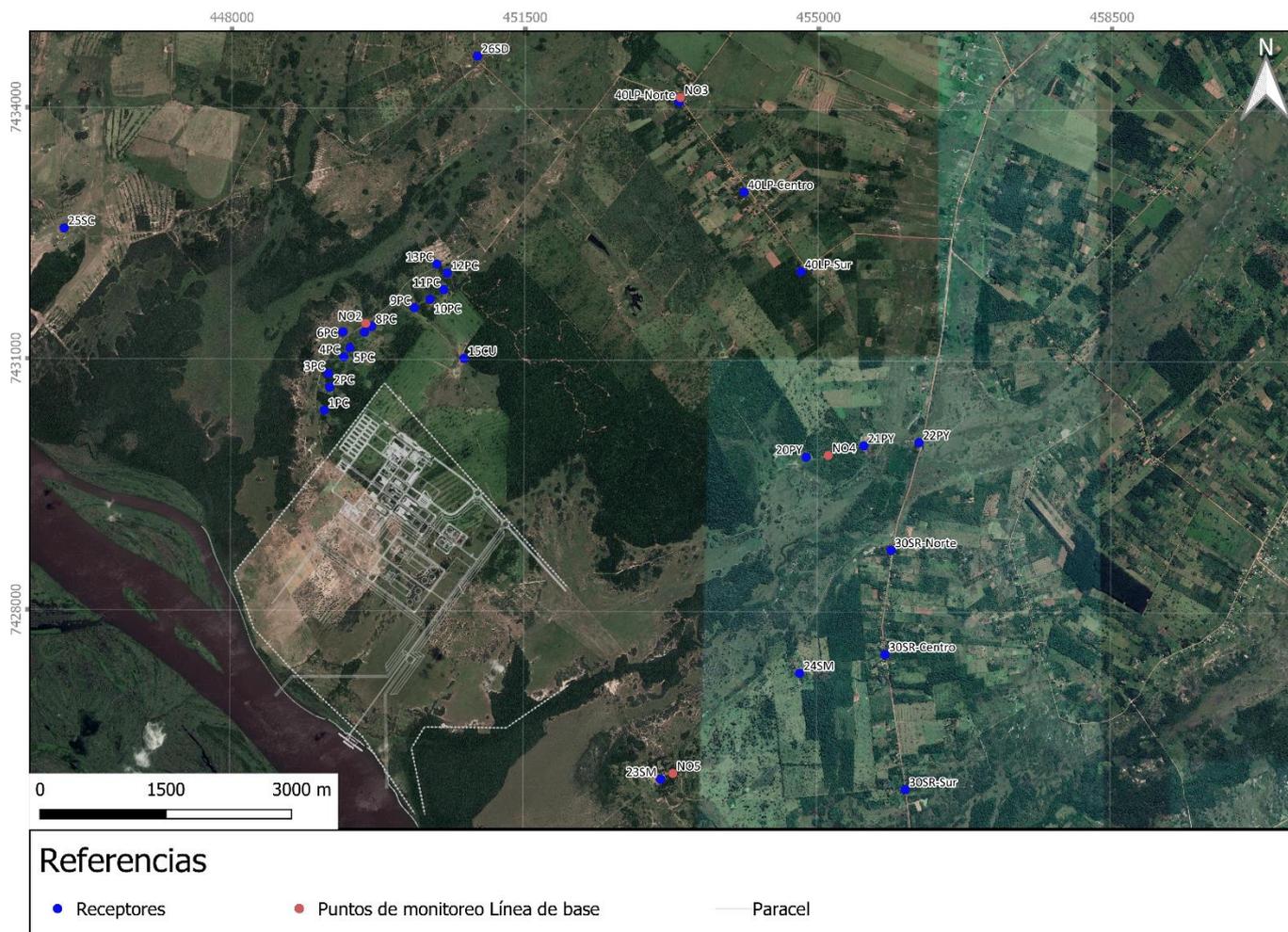
En segundo lugar se definen los receptores. Los receptores que se incorporaron corresponden con 27 viviendas sensibles ubicadas en el entorno de la planta, cuya identificación y ubicación fue provista por PARACEL. Se incorporaron además cuatro puntos, correspondientes con los sitios de monitoreo donde se realizaron mediciones de línea de base de NPS en abril de 2020.

En la Figura siguiente se presenta la localización de los receptores considerados y los puntos monitoreados durante la definición de la línea de base.

<sup>1</sup>  $A_{div} = 20 \log(d/d_0) + 11 \text{ dB}$

<sup>2</sup> En CadnaA para la frecuencia estándar de 500 Hz la atenuación por absorción atmosférica  $A_{atm} = 0,002 \text{ dB/m}$ .

Figura 2-1 Receptores relevados



A todos los receptores se le asignó una altura de 1,60 m, valor comúnmente definido como promedio de altura de una persona.

Asimismo, una vez elaborado el modelo físico de la planta industrial y ubicados los receptores, se incorporan las fuentes emisoras de ruido de la planta, ubicadas georreferenciadamente y asignándoles la altura correspondiente. Se consideran tres tipos de fuentes en función de sus características de emisión:

- Fuentes lineales: representan calles internas y accesos a planta donde circula vehículos.
- Fuentes superficiales: representar la emisión de fuentes dentro de edificios.
- Fuentes puntuales: representar la emisión de equipamiento ubicado en exterior.

Se detallan en el Anexo I las fuentes consideradas y las hipótesis operativas que se consideraron en algunos casos particulares.

La configuración del cálculo se determinó para que en cada receptor fueran consideradas las fuentes ubicadas en un radio de 10 km, de modo de contemplar la totalidad de las fuentes de la planta en cada caso.

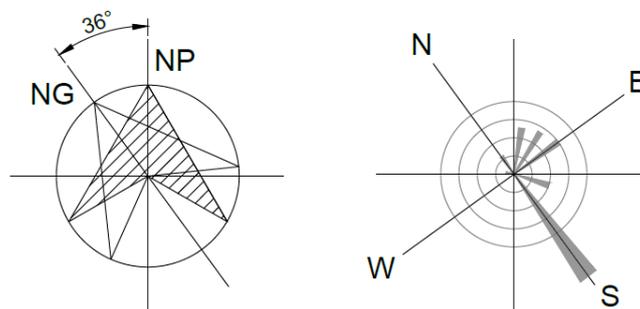
Para la absorción del terreno fue considerado un factor  $G=1$  ya que la mayoría del área de propagación corresponde a terreno poroso, áreas cubiertas con pasto, árboles y/o vegetación, teniendo en cuenta que incluso dentro de la planta industrial existen áreas verdes. Los edificios se tomaron en todos los casos como superficies reflectantes ( $G=0$ ). El orden de reflexión general de la modelación fue configurado en 1<sup>er</sup> orden.

Como se mencionó anteriormente, la situación de base considerada corresponde con la dinámica operativa más conservadora o *worst case scenario*. Esto significa considerar que todas las fuentes emisoras están operativas las 24 h en simultáneo.

Para el cálculo de la malla, lo que determina el mapa de ruido, se seleccionó un tamaño de grilla de 10 m x 10 m y una altura de receptor de 1,60 m.

La corrección meteorológica se realizó con datos de viento brindados por PARACEL, según la rosa de los vientos disponible, presentada en la siguiente Figura.

**Figura 2-2 Rosa de los vientos para la planta industrial de PARACEL**



PREDOMINANT WIND DIRECTION

### 3. Resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos para los distintos escenarios modelados, los mapas de ruido y los valores de inmisión estimados en los receptores evaluados. Los valores de inmisión se representan como NPS continuo equivalente ponderado A, parámetro que se nota como  $L_{Aeq}$ .

En la Tabla 3-1 se presentan los valores estimados de  $L_{Aeq}$  para el aporte incremental derivado únicamente de la operación de la planta industrial en las condiciones descritas anteriormente para los escenarios 1 a 4.

En la Tabla 3-2 se presentan los valores estimados de  $L_{Aeq}$  para el aporte incremental derivado únicamente de la operación de la planta industrial en las condiciones descritas anteriormente para los escenarios 5 y 6, donde se evalúa la aplicación de una barrera vegetal como medida de mitigación.

Por último, en la Tabla 3-3 se presentan los valores estimados de  $L_{Aeq}$  que se registrarían en los distintos puntos de monitoreo evaluados en la línea de base, con el fin de poder hacer una evaluación comparativa con los valores de la línea de base definida en abril 2020.

Los mapas de ruido generados se presentan como figuras gráficas, según la siguiente denominación:

- Lámina 3-1 Mapa de ruido – Escenario 1.
- Lámina 3-2 Mapa de ruido – Escenario 2.
- Lámina 3-1 Mapa de ruido – Escenario 3.
- Lámina 3-2 Mapa de ruido – Escenario 4.
- Lámina 3-1 Mapa de ruido – Escenario 5.
- Lámina 3-2 Mapa de ruido – Escenario 6.

**Tabla 3–1 NPS modelados para los escenarios 1 a 4 – Aporte incremental de planta industrial**

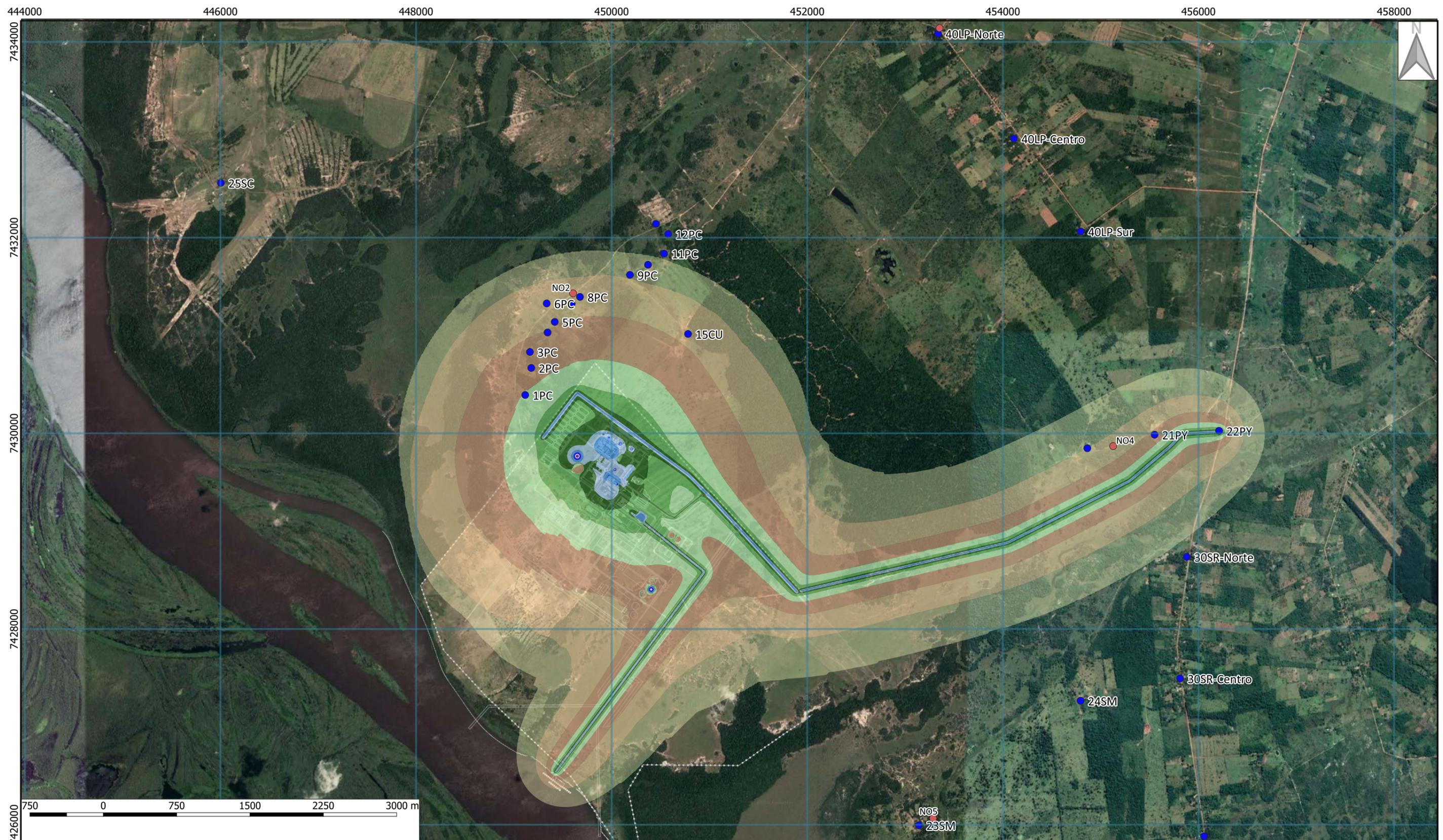
Receptor	Escenario 1 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 2 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 3 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 4 L <sub>Aeq</sub> (dBA)
1PC	45,3	45,3	45,3	45,3
2PC	42,9	42,9	42,9	42,9
3PC	41,3	41,3	41,4	41,4
4PC	40,3	40,3	40,3	40,3
5PC	39,7	39,7	39,7	39,7
6PC	37,7	37,7	37,8	37,8
7PC	38,5	38,5	38,7	38,7
8PC	37,9	37,9	38,2	38,2
9PC	34,7	34,7	36,2	36,2
10PC	32,3	32,3	35,9	35,9
11PC	28,6	28,6	36,4	36,4
12PC	20,5	20,5	32,7	32,7
13PC	20,0	20,0	29,2	29,2
15CU	38,9	38,9	39,1	39,1
20PY	35,0	< 15	34,6	< 15
21PY	41,5	< 15	41,1	< 15
22PY	61,8	< 15	61,4	< 15
23SM	< 15	31,5	< 15	31,1
24SM	21,3	26,9	20,9	26,5
25SC	< 15	< 15	< 15	< 15
26SD	< 15	< 15	16,0	16,0
30SR-Centro	< 15	20,3	< 15	19,9
30SR-Norte	28,3	< 15	27,9	< 15
30SR-Sur	< 15	50,9	< 15	50,5
40LP-Centro	< 15	< 15	38,1	38,1
40LP-Norte	< 15	< 15	41,2	41,2
40LP-Sur	< 15	< 15	35,7	35,7

Tabla 3–2 NPS modelados para los escenarios 5 y 6 - Evaluación de barrera vegetal

Receptor	Esc. 5 L <sub>Aeq</sub> (dBA) Sin barrera vegetal	Esc. 6 L <sub>Aeq</sub> (dBA) Con barrera vegetal	Receptor	Esc. 5 L <sub>Aeq</sub> (dBA) Sin barrera vegetal	Esc. 6 L <sub>Aeq</sub> (dBA) Con barrera vegetal
1PC	45,3	45,3	20PY	< 15	< 15
2PC	42,9	42,9	21PY	< 15	< 15
3PC	41,3	41,3	22PY	< 15	< 15
4PC	40,3	40,3	23SM	< 15	< 15
5PC	39,7	39,7	24SM	< 15	< 15
6PC	37,7	37,7	25SC	< 15	< 15
7PC	38,5	38,5	26SD	< 15	< 15
8PC	37,9	37,9	30SR-Centro	< 15	< 15
9PC	34,7	34,7	30SR-Norte	< 15	< 15
10PC	32,3	32,3	30SR-Sur	< 15	< 15
11PC	28,6	28,6	40LP-Centro	< 15	< 15
12PC	20,5	20,5	40LP-Norte	< 15	< 15
13PC	20,0	20,0	40LP-Sur	< 15	< 15
15CU	38,9	38,9			

Tabla 3–3 NPS modelado para los escenarios 1 a 4 - Puntos de monitoreo de Línea de Base

Receptor	Escenario 1 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 2 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 3 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 4 L <sub>Aeq</sub> (dBA)
NO2	29,3	29,3	29,0	29,9
NO3	< 15	< 15	47,2	47,2
NO4	34,6	< 15	34,3	< 15
NO5	< 15	30,9	< 15	30,5



**Leyenda**

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Parcel

**Escenario 1**

	<= a 30.0 dBA		De 55.0 a 60.0 dBA
	De 30.0 a 35.0 dBA		De 60.0 a 65.0 dBA
	De 35.0 a 40.0 dBA		De 65.0 a 70.0 dBA
	De 40.0 a 45.0 dBA		De 70.0 a 75.0 dBA
	De 45.0 a 50.0 dBA		De 75.0 a 80.0 dBA
	De 50.0 a 55.0 dBA		De 80.0 a 85.0 dBA



**Modelación de ruido PARACEL**

MAPA DE NPS  
ESCENARIO 1

446000

448000

450000

452000

454000

456000

458000

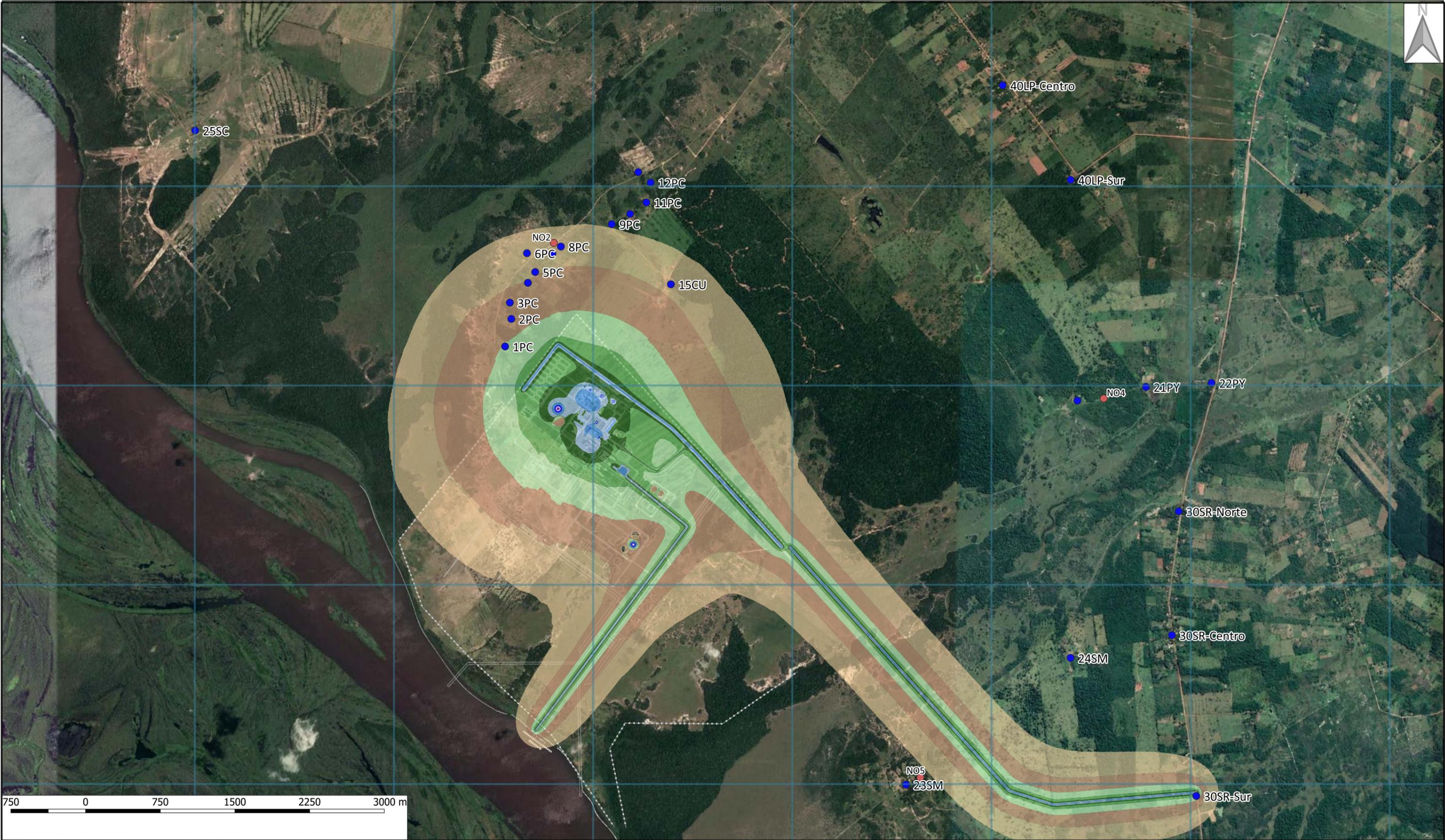
7432000

7430000

7428000

7426000

750 0 750 1500 2250 3000 m



### Leyenda

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Parcel

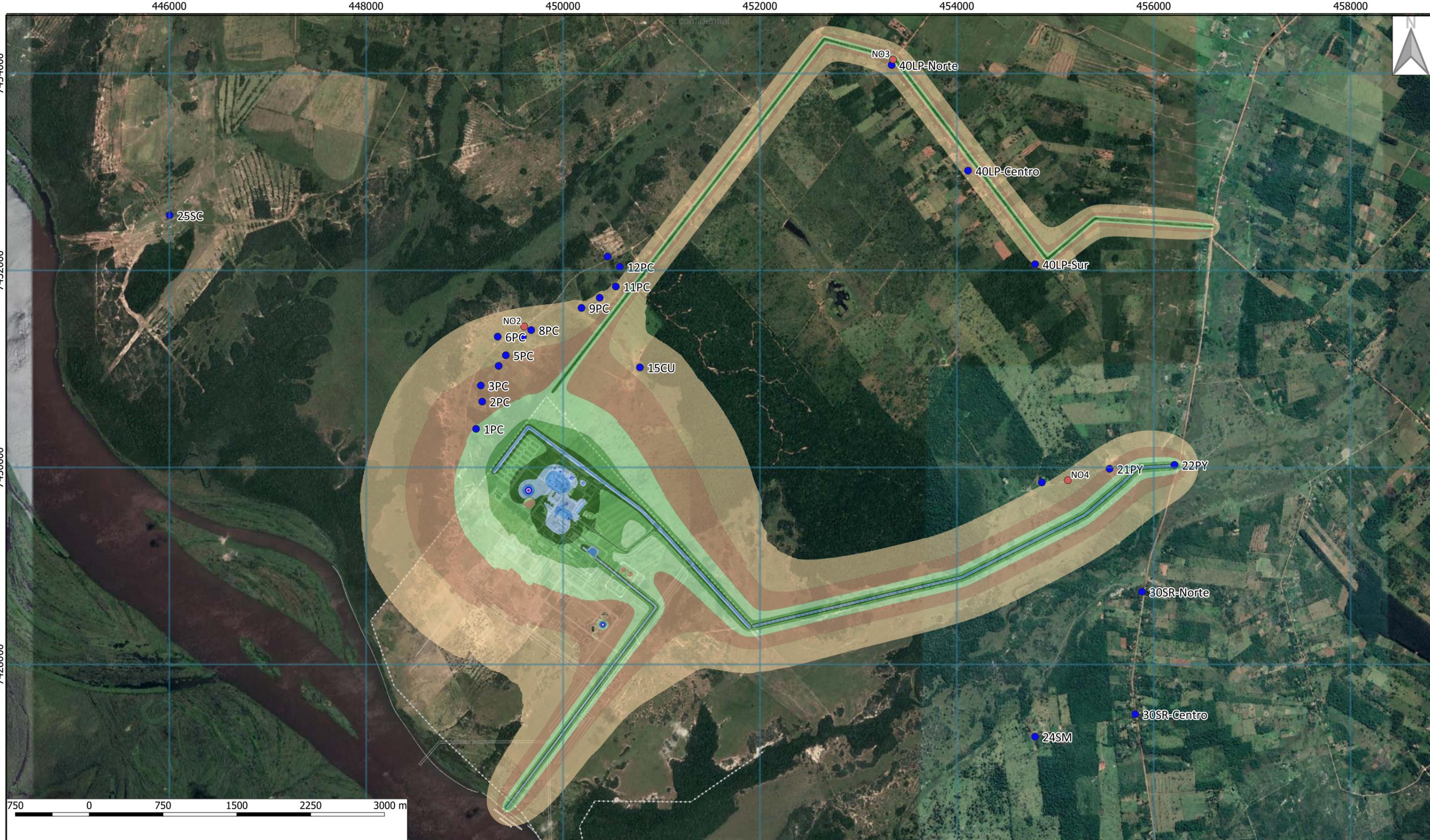
### Escenario 2

- ≤ a 30.0 dBA
- De 30.0 a 35.0 dBA
- De 35.0 a 40.0 dBA
- De 40.0 a 45.0 dBA
- De 45.0 a 50.0 dBA
- De 50.0 a 55.0 dBA
- De 55.0 a 60.0 dBA
- De 60.0 a 65.0 dBA
- De 65.0 a 70.0 dBA
- De 70.0 a 75.0 dBA
- De 75.0 a 80.0 dBA
- De 80.0 a 85.0 dBA



### Modelación de ruido PARACEL

MAPA DE NPS  
ESCENARIO 2



**Leyenda**

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Parcel

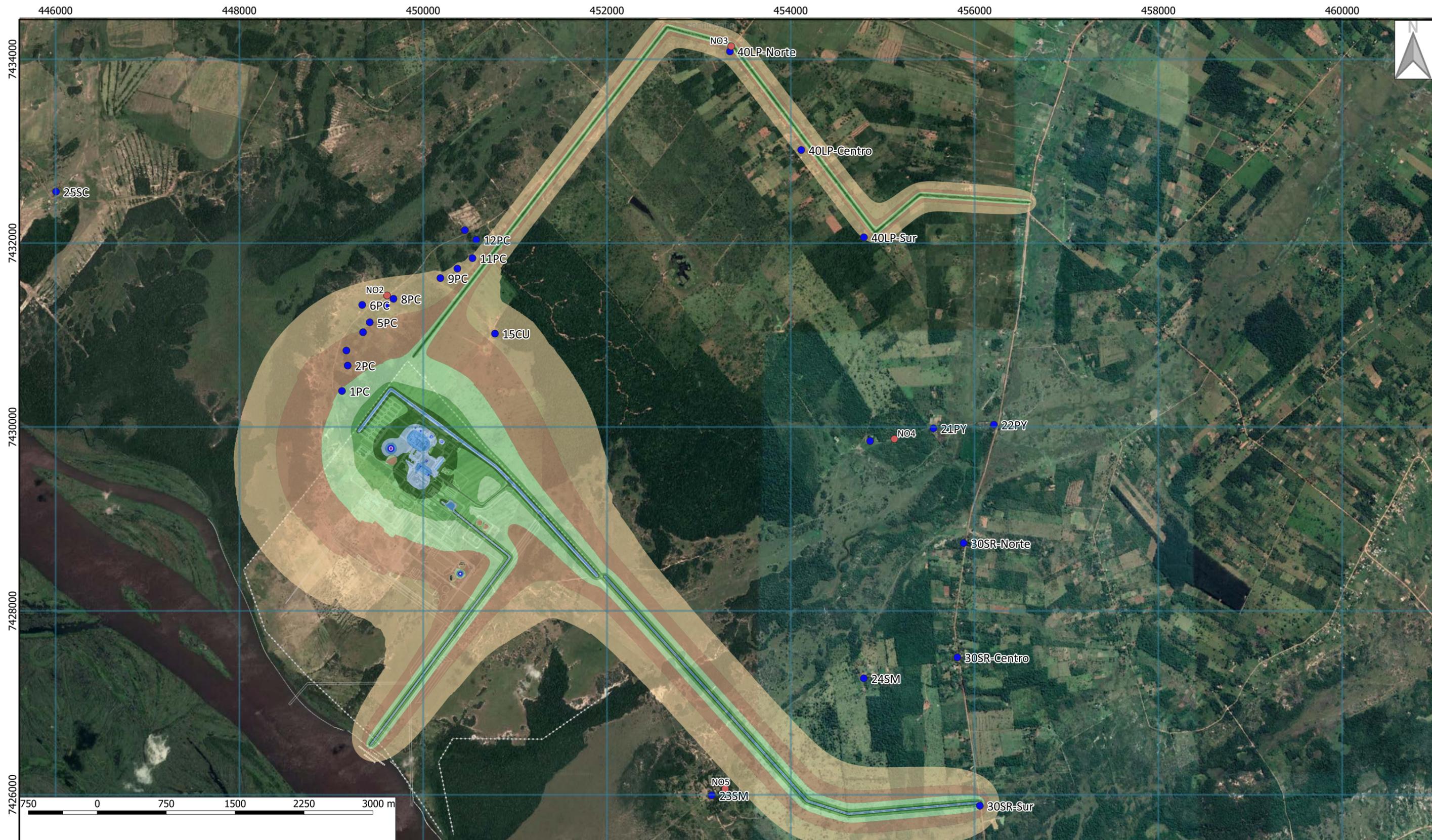
**Escenario 3**

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e0f0ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &lt;= a 30.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffffcc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 30.0 a 35.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffcc99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 35.0 a 40.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #cc9966; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 40.0 a 45.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #99cc99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 45.0 a 50.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #66cc66; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 50.0 a 55.0 dBA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #66cc66; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 55.0 a 60.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #99ccff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 60.0 a 65.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #66ccff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 65.0 a 70.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #33ccff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 70.0 a 75.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #cc99ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 75.0 a 80.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #9933ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 80.0 a 85.0 dBA</li> </ul>
--	--



**Modelación de ruido PARACEL**

MAPA DE NPS  
ESCENARIO 3



**MAPA DE UBICACION**

**Leyenda**

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Parcel

**Escenario 4**

	<= a 30.0 dBA		De 55.0 a 60.0 dBA
	De 30.0 a 35.0 dBA		De 60.0 a 65.0 dBA
	De 35.0 a 40.0 dBA		De 65.0 a 70.0 dBA
	De 40.0 a 45.0 dBA		De 70.0 a 75.0 dBA
	De 45.0 a 50.0 dBA		De 75.0 a 80.0 dBA
	De 50.0 a 55.0 dBA		De 80.0 a 85.0 dBA



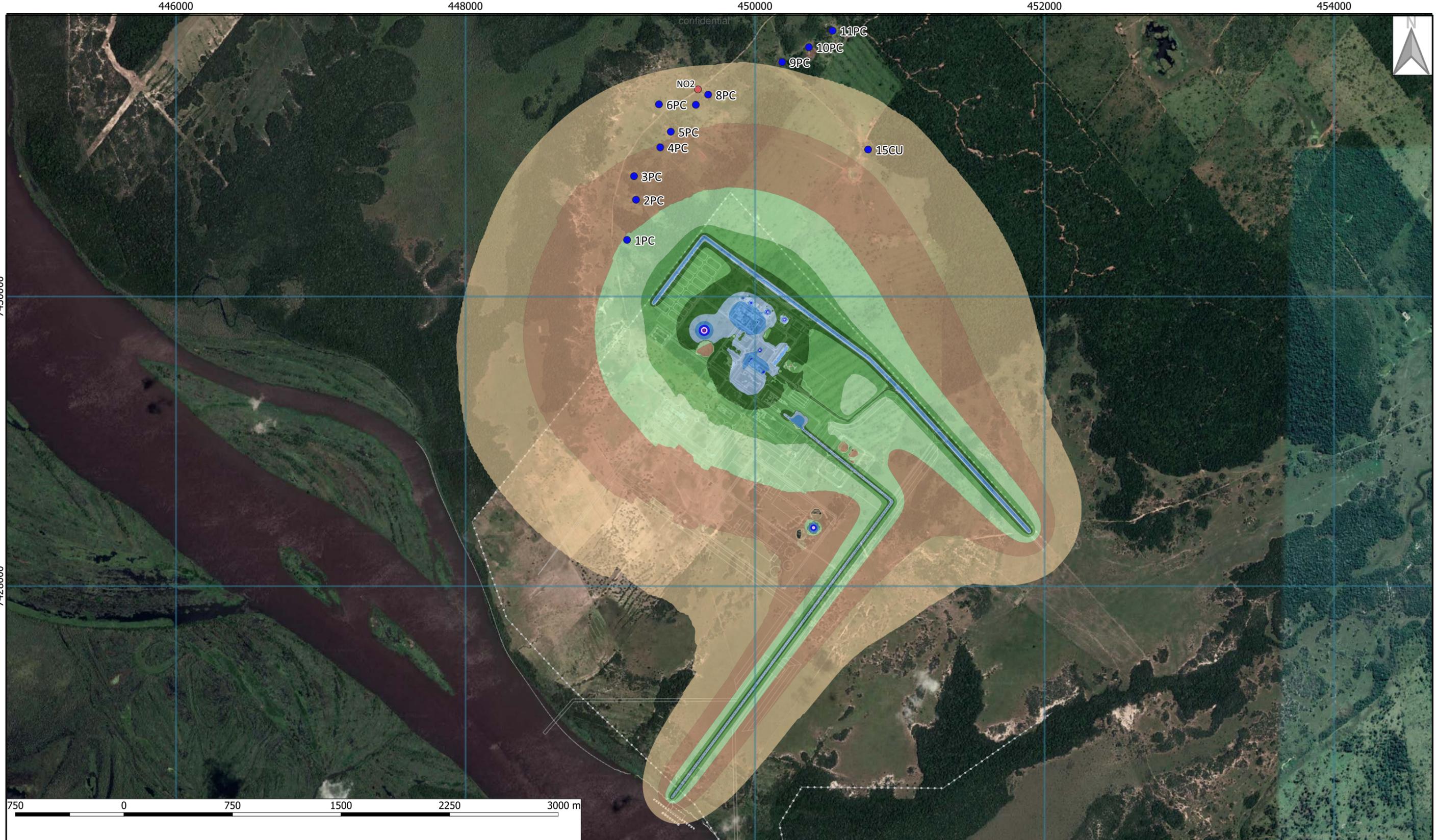
**Modelación de ruido PARACEL**

MAPA DE NPS  
ESCENARIO 4

LÁMINA NÚMERO

**4-4**

confidencial



**Leyenda**

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Parcel

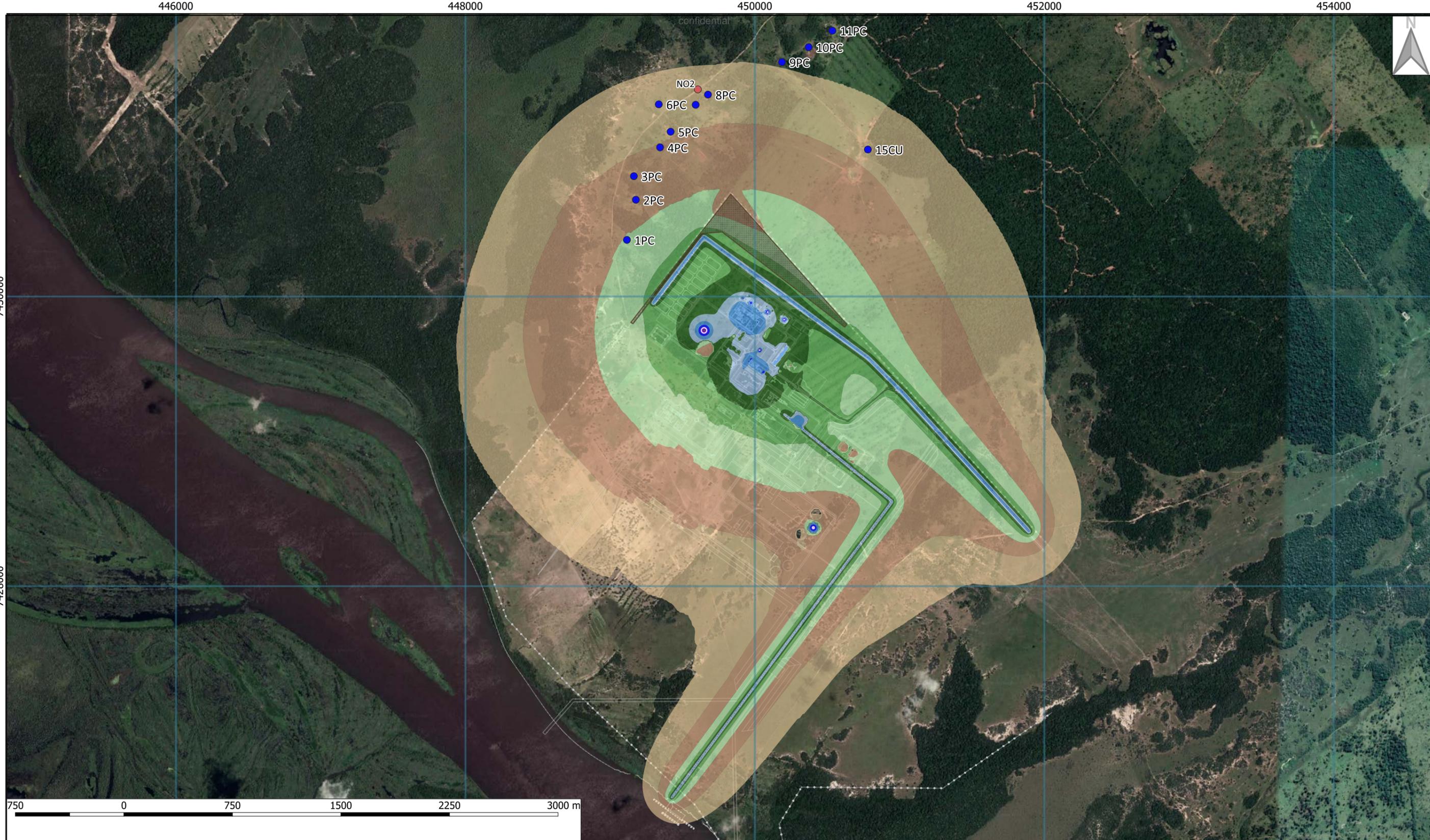
**Escenario 5**

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e0f0ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> &lt;= a 30.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffffcc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 30.0 a 35.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffcc99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 35.0 a 40.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ff9966; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 40.0 a 45.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ccffcc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 45.0 a 50.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #99ff99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 50.0 a 55.0 dBA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #99ff99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 55.0 a 60.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #66ffcc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 60.0 a 65.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #33ff99; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 65.0 a 70.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00ff66; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 70.0 a 75.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ffccff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 75.0 a 80.0 dBA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ff99ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> De 80.0 a 85.0 dBA</li> </ul>
--	--



**Modelación de ruido PARACEL**

MAPA DE NPS  
 ESCENARIO 5 - SIN BARRERA VEGETAL



750 0 750 1500 2250 3000 m



### Leyenda

- Receptores
- Receptores Línea de base
- Paracel
- Barrera Vegetal

### Escenario 6

	<= a 30.0 dBA		De 60.0 a 65.0 dBA
	De 30.0 a 35.0 dBA		De 65.0 a 70.0 dBA
	De 35.0 a 40.0 dBA		De 70.0 a 75.0 dBA
	De 40.0 a 45.0 dBA		De 75.0 a 80.0 dBA
	De 45.0 a 50.0 dBA		De 80.0 a 85.0 dBA
	De 50.0 a 55.0 dBA		



### Modelación de ruido PARACEL

MAPA DE NPS  
 ESCENARIO 6 - CON BARRERA VEGETAL

## 4. Discusión de resultados

Este capítulo presenta el análisis y la discusión de los resultados de inmisión de NPS presentados en el capítulo anterior. Este análisis de resultados se realiza con tres enfoques.

- A) Comparar los valores de NPS de línea de base registrados en abril 2020 en cuatro puntos, con los aportes de la futura planta (valores de inmisión presentados en la Tabla 3-3, resultado del modelo).
- B) Comparar los valores de NPS teóricos resultantes en los receptores evaluados, tomando en cuenta el aporte de la planta (Tabla 3-1) y el valor de línea de base medido en la estación más cercana con los estándares de referencia de la normativa aplicable.
- C) Evaluación de barrera vegetal como medida de mitigación.

En relación al primer punto de la discusión de los resultados, se presentan a continuación los registros de la campaña de línea de base brindados por PARACEL para los puntos de medición NO2, NO3, NO4 y NO5.

**Tabla 4–1 Valores medidos de línea de base en los receptores evaluados**

Punto de monitoreo	Período de medición	Valor límite de NPS según Ley 1100/97 (dBA)		Registros de $L_{Aeq}$ (dBA)*
		Área mixta	Área industrial	
NO2	Diurno	70	75	50,7
	Nocturno	55	60	38,8
NO3	Diurno	70	75	43,1
	Nocturno	55	60	50,2
NO4	Diurno	70	75	34,5
	Nocturno	55	60	35,9
NO5	Diurno	70	75	43,5
	Nocturno	55	60	46,9

\*valor sin la actividad de la planta industrial

Para obtener los valores de NPS que se registrarían en cada uno de los puntos anteriores cuando la planta industrial de PARACEL esté operativa, se deben sumar logarítmicamente los registros de la línea de base (Tabla 4-1) con los valores obtenidos del modelo de CadnaA (Tabla 3-3). Es importante destacar que la suma de NPS no es algebraica en ningún caso, sino que es siempre logarítmica.

En la Tabla 4-2 se presentan los resultados de la adición de los NPS de línea de base y los NPS modelados, así como también su comparación con los estándares de referencia de la normativa adoptada. Se marca en color verde los valores que cumplen con los estándares de referencia y en naranja aquellos que los superan.

**Tabla 4–2 NPS resultante en puntos de monitoreo de línea de base para la situación futura**

Estación	Período	Escenario 1 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 2 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 3 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 4 L <sub>Aeq</sub> (dBA)
NO2	Diurno	50,7	50,7	50,7	50,7
	Nocturno	39,3	39,3	39,2	39,3
NO3	Diurno	43,1	43,1	48,6	48,6
	Nocturno	50,2	50,2	52,0	52,0
NO4	Diurno	37,6	34,5	37,4	34,5
	Nocturno	38,3	35,9	38,2	35,9
NO5	Diurno	43,5	43,7	43,5	43,7
	Nocturno	46,9	47,0	46,9	47,0

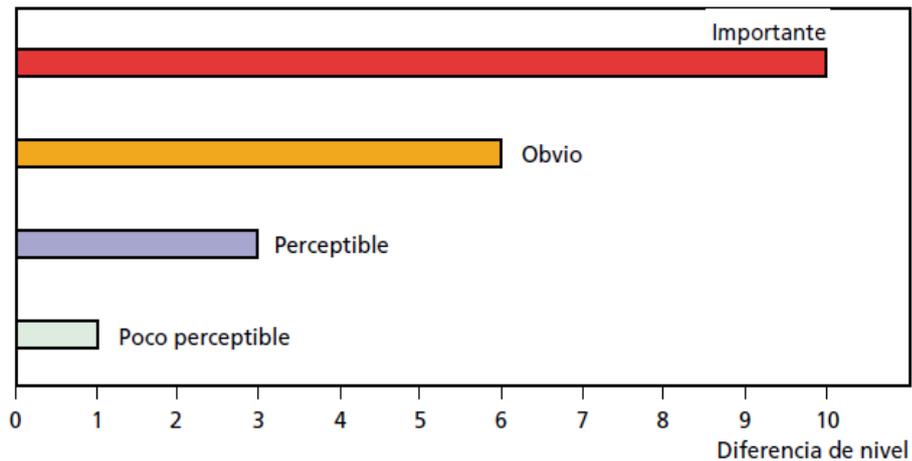
De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla anterior, los objetivos acústicos establecidos en la Ley N°1100/97 se cumplirían en todos los puntos monitoreados y para todos los escenarios definidos de operación de la planta de producción de celulosa de PARACEL.

La Tabla 4-3 presenta la diferencia de inmisión de NPS entre la situación de base y la situación futura con el aporte incremental de la planta en los cuatros puntos de línea de base. Estos aportes son nulos en el 50% de los casos, y menores a 3 dBA en casi todos los restantes (87% de los casos restantes).

Un incremento menor a 3 dBA se considera como perceptible de acuerdo a la escala de percepción comúnmente utilizada (Figura 4–1). Las únicas excepciones se dan en el punto NO3, durante el período diurno y considerando los escenarios 3 y 4. En estos casos, las diferencias entre la situación de base y la situación futura serían de 5,5 dBA y resultarían obvias según la misma escala de percepción.

**Tabla 4–3 Aporte de la planta industrial a los registros de la situación base**

Punto de monitoreo	Período	Escenario 1 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 2 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 3 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	Escenario 4 L <sub>Aeq</sub> (dBA)
NO2	Diurno	0,0	0,0	0,0	0,0
	Nocturno	0,5	0,5	0,4	0,5
NO3	Diurno	0,0	0,0	5,5	5,5
	Nocturno	0,0	0,0	1,8	1,8
NO4	Diurno	3,1	0,0	2,9	0,0
	Nocturno	2,4	0,0	2,3	0,0
NO5	Diurno	0,0	0,2	0,0	0,2
	Nocturno	0,0	0,1	0,0	0,1

**Figura 4–1 Percepción de las diferencias de sonidos en dBA**

Fuente: *Ruido Ambiental, Brüel & Kjær, 2000.*

En relación al segundo punto, se evalúan a continuación los valores de NPS teóricos resultantes en los receptores evaluados, cuando se considera el aporte de la planta modelado (Tabla 3-1) y los valores de línea de base medidos en el punto de monitoreo más cercano. Asimismo se comparan estos valores teóricos con los estándares de referencia de la normativa aplicable.

Para ello, se presentan en la Tabla 4-4 los valores resultantes de la adición de los NPS modelados y los registros de la línea de base asumidos, obtenidos mediante suma logarítmica. Se marca en color naranja los valores que superan los estándares de referencia de la normativa aplicable.

De acuerdo a lo anterior, los estándares de referencia son superados únicamente en dos ocasiones, lo que significa un porcentaje de incumplimiento menor al 1%. En particular, el estándar de referencia se supera en el receptor 22PY, durante el período nocturno en los escenarios 1 y 3 (escenarios que consideran como acceso principal de vehículos a la opción A).

Tomando los estándares de referencia de la normativa aplicable, los valores calculados exceden los objetivos de calidad acústica en menos de 7 dBA o menos de 2 dBA según se considere el área como mixta o industrial.

Es importante destacar que la excedencia calculada se debe únicamente al flujo de vehículos pesados, ya que en el escenario 3 se considera que los vehículos livianos circulan en su totalidad por el acceso de respaldo. Asimismo, el efecto de la planta puede relativizarse por el cumplimiento de los estándares de referencia en los escenarios 2 y 4, donde se considera como acceso principal de vehículos a la opción B.

En cuanto al tercer punto de la discusión de los resultados, donde se evalúa la eficacia de una barrera vegetal como medida de mitigación, deben compararse los valores calculados para los escenarios 5 y 6, presentados en la Tabla 3-2. En este sentido, resulta evidente que la barrera vegetal tiene un efecto nulo en la atenuación de los NPS de inmisión para los receptores considerados, ya que ninguno de los resultados del modelo se modifica cuando se introduce la barrera en el software.

Tabla 4-4 Aporte de la planta en cada receptor sensible considerando la LB

Receptor	Punto de monitoreo considerado	Escenario 1 L <sub>Aeq</sub> (dBA)		Escenario 2 L <sub>Aeq</sub> (dBA)		Escenario 3 L <sub>Aeq</sub> (dBA)		Escenario 4 L <sub>Aeq</sub> (dBA)	
		Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
1PC	NO2	51,8	46,2	51,8	46,2	51,8	46,2	51,8	46,2
2PC		51,4	44,3	51,4	44,3	51,4	44,3	51,4	44,3
3PC		51,2	43,2	51,2	43,2	51,2	43,3	51,2	43,3
4PC		51,1	42,6	51,1	42,6	51,1	42,6	51,1	42,6
5PC		51,0	42,3	51,0	42,3	51,0	42,3	51,0	42,3
6PC		50,9	41,3	50,9	41,3	50,9	41,3	50,9	41,3
7PC		51,0	41,7	51,0	41,7	51,0	41,8	51,0	41,8
8PC		50,9	41,4	50,9	41,4	50,9	41,5	50,9	41,5
9PC		50,8	40,2	50,8	40,2	50,9	40,7	50,9	40,7
10PC		50,8	39,7	50,8	39,7	50,8	40,6	50,8	40,6
11PC		50,7	39,2	50,7	39,2	50,9	40,8	50,9	40,8
12PC		50,7	38,9	50,7	38,9	50,8	39,8	50,8	39,8
13PC		50,7	38,9	50,7	38,9	50,7	39,3	50,7	39,3
15CU		51,0	41,9	51,0	41,9	51,0	42,0	51,0	42,0
20PY	NO4	37,8	38,5	34,5	35,9	37,6	38,3	34,5	35,9
21PY		42,3	42,6	34,5	35,9	42,0	42,2	34,5	35,9
22PY		61,8	61,8	34,5	35,9	61,4	61,4	34,5	35,9
23SM	NO5	43,5	46,9	43,8	47,0	43,5	46,9	43,7	47,0
24SM		43,5	46,9	43,6	46,9	43,5	46,9	43,6	46,9
25SC	NO2	50,7	38,8	50,7	38,8	50,7	38,8	50,7	38,8
26SD	NO3	43,1	50,2	43,1	50,2	43,1	50,2	43,1	50,2
30SR-Centro	NO5	43,5	46,9	43,5	46,9	43,5	46,9	43,5	46,9
30SR-Norte	NO4	35,4	36,6	34,5	35,9	35,4	36,5	34,5	35,9
30SR-Sur	NO5	43,5	46,9	51,6	52,4	43,5	46,9	51,3	52,1
40LP-Centro	NO3	43,1	50,2	43,1	50,2	44,3	50,5	44,3	50,5
40LP-Norte		43,1	50,2	43,1	50,2	45,3	50,7	45,3	50,7
40LP-Sur		43,1	50,2	43,1	50,2	43,8	50,4	43,8	50,4

## 5. Conclusiones

- La instalación y operación de la planta de celulosa de PARACEL no generaría cambios significativos en el ambiente sonoro local si se tienen en cuenta las mediciones de línea de base disponibles para la zona. Únicamente en uno de los puntos de referencia se percibiría como obvia la diferencia en la inmisión de los NPS cuando se considera el tránsito de todos los vehículos livianos por el acceso de respaldo. Sin embargo, el escenario donde todos los vehículos livianos circulan por el acceso de respaldo se daría en situaciones excepcionales, no siendo parte de la dinámica operativa normal esperada de la planta.
- En relación al punto anterior, cabe destacar que los estándares de referencia de la normativa aplicable se cumplirían en todos los puntos de la línea de base.
- La instalación y operación de la planta de celulosa de PARACEL no generaría aportes incrementales al ambiente sonoro local que redunden en incumplimiento de los objetivos de calidad acústica en ninguno de los receptores cuando se considera el tránsito de vehículos por el acceso B.
- En el caso de los escenarios que consideran el tránsito de vehículos por el acceso A, los estándares de referencia serían superados en uno de los 27 receptores evaluados (22 PY) durante el período nocturno. Esta excedencia sería de 7 dBA si se considera el área de estudio como mixta y de 2 dBA si se considera el área como industrial.
- Los resultados anteriores no implican que la operación de la planta industrial sea imperceptible desde el punto de vista de la inmisión de NPS, o que no tenga la potencialidad de generar molestias en algunos casos, ya que la percepción es un parámetro subjetivo que no se vincula directamente con los valores absolutos de inmisión. Sin embargo, se puede asegurar desde el punto de vista objetivo, a través de la cuantificación del efecto de aumento de NPS y su comparación con los estándares de referencia, que su impacto no sería significativo cuando se cumple con los valores objetivos de calidad acústica.
- Por último, se destaca que la barrera vegetal tendría un efecto nulo en la atenuación de los NPS de inmisión para los receptores considerados, ya que ninguno de los resultados del modelo se modifica cuando se introduce la barrera en la modelación.

## 6. Técnicos intervinientes

- Quím. Emilio Deagosto, MSc. (responsable técnico)
- Téc. Quím. Fernando Díaz

# **ANEXO I**

## **EDIFICACIONES, TANQUES Y FUENTES**





# Anexo Edificaciones, tanques y fuentes

**Mayo de 2020**





## Índice

1.	Introducción .....	3
2.	Datos de Edificaciones y tanques .....	4
2.1.	Edificios .....	4
2.2.	Tanques .....	4
3.	Fuentes consideradas .....	5
3.1.	Fuentes fijas .....	5
3.1.1.	Fuentes puntuales.....	5
3.1.2.	Fuentes superficiales .....	5
3.2.	Fuentes móviles - vehículos.....	6

## Índice de figuras

Figura 3-1 Recorrido de vehículos.....	7
--	---

## Índice de tablas

Tabla 2-1 Altura y nomenclatura de edificios.....	4
Tabla 2-2 Altura y nomenclatura de tanques .....	4
Tabla 3-1 Listado de fuentes fijas consideradas .....	5
Tabla 3-2 Datos de ingreso de acceso a Planta .....	6
Tabla 3-3 Datos de recorrido dentro de Planta .....	6

## 1. Introducción

Como primer paso de la modelación se debe armar el modelo físico de la planta, para lo cual deben cargarse en el modelo las principales edificaciones, considerando tanto edificios como tanques.

Se resumen en este anexo los datos de alturas y consideraciones asumidas respecto a estas estructuras.

Todos los tanques y edificios fueron considerados como reflectantes (fachada silenciosa/pantalla reflectante), es decir les corresponde un coeficiente de absorción acústica  $\alpha$  de 0,21 según el modelo empleado.

Una vez levantado el modelo físico de la planta industrial se agregan las fuentes sonoras a modelar, ubicadas georreferenciadamente y asignándoles una determinada altura.

Se consideran tres tipos de fuentes:

- Fuentes lineales para representar calles internas y accesos a planta.
- Fuentes superficiales para representar la emisión desde edificios
- Fuentes puntuales para representar la emisión de equipamiento ubicado en exterior.

Toda la información de edificaciones, fuentes, localización y emisión fue brindada por PARACEL. En los casos que fue necesario se complementó con información de la base de datos de CSI Ingenieros, generada en estudios similares en plantas de producción de celulosa en Uruguay.

## 2. Datos de Edificaciones y tanques

### 2.1. Edificios

**Tabla 2-1 Altura y nomenclatura de edificios**

Nombre del edificio	Altura relativa considerada (m)
Cocimiento e Línea de Fibras - I	78
Secado de pasta de celulosa	26
Preparación de productos químicos	3
Planta de oxígeno	3
Planta de Dióxido de Cloro	3
Planta de oxígeno	3
Evaporación	30
Caldera de Recuperación	82
Caustificación e Horno de Cal	40
Caldera de fuerza	39
Turbogeneradores/Generador Diésel	26
Torre de Enfriamiento	16
ETA - Estación de Tratamiento de Agua	10
Edificio de control central	8
Mantenimiento Almacén y Suministros	15
Oficina/Laboratorio	8
Vestidor	8
Primeros auxilios e instalaciones médicas	8
Cocina/Cantina	8

### 2.2. Tanques

**Tabla 2-2 Altura y nomenclatura de tanques**

Nombre del tanque	Radio (m)	Altura (m)
Torres de enfriamiento de estación de tratamiento de efluentes	38,8	22
Chimenea Caldera Recuperación	3	140
Silo Biomasa	57,0	33

### 3. Fuentes consideradas

#### 3.1. Fuentes fijas

Todos los valores se ingresaron como PLW en banda única de 500 Hz, es decir como nivel de presión sonora en dB relativo al valor de sonido de referencia de 1 pW (al ser considerado a 500 Hz se interpreta como el nivel de sonido ponderado A (dBA)).

**Tabla 3-1 Listado de fuentes fijas consideradas**

Lugar físico	Valor considerado(dBA)	Altura (m)
Patio de Maderas	115	5
Cocimiento y línea de fibras	110	Dimensiones del edificio (h=78)
Secado de pasta de celulosa	105	Dimensiones del edificio (h=26)
Preparación de productos químicos	100	1
Planta de dióxido de cloro	100	1
Planta de oxígeno	105	1
Evaporación	110	Dimensiones del edificio (h=30)
Caldera de recuperación	110	Dimensiones del edificio (h=82)
Caustificación y Horno de Cal	110	Dimensiones del edificio (h=40)
Caldera de fuerza	105	Dimensiones del edificio (h=39)
Turbogeneradores	85 a 1m, K=2dB	1
Torre de enfriamiento	110	Dimensiones del edificio (h=16)
ETA- Estación de tratamiento de agua	95	Dimensiones del edificio (h=10)

##### 3.1.1. Fuentes puntuales

Se clasifica a una fuente como puntual cuando sus dimensiones son muy pequeñas comparadas con las distancias a los receptores. En este caso la energía sonora se propaga de forma esférica. Son consideradas puntuales todas las fuentes que corresponden a equipos, bombas, motores, torres de enfriamiento, etc.

##### 3.1.2. Fuentes superficiales

Los edificios no solo son obstáculos para la propagación del sonido, sino que también pueden emitir ruido en los alrededores, este será el caso para fuentes que se encuentran dentro de edificios, como ser el caso de los edificios de secado de celulosa, la caldera de recuperación, la sala de motores en la planta de tratamiento de agua, entre otros.

En estos casos se modela las fuentes internas como fuentes en las fachadas del edificio, estas se ubican a 0,05 m de la fachada y se considera una pérdida por transmisión de 30 dB (valor sugerido por el modelo para edificaciones industriales para 500 Hz).

### 3.2. Fuentes móviles - vehículos

La emisión generada por el tránsito circulando por los accesos y las vías de tránsito internas a la planta se modela como fuentes lineales, considerando para todos los casos que el tránsito se distribuye homogéneamente a lo largo del día.

A continuación, se presentan los datos brindados por PARACEL de recorridos mediante los posibles accesos a planta (Tabla 3-2) y de recorrido interno (Tabla 3-3).

Las rutas de circulación son las que se presentan en la Figura 3-1 para cada tipología de vehículo.

**Tabla 3-2 Datos de ingreso de acceso a Planta**

Recorrido	Flujo de Vehículos Livianos	Flujo de Vehículos Pesados	Velocidad máxima (km/h)
ZC Acceso Principal Opción A	30 vehículos/h	15 camiones/h	60
ZC Acceso Principal Opción B	30 vehículos/h	15 camiones/h	60
ZC Acceso Principal Respaldo Vehículos Livianos	30 vehículos/h	-	60

**Tabla 3-3 Datos de recorrido dentro de Planta**

Recorrido	Flujo de Vehículos	Velocidad máxima (km/h)
ZC Recorrido Interno Vehículos Livianos	30 vehículos/h	30
ZC Recorrido Interno Vehículos Pesados	15 camiones/h	30
ZC Recorrido Transporte Balas de Celulosa	6 camiones/h	30

Figura 3-1 Recorrido de vehículos

