

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL COMPLEMENTARIO DE LA AMPLIACIÓN A CICLO COMBINADO DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA ENSENADA DE BARRAGÁN, PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

CAPÍTULO 5 – ESTUDIOS ESPECIALES

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE EMISIONES GASOSAS	4
2.1	INTRODUCCIÓN	4
2.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD	6
2.2.1	Información de entrada	7
2.2.2	Información de salida	8
2.2.3	Tipo de modelo	8
2.2.4	Tipos de contaminantes	8
2.2.5	Relaciones fuente - receptor	8
2.2.6	Comportamiento de la pluma	9
2.3	NORMAS DE CALIDAD DE AIRE	11
2.4	LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA	11
2.5	CONCENTRACIONES DE FONDO	12
2.6	CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS	14
2.6.1	Combustible: gas natural	15
2.6.2	Combustible: combustible líquido	16
2.7	DATOS METEOROLÓGICOS UTILIZADOS	18
2.8	APLICACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD	18

2.8.1	Combustible: gas natural	19
2.8.2	Combustible: combustible líquido	28
2.9	CONCLUSIONES	42
3	MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA PLUMA DE DESCARGA	44
3.1	INTRODUCCION	44
3.2	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA DE VERTIDO	45
3.3	MODELO MATEMÁTICO HIDROTÉRMICO	46
3.3.1	Introducción	46
3.3.2	Descripción del modelo matemático RMA-10	47
3.3.3	Implementación y calibración del modelo matemático	50
3.4	MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA	62
3.4.1	Determinación de los parámetros térmicos	62
3.5	RESULTADOS	67
3.6	CONCLUSIONES	97
4	ANÁLISIS DEL POTENCIAL IMPACTO ACÚSTICO	98
4.1	INTRODUCCIÓN	98
4.2	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	99
4.3	DETERMINACIÓN DEL RUIDO DE FONDO	100
4.3.1	Nivel calculado	102
4.3.2	Nivel medido (L_F)	109
4.3.3	Nivel de evaluación (L_E)	116
4.4	DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN Y CÁLCULO DE LA INMISIÓN	117
4.4.1	Niveles de emisión	117
4.4.2	Cálculo del nivel de inmisión	122
4.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	123
4.6	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	125
5	BIBLIOGRAFÍA	128

CAPÍTULO 5 – ESTUDIOS ESPECIALES

1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se ha formulado en forma específica para presentar los estudios especiales desarrollados como parte del desarrollo del presente Estudio de Impacto Ambiental de la ampliación a ciclo combinado de la Central Térmica Ensenada de Barragán (CTEB).

Las acciones a desarrollar durante las etapas de construcción y operación de la CTEB son especialmente susceptibles de generar impactos asociados a la calidad del aire, al aumento del nivel sonoro al cual podrían estar expuestos los receptores más cercanos y al incremento de temperatura del agua del arroyo El Gato y del sistema fluvial del Río Santiago, dada la implementación de un sistema abierto de refrigeración del ciclo combinado.

A partir de lo antedicho, junto con la regulación definida por normativa específica para la construcción y operación de centrales térmicas, se ha formulado un estudio sobre la propagación de ruidos a fin de determinar la afectación por ruidos molestos al vecindario en los sitios poblados más próximos. Asimismo, considerando los niveles de calidad de aire establecidos en la legislación provincial, se han formulado estudios de dispersión de emisiones gaseosas orientados a identificar el impacto ambiental atmosférico que tendrá la Central durante su operación

Sumado a lo anterior, dada la relevancia y el potencial impacto sobre el medio circundante que podría tener la descarga del agua de refrigeración del sistema de vapor del ciclo combinado, se ha desarrollado un estudio de dispersión de la temperatura para la descarga del agua de refrigeración. Sus resultados serán útiles para obtener mayor información a la hora de valorar el impacto potencial.

En conclusión, los estudios especiales remiten al análisis detallado de algunos de los aspectos de mayor significancia del proyecto que sean susceptibles de generar impactos ambientales negativos sobre el medio y cuya evaluación específica permitirá obtener información que ayude a la determinación apropiada de medidas de prevención, mitigación o compensación adecuadas.

Los resultados de los modelos empleados para estos estudios específicos junto con su análisis, se presentan en los puntos subsiguientes.

2 MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE EMISIONES GASOSAS

2.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Anexo de la Resolución N°13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) “Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico”, la dispersión de contaminantes en la atmósfera es un proceso complejo para cuya descripción es frecuente recurrir a la aplicación de modelos de dispersión atmosférica. Asimismo, se menciona en dicho Anexo que los contaminantes, que es necesario evaluar, y que son emitidos desde las chimeneas de las Centrales Térmicas de Generación de Electricidad son los siguientes: óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado total (MPT).

En el Anexo de esa Resolución se presenta a los fines regulatorios una metodología a cumplir dividida en dos etapas: Etapa I, de sondeo o de *screening* y Etapa II, de contenido más detallado.

- **Etapa I:** Se debe aplicar la técnica de sondeo o de *screening* para simular la dispersión atmosférica de contaminantes emitidos desde fuentes puntuales para determinar si las concentraciones de contaminantes en aire superan o no el 50% de los valores de los límites máximos admisibles de calidad del aire establecidos por las normas legales ambientales vigentes en la zona de emplazamiento. Este procedimiento es aplicable a diferentes condiciones atmosféricas, entre las cuales es necesario detectar la ambientalmente más desfavorable. En caso en que las concentraciones máximas totales (concentraciones obtenidas por el modelo más las concentraciones de fondo) estimadas sobrepasen el 50% de los valores de los límites máximos admisibles de calidad del aire establecidos por la norma legal ambiental vigente será necesario aplicar la metodología más detallada incluida en la Etapa II.
- **Etapa II:** Requiere la aplicación de modelos de dispersión atmosférica más detallados utilizando información meteorológica horaria.

Por otra parte, la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (hoy denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable –OPDS-) de la provincia de Buenos Aires pone en vigencia el "INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE MODELOS DE DIFUSIÓN ATMOSFÉRICA A EFLUENTES GASEOSOS" que figura como Anexo I de la misma.

De acuerdo con el mismo, el objetivo de la ex Secretaría de Política Ambiental, hoy OPDS es basar la fiscalización de los efluentes gaseosos en el control del impacto que los mismos producen en la calidad del aire. Para cumplir con dicho objetivo la metodología presentada en el Instructivo está desarrollada en tres etapas progresivas y definitorias:

- **Etapa I:** Análisis mediante sondeo simple.
- **Etapa II:** Análisis mediante sondeo detallado.
- **Etapa III:** Análisis mediante modelación detallada.

La **Etapa I** se utiliza para determinar de manera aproximada las concentraciones de contaminantes en aire esperables en condiciones desfavorables. Si las concentraciones totales (las calculadas más la concentración de fondo) no superan el 30% de los valores establecidos como Normas de Calidad del Aire en el Decreto N° 3.395/96 y resoluciones complementarias, el proceso de cálculo está completo. En caso contrario, debe aplicarse la Etapa II.

La **Etapa II** tiene los mismos objetivos que la Etapa I, pero con una metodología de cálculo más compleja. Si las concentraciones totales (las calculadas más la concentración de fondo) no superan el 50% de los valores establecidos como Normas de Calidad del Aire en el Decreto N° 3.395/96 y resoluciones complementarias, el proceso de cálculo está completo. En caso contrario debe aplicarse la Etapa III.

La **Etapa III** tiene los mismos objetivos que las etapas anteriores, pero es necesario aplicar modelos más detallados e información meteorológica horaria. Si las concentraciones totales (las calculadas más la concentración de fondo) no superan los valores establecidos como Normas de Calidad del Aire en el Decreto N° 3.395/96 y resoluciones complementarias, el proceso de cálculo está completo. En caso de ser superados los valores de las Normas de Calidad del Aire establecidos en el Decreto N° 3.395/96 y resoluciones complementarias, se debe presentar un cronograma de adecuaciones y correcciones para solucionar el problema, para su aprobación.

Sin embargo, los generadores pueden optar, en caso de ser necesario, luego de la realización de la Etapa I o de la Etapa II, por presentar un cronograma de adecuaciones y correcciones para su aprobación y no continuar con las etapas siguientes.

También, a criterio del generador es posible no proceder a cumplimentar en forma secuencial con cada etapa. Debe tenerse en cuenta que la cantidad de conductos de evacuación y la magnitud de las emisiones puede determinar la conveniencia de aplicar directamente la Etapa II o la Etapa III.

En el caso específico de la CTEB que se planifica instalar en Ensenada (provincia de Buenos Aires), se aplicaron la Etapa II del Anexo de la Resolución N° 13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) y la Etapa III la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (hoy denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires. Estas Etapas de ambas Resoluciones son esencialmente coincidentes. De acuerdo a lo establecido en las dos Resoluciones se aplicó la metodología de modelación detallada de la dispersión atmosférica.

En este estudio se presenta, siguiendo las directivas incluidas en el Anexo de la Resolución N° 13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) "Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico" y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (hoy denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires mencionados anteriormente, el Estudio de Impacto Ambiental Atmosférico que producirían las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado desde las chimeneas de las futuras unidades operando en ciclo combinado de la CTEB durante su funcionamiento.

Para cumplir con esas dos Resoluciones se aplicó el modelo de dispersión atmosférica AERMOD (Etapa II del Anexo de la Resolución N°13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) “Guía Práctica para la preparación de Evaluaciones de Impacto Ambiental Atmosférico” y Etapa III de la Resolución N°242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (hoy denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires).

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD

En febrero de 1991, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US.EPA) conjuntamente con la *American Meteorological Society* (AMS) constituyeron el Comité de Perfeccionamiento de Modelos Regulatorios (AERMIC) cuyo objetivo fue incorporar los avances científicos realizados durante las décadas del 70' y 80' en un modelo de dispersión atmosférica utilizable con propósitos regulatorios.

El resultado elaborado por este Comité fue el AERMOD. Este modelo se desarrolló para ser aplicado a los escenarios corrientemente contemplados en el *Industrial Source Complex Short-Time Model* (ISCST3) (US.EPA, 1995). Algunas primeras formulaciones del AERMOD fueron resumidas por Perry y otros (1994) y Cimorelli y otros (1996). Una discusión más completa de las formulaciones del modelo se presenta en Cimorelli y otros (2003).

En el año 2005, la US.EPA incorpora al AERMOD entre los modelos de dispersión atmosférica recomendados para su aplicación. Este modelo permaneció en uso conjuntamente con el ISCST3, como modelos preferidos de la US.EPA, hasta que en diciembre de 2006. En ese año la Agencia eliminó de la lista de modelos recomendados al ISCST3.

El AERMOD es un modelo de dispersión atmosférica estacionario que se puede utilizar para evaluar la concentración de contaminantes emitidos desde diferentes tipos de fuentes de emisión. El AERMOD es aplicable a plumas de contaminantes industriales transportados a través de distancias cortas (hasta 50 km). Este modelo simula el transporte y la dispersión atmosférica de contaminantes emitidos desde fuentes puntuales (individuales o múltiples), areales o volumétricas. Se basa en la caracterización de la capa límite de la atmósfera que fue encontrada utilizando los datos medidos de algunas variables meteorológicas convencionales. Las fuentes de emisión pueden estar ubicadas en áreas rurales o urbanas y los receptores pueden estar localizados en terreno simple o complejo. El AERMOD tiene en cuenta los efectos de la estela turbulenta en el aire originada por los edificios (remoción en la pluma de contaminantes) utilizando los algoritmos incluidos en el *Plume Rise Model Enhancements* (PRIME). El modelo AERMOD utiliza datos meteorológicos horarios procesados secuencialmente con el objetivo final de calcular las concentraciones de contaminantes en aire para diferentes tiempos de promedio desde una hora hasta un año. El AERMOD está diseñado para operar con dos preprocesadores: a) de datos meteorológicos (ARMET) y b) de información del terreno (AERMAP).

El AERMOD es apropiado para las siguientes aplicaciones:

- Fuentes puntuales, areales y volumétricas;
- Emisiones desde fuentes ubicadas en superficie, cerca de la superficie del suelo y elevadas;

- Áreas rurales o urbanas;
- Terreno simple o complejo;
- Transporte de contaminantes hasta una distancia de 50 km;
- Variación de los tiempos de promedio de las concentraciones entre una hora y un año;
- Emisiones continuas de sustancias tóxicas.

2.2.1 Información de entrada

Para la aplicación del modelo utilizado, se requieren los siguientes datos de entrada:

1. Datos de las fuentes: El modelo requiere información sobre los tipos de fuentes, ubicaciones, altura y diámetro interno de las chimeneas, temperatura y velocidad de salida de los gases de emisión, dimensiones de las fuentes areales y volumétricas y elevación del terreno en donde están ubicadas las fuentes. Las dimensiones de los edificios y la intensidad variable de las emisiones son opcionales.
2. Datos meteorológicos: El preprocesador meteorológico AERMET requiere como datos de entrada las características de la superficie, incluyendo el parámetro de rugosidad de la superficie del suelo (z_0), la relación de Bowen y el albedo, así como datos horarios de velocidad del viento entre siete veces z_0 (nivel del viento de referencia a partir del cual se desarrolla el perfil del viento) y 100 m, dirección del viento, nubosidad y temperatura entre z_0 (nivel a partir del cual se puede desarrollar el perfil de temperatura) y 100 m. Las características de la superficie pueden variar con el sector desde donde fluye el aire y con la estación del año y/o los meses. Los valores de un radiosondeo matinal representativo de la estación aerológica más cercana, latitud y longitud, hora local y la velocidad del viento umbral son requeridos por el AERMET. Adicionalmente, perfiles medidos de viento, temperatura, turbulencia lateral y vertical pueden ser necesarios en algunas aplicaciones (por ejemplo, terreno complejo) para representar adecuadamente los aspectos meteorológicos que afectan el transporte y la dispersión de la pluma de contaminantes. Opcionalmente, se requieren mediciones de radiación neta o solar. Dos archivos son producidos por el preprocesador meteorológico AERMET como entrada para el modelo de dispersión AERMOD. El archivo de superficie contiene las variables superficiales horarias observadas y calculadas. El archivo de los perfiles contiene los datos de las observaciones realizadas en cada nivel de una torre meteorológica o las observaciones de datos representativos.

Los datos utilizados como información de entrada al AERMET deberán contener un grado de representatividad vertical y lateral del área en la está ubicada la fuente de emisión para asegurar que los perfiles de viento, temperatura y turbulencia derivados por el AERMOD sean adecuados. Los valores de la rugosidad de la superficie, la relación de Bowen y del albedo, deberán reflejar las características de la superficie en las cercanías de la torre meteorológica y del dominio del modelado. Finalmente, las variables de entrada principales que incluyen la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire ambiente, la nubosidad y un radiosondeo matinal, también deberán ser representativas del área en donde está situada la o las fuentes.

3. Datos del receptor: Se requieren sus coordenadas, la elevación, la altura respecto de la superficie y las escalas de la altura de las elevaciones del terreno que son generadas por el preprocesador del terreno AERMAP para ingresar en el AERMOD.

2.2.2 Información de salida

Las opciones para los datos de salida incluyen la información de entrada, tablas resúmenes de las concentraciones más altas por receptor y para tiempos especificados de promedio, tablas resúmenes de las concentraciones máximas y de los valores concurrentes por receptor para cada hora o día procesado.

Otros archivos opcionales de salida pueden ser generados: un listado de las ocurrencias de excedencias de valores umbrales especificados, un listado de los resultados concurrentes en cada receptor para cada una de las horas modeladas, un listado de los valores de diseño que puedan ser importados en gráficos para dibujar contornos, un listado no formateado de los resultados mayores que un valor umbral, un listado de las concentraciones por rangos (por ejemplo, para ser utilizados en gráficos cuantil-cuantil) y un listado de las concentraciones (para determinados arcos) con el objeto de realizar evaluaciones del modelo.

2.2.3 Tipo de modelo

Como se manifestó anteriormente, el AERMOD es un modelo estacionario de pluma, que utiliza distribuciones horizontal y vertical gaussianas para condiciones estables y distribución horizontal gaussiana para condiciones convectivas. La distribución vertical de la concentración en condiciones convectivas es obtenida a partir de la suposición de una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana para la velocidad vertical.

2.2.4 Tipos de contaminantes

El AERMOD es aplicable a contaminantes primarios y emisiones continuas de contaminantes tóxicos y peligrosos. Las transformaciones químicas son tratadas mediante un decaimiento exponencial simple.

2.2.5 Relaciones fuente - receptor

El AERMOD se aplica a localizaciones especificadas por el usuario para las fuentes y los receptores. Se utiliza la separación real entre cada par fuente - receptor. Las elevaciones de las fuentes y de los receptores son introducidas por el usuario en la entrada o son determinadas por el AERMAP utilizando datos del terreno obtenidos por el Sistema Geográfico de Posición Satelital. Los receptores pueden estar localizados a alturas específicas respecto de la superficie.

2.2.6 Comportamiento de la pluma

En la capa límite convectiva, el transporte y la dispersión de una pluma de contaminantes están caracterizados por una superposición de tres plumas modeladas: la pluma directa (emitida desde la chimenea), la pluma inversa y la pluma “introducida”. La pluma inversa está representada por una pluma con empuje térmico cerca del tope de la capa límite. La pluma introducida se encuentra constituida por una parte de una pluma que, debido a su empuje térmico, penetra por encima de la capa mezclada, pero que puede dispersarse hacia abajo y re-introducirse en esa capa. En la capa límite convectiva, la elevación de la pluma se superpone con los desplazamientos verticales del aire causados por las velocidades aleatorias convectivas.

En la capa límite estable, la elevación de la pluma es calculada utilizando un procedimiento iterativo, similar al que se encuentra en el *Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithms for Unstable Situations* (CTDMPLUS).

El modelo incorpora la remoción y el empuje térmico originados por la chimenea que inducen una contribución adicional a la dispersión. Los efectos de estela en el aire generados por los edificios son simulados para las chimeneas con menor nivel que los correspondientes a la altura determinada por la buena práctica ingenieril utilizando el método contenido en los algoritmos de remoción del PRIME (Schulman y otros, 2000). Para elevaciones de la pluma afectada por la presencia de un edificio, el algoritmo de remoción del PRIME utiliza una solución numérica de las leyes de conservación de la masa, energía y cantidad de movimiento (Zhang y Ghoniem, 1993). La deflexión de la línea de corriente y la posición de la chimenea en relación con el edificio afectan la trayectoria y la dispersión de la pluma. La dispersión aumentada está basada en el método desarrollado por Weil (1996). La masa de la pluma capturada por la cavidad está bien mezclada en su interior. La masa de la pluma capturada es re-emitida en una estela lejana como ocurre en una fuente volumétrica.

Para terreno elevado, el AERMOD incorpora el concepto de la altura de la línea de corriente crítica dividida. El flujo por debajo de esta altura permanece horizontal y por encima de la misma tiende a elevarse (Snyder y otros, 1985). La concentración de la pluma se estima a partir de la suma ponderada de esos dos estados límites de la pluma. Sin embargo, consistentemente con la suposición de estado estacionario de la dirección del viento horizontal uniforme en todo el dominio de modelado, se supone una trayectoria lineal y rectilínea de la pluma, con ajustes en la geometría pluma-receptor utilizada para tener en cuenta los efectos del terreno.

2.2.6.1 **Componente horizontal de la velocidad del viento (velocidad del viento)**

Los perfiles verticales del viento son calculados para cada hora considerando las mediciones de parámetros meteorológicos y las relaciones de la teoría de la semejanza de la capa de superficie. A una dada altura por encima de la superficie del terreno, para una determinada hora, se supone que los vientos son constantes en el dominio de modelado. El efecto de la variación vertical de la velocidad horizontal del viento sobre la dispersión es considerado mediante el promedio de este parámetro en la extensión vertical de la pluma.

2.2.6.2 Componente vertical de la velocidad del viento

En condiciones convectivas, los efectos causados por las corrientes verticales aleatorias ascendentes y descendentes del aire se simulan mediante una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana de la velocidad vertical del aire. En ambas condiciones, estable y convectiva, se supone que la velocidad media vertical del aire es nula.

2.2.6.3 Dispersión horizontal

Los coeficientes de dispersión horizontal para una distribución gaussiana son estimados como funciones continuas de la turbulencia (medida o estimada) lateral de la atmósfera. También, se consideran el empuje inducido por el empuje térmico y la turbulencia inducida por la estela generada por los edificios. Los perfiles verticales de la turbulencia lateral son obtenidos a partir de mediciones y de las relaciones de la teoría de la semejanza. Los valores de la turbulencia efectiva son encontrados utilizando la porción de los perfiles verticales de la turbulencia lateral ubicada entre la altura de la pluma y la altura del receptor. La turbulencia lateral efectiva es utilizada para calcular la dispersión horizontal.

2.2.6.4 Dispersión vertical

Los coeficientes de dispersión vertical de una distribución gaussiana, en una capa límite estable, son estimados como funciones continuas de la turbulencia vertical parametrizada de la atmósfera. En la capa límite convectiva, la dispersión vertical está caracterizada por una función de densidad de probabilidad bi-gaussiana y también, es estimada como una función continua de la distribución de la velocidad vertical turbulenta del aire. Los perfiles de la turbulencia vertical son obtenidos utilizando mediciones y relaciones de la teoría de la semejanza. Esos perfiles de la turbulencia consideran las turbulencias mecánica y convectiva. Los valores de la turbulencia efectiva son encontrados utilizando la porción de los perfiles verticales de la turbulencia vertical ubicada entre la altura de la pluma y la altura del receptor. La turbulencia vertical efectiva es utilizada para calcular la dispersión vertical.

2.2.6.5 Transformaciones químicas

Las transformaciones químicas, generalmente, no son tratadas por el AERMOD. Sin embargo, el AERMOD contiene una opción de transformación química utilizando un simple decaimiento exponencial simple. Esta opción no es considerada para aplicaciones regulatorias, excepto para fuentes urbanas que emiten dióxido de azufre. El usuario debe introducir el coeficiente de decaimiento o la vida media de las sustancias que desea modelar.

2.2.6.6 Remoción física

El AERMOD puede ser utilizado para estimar los depósitos seco y húmedo de gases y partículas.

2.3 NORMAS DE CALIDAD DE AIRE

Las normas de calidad de aire son límites legales correspondientes a niveles de contaminantes en el aire durante el período de tiempo dado.

En este trabajo se consideraron las siguientes normas de calidad de aire establecidas en la Tabla A del Anexo III del Decreto N° 3.395/96, reglamentario de la Ley de la provincia de Buenos Aires N° 5.965 y en la Resolución N° 242/97 (ex Secretaría de Política Ambiental de la provincia de Buenos Aires, hoy OPDS):

Tabla 1. Normas de calidad de aire aplicables.

Contaminante	Norma de calidad del aire (*)	Período de tiempo
Monóxido de Carbono	40,082 mg/m ³ ⁽²⁾	1 hora
	10,0 mg/m ³ ⁽²⁾	8 horas
Dióxido de azufre	1,3 mg/m ³ ⁽²⁾	3 horas
	0,365 mg/m ³ ⁽²⁾	24 horas
	0,08 mg/m ³	1 año
Óxidos de Nitrógeno (expresados como NO ₂)	0,367 mg/m ³ ⁽²⁾	1 hora
	0,100 mg/m ³	1 año
Material Particulado en Suspensión (PM-10)	0,150 mg/m ³ ⁽²⁾	24 horas
	0,050 mg/m ³	1 año

⁽¹⁾ Temperatura T = 25°C; presión p = 1 atm.

⁽²⁾ No puede ser superado más de una vez al año.

2.4 LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA

Los límites de emisión de contaminantes en los gases de las chimeneas son los establecidos por la Resolución N° 108/01 de la Secretaría de Energía y Minería de la Nación, para las Centrales Térmicas de Generación de Electricidad cuya parte pertinente se transcribe a continuación:

LIMITES A LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES GASEOSOS:

Los límites de emisión para las Centrales de Ciclo Combinado (similares a los establecidos para la Centrales Turbogas), son los siguientes:

a) Utilizando gas natural:

- Material particulado total (MPT) máximo: seis miligramos por metro cúbico normal (6 mg/Nm³)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) máximo: cien miligramos por metro cúbico normal (100 mg/Nm³)

b) Utilizando combustibles líquidos:

- Material particulado total (MPT) máximo: veinte miligramos por metro cúbico normal (20 mg/Nm³)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x) máximo: cien miligramos por metro cúbico normal (100 mg/Nm³)

En las Centrales con unidades turbogas que utilicen combustibles líquidos, los tenores de azufre de los mismos no deberán superar el cero coma cinco por ciento (0,5%), como indicación indirecta del nivel de emisión de SO₂.

2.5 CONCENTRACIONES DE FONDO

La contaminación de fondo debe interpretarse como la concentración en aire de contaminantes emitidos por otras fuentes diferentes de las que se considere en el estudio y que contribuyan a la contaminación atmosférica de la zona.

La concentración de fondo puede definirse como la suma de la concentración de base (a nivel regional) y las concentraciones en aire de contaminantes aportados por otras fuentes aparte de las consideradas.

El método utilizado en este Informe para determinar las correspondientes concentraciones de fondo se basó en mediciones de calidad del aire realizadas por GRUPO INDUSER S.R.L. en el entorno cercano al futuro emplazamiento de la CTEB. Se efectuaron determinaciones de concentraciones medias (para diferentes períodos de tiempo) de dióxido de nitrógeno, material particulado en suspensión (MP 10), monóxido de carbono y dióxido de azufre en aire a nivel del suelo en cinco puntos localizados en la zona y en el entorno de la ubicación de la futura Central.

Los valores de las concentraciones obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 2. Valores de concentraciones de fondo, obtenidas en la medición de calidad de aire.

Contaminante	Punto N° 1 (mg/m ³)	Punto N° 2 (mg/m ³)	Punto N° 3 (mg/m ³)	Punto N° 4 (mg/m ³)	Punto N° 5 (mg/m ³)
Monóxido de carbono	< 1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,2
Óxidos de nitrógeno (considerados como dióxido de nitrógeno)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dióxido de azufre	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Material particulado en suspensión (MP 10)	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06

En ocasión de realizarse el Estudio de Impacto Ambiental para el ciclo abierto de la CTEB, en febrero de 2009, se determinaron los siguientes valores de las concentraciones de fondo:

Tabla 3. Valores de concentraciones de fondo con el funcionamiento del ciclo abierto de la CTEB.

Contaminante	Punto N° 1 (mg/m ³)	Punto N° 2 (mg/m ³)	Punto N° 3 (mg/m ³)	Punto N° 4 (mg/m ³)	Punto N° 5 (mg/m ³)
Monóxido de carbono	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Óxidos de nitrógeno (considerados como dióxido de nitrógeno)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Dióxido de azufre	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Material particulado en suspensión (MP 10)	< 0,005	0,025	< 0,005	< 0,005	0,025

Teniendo en cuenta los valores incluidos en la Tabla 2 y Tabla 3 y con el objeto de incorporar las condiciones ambientales más comprometidas en la determinación de las concentraciones de fondo, se utilizaron los valores más altos y/o los datos inmediatamente menor que los señalados como inferior a los límites de cuantificación de los métodos utilizados en la medición - análisis de los contaminantes.

Los valores de las concentraciones de fondo de los diferentes contaminantes y períodos de tiempo incluidos en este trabajo son los siguientes:

Tabla 4. Valores de concentraciones y períodos de tiempo a utilizar.

Contaminante	Concentración (mg/m ³)	Tiempo de muestreo
Monóxido de Carbono	1,1	1 hora
Óxidos de nitrógeno (considerados como dióxido de nitrógeno)	0,049	1 hora
Dióxido de azufre	0,049	1 hora
Material particulado en suspensión (MP 10)	0,09	24 horas

Diferentes autores (Hino, 1968; Larsen y otros, 1967; Larsen, 1969, 1971; Högstrom, 1972; Larsen y Heck, 1985; Best y otros, 2000; Turner y Schulze, 2007) propusieron la siguiente expresión con el objeto de relacionar la concentración (C_p) de un contaminante en el aire durante un tiempo (t_p) de muestreo o promedio con la concentración (C_m) del mismo contaminante en el aire durante otro tiempo (t_m) de muestreo o promedio:

$$C_p = C_m \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^p$$

donde el valor medio del exponente p puede considerarse igual a 0.2.

Aplicando la ecuación anterior a los valores de la $C_{m\acute{a}x}$ presentados en la Tabla 4 se encuentran los siguientes valores de las concentraciones correspondientes a los distintos contaminantes, que se considerarán representativos de contaminación de fondo de la zona para diferentes períodos de tiempo incluidos en las respectivas normas de calidad de aire que se considerarán en este Informe:

Es importante aclarar que la aplicación de la ecuación anterior es más confiable para tiempos de muestreo ascendentes, comenzando por el menor tiempo disponible. En el análisis de calidad de aire incluido en el Capítulo 4 - Línea de Base Ambiental (LBA), se aplicó dicha ecuación tanto para el pasaje de tiempos de muestreo ascendentes como descendentes para posibilitar la comparación de los resultados obtenidos con aquellos antecedentes de 2009 y con los límites regulados. Sin embargo, dada la rigurosidad de la modelación, se optó por utilizar los menores tiempos de muestreo disponibles, que son los obtenidos en agosto de 2012.

Otra diferencia respecto a la metodología utilizada en el análisis de calidad de aire de la LBA es que para el pasaje de tiempo de aquellas concentraciones que resultaron por debajo del límite de cuantificación, aquí se utilizó el valor inmediato inferior mientras que en la LBA se utilizó el límite de cuantificación mismo.

Tabla 5. Valores de concentraciones y períodos de tiempo a utilizar.

Contaminante	Tiempo de promedio	Contaminación de fondo (mg/m ³)
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	1,1
	8 horas	0,77
Óxidos de nitrógeno (expresados como NO ₂)	1 hora	0,049
	1 año	0,0039
Dióxido de azufre (SO ₂)	3 horas	0,0441
	24 horas	0,0196
	1 año	0,0039
Material particulado en suspensión PM-10	24 horas	0,09
	1 año	0,0136

NOTA: No todos los valores aquí calculados coinciden con los presentados en la sección de calidad de aire del Capítulo 4 – Línea de Base Ambiental (LBA), ya que las concentraciones tomadas para realizar los cálculos de pasaje de tiempo, son las inmediatas inferiores a los límites de detección de los métodos de análisis, mientras que en la LBA se considera el límite mismo.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS

A continuación, se presentan las características físicas de cada una de las fuentes de emisión de la CTEB

Tabla 6. Características de las chimeneas de ciclo cerrado de la CTEB.

IDENTIFICACION DE LA CHIMENEA		
Código o Nombre:	01	02
Localización: Coordenadas x(m); y(m):	0,0; 0,0	33,5; 33,5
CARACTERISTICAS FISICAS		
Altura de la chimenea desde el suelo (m):	55	55
Diámetro de la chimeneas en su tope (m):	5,95	5,95

Los valores de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado total en condiciones de ciclo combinado dependerán del tipo de combustible que se utiliza.

2.6.1 Combustible: gas natural

Los valores correspondientes a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material particulado total que inyectarán cada una de las dos chimeneas de la CTEB durante el funcionamiento en ciclo combinado cuando se use gas natural como combustible son los siguientes:

Tabla 7. Características de la emisión de monóxido de carbono (CO) con gas natural.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	23,92	23,92
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	369	369
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	617,1	617,1
Concentración del contaminante (CO) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	38,8	38,8

Tabla 8. Características de la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) con gas natural.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	36,8	36,8
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	369	369
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	617,1	617,1
Concentración del contaminante (NO _x) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	59,6	59,6

Tabla 9. Características de la emisión de material particulado total (MPT) con gas natural.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	2,2	2,2
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	369	369
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	617,1	617,1
Concentración del contaminante (MPT) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	3,6	3,6

2.6.2 Combustible: combustible líquido

Los valores correspondientes a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado total que inyectarán cada una de las dos chimeneas de la CTEB cuando se use combustible líquido como combustible, y funcionando en forma ciclo combinado son los siguientes:

Tabla 10. Características de la emisión de monóxido de carbono (CO) con combustible líquido.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	70,5	70,5
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	424	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1	537,1
Concentración del contaminante (CO) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	131,2	131,2

Tabla 11. Características de la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) con combustible líquido.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	53,7	53,7
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	424	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1	537,1
Concentración del contaminante (NO _x) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	100,0	100,0

Tabla 12. Características de la emisión de dióxido de azufre (SO₂) con combustible líquido.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	140	140
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	424	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1	537,1
Concentración del contaminante (SO ₂) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	260,8	260,8

Tabla 13. Características de la emisión de material particulado total (MPT) con combustible líquido.

Parámetro	Valor	
	Chimenea 01	Chimenea 02
Caudal másico de emisión (g/s)	11,28	11,28
Velocidad de salida del efluente (m/s)	30	30
Temperatura del efluente (K)	424	424
Caudal Volumétrico de emisión (Nm ³ /s)	537,1	537,1
Concentración del contaminante (MPT) en los gases de emisión (mg/Nm ³):	21,2	21,2

2.7 DATOS METEOROLÓGICOS UTILIZADOS

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a tres años (2004, 2005 y 2006) de información correspondientes a la estación meteorológica La Plata Aero (Lat. 34°57'S; Long. 60°54'W, altura: 19 msnm) y a la estación meteorológica de observación de datos en altitud Ezeiza Aero (Lat. 34°49'S; Long. 58°32'W, altura: 20 msnm), del Servicio Meteorológico Nacional.

2.8 APLICACIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA AEROMOD

De acuerdo con lo expresado en el Anexo de la Resolución N° 13/97 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (punto III) se realizó el presente estudio comenzando por la Etapa II sin efectuar previamente el análisis de sondeo (Etapa I). Esto es coincidente con lo manifestado en el Anexo I de la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires, en donde la Etapa II anteriormente mencionada está representada por la Etapa III.

Utilizando la información meteorológica horaria (ver Punto 2.7.), los datos de emisiones de efluentes (ver Punto 2.6) se aplicó el modelo AERMOD para cada tiempo de promedio incluido en el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y en la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires, correspondiente al monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado en suspensión (PM10).

Se tuvo en cuenta el volcado de los contaminantes originado por su interacción con los edificios vecinos.

La aplicación se efectuó considerando que los equipos funcionan en ciclo combinado consumiendo gas natural durante el 100% del tiempo de los tres años de aplicación y combustible líquido durante el 100% del tiempo de esos tres años, como combustibles.

2.8.1 Combustible: gas natural

2.8.1.1 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 1 hora

El modelo se aplicó a las emisiones de CO provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural los dos equipos operando en ciclo combinado.

En las Tablas 1, 2 y 3 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) (calculada por el modelo más fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima calculada: 1,13880 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima calculada: x= - 449,95 m; y = 536,23 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 700 m al NW de la Chimenea 01.

En la Figura 1 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) máxima total (calculada más fondo) de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de enero de 2005 a la hora 01:00, fecha en que se presenta la mayor concentración.

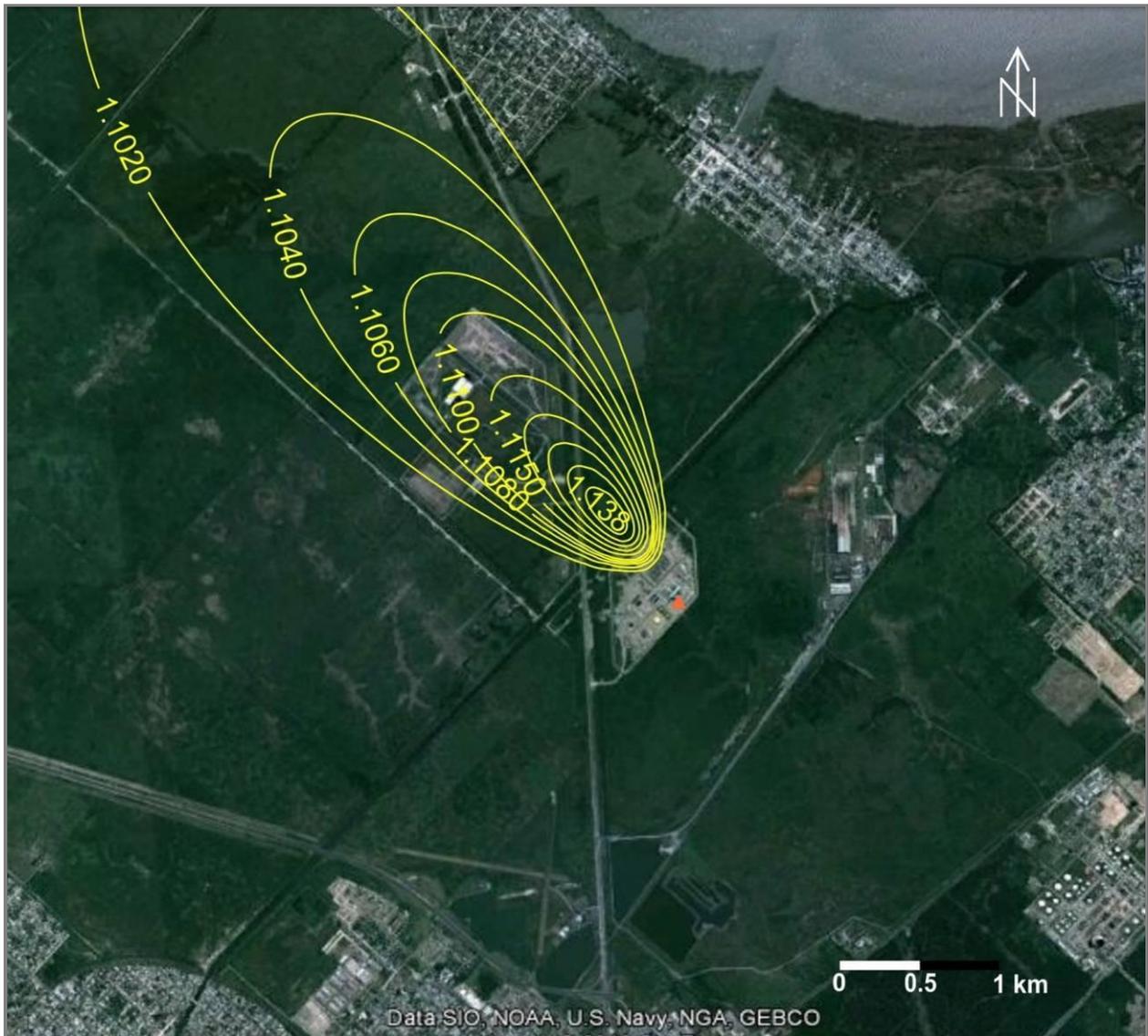


Figura 1. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 1 hora) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/01/05; 01:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 hora) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son inferiores a $40,082 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y en la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.1.2 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 8 horas

En las Tablas 4, 5 y 6 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) máxima total: 0,7897 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850 m; y = 0,00 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 850 m al NW de la Chimenea 01.

En la Figura 2 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) máxima total de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 9 de enero de 2005 entre las 16:00 y 24:00 hs., fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 2. Isopletras de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 8 horas) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/01/05; 01:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 8 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son inferiores a $10,000 \text{ mg/m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y en la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.1.3 Concentración de NO_x (expresados como NO₂) en aire – tiempo promedio 1 hora

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se operan en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO₂.

En las Tablas 7, 8 y 9 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: $0,10869 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media horaria máxima total: $x = - 449,95 \text{ m}$; $y = 536,23 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 700 m al NW de la Chimenea 01.

En la Figura 3 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) máxima total de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de enero de 2005 a la hora 01:00, fecha en que se presenta la mayor concentración.

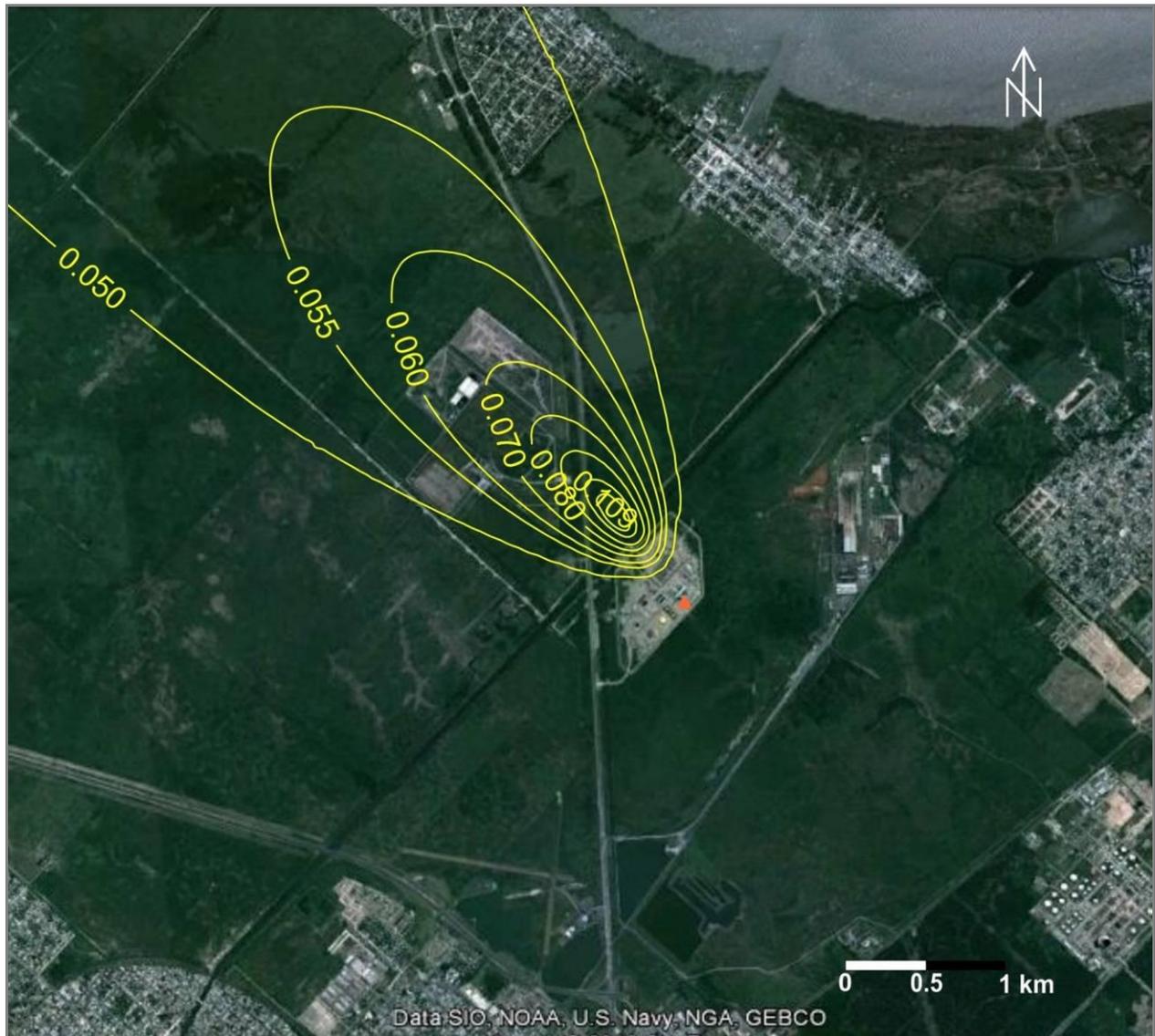


Figura 3. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 1 hora) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/01/2005; 01:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 hora) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,367 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.1.4 Concentración de NO_x (expresados como NO_2) en aire – tiempo promedio 1 año

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO_2 .

En las Tablas 10, 11 y 12 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 10 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01), correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,00519 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850,00 m; y = 0,00 m; z = 0, 0 m; a aproximadamente 850 m al W de la Chimenea 01.

En la Figura 4 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 1 año) máxima total de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo correspondiente al año 2005 en que se presenta la mayor concentración.

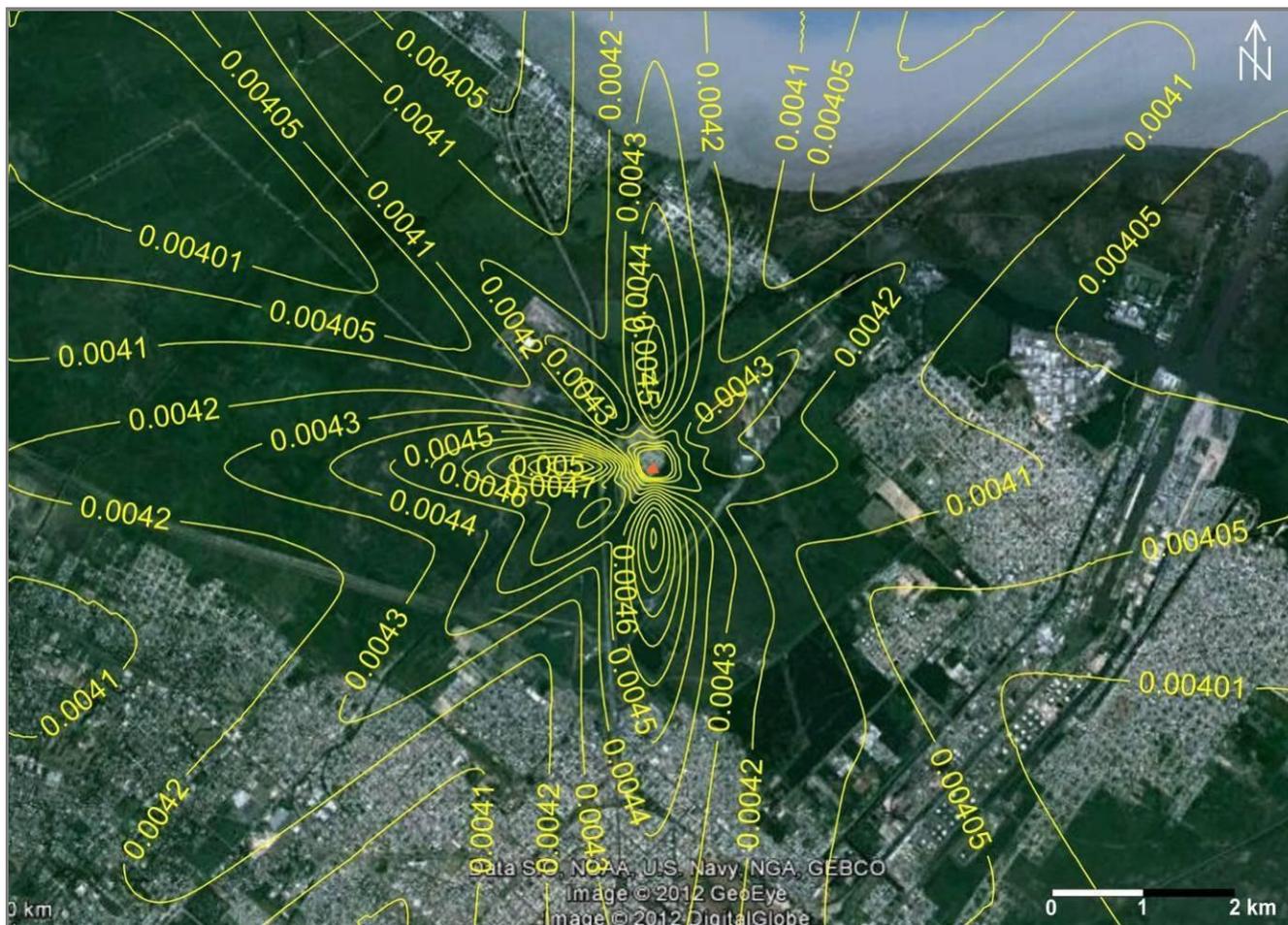


Figura 4. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 1 año) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 año) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son inferiores a 0,100 mg/m³, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.1.5 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP10.

En las Tablas 13, 14 y 15 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: 0,0909 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = 0,0 m; y = - 750,00 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 750 m al S de la Chimenea 01.

En la Figura 5 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de material particulado MP10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 5 de enero de 2005, fecha en que se presenta la mayor concentración.

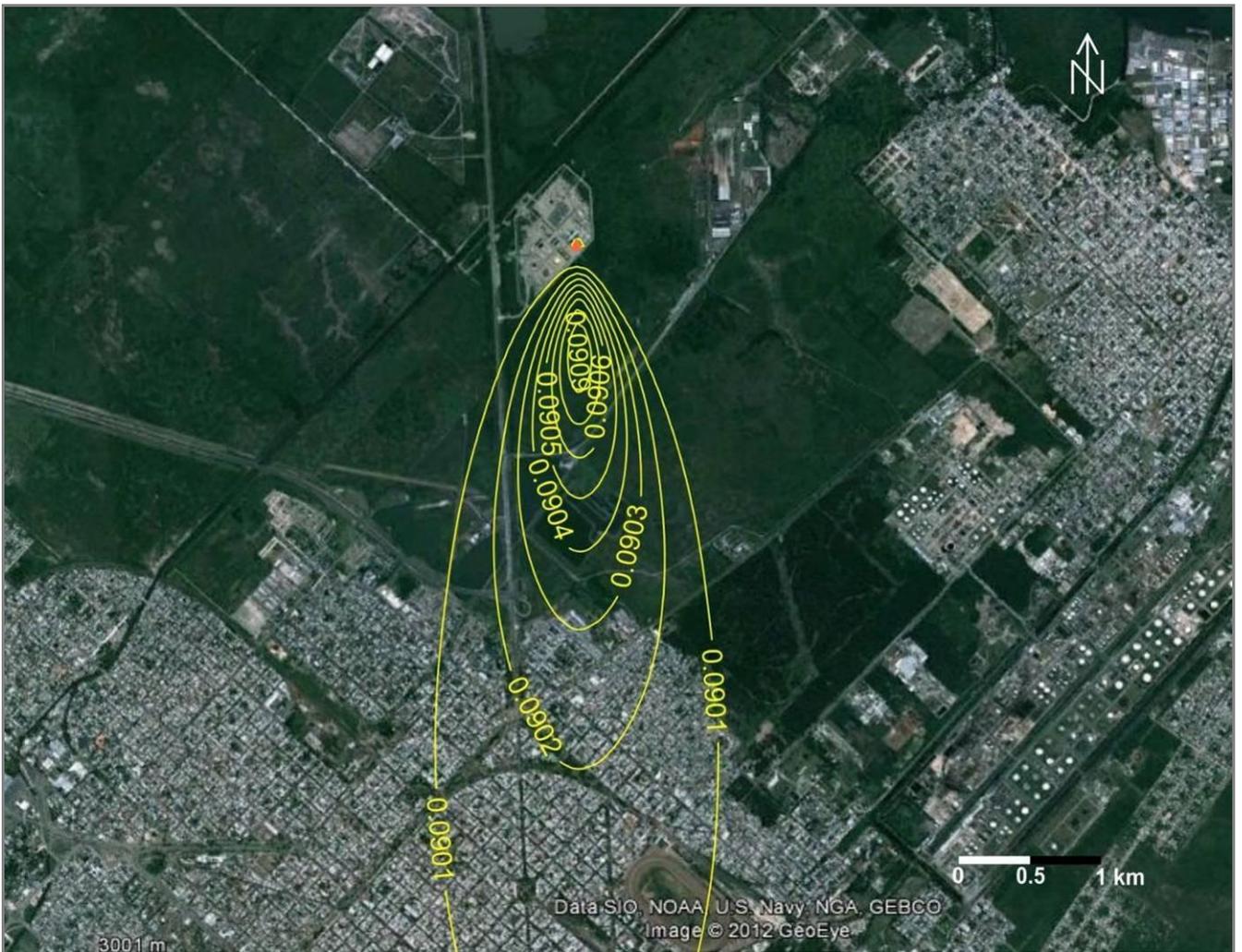


Figura 5. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (5/01/2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,150 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.1.1 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 1 año

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo gas natural, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP 10.

En las Tablas 16, 17 y 18 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 10 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) de material particulado MP PM10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01), correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,0137 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850,00 m; y = 0,00 m; z = 0,0m; a aproximadamente 850 m al W de la Chimenea 01.

En la Figura 6 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 1 año) máxima total de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo correspondiente al año 2005 en que se presenta la mayor concentración.

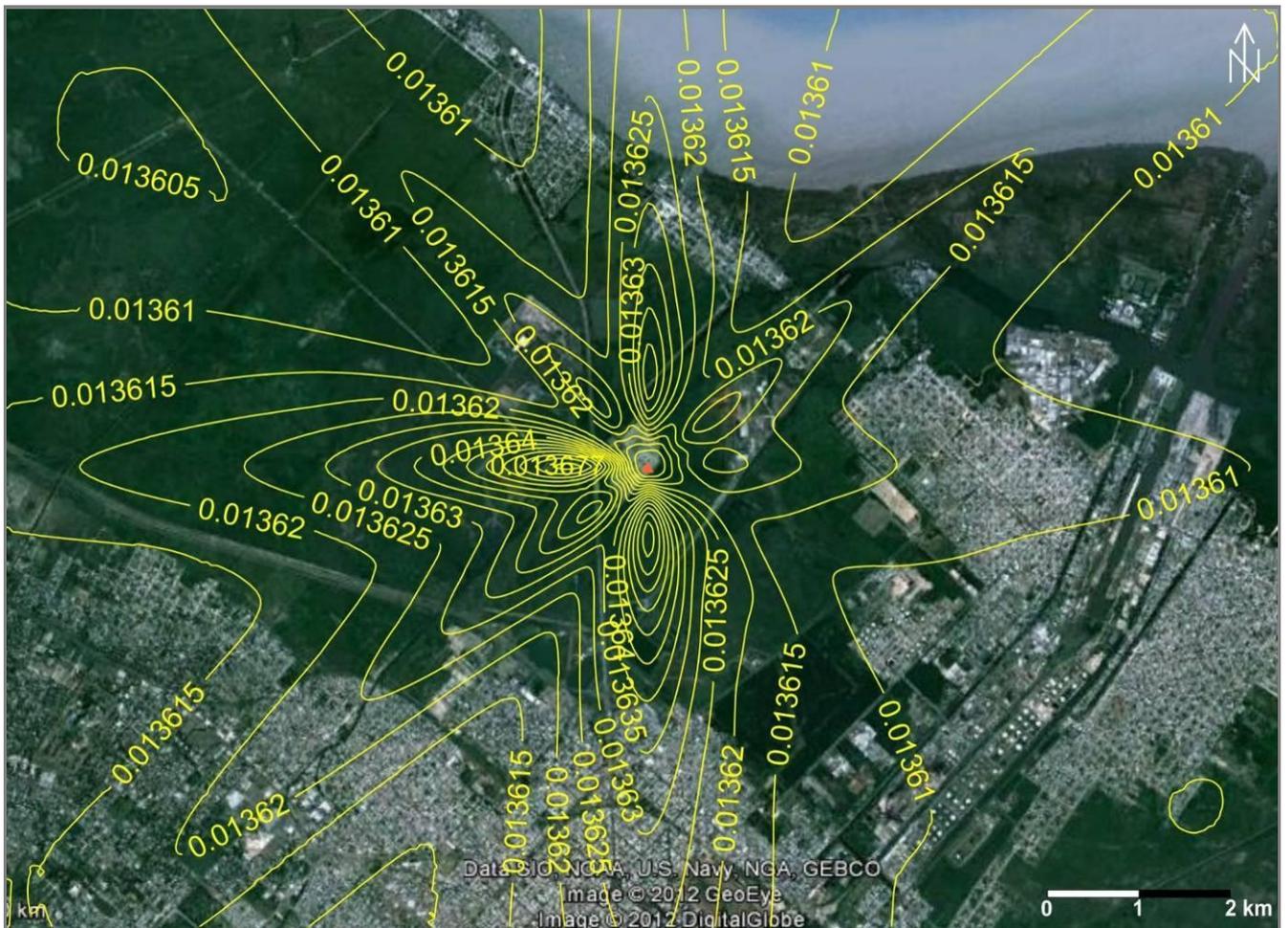


Figura 6. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 1 año) de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 año) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,050 \text{ mg/m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2 Combustible: combustible líquido

2.8.2.1 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 1 hora

El modelo se aplicó a las emisiones de CO provenientes de las chimeneas de la futura Central con los dos equipos operando en ciclo combinado y consumiendo combustible líquido.

En las Tablas 19, 20 y 21 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores calculados correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) (calculada por el modelo más fondo) de CO en aire a nivel del suelo durante los tres años del período considerado, son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima calculada: $1,1881 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media horaria máxima calculada: $x = - 514,23 \text{ m}$; $y = 612,84 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 800 m al NW de la Chimenea 01.

En la Figura 7 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) máxima total (calculada más fondo) de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de enero de 2005 a la hora 01:00, fecha en que se presenta la mayor concentración.

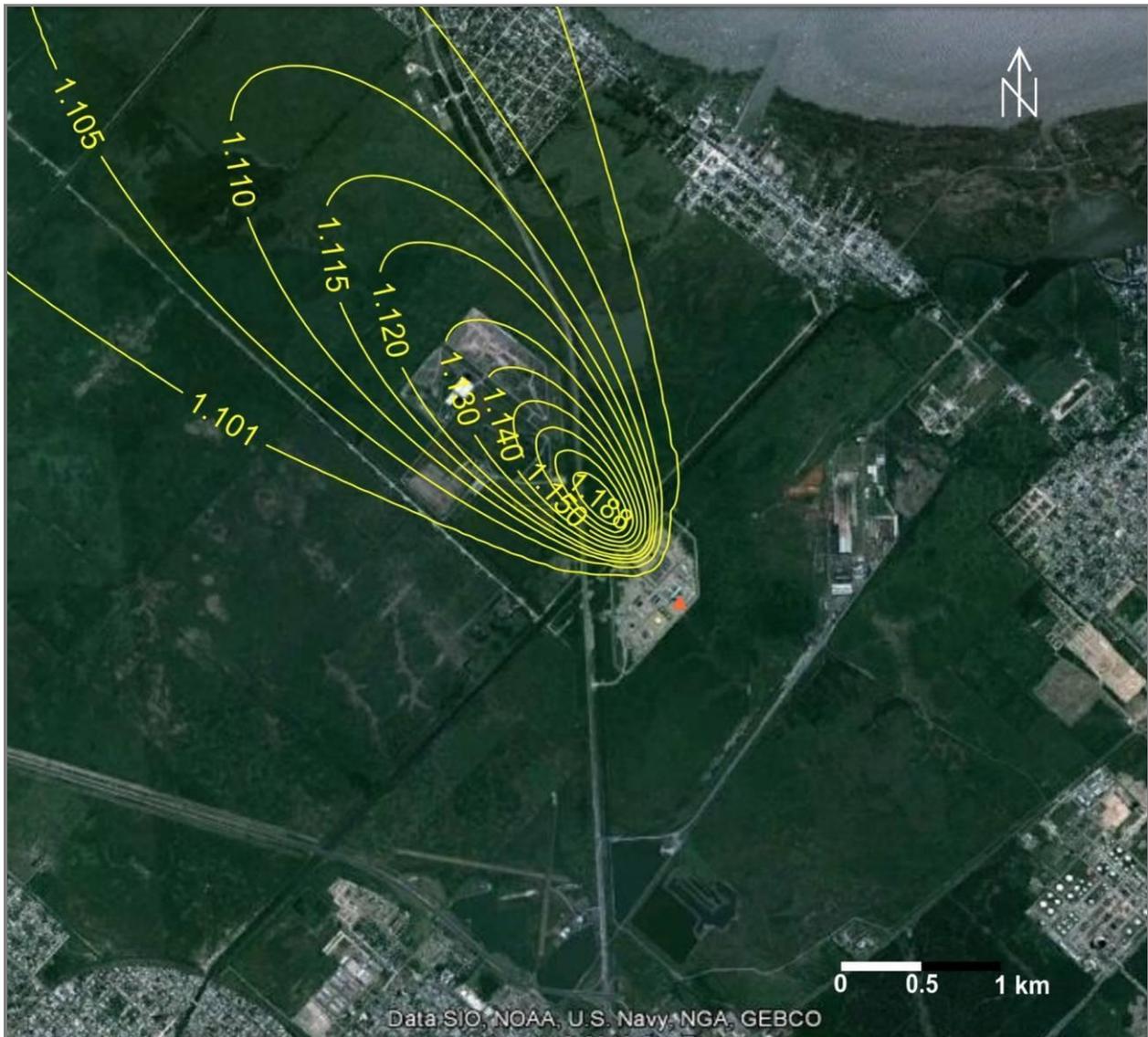


Figura 7. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 1 hora) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: gas natural. (10/01/2005; 1:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 hora) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son inferiores a $40,082 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y en la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.2 Concentración de CO en aire – tiempo promedio 8 horas

En las Tablas 22, 23 y 24 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) de CO en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) máxima total: 0,8166 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 939,69 m; y = - 342,02 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 1000 m al ESE de la Chimenea 01.

En la Figura 8 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) máxima total de CO en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 5 de octubre de 2005 entre las 8:00 y 16:00 hs., fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 8. Isopletas concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 8 horas) de CO en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (5/10/2005; entre las 8:00 hs y las 16:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 8 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de CO en aire a nivel del suelo son inferiores a $10,000 \text{ mg/m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y en la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.3 Concentración de NO_x (expresados como NO_2) en aire – tiempo promedio 1 hora

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se operan en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO_2 .

En las Tablas 25, 26 y 27 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: $0,11610 \text{ mg/m}^3$
- Localización de la concentración media horaria máxima total: $x = - 514,23 \text{ m}$; $y = 612,84 \text{ m}$; $z = 0,0 \text{ m}$; a aproximadamente 800 m al NW de la Chimenea 01.

En la Figura 9 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) máxima total de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 10 de enero de 2005 a la hora 01:00, fecha en que se presenta la mayor concentración.



Figura 9. Isoplethas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 1 hora) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (10/01/2005; 1:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 hora) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO_2) en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,367 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.4 Concentración de NO_x (expresados como NO_2) en aire – tiempo promedio 1 año

El modelo se aplicó a las emisiones de NO_x provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se supuso que los NO_x emitidos se transforman totalmente en NO_2 .

En las Tablas 28, 29 y 30 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 10 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01), correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,00528 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850,00 m; y = 0,00 m; z = 0, 0 m; a aproximadamente 850 m al W de la Chimenea 01.

En la Figura 10 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 1 año) máxima total de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo correspondiente al año 2005 en que se presenta la mayor concentración.

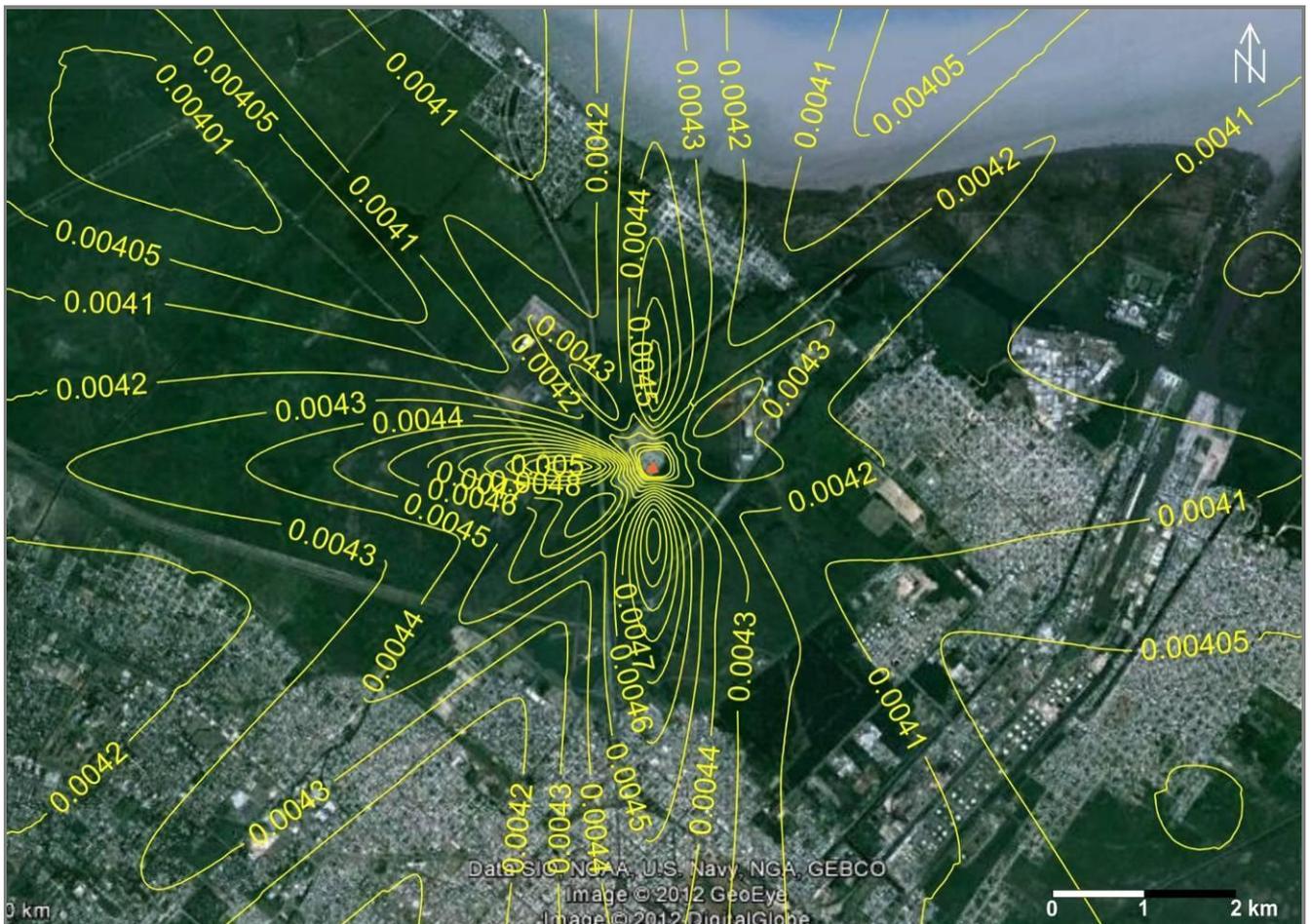


Figura 10. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 1 año) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 año) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de NO_x (expresados como NO₂) en aire a nivel del suelo son inferiores a 0,100 mg/m³, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.5 Concentración de SO₂ en aire – tiempo promedio 3 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de SO₂ provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado.

En las Tablas 31, 32 y 33 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha y la hora en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,1516 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 546,37m; y = 651,14 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 850 m al NW de la Chimenea 01

En la Figura 11 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) máxima total de SO₂ en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 8 de enero de 2005 entre las 9:00 hs y las 12:00 hs, en que se presenta la mayor concentración.

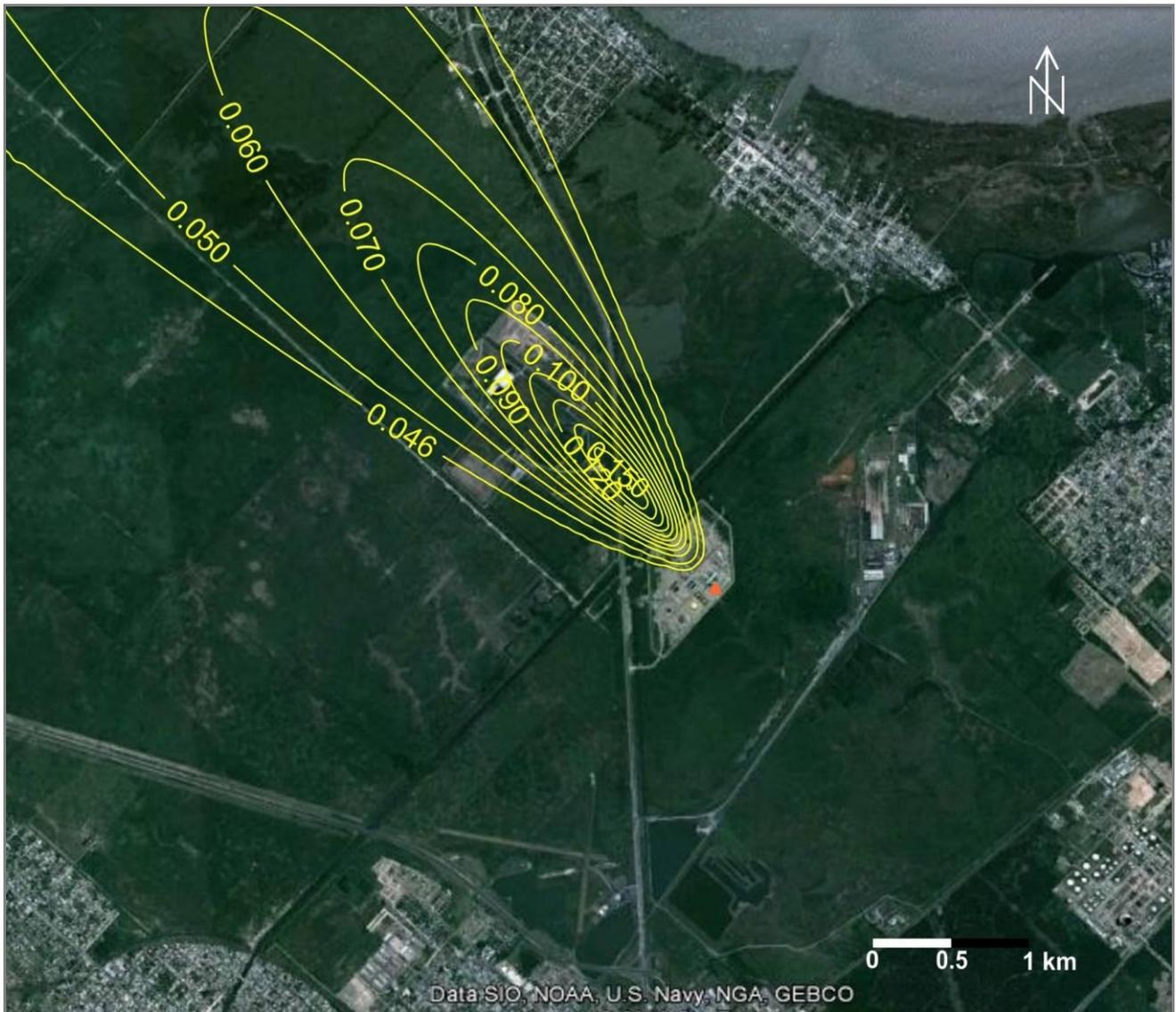


Figura 11. Isoplethas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 3 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (8/01/2005; entre las 9:00 hs y las 12:00 hs). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 3 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son inferiores a 1,300 mg/m³, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.6 Concentración de SO₂ en aire - tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de SO₂ provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado.

En las Tablas 34, 35 y 36 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: 0,0605 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = 0,00 m; y = - 750,0 m; z = 0 m; a aproximadamente 750 m al S de la Chimenea 01.

En la Figura 12 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de SO₂ en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 5 de enero de 2005, fecha en que se presenta la mayor concentración.

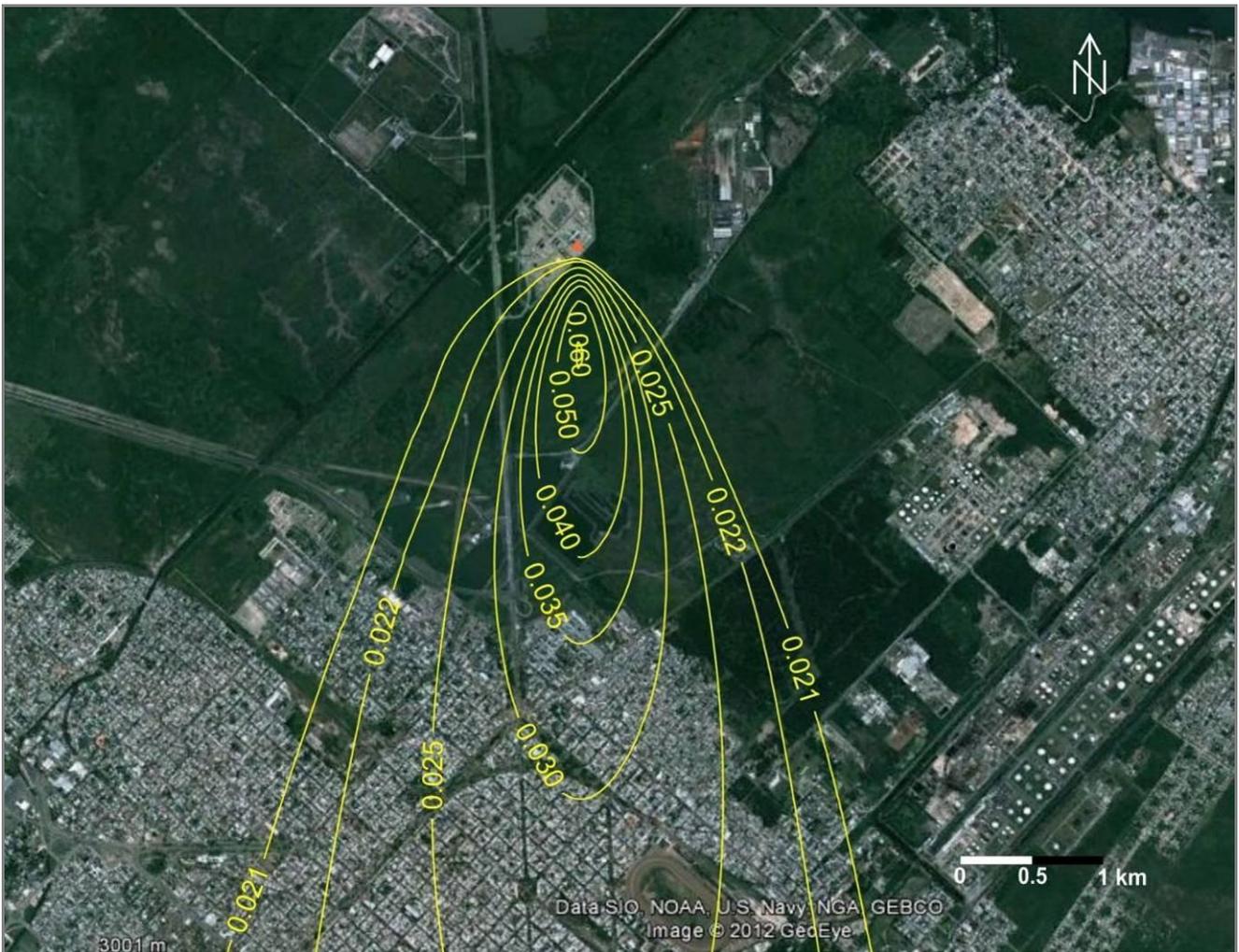


Figura 12. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 24 horas) de SO₂ en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (5/01/2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son inferiores a 0,365 mg/m³, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.7 Concentración de SO₂ en aire – tiempo promedio 1 año

El modelo se aplicó a las emisiones de SO₂ provenientes de la chimenea de la futura Central consumiendo combustible fuel-oil, cuando se opera en ciclo combinado.

En las Tablas 37, 38 y 39 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 10 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) de SO₂ en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01), correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de SO₂ en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,0075 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850,00 m; y = - .0,00 m; z = 0 m; a aproximadamente 850 m al W de la Chimenea 01.

En la Figura 13 se presentan las isopletras de concentración media (tiempo de promedio: 1 año) máxima total de SO₂ en aire a nivel del suelo correspondiente al año 2005 en que se presenta la mayor concentración.

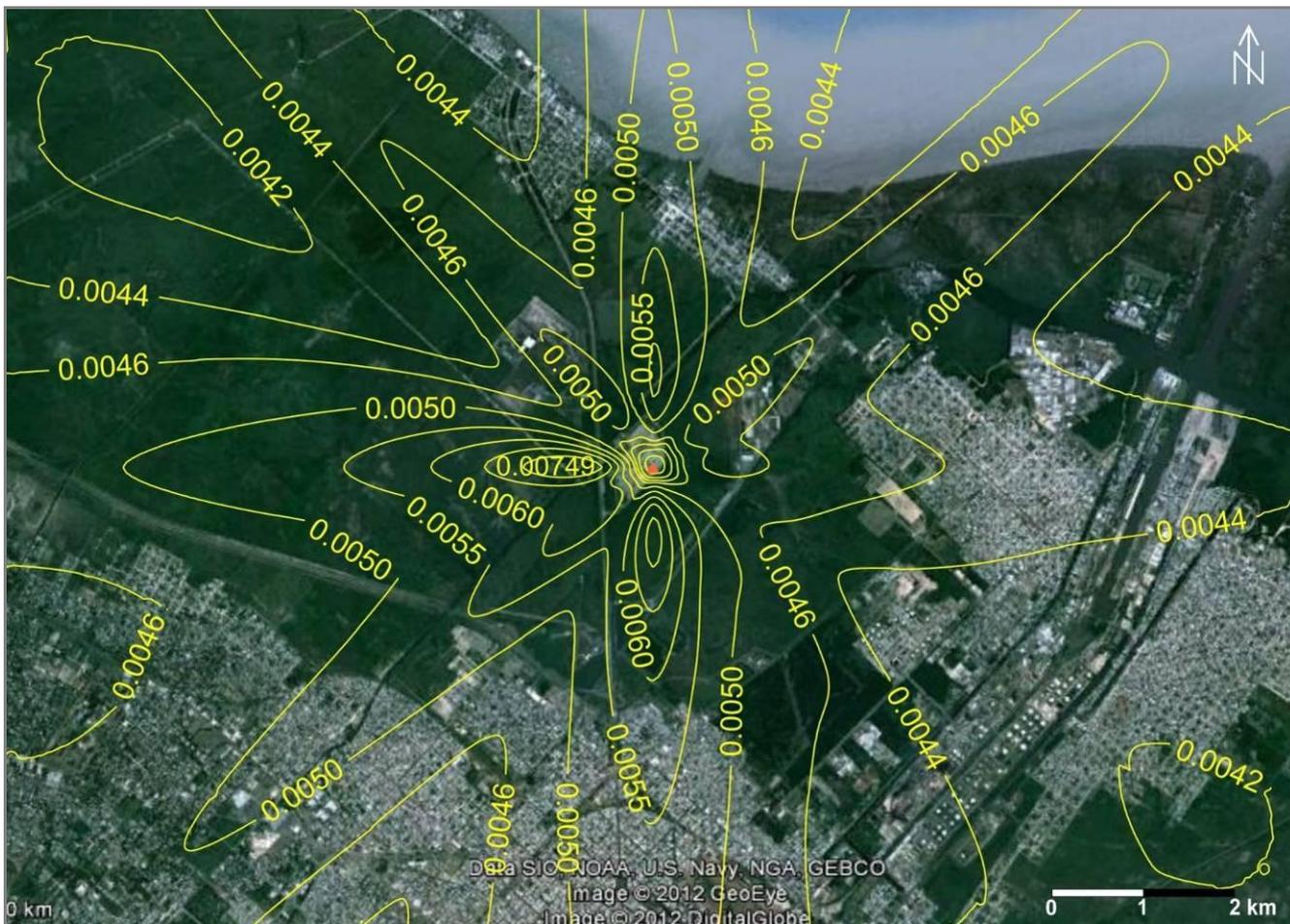


Figura 13. Isopletas de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 1 año) máxima total de SO_2 en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 año) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de SO_2 en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,080 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.8 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 24 horas

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP10.

En las Tablas 40, 41 y 42 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 500 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01) y la fecha en que se verifica ese valor, correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media diaria máxima total: 0,0933 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = 0,0 m; y = - 750,00 m; z = 0,0 m; a aproximadamente 750 m al S de la Chimenea 01.

En la Figura 14 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) máxima total de material particulado MP10 en aire a nivel del suelo correspondiente a la situación del 5 de enero de 2005, fecha en que se presenta la mayor concentración.

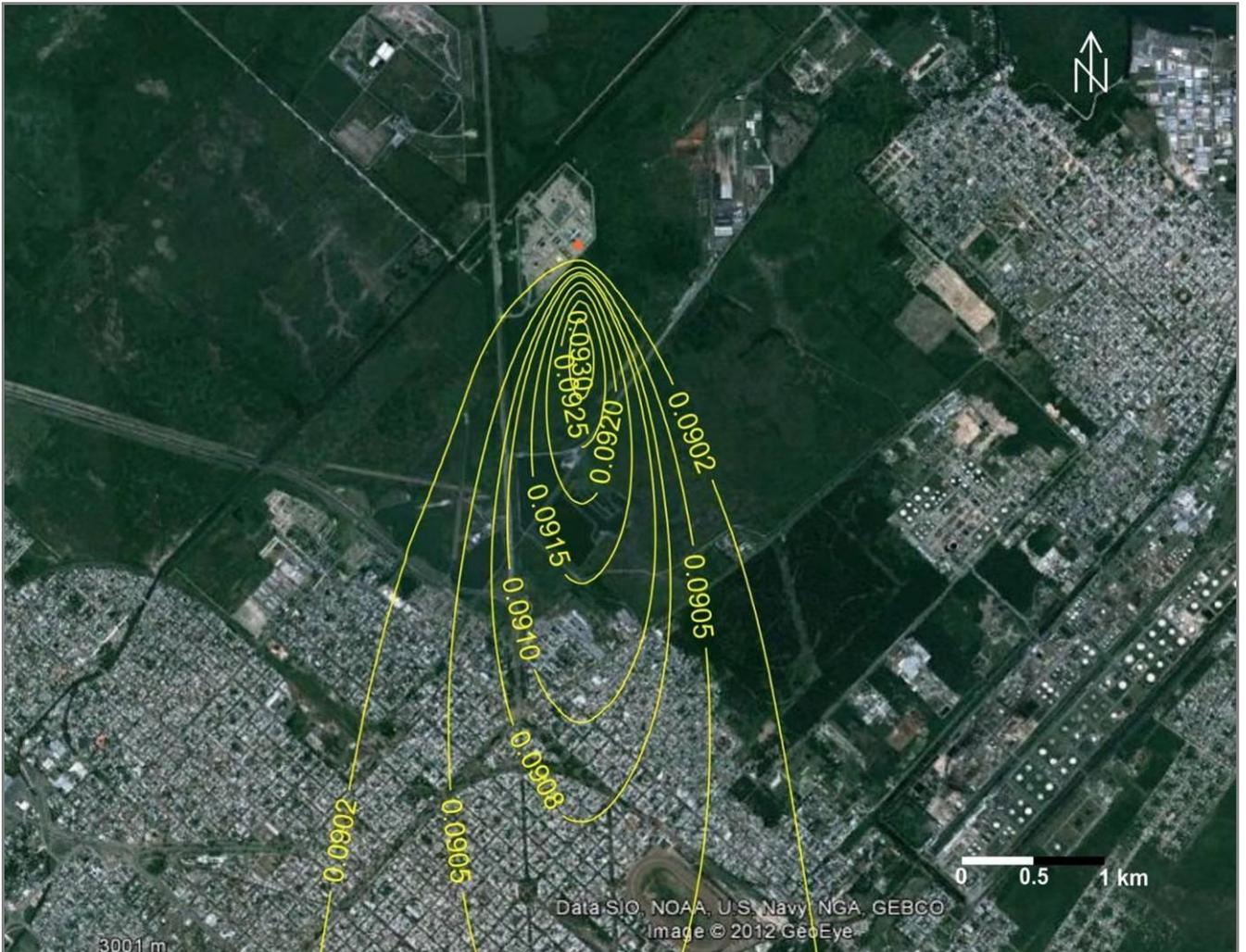


Figura 14. Isopletras de concentración media en mg/m^3 (tiempo promedio 24 horas) máxima total de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (5/01/2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,150 \text{ mg}/\text{m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.8.2.9 Concentración de material particulado MP 10 en aire – tiempo promedio 1 año

El modelo se aplicó a las emisiones de material particulado total provenientes de las chimeneas de la futura Central consumiendo combustible líquido, cuando se opera en ciclo combinado. Se consideró que el material particulado total a emitir es material particulado MP 10.

En las Tablas 43, 44 y 45 del Anexo II - Resultados de la modelación de emisiones gaseosas, se presentan los 10 valores mayores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) de material particulado MP PM10 en aire a nivel del suelo (obtenidos con la aplicación del AERMOD) con la localización del receptor (teniendo en cuenta que el centro de coordenadas corresponde a la Chimenea 01), correspondientes a los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

Los valores correspondientes a la situación en que se genera el máximo valor de la concentración media (tiempo de promedio: 1 año) total (calculada por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son los siguientes:

- Concentración media horaria máxima total: 0,01379 mg/m³
- Localización de la concentración media horaria máxima total: x = - 850,00 m; y = 0,00 m; z = 0,0m; a aproximadamente 850 m al W de la Chimenea 01.

En la Figura 15 se presentan las isopletas de concentración media (tiempo de promedio: 1 año) máxima total de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo correspondiente al año 2005 en que se presenta la mayor concentración.

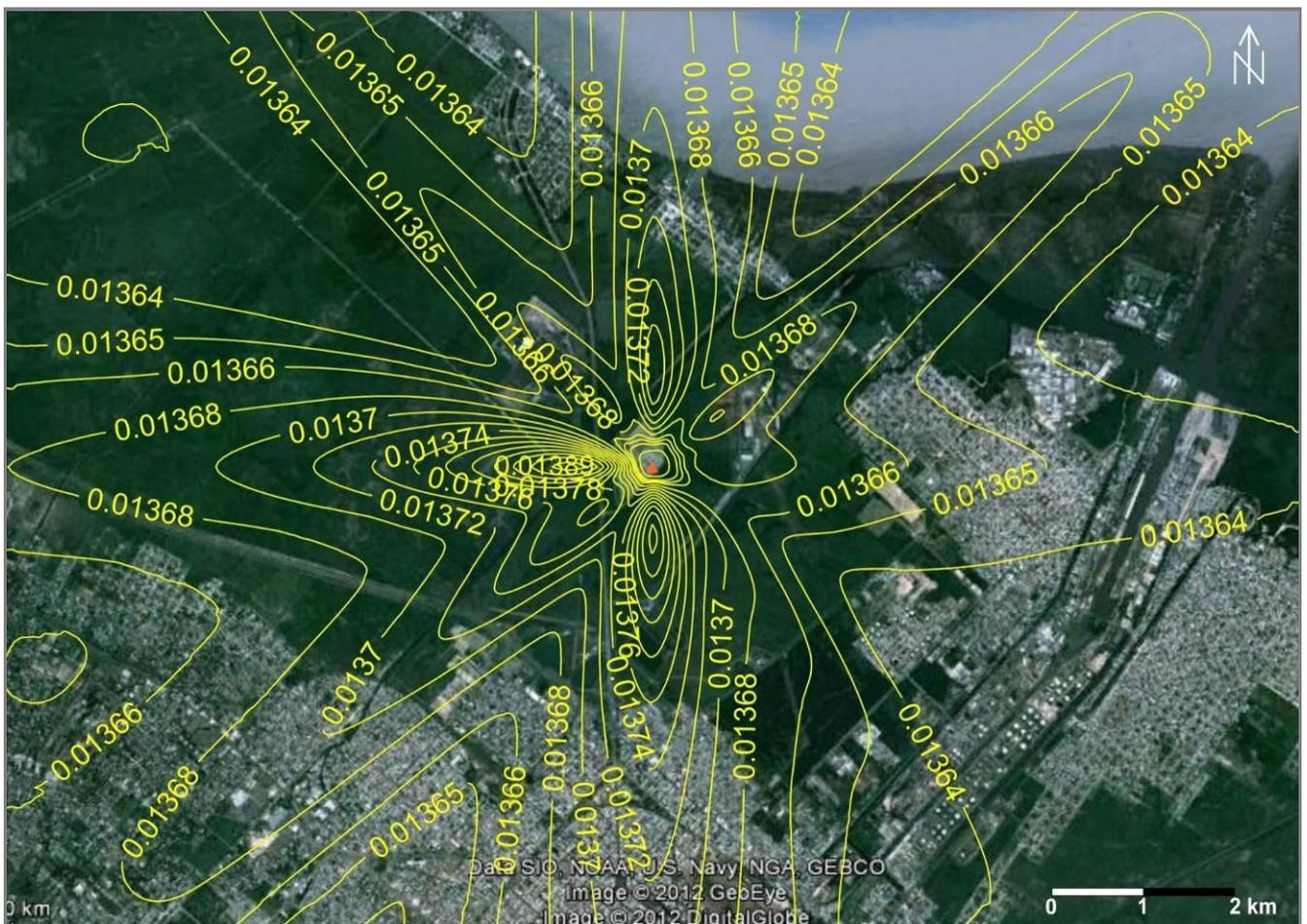


Figura 15. Isopletas de concentración media en mg/m³ (tiempo promedio 1 año) máxima total de MP 10 en aire a nivel del suelo. Combustible: combustible líquido. (2005). ▲ Chimenea 01.

Los valores de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 1 año) totales (calculadas por el modelo más la concentración de fondo) de material particulado MP 10 en aire a nivel del suelo son inferiores a $0,050 \text{ mg/m}^3$, norma de calidad del aire establecida por el Decreto N° 3.395/96 de la provincia de Buenos Aires y la Resolución N° 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente denominada Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

2.9 CONCLUSIONES

Se aplicó el modelo de dispersión atmosférica AERMOD a las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado MP 10 provenientes de las chimeneas que generarán dos unidades que funcionarán a ciclo combinado y utilizando como combustibles gas natural y combustible líquido, que proyecta instalar la CTEB en Ensenada (provincia de Buenos Aires), con el objeto de calcular las concentraciones de esos contaminantes para los diferentes tiempos de promedio establecidos por el Decreto N° 3.395/96 y la Resolución N° 242 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

En todos los casos el modelo fue aplicado considerando el volcado de los contaminantes originado por la presencia de los edificios a construir en el predio de instalación de la nueva Central.

Estas aplicaciones permiten concluir que en las condiciones de ciclo combinado operando los dos equipos de la Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán utilizando como combustibles gas natural o combustible líquido no se superarán las normas de calidad de aire establecidas para monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado (MP 10) por el Decreto N° 3.395/96 y la Resolución N° 242 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

En las siguientes Tablas se presenta una síntesis de los valores máximos totales (calculados más concentraciones de fondo) y su comparación con las normas de calidad de aire establecidas para monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (expresados como dióxido de nitrógeno), dióxido de azufre y material particulado (PM10) por el Decreto N° 3.395/96 y la Resolución N° 242 de la ex Secretaría de Política Ambiental (actualmente Organismo para el Desarrollo Sustentable) de la provincia de Buenos Aires.

Tabla 14. Resumen de los resultados obtenidos cuando se utiliza gas natural como combustible y su comparación con las normativas vigentes.

Contaminante	Tiempo de promedio	C _{máx. total} [mg/m ³]	Norma de calidad de aire [mg/m ³]	C _{máx. total} / Norma [%]
CO	1 hora	1,1388	40,082	2,8
	8 horas	0,7897	10,000	7,9
NO _x (como NO ₂)	1 hora	0,1087	0,367	29,6
	1 año	0,0052	0,100	5,2
MP 10	24 horas	0,0909	0,150	60,6
	1 año	0,0137	0,050	27,3

Tabla 15. Resumen de los resultados obtenidos cuando se utiliza combustible líquido como combustible y su comparación con las normativas vigentes.

Contaminante	Tiempo de promedio	C _{máx. total} (mg/m ³)	Norma de calidad de aire (mg/m ³)	C _{máx. total} / Norma (%)
CO	1 hora	1,1881	40,082	3,0
	8 horas	0,8166	10,000	8,2
NO _x (como NO ₂)	1 hora	0,1161	0,367	31,6
	1 año	0,0053	0,100	5,3
SO ₂	3 horas	0,1516	1,300	11,7
	24horas	0,0605	0,365	16,6
	1 año	0,0075	0,080	9,4
MP 10	24 horas	0,0933	0,150	62,2
	1 año	0,0139	0,050	27,8

Asimismo, las emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado total provenientes de las unidades consumiendo gas natural y combustible líquido serán inferiores a los límites de emisión fijados por la Resolución N° 108/01 de la Secretaría de Energía y Minería de la Nación, para las Plantas Térmicas de Generación de Electricidad (Centrales Turbogas).

3 MODELACIÓN DE DISPERSIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA PLUMA DE DESCARGA

3.1 INTRODUCCION

La Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán (CTEB) se encuentra en la provincia de Buenos Aires, Partido de Ensenada, en un predio situado sobre la Av. Domingo Mercante (Ruta Provincial N° 11), camino a Punta Lara, y sobre la margen derecha del arroyo El Gato, el cual desagüa en el Río Santiago Oeste (Figura 16).



Figura 16. Imagen satelital que muestra la ubicación de la Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán (CTEB).

En este ambiente mesomareal de planicie costera, con flujos reversibles y escasa renovación de agua donde los tiempos de residencia y acumulación de aguas vertidas pueden ser prolongados, el objetivo del presente estudio consistió en analizar el aporte de calor al medio acuático determinado por la descarga al arroyo El Gato (afluente del Río Santiago Oeste) del agua de refrigeración de la CTEB durante su operación en ciclo combinado.

En este sentido, se analizaron las características y evolución de la pluma térmica en las condiciones hidrodinámicas más desfavorables (caudal mínimo del arroyo El Gato, sin considerar los aportes determinados por lluvias importantes, con caudal máximo de la descarga de la Central), con el fin de obtener los valores, en el área de afectación, de la variable correspondiente al incremento de temperatura del agua provocado por la incorporación al medio acuático del agua de refrigeración de la Central.

En cuanto a la marea, forzante principal del sistema, se consideraron dos tipos, una sinusoidal y una real medida en el Puerto La Plata que incluye la ocurrencia de una Sudestada.

La dispersión térmica de la descarga en el denominado campo lejano se resolvió con el modelo bidimensional RMA10, diseñado para cuerpos de agua en los que las aceleraciones verticales son despreciables. El modelo resuelve la ecuación de transporte para la salinidad, temperatura y sedimentos en suspensión. En lo que respecta a la variable temperatura, el modelo permite incorporar al cálculo la transferencia de calor con la atmósfera.

De esta manera, la simulación realizada tuvo en cuenta todos los aspectos físicos significativos que controlan el comportamiento y evolución en el tiempo y el espacio de una pluma térmica introducida en un cuerpo de agua.

El modelo se calibró hidrodinámicamente con datos de velocidades y caudales registrados por la firma EVARSA S.A., correspondientes a una campaña de medición realizada el día 31 de mayo del corriente año.

3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SISTEMA DE VERTIDO

El sistema de refrigeración de la Central es de tipo abierto, tomando las aguas del Río de la Plata y devolviéndolas al arroyo El Gato con un salto térmico de 7,5°C en condiciones de operación a plena potencia y de 11,5° operando en bypass. Esto último ocurre cuando intempestivamente, por diversos motivos, se debe sacar de servicio la turbina de vapor en el preciso momento en que está operando a plena carga. No es un suceso periódico ni programado y se estima que su duración no debe exceder la fracción temporal de una hora, de hecho según condiciones del pliego técnico para el diseño de los equipos se admite que esta situación ocurra como máximo 50 veces al año.

Este evento fue estudiado en el presente trabajo con el objeto de analizar la condición más desfavorable en cuanto a la introducción de calor al medio acuático.

En la Tabla 16 que se presenta a continuación se resumen los parámetros de diseño de la Central que fueran adoptados para la modelación de la pluma térmica.

Tabla 16. Parámetros de diseño adoptados para la modelación de la pluma térmica generada por la CTEB (ciclo combinado)

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de agua de circulación	m ³ /s	15,67
Temperatura máxima del agua de circulación	°C	29,60
Temperatura mínima del agua de circulación	°C	7,90
Temperatura del agua de circulación para el punto de performance garantizada	°C	19,00
Incremento de temperatura en operación a plena potencia	°C	7,50
Incremento de temperatura en bypass turbina ⁽¹⁾	°C	11,50
Temperatura máxima absoluta de descarga del agua de circulación	°C	41,10
Temperatura mínima absoluta de descarga del agua de circulación	°C	15,40
Temperatura de descarga del agua de circulación para el punto de performance garantizada	°C	26,50

⁽¹⁾ Se dice que el ciclo combinado opera en bypass cuando las turbinas de gas están a máxima potencia y el gas de combustión pasa por la caldera de recuperación generando el máximo de vapor, el cual es descargado directamente al condensador sin pasar por la turbina de vapor. En ese caso el vapor tiene el máximo de entalpía ya que no transformó la misma en trabajo en la turbina de vapor. Esta es una condición de diseño, debiendo el condensador y el sistema de refrigeración ser capaces de disipar toda la energía térmica sin restricciones de tiempo.

3.3 MODELO MATEMÁTICO HIDROTÉRMICO

3.3.1 Introducción

El fenómeno de dispersión de una pluma térmica depende no sólo de distintos parámetros climáticos (transferencia térmica agua-atmósfera) sino también de las condiciones hidrodinámicas del medio (procesos de advección y dispersión).

Para un río o estuario el intercambio térmico se produce a través de su superficie libre en contacto con la atmósfera, así como de los flujos de energía que provengan de escurrimientos aguas arriba o de la entrada de una onda de marea aguas abajo de la zona en estudio, más los que puedan inyectarse artificialmente.

En el caso que nos ocupa, los flujos de energía están determinados por el caudal erogado por el arroyo El Gato (normalmente pequeño) y por los intercambios de agua con el Río de la Plata en los siguientes tres Puntos (ver Figura 16):

- Comunicación Oeste con el Río de la Plata;
- Canal de Acceso al Puerto La Plata (km 4,450); y
- Comunicación Este con el Río de la Plata (arroyo Palo Blanco).

También existe un sumidero de caudal no muy significativo pero que debe ser considerado debido a que constituye un factor sensible para el presente proyecto, constituido por la Toma de Agua de YPF S.A. De acuerdo con información vertida por esta empresa esa toma abastece de agua a todo el polo industrial que incluye actividades de refinación, petroquímica, procesamiento de coque, entre otros. El caudal de toma ronda los 2000 - 3000 m³/h, siendo el mayor porcentaje utilizado para procesos de refrigeración según fuera informado.

Con el objetivo de conocer el campo de velocidades y la dilución de la descarga en la zona de estudio se implementó un modelo matemático hidrodinámico bidimensional con la extensión suficiente para representar adecuadamente los volúmenes de agua que participan en el intercambio de flujo con el Río de la Plata.

El cálculo del campo de velocidades y del campo de temperatura en el área de interés se realizó mediante la aplicación del modelo hidrodinámico tridimensional baroclinico RMA-10 aplicado en su forma bidimensional integrado en vertical. El modelo fue desarrollado por el Prof. Ian King de la Universidad de California en Davis, y forma parte de un conjunto de programas denominados RMA (King, 1993).

Este modelo utiliza el método de elementos finitos para resolver un sistema de ecuaciones que describen las condiciones hidrodinámicas del área definida a través de una malla de cálculo, obteniéndose como resultado las velocidades medias del flujo y los niveles de agua en cada nodo de la misma.

3.3.2 Descripción del modelo matemático RMA-10

El modelo numérico RMA-10 tridimensional ha sido diseñado especialmente para simular la circulación hidrodinámica en cuerpos de agua con estratificación vertical por densidad. Este modelo ha sido aplicado exitosamente para estudiar flujos costeros y flujos en estuarios, como en la Bahía de San Francisco, en New York Harbor, en la Bahía Galveston, en las aguas costeras de Sydney, en el Río St. Lawrence y en las aguas costeras de Hong Kong (Warner, J. C. 2000). El modelo describe las variables de estado, presión y velocidad, en tres dimensiones resolviendo un conjunto de ecuaciones que derivan de la combinación de las ecuaciones de cantidad de movimiento de Navier-Stokes, continuidad volumétrica, advección-difusión, y una ecuación de estado que relaciona la densidad con la salinidad, temperatura y/o sedimento suspendido. En este modelo las fuerzas de fricción, el efecto de Coriolis y la tensión del viento en la superficie también se pueden representar, si son de interés para la resolución del problema estudiado. El modelo puede usarse para simular situaciones dependientes del tiempo o estacionarias.

El modelo calcula el campo de velocidades integrado en la vertical mediante la resolución de las ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento y de masa en un sistema de coordenadas plano x,y. Las ecuaciones utilizadas son:

Cantidad de Movimiento según dirección x:

$$\rho \left(h \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + h \cdot u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + h \cdot v \cdot \frac{\partial u}{\partial y} + g \cdot h \cdot \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{g}{C^2} \cdot u \cdot |V| + u \cdot q_s - \Omega_{vh} \right) - h \cdot \frac{\partial \left(\varepsilon_{xx} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \right)}{\partial x} - h \cdot \frac{\partial \left(\varepsilon_{xy} \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \right)}{\partial y} - W_x = 0$$

Cantidad de Movimiento según dirección y:

$$\rho \left(h \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + h \cdot u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + h \cdot v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + g \cdot h \cdot \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{g}{C^2} \cdot v \cdot |V| + v \cdot q_s + \Omega_{uh} \right) - h \cdot \frac{\partial \left(\varepsilon_{yx} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} \right)}{\partial x} - h \cdot \frac{\partial \left(\varepsilon_{yy} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} \right)}{\partial y} - W_y = 0$$

Conservación de la masa:

$$\left(h \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

Donde:

- x, y = coordenadas cartesianas horizontales;
- t = tiempo;
- u, v = componentes horizontales de la velocidad promedio en vertical;
- h = profundidad;
- a = elevación del fondo;
- $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{xy}, \varepsilon_{yx}, \varepsilon_{yy}$ = coeficientes de viscosidad turbulenta;
- C = coeficiente de fricción de Chèzy;
- V = vector velocidad promedio en vertical;
- q_s = aportes laterales de flujo;
- Ω_{vh}, Ω_{uh} = componentes de la fuerza de Coriolis según x e y;
- W_x, W_y = fuerzas debido a las tensiones de corte del viento;
- g = aceleración de la gravedad;
- ρ = densidad del agua.

Las ecuaciones básicas, junto a las condiciones de borde e iniciales apropiadas, son resueltas numéricamente utilizando el método de los elementos finitos. Esta técnica, si bien es computacionalmente más costosa que la clásica de diferencias finitas, tiene la enorme ventaja de poder representar adecuadamente la forma de contornos muy irregulares utilizando celdas de distinto tamaño según la necesidad de mayor resolución en las zonas de interés.

Esto evita la implementación de modelos encajados, técnica usualmente aplicada en los modelos basados en diferencias finitas, donde secuencialmente se incrementa el nivel de resolución en diferentes etapas.

Otro elemento de importancia es que la implementación utilizada en el presente estudio resuelve las ecuaciones dinámicas en un esquema puramente implícito, el cual tiene la ventaja práctica de admitir pasos de tiempo relativamente grandes aún cuando se trabaje dinámicamente con mallas de alta resolución.

Se debe notar que el modelo en elementos finitos trabaja con interpolaciones cuadráticas entre los nodos, a diferencia de las diferencias finitas que lo hace linealmente. Además, el modelo empleado utiliza interpoladores de Lagrange en los nodos intermedios entre los vértices de los elementos, por lo cual el nivel de resolución es aproximadamente tres veces mayor al tamaño de la celda utilizada.

Otro aspecto relevante y diferencial del modelo es el tratamiento que realiza de la viscosidad turbulenta. Mientras que la mayoría de los modelos bidimensionales integrados en profundidad trabajan con un único valor del coeficiente de viscosidad turbulenta, el modelo RMA-10 trabaja con diferentes opciones. La opción más simple es utilizar un único valor (constante) del coeficiente de viscosidad turbulenta; una segunda opción es trabajar con el modelo de turbulencia de Smagorinsky, el cual permite una mejor modelación de las zonas donde existen vórtices de gran escala, como los generados aguas abajo de pilas de puente, islas, o en zonas de separación del flujo.

Por otro lado, el modelo favorece la obtención de una solución estable ya que es posible especificar una condición en las iteraciones de cálculo, por ejemplo que el cómputo finalice cuando la diferencia del nivel de la superficie libre entre iteraciones sucesivas en todos los nodos de la malla sea inferior a un valor establecido por el usuario; cuando se alcanza este valor se detiene automáticamente la simulación numérica y se considera que la solución convergió para el paso de tiempo simulado.

El modelo en su forma de operación bidimensional utiliza también la ecuación de Advección - Dispersión para resolver los procesos de transporte y mezcla integrados en la vertical para la salinidad, la temperatura y los sedimentos en suspensión (asume una distribución homogénea de la concentración en la profundidad).

Para el caso de la temperatura, el RMA-10 es capaz de modelar el intercambio de calor en la superficie basado en una formulación desarrollada en base a una serie de documentos e informes de Edinger y Geyer (1965), Edinger et al. (1968), Ryan y Stolzenbach (1972) y Ryan y Harleman (1973).

En el modelo el flujo de calor se describe mediante la siguiente ecuación:

$$Q = K * (T_s - T_{eq})$$

Donde:

Q = flujo de calor en $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{h})$;

K = coeficiente de transferencia de calor en $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$;

T_s = temperatura del agua superficial en $^\circ\text{C}$;

T_{eq} = temperatura de equilibrio del agua en $^\circ\text{C}$

3.3.3 Implementación y calibración del modelo matemático

La información batimétrica utilizada para la elaboración del modelo digital del terreno correspondiente a la malla de elementos finitos implementada consistió en:

- Secciones de diseño del Canal de Acceso y del Canal de Entrada al Puerto La Plata;
- Secciones batimétricas del Río Santiago relevadas por EVARSA en oportunidad de la realización de los aforos (31 de mayo del corriente); y
- Sección del Río Santiago Oeste en cercanías de su comunicación con el Río de la Plata, correspondiente al relevamiento del poliducto de la CTEB realizado por ISOLUX-IECSA-INERTEC para ENARSA en junio del corriente año.

Todos los datos fueron referidos al Cero del Mareógrafo del Puerto La Plata y al sistema de coordenadas planas Gauss-Krüger Faja 6 - Datum WGS84.

La Figura 17 ilustra la malla de elementos finitos implementada, mientras que en la Figura 18 se muestra el correspondiente modelo digital del terreno (cotas referidas al cero de La Plata) superpuesto a una imagen satelital del área de interés. Se han representado los cursos y espejos de agua más significativos en la zona de estudio, en cuanto a su capacidad para recibir, almacenar y ceder flujos de agua durante los ciclos de marea, dado que los caudales que circulan por el sistema son determinados esencialmente por las superficies que intercambian volúmenes de agua (denominados “prismas de marea”).

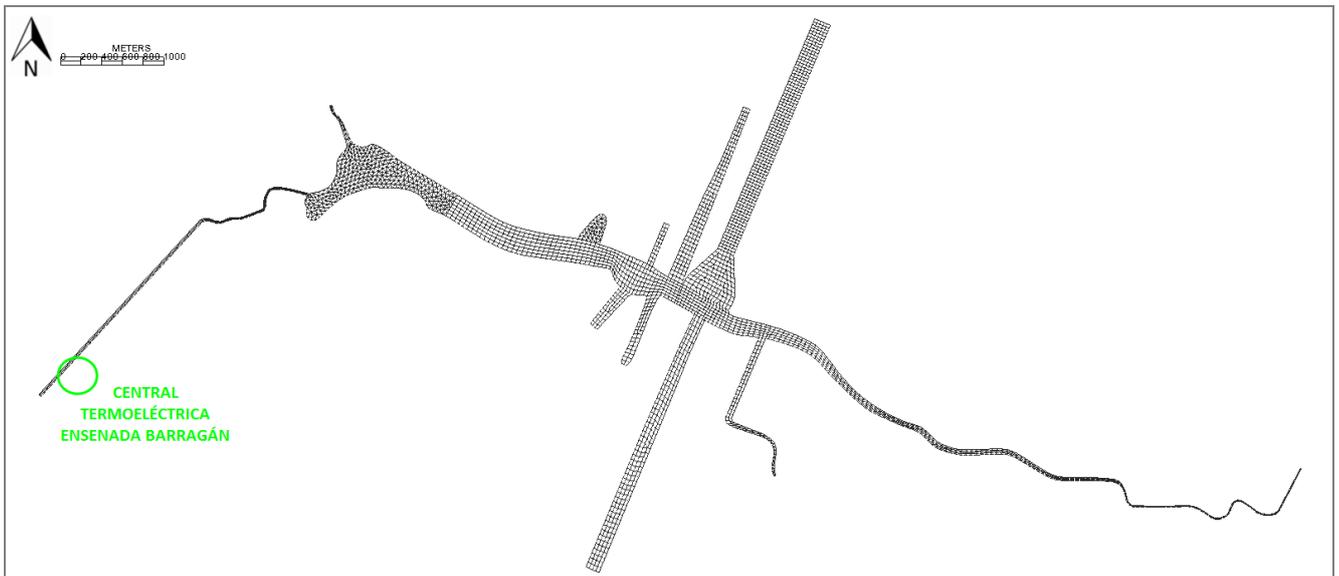


Figura 17. Malla de elementos finitos.



Figura 18. Modelo digital del terreno.

Para la calibración del modelo de advección y dispersión de la pluma térmica fue necesario conocer los niveles de marea en los tres puntos de intercambio con el Río de la Plata durante el día de mediciones de caudales en el complejo sistema de canales de la zona de estudio (EVARSA, 31 de mayo del corriente):

- Comunicación Oeste con el Río de la Plata;
- Canal de Acceso al Puerto La Plata (km 4,450); y
- Comunicación Este con el Río de la Plata (arroyo Palo Blanco).

Considerando que los datos de marea medida disponibles corresponden al Puerto La Plata (mareógrafo instalado en el Canal de Acceso al mismo) fue necesario utilizar el modelo hidrodinámico bidimensional del Río de La Plata que la consultora Serman & asociados SA tiene calibrado y operativo. La aplicación de este modelo permitió conocer el desfase y la variación de nivel medio que sufre la marea al trasladarse desde la comunicación Este del sistema fluvial con el Río de la Plata (arroyo Palo Blanco) hasta la comunicación Oeste, pasando por el Canal de Acceso al Puerto La Plata.

La Figura 19 ilustra el modelo digital del terreno correspondiente al modelo hidrodinámico general del Río de la Plata. Este modelo es forzado por la marea entrante en el borde exterior del Río de la Plata y, aguas arriba, por los caudales erogados a través del río Paraná (repartidos en sus correspondientes brazos del delta) y el río Uruguay. El modelo está calibrado para operar bajo distintas condiciones de marea, tanto astronómicas como meteorológicas (cabe recordar la gran influencia que tiene el viento sobre los niveles del Río de la Plata).

Las condiciones de borde aplicadas al contorno Sur del modelo fueron una interpolación lineal de los niveles de marea correspondientes a Montevideo (con un desfase para trasladarlos al punto extremo del modelo) y a San Clemente.

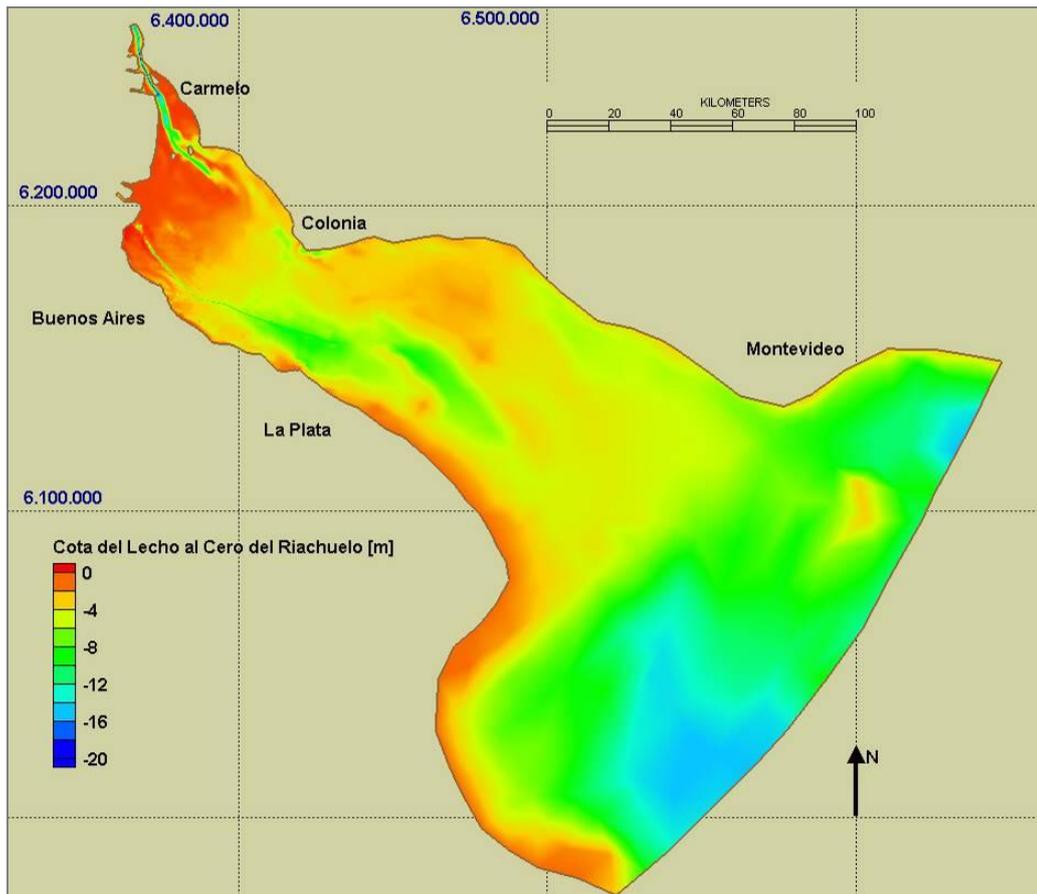


Figura 19. Modelo digital del lecho correspondiente al modelo hidrodinámico general del Río de la Plata.

Las condiciones de borde especificadas aguas arriba son los caudales en los distintos brazos del delta del río Paraná y en la desembocadura del río Uruguay. Estos caudales se calculan con las leyes altura-caudal en Rosario y en Concordia (descarga de la represa de Salto Grande) asumiendo un desfase temporal de 10 días en el río Paraná y de 2 días en el río Uruguay para permitir la llegada de las ondas hasta el delta. La distribución de caudales en los brazos fluviales fue evaluada a través de la aplicación de un modelo unidimensional de redes implementado con cobertura desde el delta hasta la ciudad de Diamante en el río Paraná y hasta la ciudad de Concordia en el río Uruguay, ajustado en su empleo en proyectos precedentes.

Los brazos considerados y sus participaciones porcentuales en la descarga al Río de la Plata para condiciones medias son los siguientes:

- Río Paraná de las Palmas + Río Paraná Miní: 23% del caudal en Rosario
- Río Paraná Guazú (en el delta): 77% del caudal en Rosario
- Río Paraná Guazú (desembocadura) + Correntoso: 40% del caudal del Guazú
- Río Sauce: 18% del caudal del Guazú
- Río Paraná Bravo: 19% del caudal del Guazú
- Río Gutierrez: 23% del caudal del Guazú

La operación de este modelo para las condiciones correspondientes a la calibración del modelo de advección y dispersión de la pluma térmica (día 31 de mayo del corriente año, cuando se midieron los caudales en el complejo sistema de canales de la zona de estudio), permitió obtener los niveles de agua en los tres puntos de intercambio de agua con el Río de la Plata simulados en el modelo de detalle.

Del análisis de dichos resultados se concluyó que, respecto del nivel que se registra en el Canal de Acceso al Puerto La Plata, la onda de marea tiene un defasaje de +18 minutos en la comunicación con el Río de la Plata al Oeste (es decir, se encuentra retrasada en este punto) y de -6 minutos con la comunicación al Este (donde está adelantada). Asimismo, el nivel de marea en la comunicación Oeste es sistemáticamente mayor al valor que se registra en el Canal de Acceso, siendo la diferencia promedio de un centímetro.

Para la simulación efectuada con el modelo RMA10 de advección y dispersión térmica se aplicaron estos defasajes en los tres puntos de intercambio con el Río de la Plata del área modelada, simulándose también los dos días previos a las mediciones con el objetivo de tener un período de estabilización del modelo. La Figura 20 ilustra los niveles de marea aplicados.

Otra condición de borde aplicada en el modelo matemático es el caudal ingresante en el arroyo El Gato, el cual se estimó en $1 \text{ m}^3/\text{s}$ como valor representativo de su módulo. La fluctuación de este valor dentro de rangos típicos de estiaje (menores a $1 \text{ m}^3/\text{s}$) y caudales generados por pequeñas precipitaciones pluviales sólo influye en la dilución que sufre el agua descargada por la Central en el tramo del propio arroyo El Gato, dado que los intercambios de caudal en el Río Santiago con el Río de la Plata son dominantes una vez que el agua con exceso de calor alcanza dicha zona. En el caso de ocurrencia de lluvias importantes se producirá un descenso de temperatura transitorio, por efectos de dilución, dentro del arroyo El Gato y el Río Santiago Oeste mientras se produzca la erogación de caudales importantes de la cuenca de aporte.

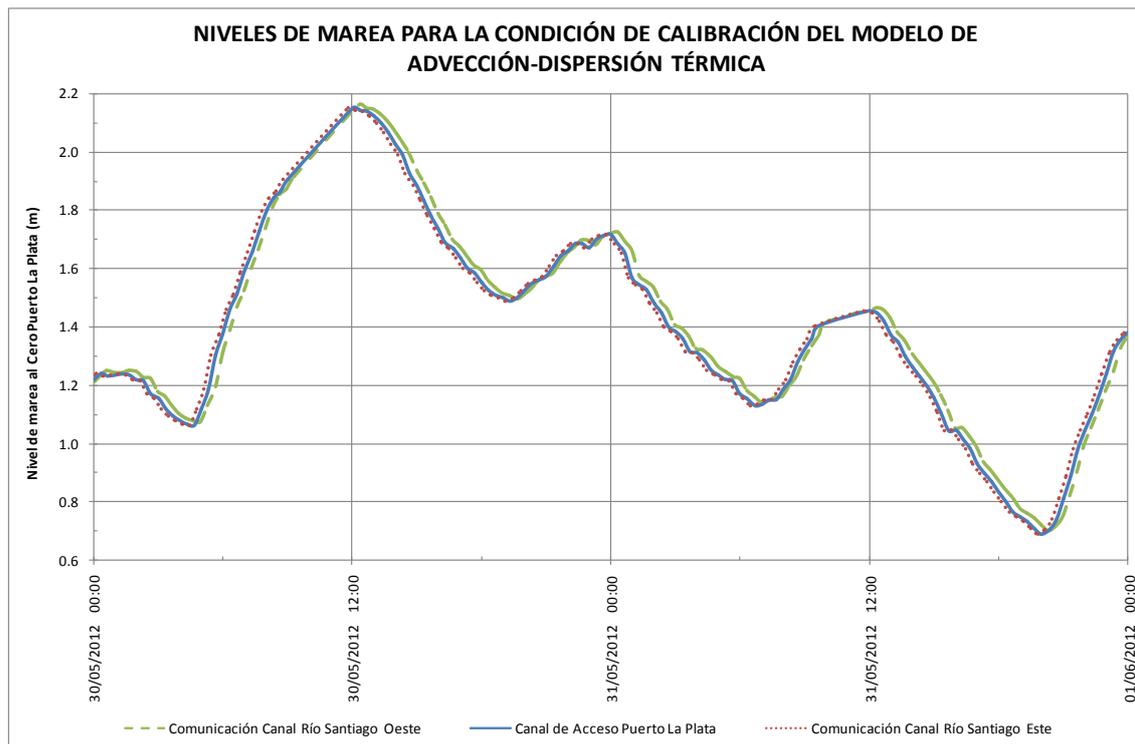


Figura 20. Niveles de marea correspondientes al período de calibración del modelo de advección y dispersión térmica en los tres puntos de intercambio de agua del mismo con el Río de la Plata. Obsérvense los desfases de la onda de marea entre dichos tres puntos.

El alcance de los aforos realizados por EVARSA y utilizados para la calibración hidrodinámica del modelo fue el siguiente:

- a) Medición de velocidades y caudal con un Perfilador Acústico de Corriente por Efecto Doppler (ADCP) obteniendo el posicionamiento de cada uno de los puntos relevados a través de un GPS que trabaja de manera combinada con el ADCP.
- b) Procesamiento, determinación de caudales líquidos en cada perfil e interpretación de los resultados de las mediciones.

La frecuencia de medición fue de una cada 5 segundos sobre cada perfil, lo que combinado a la velocidad de traslación de la embarcación, del orden de 1,25 m/s, permitió relevar una vertical cada 6 - 7 metros aproximadamente.

En cada uno de los puntos de medición, entre otras, se recolectó la información sobre coordenadas, profundidad y velocidades. También se obtuvo el caudal total en cada sección transversal.

El equipamiento empleado fue un receptor de señal GPS marca Garmin, modelo GPS72 y un ADCP marca RDI, modelo WorkHorse.

El ADCP divide, en cada punto de medición (o sea en cada vertical o “ensemble”), la columna de agua (de longitud igual a la profundidad total) en segmentos uniformes apilados llamados "celdas de profundidad" o “bins”. En cada celda obtiene el valor de la velocidad del agua y el caudal que la atraviesa. El ancho de la celda depende de la distancia que recorre la embarcación en el tiempo transcurrido entre la medición de dos verticales consecutivas.

Las componentes de la velocidad se obtienen con dirección Este - Oeste y signo positivo hacia el Este, llamada Velocidad Este, y con dirección Norte - Sur con signo positivo hacia el Norte, llamada Velocidad Norte. De la composición de estas dos se obtiene el módulo y dirección de la velocidad.

El caudal total de cada vertical es la sumatoria de los caudales que atraviesan cada celda de toda la columna de agua, mientras que el caudal en cada sección de medición se obtiene de la suma de los caudales de cada punto de medición (vertical), desde margen derecha a margen izquierda.

Durante las mediciones realizadas se verificó que las velocidades de la corriente presentan en general fuertes variaciones en su dirección dentro de cada sección transversal, tanto horizontal como verticalmente, lo cual es un indicador de procesos dispersivos importantes en el área.

En la Tabla 17 y la Figura 21 se detalla la ubicación de las secciones de aforo cuyos datos fueron empleados en el presente estudio para la calibración hidrodinámica del modelo de advección y dispersión térmica. Estas secciones de medición de caudales cubren los cauces más relevantes de la zona de interés en cuanto a la dilución de las aguas de descarga de la CTEB.

Tabla 17. Secciones de medición de caudales empleadas en el presente estudio.

Código	Descripción	Observaciones
CRSO1	Canal Río Santiago Oeste 1	En cercanías de Zona de Giro Cuatro Bocas
CRSO2	Canal Río Santiago Oeste 2	A unos 800 m al Oeste de Zona de Giro Cuatro Bocas
CRSO3	Canal Río Santiago Oeste 3	A unos 2,8 km al Oeste de Zona de Giro Cuatro Bocas
CRSO4	Canal Río Santiago Oeste 4	Comunicación al Río de la Plata, a 3,7 km al Oeste de Zona de Giro Cuatro Bocas
CA1	Canal de Acceso 1	En km 3,180 del Canal de Acceso al Puerto La Plata (en cercanías del Destacamento de la PNA)
CA2	Canal de Acceso 2	En km 1,800 del Canal de Acceso al Puerto La Plata (50 a 100 m al Norte de Zona de Giro Cuatro Bocas)
CE	Canal de Entrada	En km 1,270 del Canal de Entrada al Puerto La Plata (50 a 100 m al Sur de la Zona de Giro Cuatro Bocas)



Figura 21. Ubicación de los Puntos de medición de caudales.

Las mediciones se iniciaron a las 11:19 hs, realizándose 3 ciclos completos de aforos, a saber:

- Ciclo 1: 11:19 hs a 13:45 hs
- Ciclo 2: 13:54 hs a 15:39 hs
- Ciclo 3: 15:54 hs a 17:48 hs

Durante el día de realización de los aforos los niveles de marea se alejaron de los astronómicos predichos, registrándose una corta creciente durante la mañana con una pleamar adelantada y superior a la pronosticada (según la Tabla de Mareas del Servicio de Hidrografía Naval debía ocurrir a las 12:50 hs con un nivel de 0,93 m y ocurrió a las 11:00 hs con un nivel de 1,52 m). De esta manera, casi todas las mediciones (11:19 hs a 17:48 hs del 31 de mayo) se realizaron en marea bajante, tal como se puede apreciar en la Figura 22 que muestra los niveles de marea registrados en Puerto La Plata.

Este adelanto y magnificación de la pleamar de la mañana del día 31 se atribuye al “acomodamiento” de la marea luego de que bajara la intensidad de los vientos del Norte, Oeste y Sudoeste que habían soplado los días previos generando disminuciones, respecto de la marea astronómica, de los niveles del río en la costa argentina del Río de la Plata.

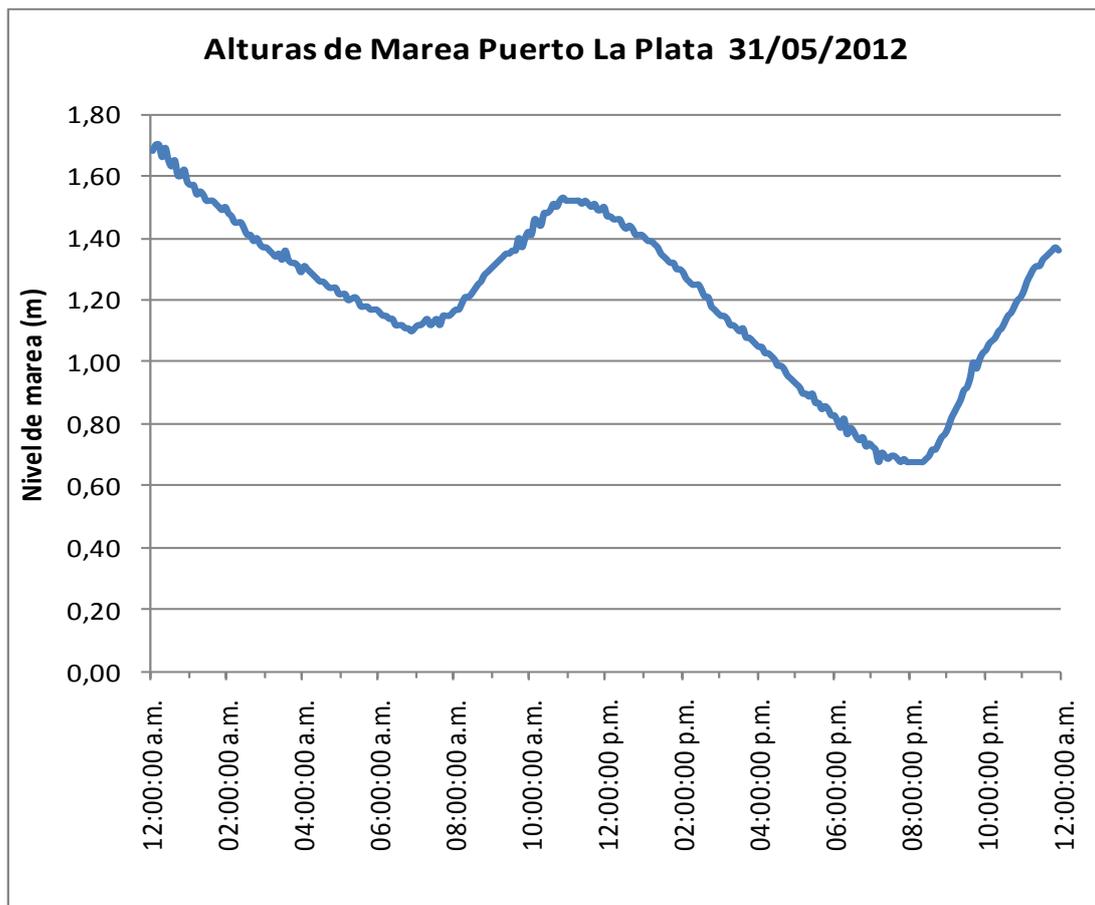


Figura 22. Niveles de marea registrados en Puerto La Plata durante el día de ejecución de los aforos (31/05/2012).

Los resultados de la calibración hidrodinámica del modelo de dispersión térmica se presentan en la Figura 23 a la Figura 29 en los distintos puntos en los cuales se cuenta con las mediciones de caudales realizadas por EVARSA entre las 11 hs y las 18 hs del día 31 de mayo del corriente año.

La dinámica del sistema es muy compleja, observándose que, en líneas generales, existe un flujo neto saliente del sistema en marea bajante y entrante en marea creciente, que se realiza principalmente por el canal de Acceso al Puerto de La Plata:

- Canal Río Santiago Oeste: el flujo sale del sistema (con sentido NO) durante la marea creciente y entra (con sentido SE) en marea bajante.
- Canal de Acceso y de Entrada al Puerto La Plata: el flujo entra al sistema en marea creciente (con sentido SSO) y sale en marea bajante (con sentido NNE).

Es decir que existe una “llamada” de las aguas del Canal Río Santiago Oeste determinada por las variaciones de nivel en el Canal de Acceso al Puerto La Plata, donde se presentan los caudales dominantes en el área. El Canal Río Santiago Este es un cauce de menores dimensiones que tiene una menor influencia en el flujo de agua de la zona de interés.

Por otro lado, es posible observar variaciones de corto período en los caudales, determinadas por pequeños cambios de pendiente de las curvas de crecimiento o decrecimiento del nivel de agua, lo cual da cuenta de la alta sensibilidad del sistema a estas variaciones.

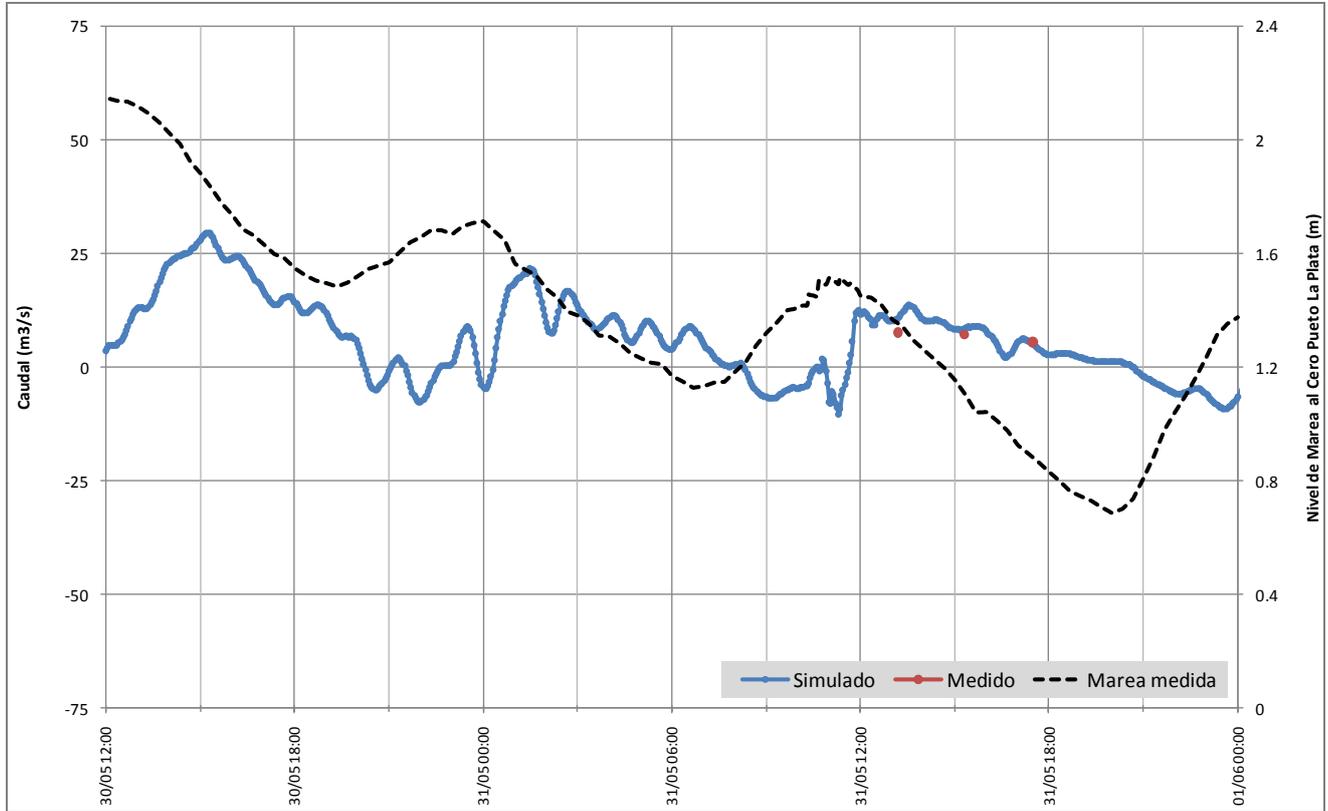


Figura 23. Caudales simulados y medidos en el Canal Río Santiago Oeste (**Punto CRS04**) durante el día 31/05/2012 en cercanías de su comunicación con el Río de la Plata Comunicación al Río de la Plata (a unos 3,7 km al Oeste de la Zona de Giro Cuatro Bocas). Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

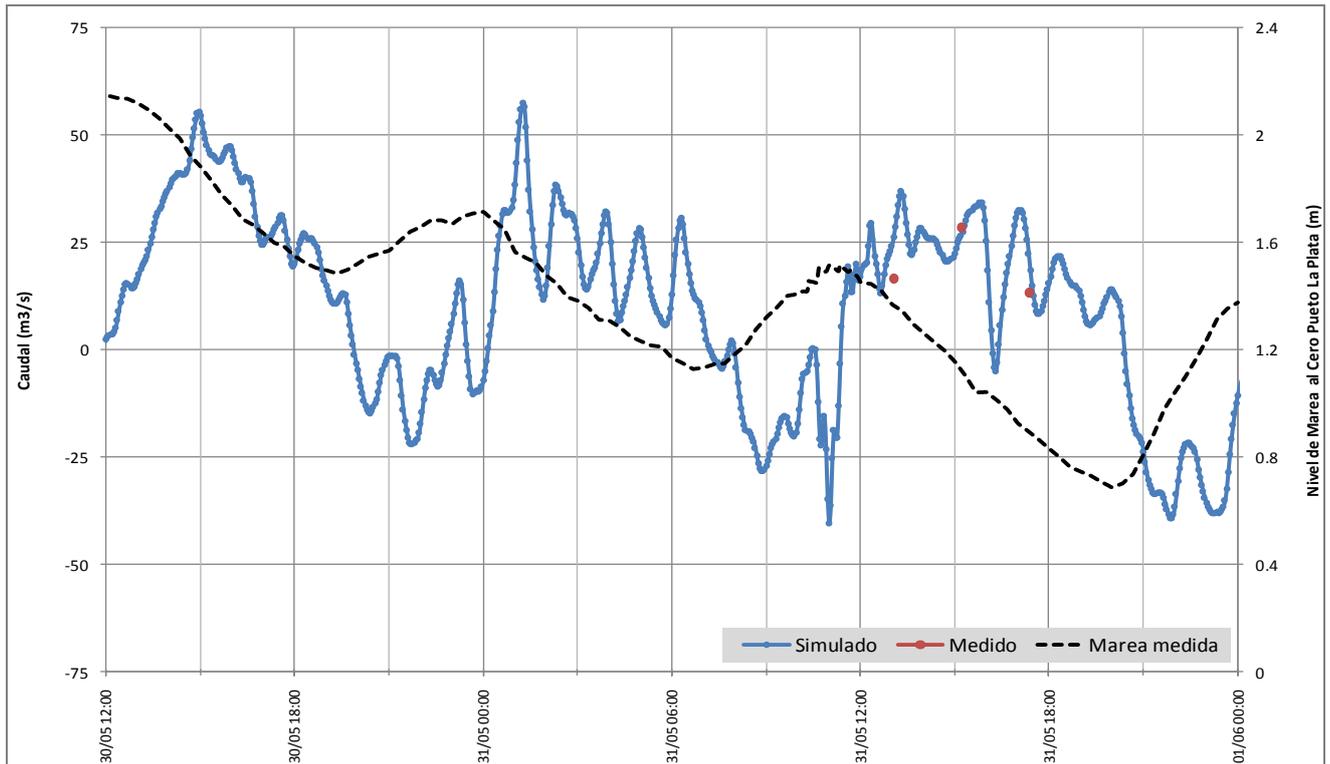


Figura 24. Caudales simulados y medidos en el Canal Río Santiago Oeste (Punto CRS03) durante el día 31/05/2012 a unos 2,8 km al Oeste de la Zona de Giro Cuatro Bocas. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

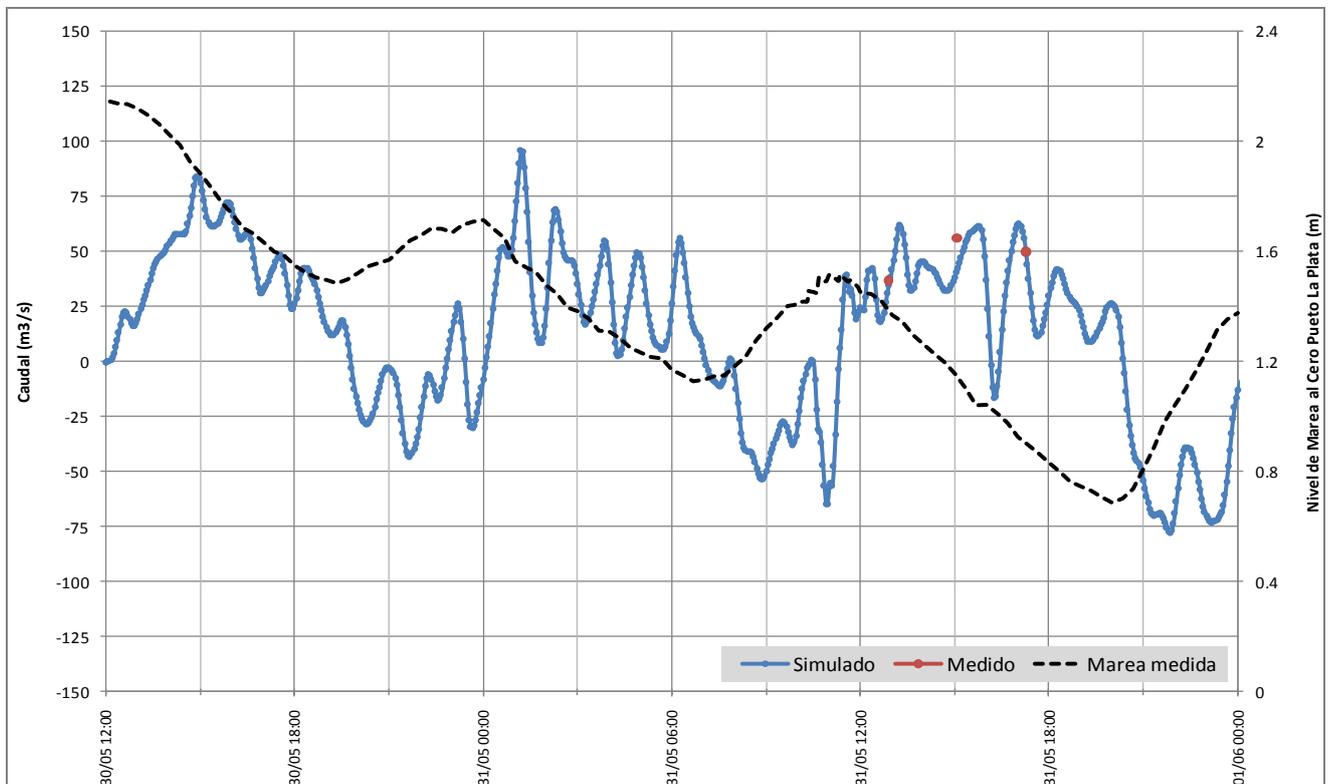


Figura 25. Caudales simulados y medidos en el Canal Río Santiago Oeste (Punto CRS02) durante el día 31/05/2012 a unos 800 m al Oeste de la Zona de Giro Cuatro Bocas. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

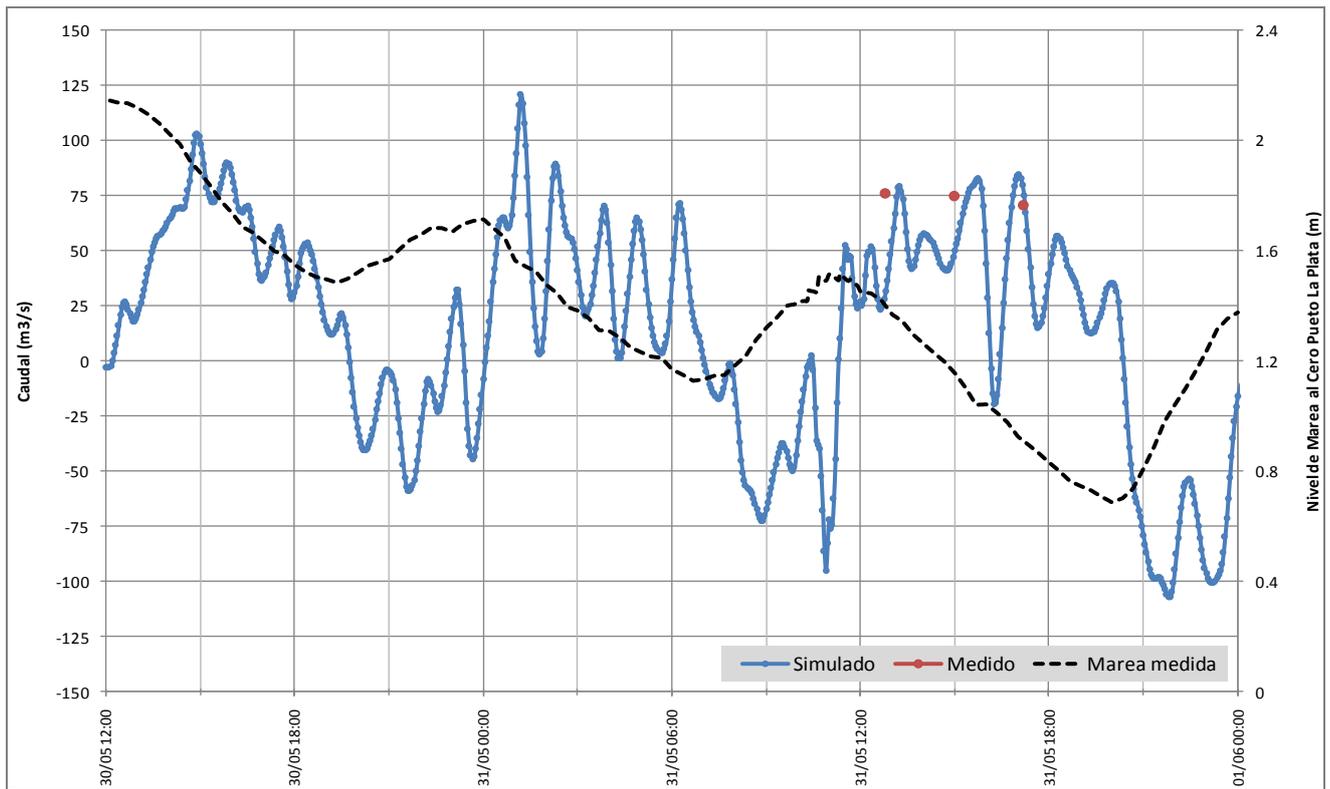


Figura 26. Caudales simulados y medidos en el Canal Río Santiago Oeste (**Punto CRS01**) durante el día 31/05/2012 en cercanías de la Zona de Giro Cuatro Bocas. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

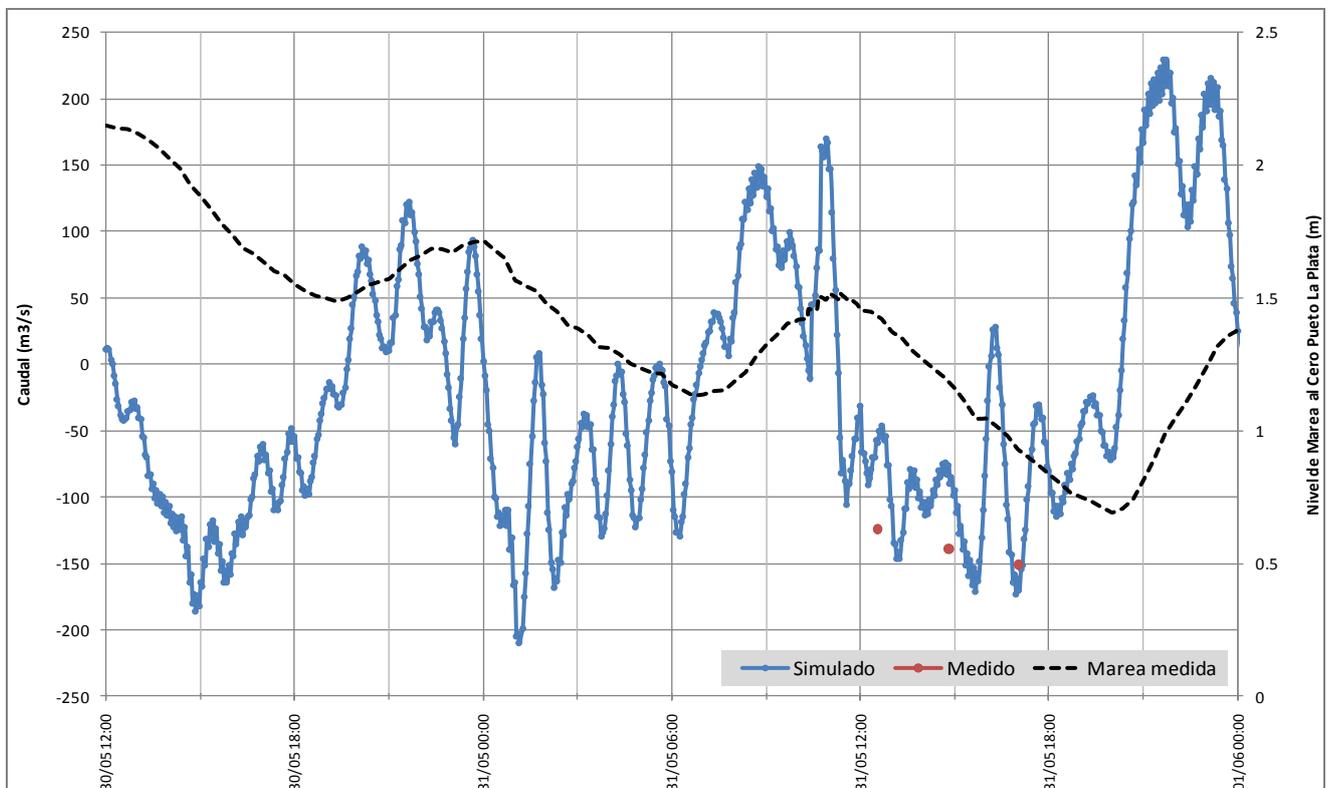


Figura 27. Caudales simulados y medidos en el km 3,180 del Canal de Acceso al Puerto La Plata (**Punto CA1**) durante el día 31/05/2012. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

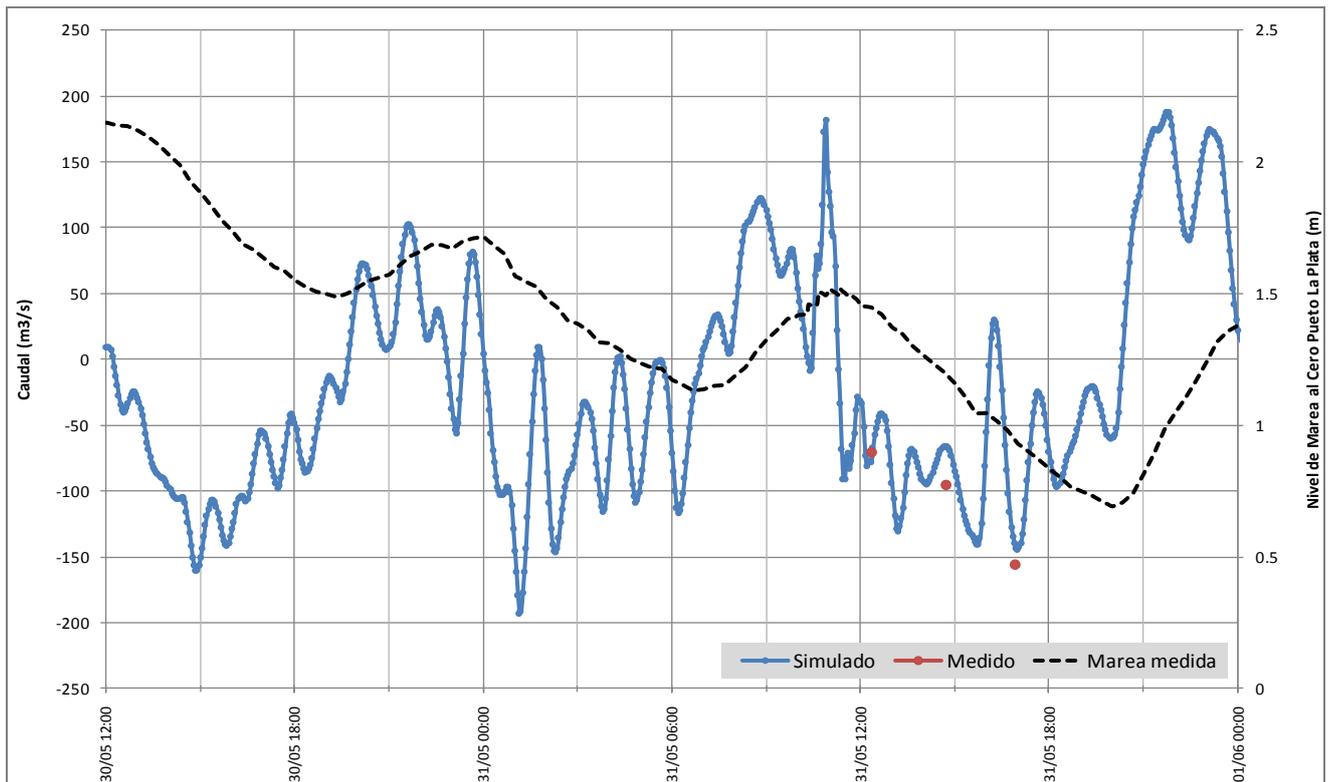


Figura 28. Caudales simulados y medidos en el km 1,800 del Canal de Acceso del Puerto La Plata (**Punto CA2**), a unos 50-100 m al Norte de la Zona de Giro Cuatro Bocas, durante el día 31/05/2012. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

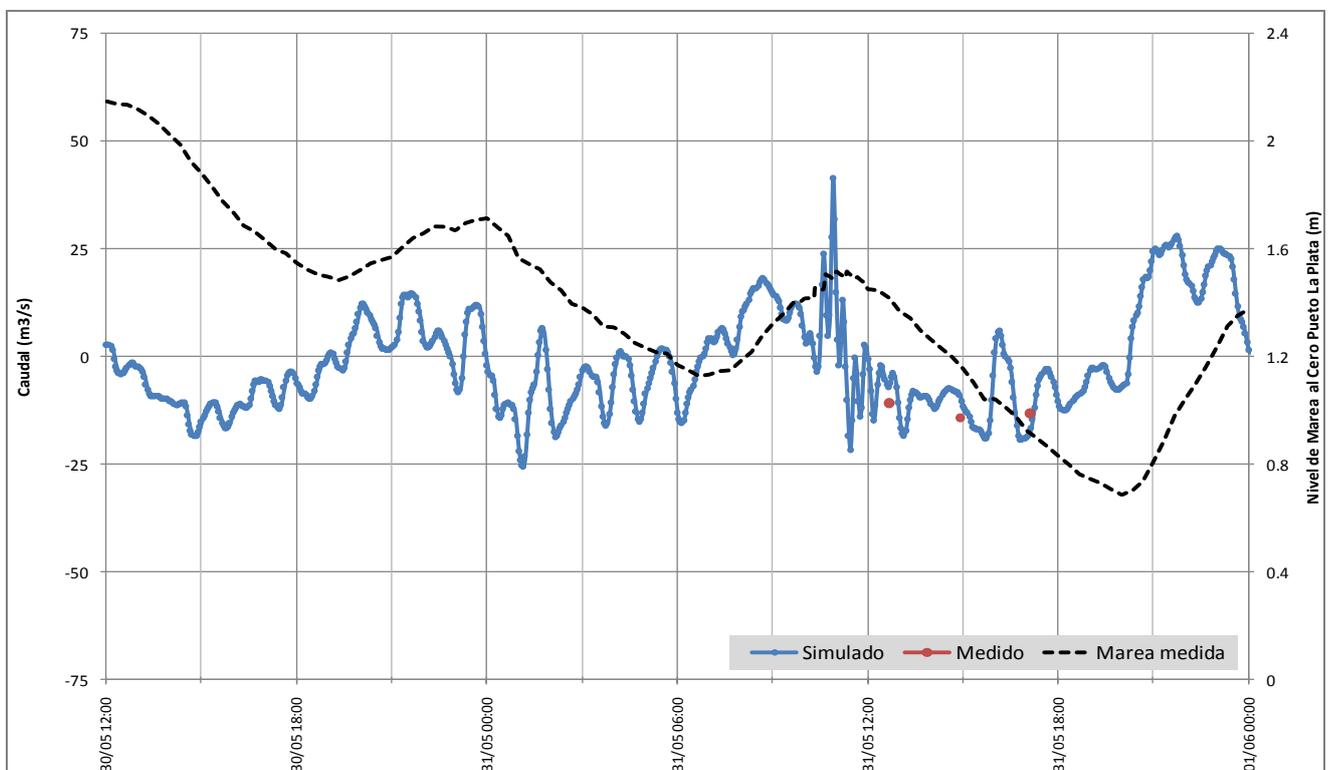


Figura 29. Caudales simulados y medidos en el km 1,270 del Canal de Entrada al Puerto La Plata (**Punto CE**), a unos 50-100 m al Sur de la Zona de Giro Cuatro Bocas, durante el día 31/05/2012. Se muestra, también, el nivel de marea registrado.

3.4 MODELACIÓN DE LA DISPERSIÓN TÉRMICA

El área bajo estudio corresponde a un ambiente mesomareal de planicie costera, con flujos reversibles y escasa renovación de agua, donde los tiempos de residencia y acumulación de las aguas vertidas pueden ser prolongados.

En este tipo de ambientes no pueden despreciarse los procesos de decaimiento térmico (transferencia de calor entre el agua y la atmósfera), los cuales actúan además de los de dispersión y advección en la evolución espacio-temporal de una pluma térmica.

Para el caso en estudio, al ser el caudal a inyectar al medio de un orden de magnitud superior al correspondiente al módulo del arroyo receptor (El Gato), se asume que las características del denominado campo cercano, en lo que se refiere a temperatura del agua, son similares a las de las condiciones de vertido. Es decir que se considera que el salto térmico en el extremo del campo cercano es igual a aquel existente entre el efluente y el medio receptor, con la dilución correspondiente al caudal propio del arroyo El Gato.

De esta manera, la modelación matemática se centra en resolver la evolución del campo lejano, que es la zona en la que, una vez que las fuerzas de inercia y flotación pierden importancia, adquieren protagonismo los procesos de advección y dispersión asociados a la dinámica del medio receptor.

3.4.1 Determinación de los parámetros térmicos

La variación de la temperatura de una masa de agua se debe a los intercambios de energía entre la misma y el medio ambiente.

Para un río o estuario se produce intercambio térmico a través de su superficie libre en contacto con la atmósfera y a través de los flujos de energía que provengan de escurrimientos aguas arriba o de la entrada de una onda de marea aguas abajo de la zona en estudio, así como de los que puedan inyectarse artificialmente.

A continuación se presentan los conceptos teóricos relacionados con la transferencia mencionada de calor entre el agua y la atmósfera, la cual es una compleja función de las condiciones atmosféricas y de la temperatura superficial del cuerpo de agua.

3.4.1.1 **Transferencia de calor a través de la superficie libre de un cuerpo de agua**

A través de la superficie libre de un determinado cuerpo de agua (interfase agua - atmósfera) se verifica un intercambio de calor dado por:

- Los flujos térmicos entrantes al cuerpo de agua (radiación solar de onda corta, radiación atmosférica de onda larga y conducción de calor desde la atmósfera hacia el agua); y
- Los flujos térmicos salientes del cuerpo de agua (radiación de onda larga desde la superficie libre, evaporación, y conducción de calor desde el agua hacia la atmósfera),

Se puede expresar la variación temporal de la temperatura del agua de la siguiente manera (Edinger et. al., 1974; Thomann y Mueller, 1987):

$$dT / dt = \Phi_N / (\rho * C_P * h)$$

Donde:

Φ_N = flujo neto de calor a través de la superficie del agua;

T = temperatura del agua;

ρ = densidad del agua;

C_P = capacidad calorífica del agua; y

h = profundidad del cuerpo de agua en la cual el calor se mezcla en la vertical;

siendo el flujo neto que atraviesa la superficie, Φ_N , una función de la temperatura superficial del cuerpo de agua y de las condiciones meteorológicas (radiación solar incidente, nubosidad, temperatura del aire, velocidad del viento, presión atmosférica y humedad relativa); de esta manera la temperatura del agua es la variable de estado resultante del flujo neto de calor.

Edinger et al. (1974) mostraron que este flujo térmico neto puede considerarse linealmente dependiente de la diferencia entre la temperatura del agua y una temperatura de equilibrio, también del agua, que se define como aquella para la cual el flujo neto entre la superficie y la atmósfera es nulo:

$$\Phi_N = -K * (T - T_E)$$

Donde:

T = temperatura del agua;

T_E = temperatura de equilibrio; y

K = constante de intercambio térmico;

siendo el coeficiente K de transferencia o intercambio térmico una compleja función de la temperatura del agua y de los parámetros meteorológicos ya mencionados y resultando:

$$dT / dt = -K * (T - T_E) / (\rho * c_P * H)$$

Edinger et al. (1974) también mostraron que este coeficiente K puede ser determinado, con razonable aproximación, como:

$$K (W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}) = 4,5 + 0,05 * T + B * f(U_W) + 0,47 * f(U_W)^{(1)}$$

Con:

T ($^\circ\text{C}$) = temperatura del agua;

U_W (m/s) = velocidad del viento;

$f(U_W)$ ($W/m^2 \text{ mmHg}$) = $9,2 + 0,46 U_W^2$ ⁽²⁾

$B = 0,35 + 0,015 T_M + 0,0012 T_M^2$ ⁽³⁾

Donde:

$$T_M (^\circ\text{C}) = (T + T_D)^2; \text{ (4)}$$
$$T_D (^\circ\text{C}) = \text{temperatura de rocío};$$

pudiéndose calcular T_D en función de la humedad relativa, $r\%$, y la temperatura del aire, T_A ($^\circ\text{C}$):

$$T_D (^\circ\text{C}) = (r\% / 100)^{1/8} * (112 + 0,9 * T_A) + (0,1 * T_A) - 112$$

De esta manera, los parámetros que finalmente inciden en la determinación del coeficiente K de intercambio térmico son:

- La temperatura del agua, fuera de la situación de equilibrio;
- La temperatura del aire;
- La humedad relativa; y
- La velocidad del viento.

3.4.1.2 Determinación del coeficiente K de intercambio térmico

La Tabla 18 muestra los valores característicos de los parámetros meteorológicos necesarios para el cálculo del coeficiente K de transferencia térmica. Los mismos corresponden a los informados por el Servicio Meteorológico Nacional para los años 2001-2010 en la Estación La Plata Aero. Se incluyen, también, los valores correspondientes a las características medias para la estación invernal (promedio de los meses de junio, julio y agosto) y la estival (promedio diciembre, enero y febrero).

Por otro lado, en la Tabla 19 se incluyen los valores característicos de la temperatura del agua.

Tabla 18. Estadística Meteorológica 2001-2010 en Estación La Plata Aero. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL	MEDIA INVIERNO	MEDIA VERANO
TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)	Valor Medio	23,1	22,1	20,1	16,2	12,5	10,2	9,4	10,8	12,6	16,0	18,8	21,1	16,1	10,1	22,1
	Nº de años considerados	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Máximo Valor Medio	23,7	23,9	21,5	18,2	14,5	12,1	12	13,7	14,4	17,4	21,7	22,9	16,7		
	Año de Ocurrencia	2001	2001	2004	2004	2002	2005	2006	2001	2007	2006	2008	2006	2001		
	Mínimo Valor Medio	22,2	20,8	18,7	15,2	10,4	8,3	6,5	7,9	11,2	14,9	16,8	19,8	15,4		
	Año de Ocurrencia	2006	2002	2006	2005	2007	2007	2007	2007	2009	2009	2007	2009	2007		
HUMEDAD RELATIVA (%)	Valor Medio	69,1	75,1	80,4	80,1	82,8	83,1	81,4	80,3	79,4	75,8	72,3	69,1	77,4	81,6	71,1
	Nº de años considerados	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Máximo Valor Medio	77,4	79,4	87,9	83,5	89,9	89,3	88,2	88	83,8	88,3	81,4	73,7	83,1		
	Año de Ocurrencia	2004	2003	2001	2002	2001	2005	2005	2001	2005	2001	2004	2001	2001		
	Mínimo Valor Medio	57,3	66,4	76,2	72	76,9	77,7	72,2	72,6	73,5	68,7	61,3	61,6	71,9		
	Año de Ocurrencia	2009	2009	2009	2008	2008	2009	2007	2009	2006	2008	2008	2007	2008		
TEMPERATURA DE ROCIO (°C)	Valor Medio	17,5	17,9	17,1	12,8	9,8	7,4	6,4	7,5	9,2	11,8	13,7	15,5	12,2	7,1	17,0
	Nº de años considerados	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Máximo Valor Medio	18,9	19,6	19,2	15	12,9	10,3	9,2	11,5	11,6	14,6	15,5	17,3	13,7		
	Año de Ocurrencia	2001	2001	2001	2004	2002	2005	2006	2001	2007	2001	2002	2006	2001		
	Mínimo Valor Medio	15,1	16,5	14,9	11,4	7,2	4,9	2,1	4,6	7,4	9,8	10,8	12,8	11,3		
	Año de Ocurrencia	2009	2009	2006	2008	2007	2007	2007	2007	2006	2005	2007	2005	2007		
INTENSIDAD DEL VIENTO (km/h)	Valor Medio	13,6	13,5	12,3	10,5	10,6	10,6	11,3	12,6	14,3	13,8	13,9	14,2	12,6	11,5	13,8
	Nº de años considerados	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Máximo Valor Medio	19,2	16,1	17,6	13,2	14,2	12,4	13,3	15,4	18,3	17,8	17,1	17,8	15,1		
	Año de Ocurrencia	2009	2002	2002	2002	2002	2001	2009	2001	2001	2001	2002	2008	2002		
	Mínimo Valor Medio	9,8	10,6	9,1	8,2	8,6	8,9	9,1	10,5	11,8	11,2	10,5	11,2	11		
	Año de Ocurrencia	2010	2005	2006	2010	2006	2004	2003	2010	2005	2005	2010	2006	2006		

Tabla 19. Valores característicos de la temperatura del agua del río en la zona de estudio. Fuente: Centro Argentino de Datos Oceanográficos -CEADO-, Estación Pontón Intersección (<http://www.hidro.gov.ar/ceado/ceado.asp>)

FUENTE		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL	MEDIA INVIERNO	MEDIA VERANO
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	Valor Máximo	29,6	28,9	28,6	27,7	20,2	17,0	15,2	16,7	20,8	25,1	27,3	27,6	21,0	12,2	23,5
	Valor Mínimo	19,2	19,0	16,1	15,6	12,1	9,5	7,9	8,5	9,5	10,0	14,7	17,0			
	Valor Medio	24,3	24,1	22,9	19,9	15,1	12,8	11,7	12,2	15,1	17,1	21,0	22,1			

La aplicación de las ecuaciones (1) a (4) da como resultado para el coeficiente K de transferencia térmica los valores que se presentan a continuación (Tabla 20).

Tabla 20. Valores característicos del coeficiente K de transferencia térmica. Se destacan en mayor tamaño de letra los adoptados para las simulaciones realizadas.

TEMP. DEL AGUA EN EL SISTEMA INTERIOR (°C)	TEMP. AIRE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD VIENTO (km/h)	TEMPERATURA ROCÍO (°C)	K (W / m ² * °C)	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL RÍO (°C)	SALTO TÉRMICO (°C)
CONDICIÓN MEDIA DE INVIERNO:							
23,7	10,1	81,6	11,5	7,1	24	12,2	11,5
19,7					23		7,5
14,2					21		2,0
CONDICIÓN MEDIA DE VERANO:							
35,0	22,1	71,1	13,8	17,0	39	23,5	11,5
31,0					36		7,5
25,5					33		2,0

3.5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos se ilustran a continuación de dos maneras diferentes: a través de curvas de fluctuación de exceso de temperatura causado por la descarga (Figura 30 a Figura 37), en diferentes puntos característicos, tales como el sector Oeste del Canal Río Santiago, la comunicación de éste con el Río de la Plata, la zona del Canal Río Santiago Este cercana a 4 Bocas, el Canal de Acceso al Puerto de La Plata (principal comunicación del sistema con el Río de la Plata), el canal de Entrada y finalmente la zona de la Toma de Agua de YPF¹; y a través de imágenes en planta del campo de temperaturas obtenido mediante la modelación para diferentes momentos ilustrativos en los escenarios de Invierno y Verano (Figura 38 a Figura 56).

Se grafican los resultados obtenidos con dos valores del coeficiente de transferencia de calor entre el agua y la atmósfera, uno de los cuales es el valor máximo estimado considerando el mayor salto térmico posible (habida cuenta de que la mayor transferencia de calor al medio se produce en inmediaciones de la zona de descarga), y el otro un valor mínimo calculado con un incremento de temperatura promedio de todo el sistema fluvial de sólo 2 °C (incluyendo el Canal de Acceso donde se produce la mayor dilución), a modo de análisis de sensibilidad para evaluar condiciones conservativas de incremento de temperatura factibles de ocurrir.

Los valores del coeficiente de transferencia térmica K finalmente adoptados para las simulaciones, son iguales a 21 y 24 W/m² °C en el escenario de invierno, y de 33 y 39 W/m² °C en el escenario de verano. De todas formas, la diferencia de temperatura obtenida mediante la simulación para ambos coeficientes resultó poco relevante (entre 0,1 °C y 0,2 °C), lo cual se debe a que los procesos de dilución con el agua del Río de la Plata son más predominantes que los de transferencia térmica a la atmósfera.

Las simulaciones tienen una duración de aproximadamente un mes en tiempo real desde el inicio de la descarga, período en el cual se desarrollan prácticamente en forma completa los procesos de acumulación de calor y dilución por mezcla con el agua del Río de la Plata. Simulaciones de verificación realizadas con dos meses de duración mostraron un incremento despreciable de la temperatura en el área más interior del Puerto (Toma de Agua de YPF) del orden de 0,01 °C en relación con el valor obtenido para un mes de simulación, por lo que la condición al mes se considera estabilizada.

Se simularon dos condiciones de borde diferentes, una correspondiente a una marea sinusoidal semi-diurna de amplitud media (0,6 m), la cual por ser cíclica permite estimar con precisión y claridad la diferencia entre los distintos coeficientes de transferencia y estaciones del año. La otra corresponde a una marea astronómica real de tres semanas de duración, seguida de una Sudestada real de dos días de duración (ocurrida en septiembre del corriente año con un nivel máximo superior a 3,0 m al Cero Local), posteriormente a la cual sigue la marea astronómica normal.

¹ La toma de agua denominada Toma YPF capta el agua que abastece a todos los procesos del polo petroquímico Ensenada.

Todas las simulaciones se realizaron con una descarga de 15,67 m³/s de agua de refrigeración de la CTEB con una temperatura de 7,5 °C por encima de la temperatura de equilibrio del cuerpo receptor, que se considera igual a la del Río de la Plata.

No obstante, para verificar el posible impacto de las descargas de bypass (con un incremento de temperatura de 11,5 °C) las mismas se simularon considerando que se produce una por semana. Se pudo apreciar que el efecto detectable se traduce en el traslado por el arroyo El Gato de una onda de sobretemperatura que luego de ingresar en el Canal Río Santiago Oeste se disipa rápidamente, provocando un muy pequeño incremento persistente de la temperatura en cercanías de esta zona, que se neutraliza luego de unos días.

Este efecto se puede apreciar en todas las imágenes de evolución temporal de la sobretemperatura, así como en las imágenes de distribución en planta de la temperatura que específicamente siguen la propagación de la onda de calor por bypass (para marea media ver la Figura 30 a la Figura 33 y la Figura 38 a la Figura 47, mientras que para marea astronómica con Sudestada ver la Figura 34 a la Figura 37 y la Figura 48 a la Figura 56).

La condición de marea con Sudestada permitió verificar que el efecto de este fenómeno meteorológico es una reducción generalizada de la temperatura del agua, debido a efectos de mayor dilución del agua del sistema interior con el agua del Río de la Plata. Si bien se ensayó la ocurrencia de dos descargas consecutivas de bypass con una diferencia de un día, justo antes de la ocurrencia de la Sudestada, las mismas no tuvieron efectos significativos en la temperatura del agua en el Canal Río Santiago Oeste.

Se puede apreciar que en la zona del Canal Río Santiago Oeste cercana al arroyo El Gato, la temperatura del agua resulta mayor en aproximadamente medio grado para períodos de mareas de cuadraturas (de menor amplitud) que para mareas de sicigias (de mayor amplitud), debido a que durante las primeras el volumen de intercambio de agua con el Río de la Plata por ciclo de marea es menor, con lo que la dilución del agua sobrecalentada es más débil (ver Figura 34 a Figura 37).

Los resultados de máximo incremento de temperatura en la zona de la Toma de Agua de YPF, identificada primariamente como un factor sensible del medio antropizado, se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Incrementos máximos de la temperatura del agua en el área de la Toma de Agua de YPF para diferentes escenarios y condiciones de modelación.

MAREA	ESTACIÓN	TEMPERATURA DE EQUILIBRIO (°C)	TRANSFERENCIA ATMOSFÉRICA	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	SOBRE-TEMPERATURA MÁXIMA (°C)
Media	Invierno	12,2	Mínima	16,4	4,2
Media	Invierno	12,2	Máxima	16,3	4,1
Media	Verano	23,5	Mínima	27,2	3,7
Media	Verano	23,5	Máxima	27,0	3,5
Astronómica + Sudestada	Invierno	12,2	Mínima	16,0	3,8
Astronómica + Sudestada	Invierno	12,2	Máxima	15,9	3,7
Astronómica + Sudestada	Verano	23,5	Mínima	26,9	3,4
Astronómica + Sudestada	Verano	23,5	Máxima	26,8	3,3

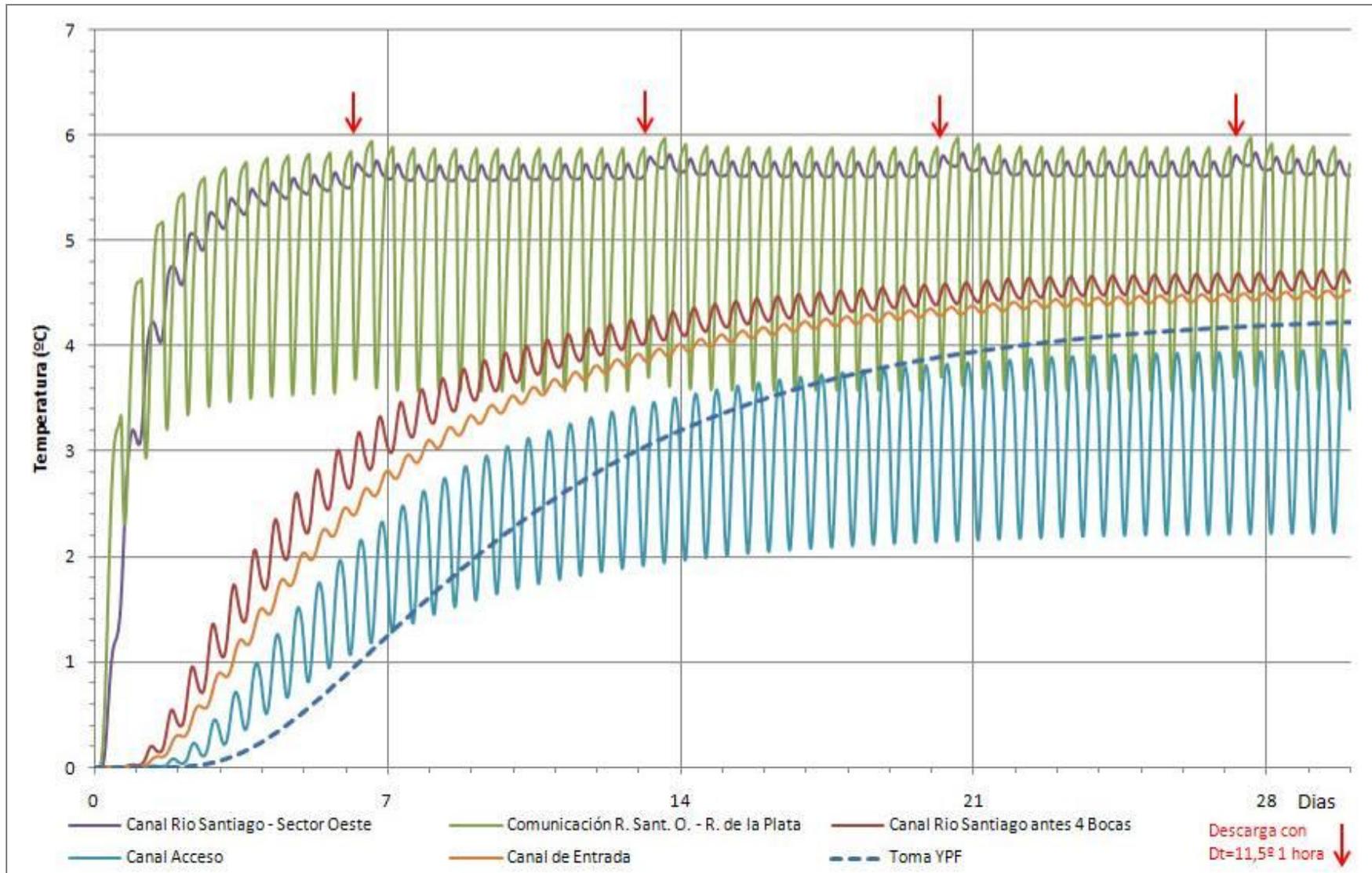


Figura 30. Evolución de la Temperatura - Marea Media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Mínimo.

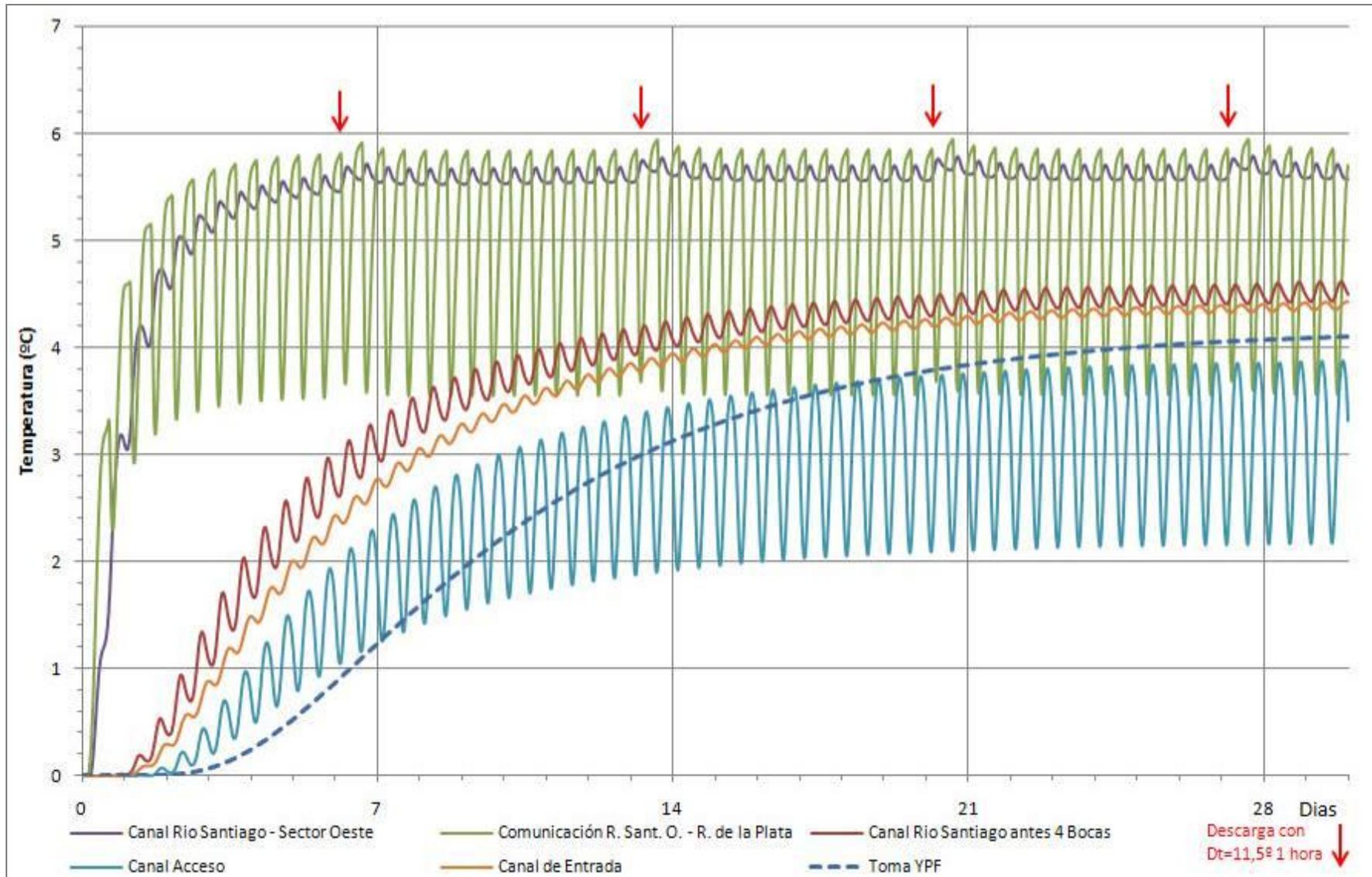


Figura 31. Evolución de la Temperatura – Marea Media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Máximo.

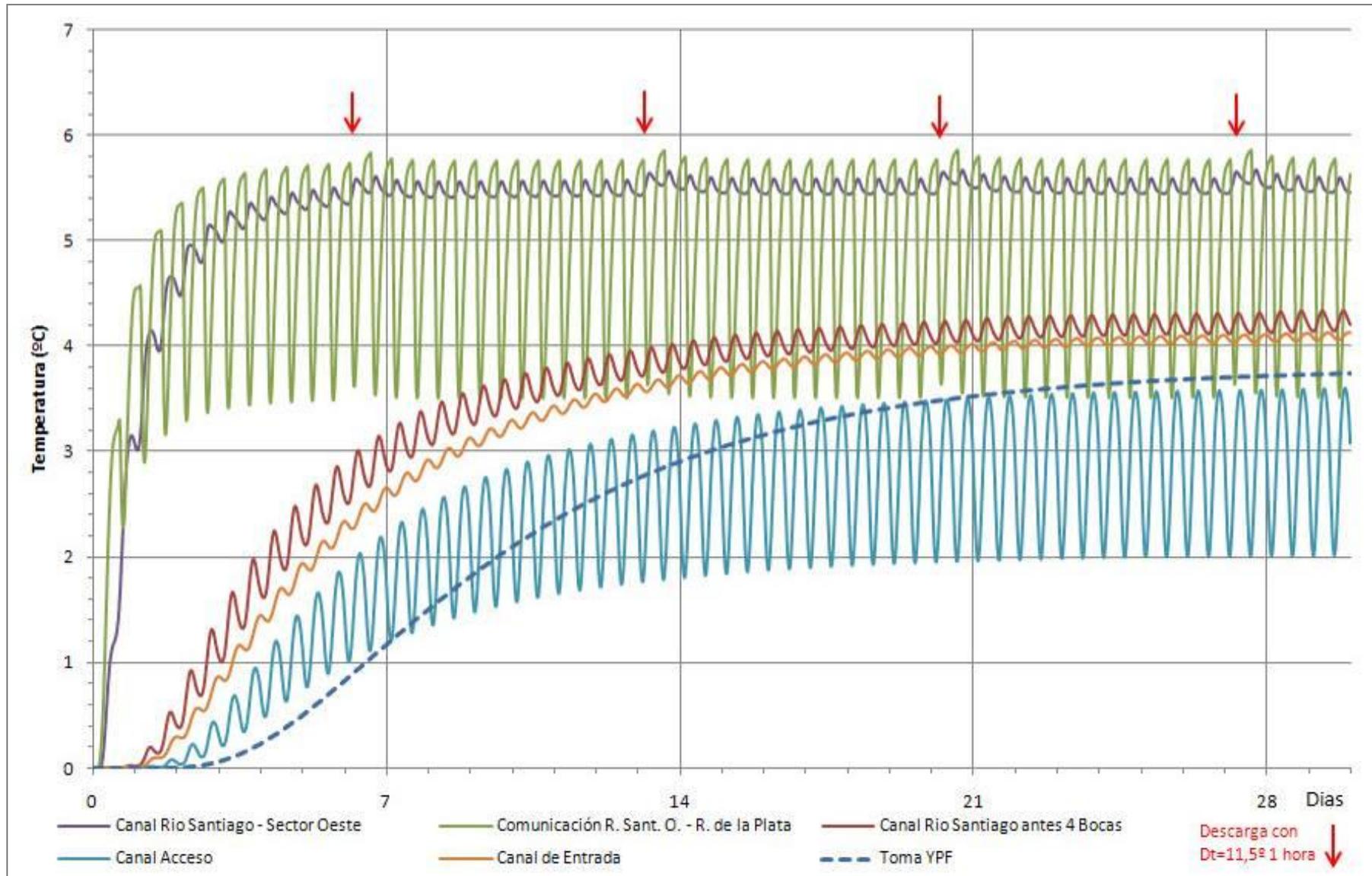


Figura 32. Evolución de la Temperatura – Marea Media. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Mínimo.

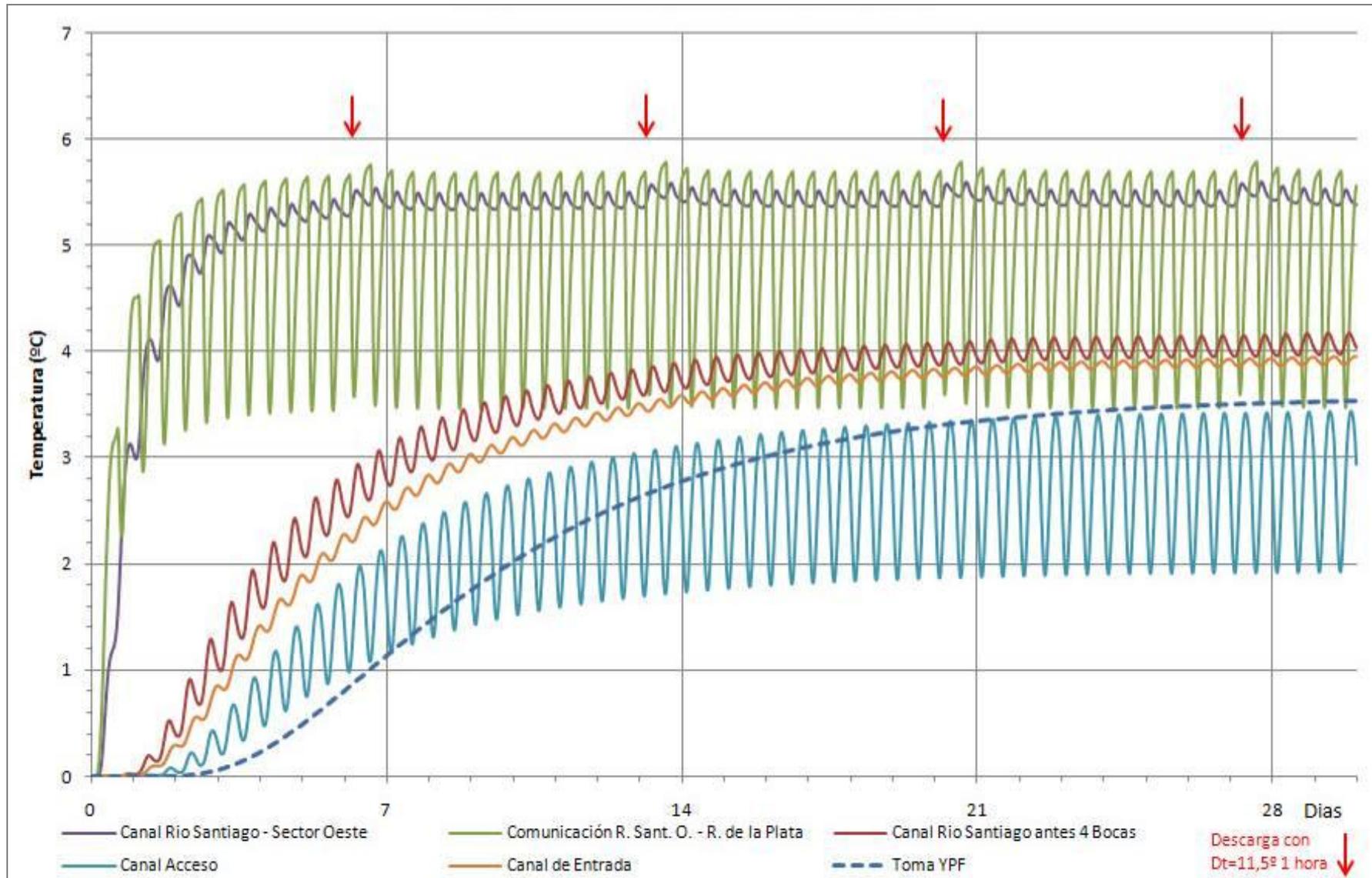


Figura 33. Evolución de la Temperatura – Marea Media. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Máximo.

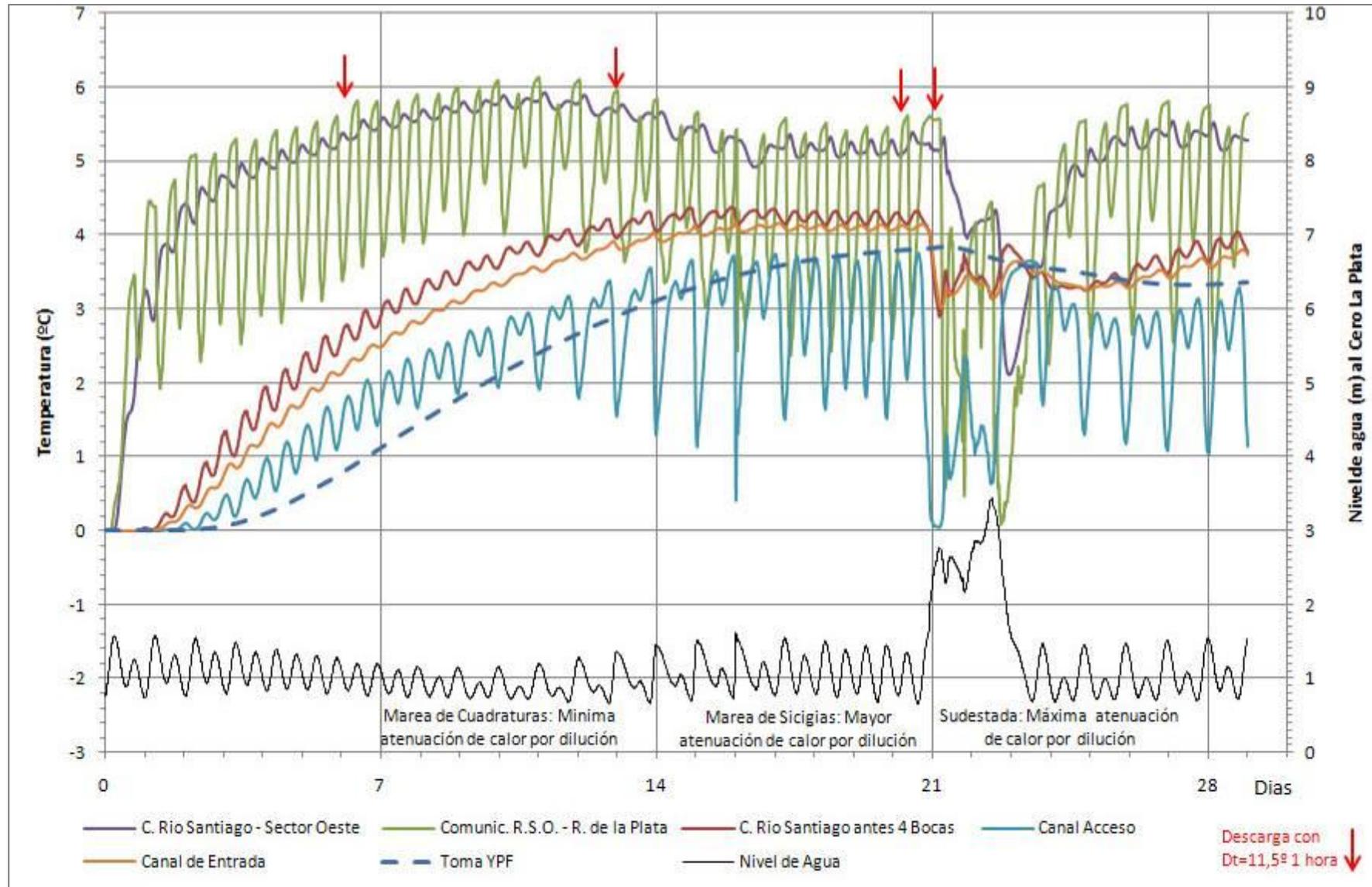


Figura 34. Evolución de la Temperatura – Marea Astronómica con Sudestada. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia

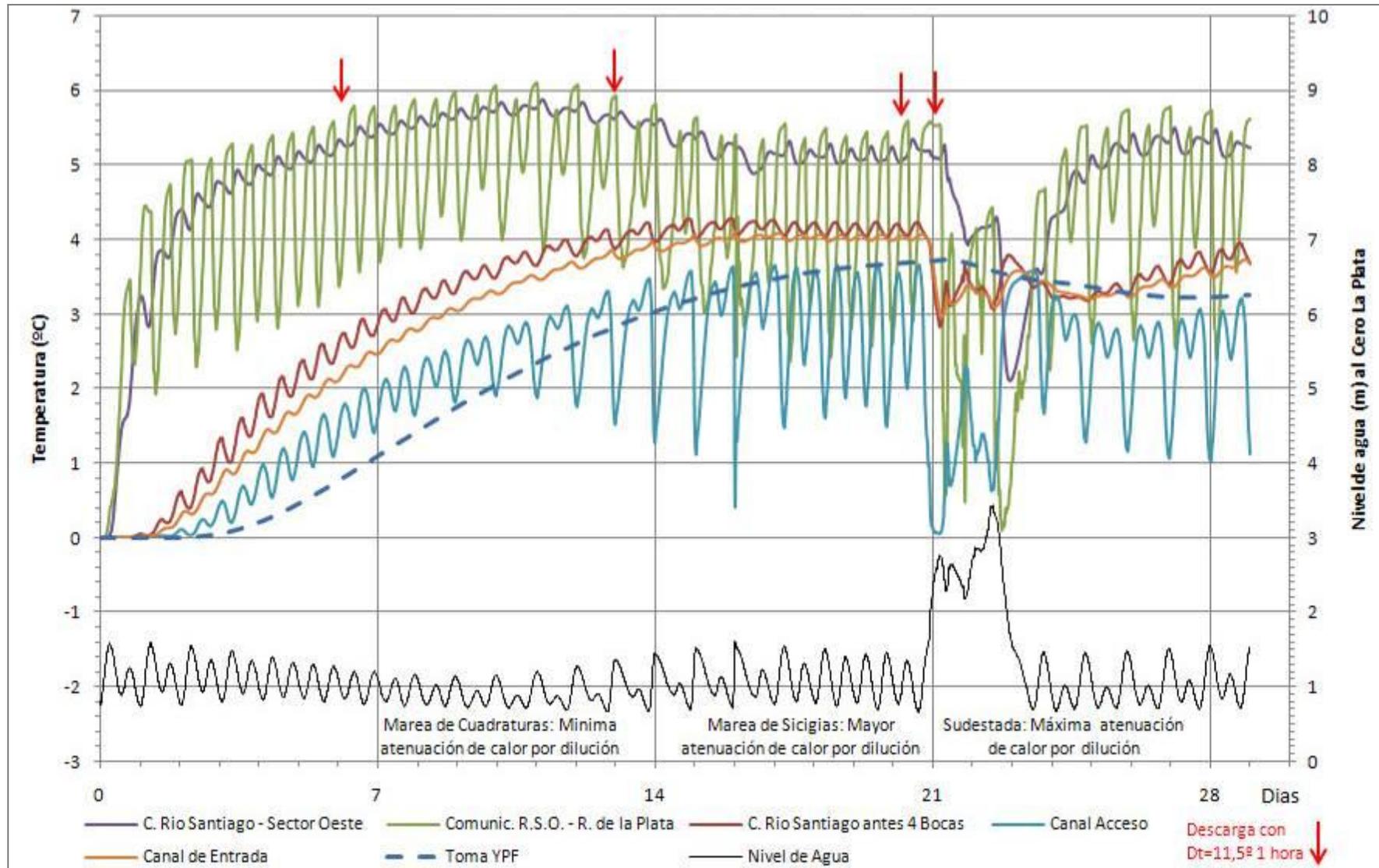


Figura 35. Evolución de la Temperatura – Marea Astronómica con Sudestada. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Máximo.

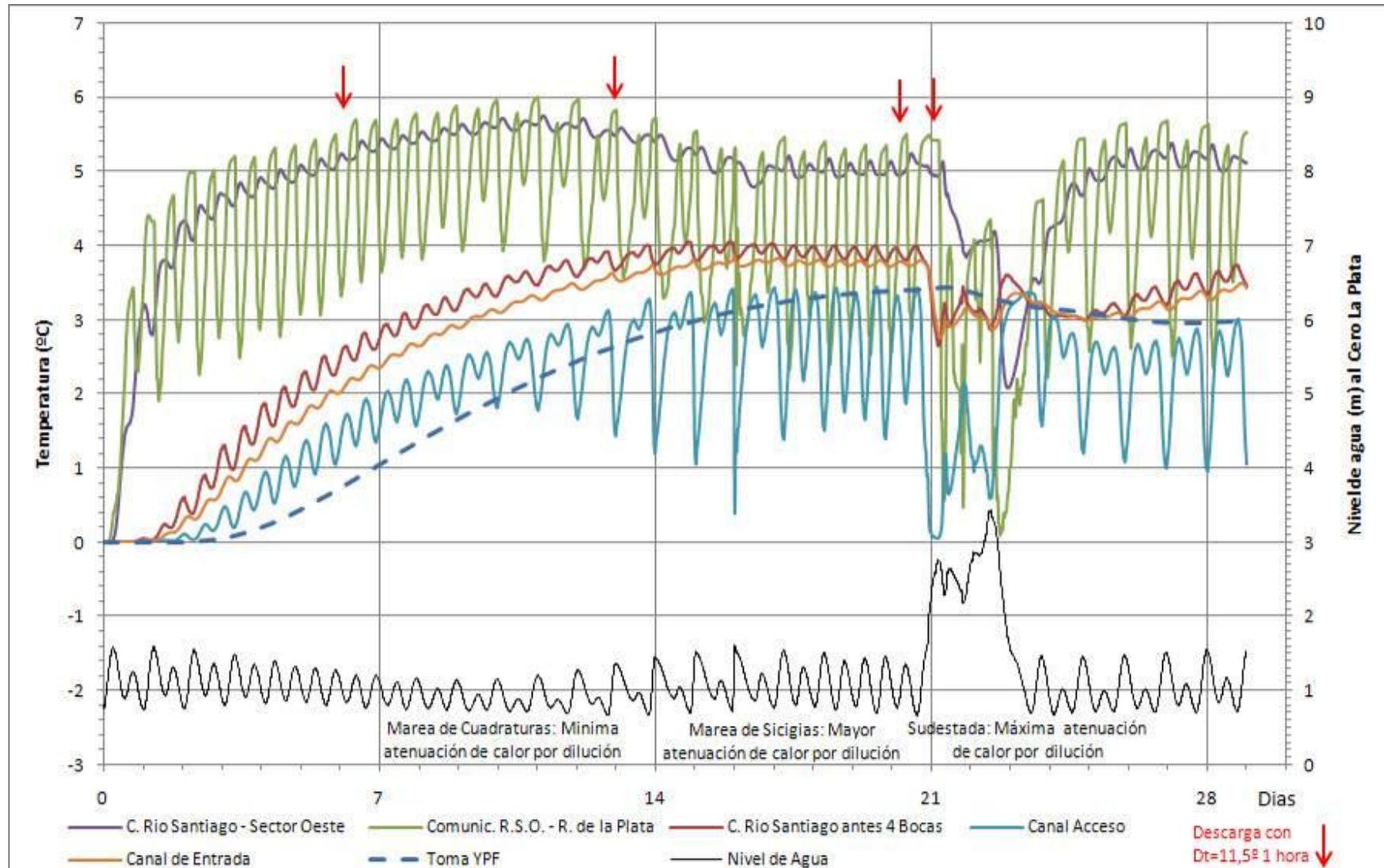


Figura 36. Evolución de la Temperatura – Marea Astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Mínimo.

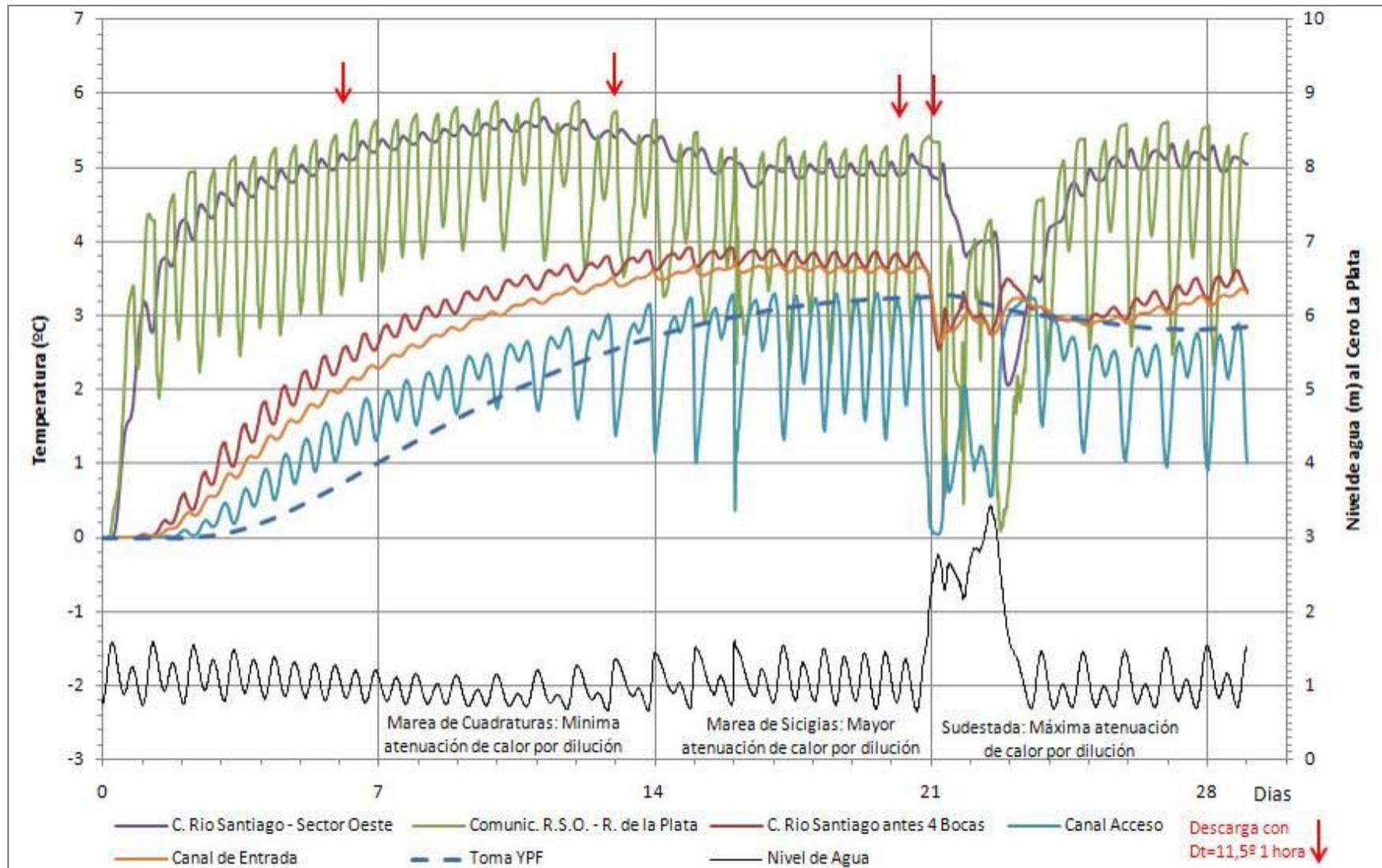


Figura 37. Evolución de la Temperatura – Marea Astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de Calor Máximo.



Figura 38. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas al final de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 39. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas una hora después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5° durante 1 hora.



Figura 40. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas dos horas después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 41. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas tres horas después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 42. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas seis horas después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 43. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de Equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico en cercanías de una Pleamar.



Figura 44. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de Equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico en cercanías de una Bajamar.



Figura 45. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Invierno (temp. de Equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor máximo. Campo de temperaturas típico en cercanías de una Bajamar.



Figura 46. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico en cercanías de una Bajamar.



Figura 47. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea media. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor máximo. Campo de temperaturas típico en cercanías de una Bajamar.



Figura 48. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Invierno (temp. de equilibrio 12,2°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante el pico de pleamar de la Sudestada.



Figura 49. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Invierno. Temperatura de Equilibrio 12,2°C. Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante una marea astronómica 6 días después de una sudestada.



Figura 50. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico antes de la Sudestada y después de una descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora (primer bypass en 24 horas).



Figura 51. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico antes de la Sudestada y 12 horas después de una descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora (primer bypass en 24 horas).



Figura 52. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de Equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante la Sudestada (en su inicio) y después de una segunda descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora (segundo bypass en 24 horas).



Figura 53. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico antes del pico de la sudestada (en marea creciente) 5 horas después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 54. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Sudestada. Escenario de Verano (temp. de Equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante la Sudestada (marea creciente) 12 horas después de la descarga en bypass de turbina con Incremento de Temperatura 11,5°C durante 1 hora.



Figura 55. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C - Marea astronómica con Suddestada. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante el pico de pleamar de la Suddestada.



Figura 56. Descarga de agua con Incremento de Temperatura 7,5°C – Marea Astronómica. Escenario de Verano (temp. de equilibrio 23,5°C) y Coeficiente de Transferencia de calor mínimo. Campo de temperaturas típico durante una marea astronómica 6 días después de una Sudestada.

3.6 CONCLUSIONES

La descarga de la Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán (CTEB), con un salto térmico de 7,5 °C respecto del agua del Río de la Plata, genera un incremento de temperatura con un orden de magnitud de 4 °C en la zona interior del Puerto de La Plata (en cercanías de la Toma de Agua de YPF), que se estabiliza en el término de aproximadamente un mes. El incremento de la temperatura en esta zona fluctúa ligeramente según sean las condiciones meteorológicas y de marea, dado que el intercambio de volúmenes de agua a través del Canal de Acceso al Puerto La Plata es la principal fuente de dilución del sistema, con caudales máximos del orden de 150 a 200 m³/s (un orden de magnitud superior al caudal descargado por la Central).

El incremento de temperatura es ligeramente mayor en invierno que en verano, debido a que en verano los coeficientes típicos de transferencia de calor con la atmósfera se incrementan, pero las variaciones no son significativas ya que se encuentran en el orden de $\pm 5\%$. Es de esperar que para condiciones de mayor temperatura del agua del Río de la Plata, durante períodos de mayor insolación, el incremento de temperatura en el sistema interior del Puerto La Plata sea ligeramente menor al calculado para una condición de temperatura media del agua, pero sin que se altere el orden de magnitud obtenido.

Al forzar la Toma de Agua de YPF la presencia de un caudal permanente del orden de 0,55 m³/s que ingresa por el Canal de Entrada y Dock Central del Puerto la Plata, la misma absorbe continuamente el agua relativamente más caliente existente en la Zona de Giro Cuatro Bocas, promediando las fluctuaciones de temperatura que allí se producen. Por tal motivo, la zona de la Toma de Agua reacciona con mayor lentitud que el resto del área de estudio ante procesos que provoquen incrementos o disminuciones de la temperatura del agua en Cuatro Bocas, siendo entonces relativamente estable el incremento de temperatura en el agua absorbida.

En la zona más occidental del Río Santiago Oeste, cercana a la descarga del arroyo El Gato, el incremento de temperatura máximo es mayor (del orden de 6 °C), pero es fluctuante a lo largo de cada ciclo de marea debido al ingreso de agua a través del canal que lo comunica con el Río de la Plata, el cual si bien es relativamente pequeño (su caudal máximo es del orden de la mitad del caudal descargado por la Central), ejerce un efecto moderador de la temperatura por dilución.

4 ANÁLISIS DEL POTENCIAL IMPACTO ACÚSTICO

4.1 INTRODUCCIÓN

La presente Evaluación Ambiental del Potencial Impacto Acústico (EAIA) se ha desarrollado para la conversión a ciclo combinado de la CTEB y la realización de obras complementarias. Al respecto, se ha previsto la instalación de nuevos equipos que permitirán la utilización de la temperatura de los gases de salida de la chimenea para generar vapor, el cual será a su vez utilizado para la generación de energía. Por otro lado se considera la construcción de una obra de toma y un acueducto, para la captación y traslado del agua de refrigeración del ciclo combinado. En este sentido, será sujeto del presente análisis la evaluación de las actividades a realizarse durante la etapa constructiva y la etapa operativa del ciclo combinado, a fin de identificar las potenciales incidencias de las emisiones acústicas producto de dichas actividades.

El análisis se basa en la verificación del cumplimiento de la legislación local aplicable. La CTEB se encuentra instalada en jurisdicción provincial, la cual presenta normas que regulan límites máximos permisibles para la emisión sonora de fuentes móviles como para la inmisión dada por fuentes fijas de cualquier tipo. La provincia de Buenos Aires aprueba el método de medición y clasificación de ruidos molestos al vecindario fijados por la Norma del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales IRAM N° 4.062/84, con la Resolución N° 159/1996, y su modificatoria N° 4.062/2001, con la Resolución N° 94/2002. Asimismo, mediante esta última resolución, se recomienda a todos los Municipios competentes del Estado Provincial a adoptar dicha revisión y aquellas que se efectúen en lo sucesivo.

En base a la Norma IRAM, un ruido puede provocar molestias siempre que su nivel exceda en un cierto margen al ruido de fondo preexistente en el área; o bien, cuando el mismo alcance un valor máximo establecido.

Las zonas consideradas para el análisis se encuentran determinadas por aquellas que poseen receptores y que se encuentran en un radio tal que el ruido emitido durante la ejecución de las actividades sujeto de análisis podrían potencialmente generar ruidos molestos a dicha población.

En este caso, la evaluación del impacto acústico se realizó comparando el nivel sonoro de inmisión que resulta de las fuentes de emisión, considerando como tal al estimado de acuerdo a las maquinarias a ser utilizadas, con el nivel de ruido de fondo preexistente en la zona, para los períodos de trabajo en los que se realizarán dichas actividades.

Se calculó entonces la propagación sonora del ruido generado por dichas tareas, determinando los niveles de inmisión sonora en el área de influencia del proyecto. Finalmente, estos niveles de inmisión fueron comparados con los valores de ruido medidos y con aquellos ruidos de fondo según la zona, definidos en base a la metodología establecida por la Norma IRAM N° 4.062/2001, según correspondiera.

4.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Como se ha mencionado, la evaluación se realiza en base a la metodología especificada por la norma IRAM N° 4.062/2001 que establece las pautas para determinar la potencialidad de la generación de Ruidos Molestos al Vecindario. Esta norma define que un ruido puede provocar molestias siempre que su nivel exceda en un cierto margen al ruido de fondo preexistente, o cuando el mismo alcance un valor preestablecido.

Para la implementación de esta metodología de análisis se debe calcular el nivel de ruido de fondo de una determinada zona (L_C) o bien realizar mediciones in situ del mismo, y luego definir el nivel de inmisión que esa zona recibirá producto de la nueva fuente de ruido que se está evaluando (L_E).

Si la diferencia entre el nivel de inmisión sonora y el nivel de ruido de fondo supera los 8 dB(A), entonces el ruido se caracteriza como molesto. En caso de no superar los 8 dB(A), se caracteriza como no molesto.

$$L_E - L_C > 8 \quad \text{ruido molesto}$$

$$L_E - L_C < 8 \quad \text{ruido no molesto}$$

Como se puede observar en el resumen esquemático que se presenta a continuación, el análisis se realiza considerando el nivel de ruido de fondo y el nivel de inmisión sonora calculada para una determinada zona y período horario.

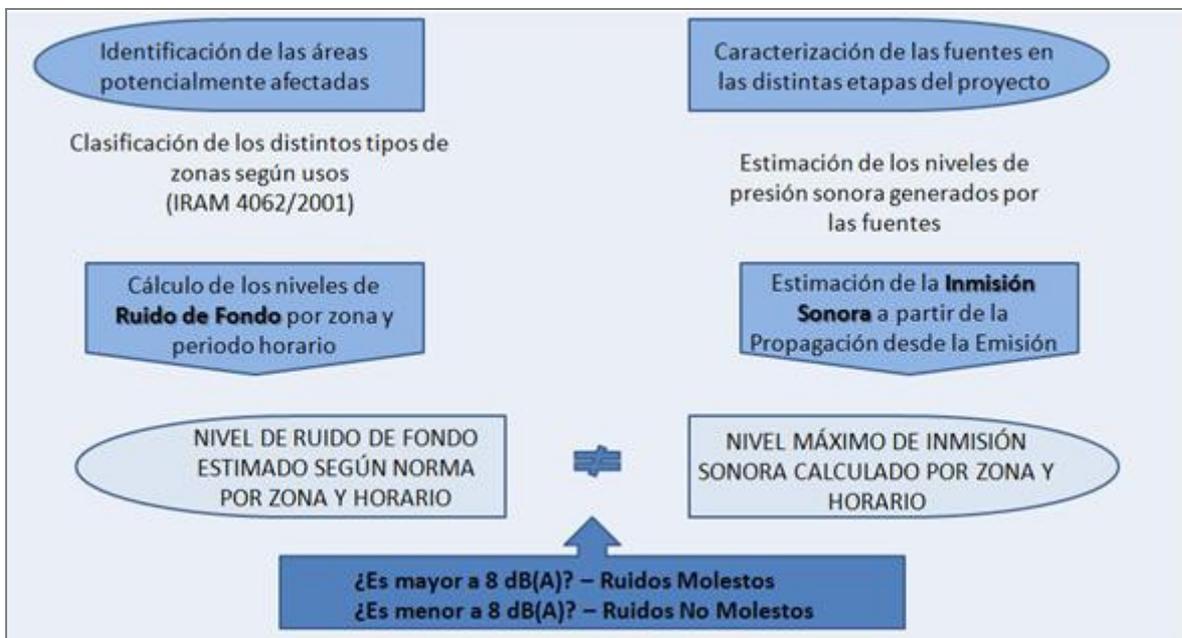


Figura 57. Pasos a seguir en la evaluación del potencial impacto acústico.

De este modo, la evaluación se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Determinación del ruido de fondo para cada zona considerada.
2. Determinación del nivel de inmisión sonora en función del nivel de emisión sonora esperada para cada actividad considerada.

3. Comparación del ruido de fondo con el nivel de inmisión sonora calculado.
4. Determinación del nivel de superación o cumplimiento de la norma.

Para la **determinación del ruido de fondo** (Norma IRAM N° 4062/2001, Punto 6) la norma establece que se deben llevar adelante dos metodologías. Por un lado calcular el mismo (L_C) en función de un nivel base de 40 dBA y la aplicación de factores de corrección por zona y período horario considerado. Por otro se deben realizar mediciones en campo del ruido presente en el área a ser evaluada (L_F). Cuando L_F no pueda ser medido o cuando el mismo supere al valor calculado (L_C) se utilizará este último.

Al respecto, en el presente estudio se han llevado a cabo ambos procedimientos en las zonas identificadas como potenciales receptores y para los períodos horarios que abarcaría el horario de trabajo durante las etapas en evaluación.

En cuanto a la **determinación del nivel de inmisión sonora**, el mismo se calculó a partir de datos estimados de emisión de ruido para los equipos considerados en la obra en base a bibliografía consultada. Para la evaluación del potencial impacto acústico se consideró la operación de todos los equipos en conjunto en una misma zona de trabajo, la cual se irá desplazando a lo largo de todo el sector afectado a la realización de dicha tarea sin considerar dos frentes de trabajo simultáneo. Es decir, se consideró una única fuente de emisión puntual que se trasladará a medida que avance la obra.

La **comparación del ruido de fondo con el nivel de inmisión sonora calculado** se realizó particularmente para los receptores correspondientes a la zona identificada en el área de influencia de las actividades y para todos los períodos horarios considerados, para todas las actividades mencionadas. Finalmente, en base a esta comparación se determinó el nivel de cumplimiento de la normativa o bien de superación del nivel máximo admitido por la misma para el caso en evaluación.

4.3 DETERMINACIÓN DEL RUIDO DE FONDO

Para la obtención del ruido de fondo, la Norma IRAM N° 4.062/2001 propone dos metodologías: la determinación mediante el cálculo según la Norma y la medición del ruido de fondo.

La determinación de ambos niveles contemplará el impacto del ruido de acuerdo al tipo de zona y período horario. En principio se han identificado las zonas definidas por la Norma IRAM N° 4062/2001 presentes en el área de influencia, en función de la descripción de Usos del Suelo realizada en la descripción del medio antrópico que se presenta en la Línea de Base Ambiental del EIA realizado para la construcción y operación de la CTEB a Ciclo Abierto (Serman & asociados SA, 2009).

La zona de estudio cuenta con normativas asociadas al ordenamiento territorial (ordenanzas N° 977/83 y N° 2479/00), que regulan los usos del suelo clasificándolos en diferentes categorías.

Del mismo modo, la norma IRAM N° 4.062/2001 establece que para la asignación de un nivel de ruido de fondo a un área, ésta debe ser clasificada dentro de los ítems que se presentaron en la Tabla 22.

Tabla 22. Zonas definidas por la Norma IRAM 4062/01.

Zona	Tipo
Hospitalaria, rural, (residencial).	1
Suburbana con poco tránsito.	2
Urbana (residencial).	3
Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales ¹	4
Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	5
Predominantemente industrial con pocas viviendas.	6

¹ Según la Norma una zona residencial urbana con industria liviana que trabaje sólo durante el día es de tipo 3.

No obstante, los ítems que establece la norma IRAM no se corresponden con las categorías de las normativas de Ensenada, es por ello que debieron agruparse y adaptarse diferentes zonas, dentro de los ítems establecidos a los fines de definir el ruido de fondo característico de cada zona (Figura 58), obteniéndose:

- Zonas Tipo 1. Hospitalaria Rural (Residencial)
- Zonas Tipo 2. Suburbana con poco tránsito
- Zonas Tipo 4. Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales
- Zonas Tipo 5. Centro Comercial Industrial Intermedio entre 4 y 6.
- Zonas Tipo 6. Predominantemente industrial con pocas viviendas.

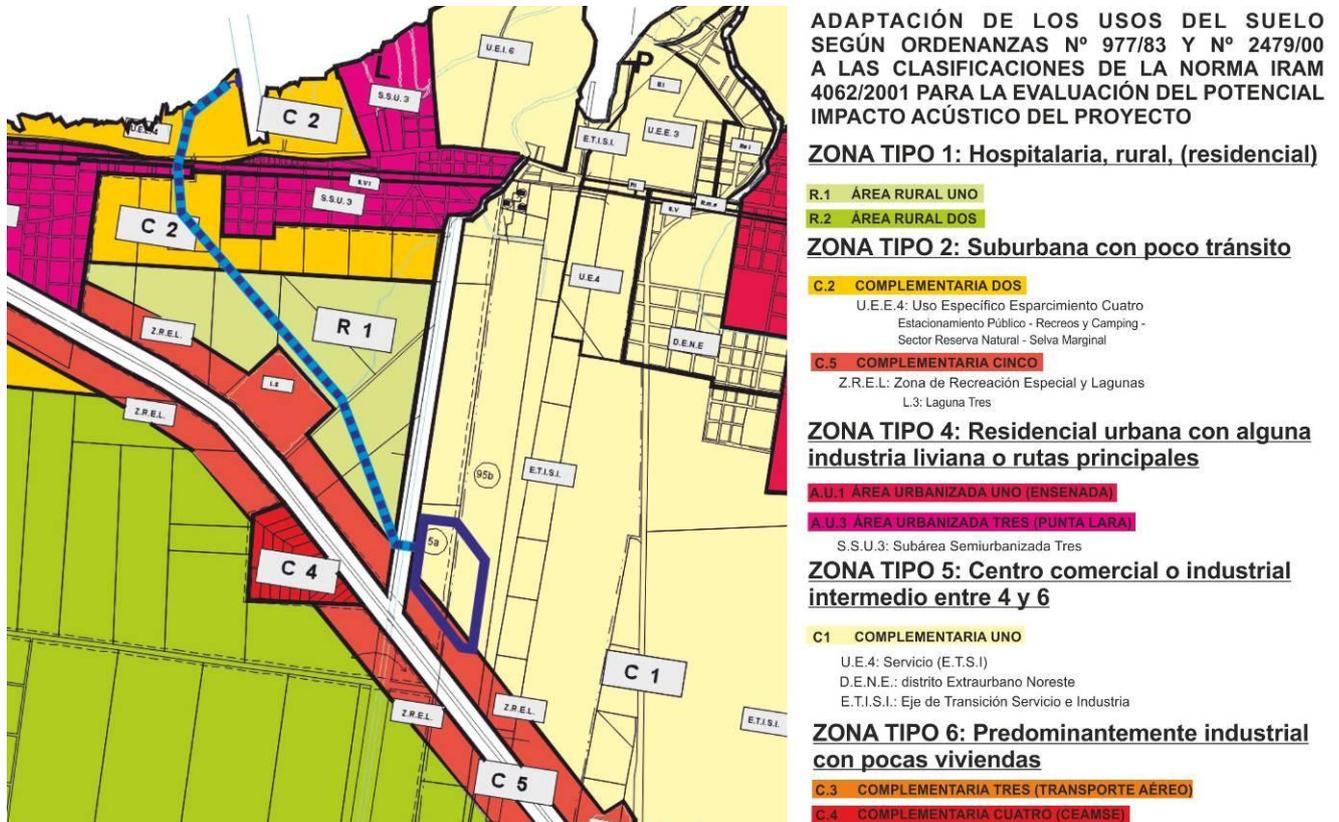


Figura 58. Clasificación de los Usos del Suelo según la Norma IRAM N° 4.062/2001.

Al respecto resulta importante mencionar que la Zona Tipo 5 si bien es considerada por la legislación como complementaria Tipo 1 en donde se puede registrar cierta actividad industrial, en la actualidad, salvo por la presencia del Planta Industrial de Siderar, presenta usos predominantemente rurales.

Dado que, tal como se mencionará más adelante, no se cuenta con las diferentes metodologías constructivas para la incorporación de equipos e infraestructuras dentro del predio, el acueducto y la obra de toma, se considerará toda la zona de trabajo como emisora de un ruido similar, por lo que las distancias mínimas en las cuales se encontrarán los receptores para cada uno de los usos seleccionados consideradas fueron:

Tabla 23. Distancias mínimas al límite de la zona de trabajo de los distintos tipos de usos identificados en el área.

Tipo de Uso	Distancia mínima al límite de la zona de trabajo.	Observaciones
Zona Tipo 1	1 m	La traza del acueducto atravesará dicha zona, por lo que se considera que en la peor situación podrá encontrarse un receptor a dicha distancia.
Zona Tipo 2	1 m	Idem Zona Tipo 1.
Zona Tipo 4	105 m	Distancia al Barrio 8a.
Zona Tipo 5	100 m	Si bien la central se encontraría emplazada sobre esta zona, el receptor más cercano a la misma es una industria cercana al predio.
Zona Tipo 6	700 m	Distancia mínima considerada desde el predio de la Central.

4.3.1 Nivel calculado

La determinación del Nivel Calculado (L_C) se obtiene a partir de un nivel básico (L_b) y una serie de términos de corrección. La norma IRAM utiliza el valor básico de 40 dB(A) al cual se le suman los siguientes términos de corrección según corresponda.

$$L_C = L_b + K_z + K_u + K_h$$

Donde:

K_z : término de corrección por zona que se aplica según la Tabla 24;

K_u : término de corrección por ubicación en la finca que se aplica según la Tabla 25; y

K_h : término de corrección por horario que se aplica según la Tabla 26.

Tabla 24. Término de corrección por zona según la Norma IRAM 4062/2001.

Zona	Tipo	Término de corrección K_z dB(A)
Hospitalaria, rural, (residencial).	1	- 5
Suburbana con poco tránsito	2	0
Urbana (residencial).	3	5
Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales ¹	4	10
Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	5	15
Predominantemente industrial con pocas viviendas.	6	20

¹ Según la Norma una zona residencial urbana con industria liviana que trabaje sólo durante el día es de tipo 3.

Tabla 25. Término de corrección por ubicación en la finca según la Norma IRAM N° 4.062/2001

Ubicación en la Finca	Término de corrección K_u dB(A)
Interiores: locales linderos con la vía pública.	0
Locales no linderos con la vía pública.	- 5
Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública. Por ejemplo: jardines, terrazas, patios, etc.	5

Tabla 26. Término de corrección por período horario según la Norma IRAM 4062/2001.

Período	Término de corrección K_h dB(A)
Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
Días hábiles: de 6 a 8 hs; de 20 a 22 hs.	0
Días feriados: de 6 a 22 hs.	
Noches: de 22 a 6 hs.	- 5

La norma especifica que si el ruido ocurre en más de uno de los periodos considerados, tales periodos se considerarán separadamente.

Respecto a la ubicación relativa del potencial receptor, se considerará para todos los casos de análisis, su localización en exteriores, es decir, en áreas descubiertas no linderas con la vía pública, de acuerdo a las características del área.

En cuanto al período horario, se considera para la etapa constructiva los períodos horarios diurno y descanso, en los cuales se verán involucradas las actividades durante la misma, y todos los períodos para la operativa ya que la Planta funcionará también para ciclo combinado las 24 horas del día (4 turnos de 6 horas cada uno).

Así, una vez definidas las zonas potenciales receptoras de los ruidos a emitirse por dichas actividades y los períodos asociados se procede a determinar el nivel calculado de ruido de fondo que corresponde a cada una de las etapas en evaluación. En este sentido, en las tablas que se exhiben a continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para las zonas definidas, durante los períodos seleccionados.

No obstante, es importante mencionar que la metodología de cálculo del nivel de ruido de fondo definido por la norma establece valores teóricos de ruido para una limitada cantidad de condiciones (tipo de zona, ubicación del receptor y período horario), pudiendo no verse representada la situación específica de las zonas de estudio. De esta forma debe tenerse en cuenta que estos valores son muy conservadores siendo en general el ruido de fondo superior al calculado según la norma, tal como se observará a continuación cuando se presenten los valores medidos.

4.3.1.1 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 1

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Rural durante el período diurno (Tabla 27), el período intermedio (Tabla 28), y el período nocturno (Tabla 29).

Tabla 27. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	-5
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	45

Tabla 28. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	40

Tabla 29. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Rural en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 1: Rural.	-5
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
L_c total	-	35

4.3.1.2 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 2

Se presentan aquí los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Suburbana con poco tránsito durante el período diurno (Tabla 30), el período intermedio (Tabla 31), y el período nocturno (Tabla 32).

Tabla 30. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
L_c total	-	50

Tabla 31. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
L_c total	-	45

Tabla 32. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Suburbana con poco tránsito en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el Caso de Estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 2: Suburbana con poco tránsito.	0
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	40

4.3.1.3 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 4

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales durante el período diurno (Tabla 33), el período intermedio (Tabla 34), y el período nocturno (Tabla 35).

Tabla 33. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	60

Tabla 34. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	55

Tabla 35. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 4: Residencial urbana con alguna industria liviana o rutas principales.	10
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	50

4.3.1.4 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 5

A continuación se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Centro comercial o industrial intermedio durante el período diurno (Tabla 36), el período intermedio (Tabla 37), y el período nocturno (Tabla 38).

Tabla 36. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Centro comercial o industrial en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 5: Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	15
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	65

Tabla 37. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Centro comercial o industrial en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 5: Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	15
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	60

Tabla 38. Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Centro comercial o industrial en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 5: Centro comercial o industrial intermedio entre los tipos 4 y 6.	15
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	55

4.3.1.5 Ruido de fondo calculado para la zona Tipo 6

Seguidamente se presentan los cálculos de los niveles de ruido de fondo para la Zona Industrial durante el período diurno (Tabla 39), el período intermedio (Tabla 40), y el período nocturno (Tabla 41).

Tabla 39: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período diurno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 8 a 20 hs.	5
$L_c \text{ total}$	-	70

Tabla 40: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período intermedio.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente Industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Días hábiles: de 6 a 8 y de 20 a 22 hs. Días feriados: de 6 a 22 hs.	0
$L_c \text{ total}$	-	65

Tabla 41: Nivel de ruido de fondo calculado L_c para la Zona Industrial en el período nocturno.

Término de corrección	Especificación para el caso de estudio	Término de corrección dB(A)
L_b	El nivel de base establecido por la Norma.	40
K_z	Zona Tipo 6: predominantemente Industrial con pocas viviendas.	20
K_u	Exteriores: áreas descubiertas no linderas con la vía pública.	5
K_h	Noche: de 22 a 6 hs.	-5
$L_c \text{ total}$	-	60

4.3.2 Nivel medido (L_F)

En oportunidad de realización del Estudio de Impacto Ambiental para la operación a Ciclo Abierto de la Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán (Serman & asociados SA, 2009), no se realizaron mediciones, sino que se optó por utilizar los niveles calculados de ruido de fondo mediante la metodología correspondiente a la Norma IRAM N° 4.062/2001. Luego de la presentación de dicho EIA, se obtuvo el correspondiente Certificado de Aptitud Ambiental (CAA), acompañado por la Disposición N° 5.189/09. En la misma se estableció la necesidad de efectuar los muestreos “en los puntos donde se determinó el ruido de fondo”.

Por otra parte, es menester aclarar en este punto que las mediciones llevadas a cabo en el periodo de construcción de la Central, difirieron del plan originalmente propuesto, siguiendo diferentes esquemas. En principio (julio 2011), se determinaron los niveles de ruido emitidos por las actividades de construcción en una serie de sitios dentro y fuera del predio de la Central. Posteriormente, durante el último trimestre del 2011, se llevaron a cabo mediciones con periodicidad mensual en todo el entorno del predio en un total de 40 puntos.

Si bien el planteo de estas mediciones no se ajustó a lo requerido, los resultados de las mismas son útiles y serán tenidos en cuenta más adelante en el desarrollo del presente análisis.

También serán consideradas de la misma forma, aquellas mediciones realizadas en oportunidad de la renovación del CAA. En ese caso, las mediciones se determinaron según lo establecido en el EIA, y de acuerdo a lo requerido por la Autoridad de Aplicación, en los puntos considerados como distancias mínimas donde se produce la afectación por ruido molesto. Esta distancia ha sido calculada desde la ubicación del predio de la Central hasta el receptor más cercano para cada uno de los usos definidos.

A continuación se presenta la metodología utilizada y los resultados obtenidos en dichas oportunidades, y aquellos llevados a cabo a los efectos de la realización del presente informe. Los valores de ruido de fondo considerados serán los últimos mencionados, para los casos en los que se poseen datos, y los correspondientes a la renovación del CAA, en los casos en que no los hubiere.

4.3.2.1 Antecedentes

Desde el comienzo de las tareas de construcción de la CTEB se realizaron cuatro campañas de medición de ruidos en julio, octubre, noviembre y diciembre de 2001, respectivamente.

Si bien los informes mencionan que la metodología aplicada se ajusta a lo establecido por la Norma N° IRAM 4.062/01, los puntos de medición, para las campañas del último trimestre de 2011, fueron considerados en el perímetro del predio (Figura 59) y no a las distancias definidas en el EIA que dio lugar al CAA. Con relación al estudio realizado en julio de 2011, no se posee un mapa con la ubicación de los puntos definidos por lo que se descartará para el presente análisis.

De los informes mencionados pudo observarse que los valores en las inmediaciones de la Central fluctuaron entre 48 y 64 dB(A), 49 y 62 dB(A) y 48 y 61 dB(A), respectivamente para las mediciones efectuadas en octubre, noviembre y diciembre.

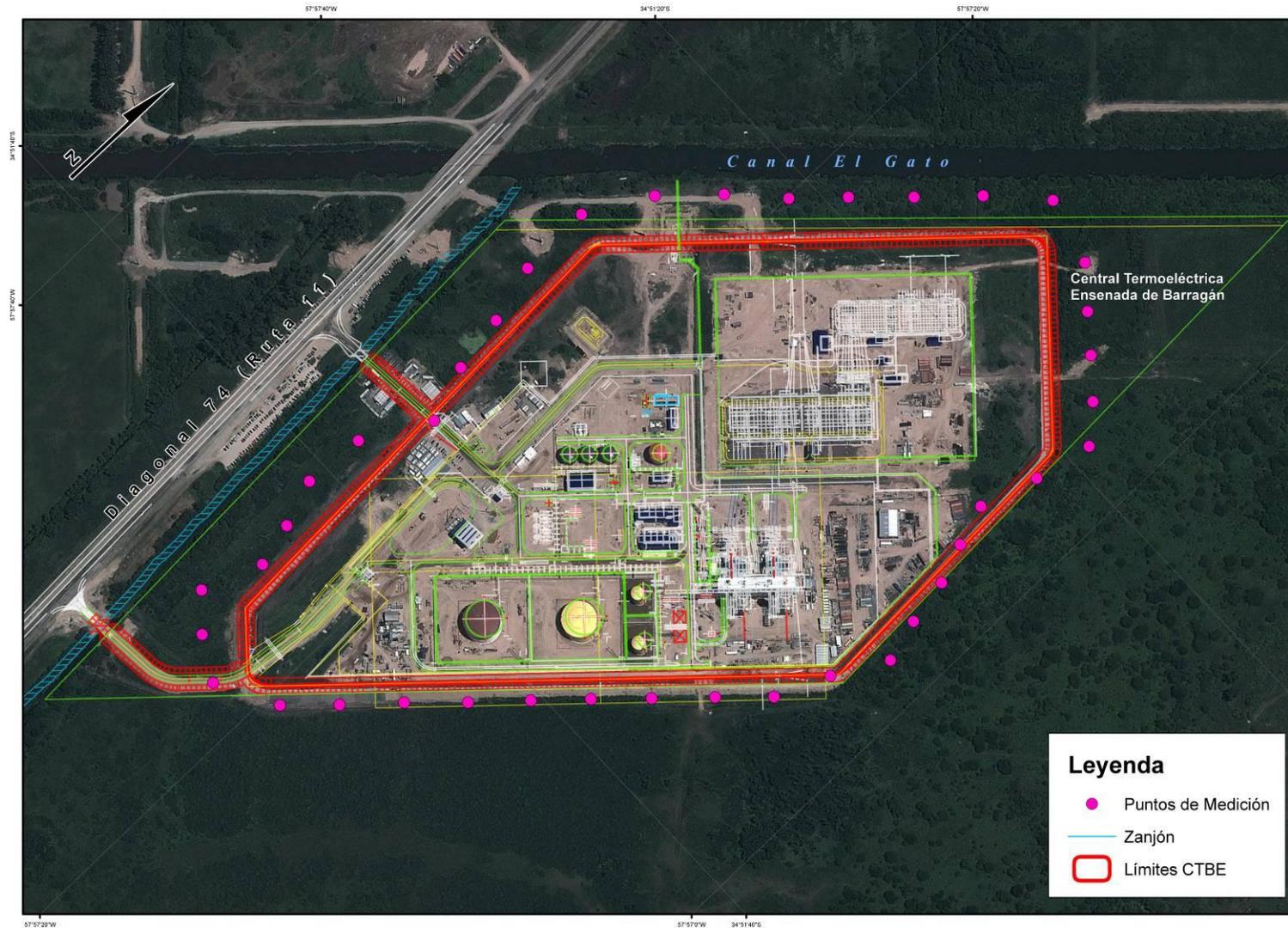


Figura 59. Mapa con ubicación estimada de puntos de medición. Fuente: Elaboración propia en base a Informes de Ruido Perimetral, Oct – Nov – Dic 2011. La imagen satelital y el lay out representan un esquema de las condiciones del predio en dicha oportunidad, difiriendo éstas del proyecto en evaluación.

4.3.2.2 Renovación CAA

Tal como fue mencionado anteriormente, durante la Auditoría Ambiental para la renovación del CAA, se realizó una medición, considerando las solicitudes de la Autoridad de Aplicación y el EIA anteriormente presentado.

De esta forma, y en función de las condiciones de accesibilidad determinadas en campo, se han definido cinco puntos de medición:

- **Punto 1 (P1):** Zona **Tipo 1**, se respetó una distancia de 250 m.
- **Punto 2 (P2):** Zona **Tipo 2**, lindera al límite del predio de la Central a una distancia de 40 m.
- **Punto 3 (P3):** Zona **Tipo 4**, en el EIA se ha considerado una distancia mínima de 1.700 metros. Los sitios residenciales más cercanos bajo esta zonificación en forma accesible se encuentran a 2.500 m de la planta.
- **Punto 4 (P4):** Zona **Tipo 5**, si bien la central se encontraría emplazada sobre esta zona, el receptor más cercano a la misma es una industria que se encuentra a aproximadamente 700 metros del predio. En la evaluación de impacto acústico se consideró una distancia menor (100m) situación que no se verificó en campo.
- **Punto 5 (P5):** Zona **Tipo 6**, se ha medido a una distancia de 700 metros (CEAMSE)

La determinación se realizó para los tres períodos de evaluación (diurno, descanso y nocturno), y los resultados se procesaron de acuerdo a la metodología presentada por la Norma IRAM N° 4062/2001, habiéndose obtenido:

Tabla 42: Nivel de ruido de fondo obtenido para todos los períodos y en todos los puntos de medición seleccionados.

Puntos	Horario de Referencia		
	Diurno	Descanso	Nocturno
Zona Tipo 1	55,6	45,8	44,8
Zona Tipo 2	61,3	62,2	57,8
Zona Tipo 4	73,0	70,9	62,4
Zona Tipo 5	58,0	59,4	55,2
Zona Tipo 6	67,2	64,5	63,2



Figura 60.
Sitios de medición de ruidos de fondo entorno a la CTEB – Renovación CAA (Marzo 2012).

4.3.2.3 Campaña presente

En esta oportunidad, se determinaron los puntos de manera de actualizar aquellos medidos en la campaña anterior. De esta forma, se seleccionaron tres puntos, repitiendo las muestras para las Zonas Tipo 1 y 2, dado que al ser las más sensibles, merecen especial atención, y adicionando un punto para la Zona Tipo 4, a los fines de incluir un uso residencial que no hubiera sido analizado anteriormente. Las mediciones comprendieron los tres períodos horarios y se realizaron el día 27 de agosto de 2012.

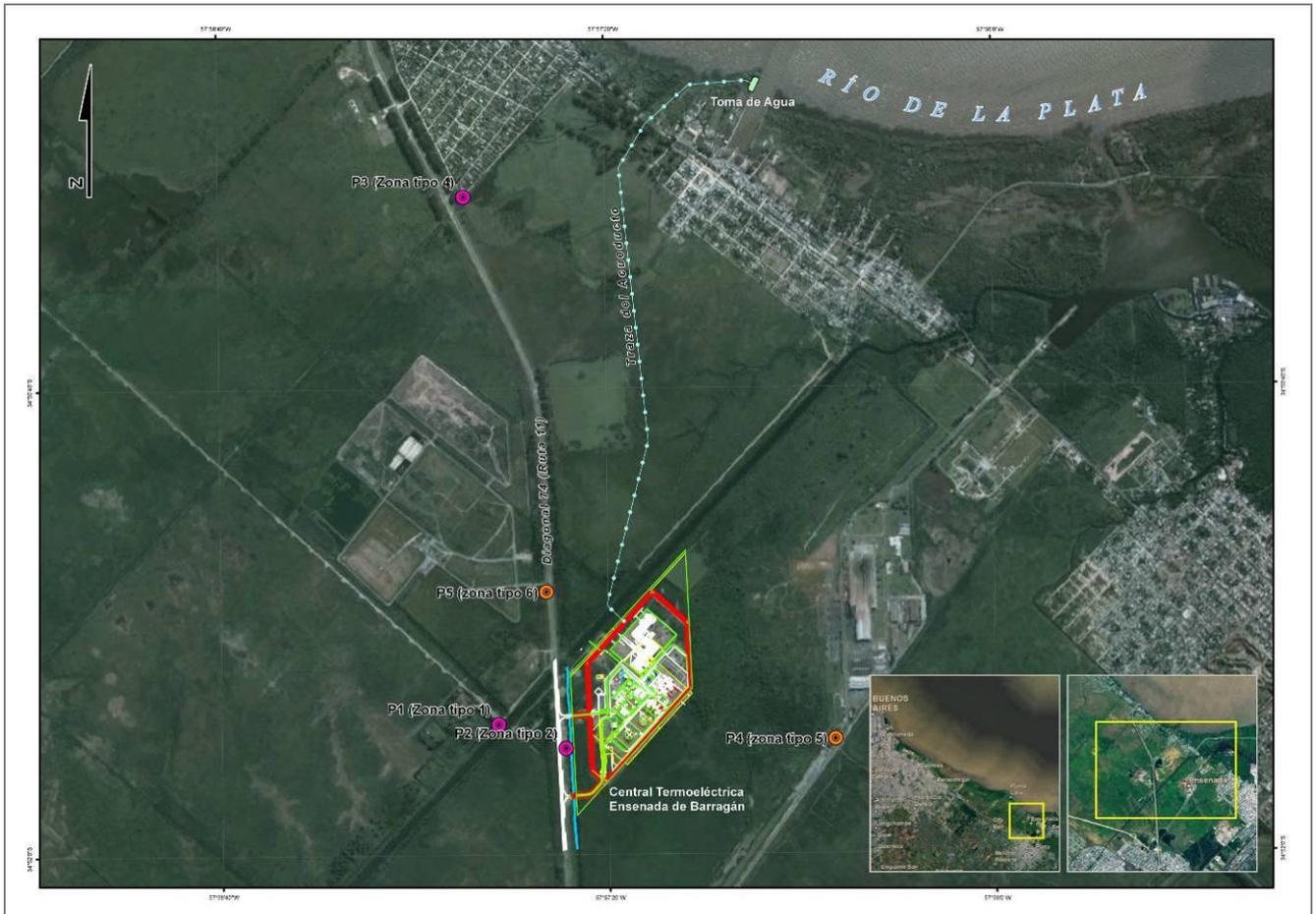


Figura 61. Puntos de medición de ruidos. También se indican en color naranja aquellos puntos medidos en oportunidad de la renovación del CAA, que serán evaluados en ese informe.

Dichas mediciones fueron realizadas con un decibelímetro marca Hepta-Instruments modelo HDT-18852 (DT-8852) Clase 2 que cumple con la norma IEC N° 61.672-1 para medidores de nivel sonoro.

Antes de cada medición se verificó el correcto funcionamiento del equipamiento utilizado con un calibrador acústico marca Hepta-Instruments modelo SC-05 Clase 2 que cumple con la norma IEC N° 60.942.

Las mediciones se realizaron en todos los casos midiendo el nivel de presión sonora compensado según la curva "A", expresado en dB(A), medido con la respuesta S (slow/lenta) del medidor de nivel sonoro.

La duración de las mediciones buscó englobar un período típico de la aparición del ruido en estudio. En este sentido, y en función de lo que establece la norma IRAM N° 4062/01, para el horario de referencia diurno la medición se extendió por 60 minutos, en horario de descanso la medición se extendió por 30 minutos y para período nocturno, durante 15 minutos.



Figura 62. Medición de ruidos durante el período diurno y nocturno.

El intervalo de medición en todos los casos se estableció en 3 segundos.

El cálculo del nivel sonoro continuo equivalente compensado según la curva A (L_{Aeq}) se puede determinar en forma práctica según la fórmula siguiente:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_i^n t_i 10^{L_i/10}$$

Donde:

L_i : nivel sonoro, presente durante el intervalo de medición t_i , en decibeles compensados A.

$T = \sum t_i$: el tiempo total de medición, en minutos.

En base a la fórmula anterior, se calcularon los niveles de ruido expresados en L_{Aeq} para cada punto y período, definiéndose de esta forma los niveles medidos L_F , tal como se presenta a continuación:

Tabla 43: Nivel de ruido de fondo obtenido para todos los períodos y en todos los puntos de medición seleccionados.

Punto de medición	Período diurno	Período de descanso	Período nocturno
Zona Tipo 1	59,1	55,3	(*)
Zona Tipo 2	63,0	62,2	59,0
Zona Tipo 4	55,0	54,6	54,2

(*) Medición no efectuada.

Vale aclarar en este punto que la medición del punto ubicado en la Zona Tipo 1, para el período nocturno, no pudo realizarse debido a que no se encontraban dadas las condiciones de seguridad para el personal encargado de la realización de la misma, por lo cual se tomará el valor correspondiente al mismo período y mismo punto realizado durante la campaña anterior.

4.3.3 Nivel de evaluación (L_E)

Es importante mencionar que la norma establece que cuando el ruido de fondo (L_F) no haya sido medido o cuando L_F sea mayor que el nivel calculado (L_C), se utilizará L_C para la evaluación del potencial impacto acústico de las obras sobre el vecindario, considerando para el análisis la hipótesis de trabajo más conservativa.

De esta forma, a continuación se realiza la comparación de los valores obtenidos tanto para L_F como para L_C , y la correspondiente determinación del ruido de fondo para cada punto, durante cada uno de los períodos analizados.

Tabla 44: Niveles de L_{Aeq} para cada punto de medición, en cada período horario considerado.

Punto	Periodo	L_C	L_F	L_{Aeq}
Zona Tipo 1	Diurno	45,0	59,1	45,0
	Descanso	40,0	55,3	40,0
	Nocturno	35,0	44,8	35,0
Zona Tipo 2	Diurno	50,0	63,0	50,0
	Descanso	45,0	62,2	45,0
	Nocturno	40,0	59,0	40,0
Zona Tipo 4	Diurno	60,0	55,0	55,0
	Descanso	55,0	54,6	54,6
	Nocturno	50,0	54,2	50,0
Zona Tipo 5	Diurno	65,0	58,0	58,0
	Descanso	60,0	59,4	59,4
	Nocturno	55,0	55,2	55,0
Zona Tipo 6	Diurno	70,0	67,2	67,2
	Descanso	65,0	64,5	64,5
	Nocturno	60,0	63,2	60,0

El Nivel de Evaluación se determina para cada horario de medición, el mismo se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$L_E = L_{Aeq} + K$$

Siendo:

L_E : el nivel sonoro continuo equivalente corregido por sus características tonales e impulsivas para el horario de medición, en dB compensados A;

L_{Aeq} : el nivel sonoro continuo equivalente para el horario de referencia t_i , en dB compensados A;

K : término de corrección por carácter tonal y/o impulsivo, en dB compensados A.

La normativa define que en caso que se perciba por lo menos un tono individual que sobresale claramente en el ruido a ser evaluado, se debe proceder a una verificación. A tal fin debe efectuar un análisis espectral del ruido por bandas de tercios de octava. Cuando en una banda, el nivel de presión sonora supera al menos en 5 dB al nivel de presión sonora en ambas bandas adyacentes, se confirma la presencia de componentes tonales del ruido. En este caso al término de corrección K se le asigna un valor de 5 dBA.

Asimismo, la normativa define que en caso que se perciban componentes impulsivas o de impactos repetitivos y/o reiterados (golpes, martillazos, etc.) en el ruido, se debe proceder a una verificación. Para ello se debe efectuar la medición del nivel máximo de ruido, la constante de tiempo "S" (lenta) y la constante de tiempo "I" (impulsiva). Cuando la diferencia entre los valores máximos de las dos mediciones mencionadas sea superior a los 5 dBA, se confirma la presencia de componentes impulsivos en el ruido y, en ese caso, al término de corrección K se le asigna un valor de 5 dBA.

Cabe destacar que el ruido a ser evaluado en el presente informe no presentaba tonos individuales que sobresalieran o componentes impulsivas, motivo por el cual no se aplica corrección (K) por carácter tonal/impulsivo, resultando entonces $L_E = L_{Aeq}$, para cada sitio y período monitoreado.

4.4 DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN Y CÁLCULO DE LA INMISIÓN

4.4.1 Niveles de emisión

Con la finalidad de establecer el nivel de inmisión sonora que se tendrá a partir de la ejecución de las actividades, se procede a calcular la propagación sonora desde la fuente hasta el punto receptor. Esto se realiza a partir del nivel de emisión esperable como consecuencia de la realización de los trabajos.

De esta forma, se ha diferenciado la etapa de construcción, en la cual operarán las maquinarias de obra, y la etapa de operación, considerando el funcionamiento de los equipos en ciclo combinado.

Debido a que no se han suministrado datos de emisión de ruido esperable para ninguna etapa del proyecto, en función del tipo de trabajos a realizarse, pero se poseen datos bibliográficos de maquinarias para proyectos similares, se ha estimado el nivel de emisión de cada una de estas fuentes mediante datos obtenidos a partir de catálogos de equipos similares.

En este sentido, se considera que las fuentes no actuarán por separado, sino todas conjuntamente en el mismo sitio de obra, lo cual lógicamente incrementa el nivel de presión sonora emitido, respecto a cada máquina individualmente, la cual se irá desplazando a lo largo de cada área de trabajo, sin considerar dos frentes de trabajo simultáneo. Es decir, se consideró una única fuente de emisión puntual que se trasladará a medida que avance la obra.

Al tratarse de una escala logarítmica, ese incremento es estimado en el presente análisis considerando la simultaneidad de trabajo mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$NPS = 10 * \log \left(10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + 10^{\frac{LN}{10}} \right)$$

Donde:

NPS: Nivel de presión sonora (o ruido);

L₁, L₂...L_N: Nivel de cada fuente en decibeles.

4.4.1.1 Etapa de construcción

Durante esta etapa se llevarán a cabo las actividades de obra correspondientes a la construcción / instalación de equipos dentro de la Central, inherentes al cambio a ciclo combinado, la construcción de la obra de toma y la construcción del acueducto. Si bien no se cuenta con la descripción de las acciones relativas a estas actividades, se consideran para el análisis el movimiento de tierra, la compactación del terreno, la construcción de fundaciones y el montaje de instalaciones y equipos.

Cabe aclarar en este punto, que las actividades de obra de toma y construcción del acueducto se llevarán a cabo por menos tiempo que aquellas a ser realizadas dentro del predio de la CTEB. Por su parte, si bien no se cuenta con su metodología constructiva, el acueducto irá avanzando en un frente de obra a medida que vaya concluyendo sus actividades por sectores, por lo cual no presentará emisiones de ruidos a lo largo de todo el período constructivo en un mismo lugar y simultáneamente.

Tal como fue mencionado anteriormente, no se posee el listado definitivo de maquinarias a utilizar, pero sí se poseen datos bibliográficos para obras similares, en las cuales se considera la utilización de retroexcavadoras, camiones mixer, grúas, cargadores, entre otros. Cabe aclarar igualmente, que si bien no se considerará la lista definitiva de maquinarias a emplear, se evaluará la condición de todas las maquinas funcionando en simultáneo, en todos los puntos de la obra, es decir, a lo largo de todo el perímetro (puntos exteriores más cercanos a las zonas en evaluación). En este contexto, la evaluación será la más desfavorable, definiendo, de acuerdo a la experiencia, valores de obra aun mayores a los que se obtendrán en la realidad. De esta forma se permitirá establecer las medidas de mitigación y reducción de impactos que contengan a la situación real.

De acuerdo a lo mencionado, con relación a los datos presentados en la Tabla 45, y en base a la metodología de cálculo descripta anteriormente, se ha obtenido para la etapa de construcción un nivel de emisión de **120 dB(A)**.

Tabla 45. Maquinaria utilizada en las actividades de construcción.

Nombre de la Fuente	Nivel de ruido a 10m dB(A)	Potencia sonora Lw dB(A)	Cantidad
Camiones	82,3	110,3	5
Cargador Frontal	82,3	110,3	2
Motoniveladora	80,0	108,0	1
Bulldozer	82,2	110,2	1
Dumper	82,3	110,3	1
Retroexcavadora	82,6	110,6	1
Grúas	80,5	108,5	1

Fuente: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) del Proyecto Central Termoeléctrica Castilla. Chile. ARCADIS Geotécnica.

Al respecto, cabe mencionar además que en base a información antecedente, el ruido generado en obradores durante la etapa de construcción de obras de similares características, en general se encuentra en el rango de entre 90 a 100 dB(A), no obstante, para el análisis se ha considerado un mayor valor de este rango debido a la incertidumbre respecto de los reales niveles sonoros que se producirán. Si bien en este caso se prevé que las tareas se lleven a cabo exclusivamente en los perímetros de obra analizados, se incluirá dentro de las conclusiones la observación de las distancias mínimas que deberá cumplir un obrador, en caso de querer instalarse fuera del área en análisis.

4.4.1.2 Etapa de operación

Con relación a la operación a ciclo combinado, la empresa proveedora de los equipos (Siemens), definió en su propuesta que el nivel acústico promedio garantizado en el marco de emisiones de ruido, para la turbina de vapor, para cada caldera de recuperación de calor y sus auxiliares sería de 85 dB (A), o menos, en un medio libre de ruido, cuando se mide en las proximidades del cerramiento acústico de la fuente de emisión del ruido, con todos los equipos trabajando en un estado estacionario a condiciones de carga base durante la operación a ciclo combinado, tanto bajo la utilización de gas natural como de combustible líquido, excluyendo operaciones de limpieza de filtro, transitorios, operación de bypass, venteos atmosféricos, arranques, paradas o cualquier otra operación fuera de lo normal y/o situaciones de emergencia, usando los procedimientos de test acústicos y los métodos de medida preparados por Siemens basados en sus procedimientos de test acústicos.

Este dato es similar al aportado por dicha Empresa al momento de proveer los equipos correspondientes a la operación en ciclo abierto. Al respecto, la ampliación de la Central no supondrá la incorporación de toda una nueva unidad industrial, sino de los equipos mencionados. En este sentido, y considerando que la Central se encuentra actualmente en operación, sin ningún registro de queja por ruidos por parte de los receptores más cercanos, por un lado, y que los niveles garantizados para la etapa actualmente en funcionamiento fueron respetados, se determina que la ampliación no producirá una modificación sustancial del nivel de ruido presente actualmente.

Dado que se han realizado las mediciones y cálculos de ruido de fondo correspondientes al período nocturno, encontrándose el mismo involucrado únicamente para la fase operativa, los mismos serán conservados a los fines de contar con niveles de base en oportunidad de realización de los monitoreos de ruidos correspondientes a dicha etapa.

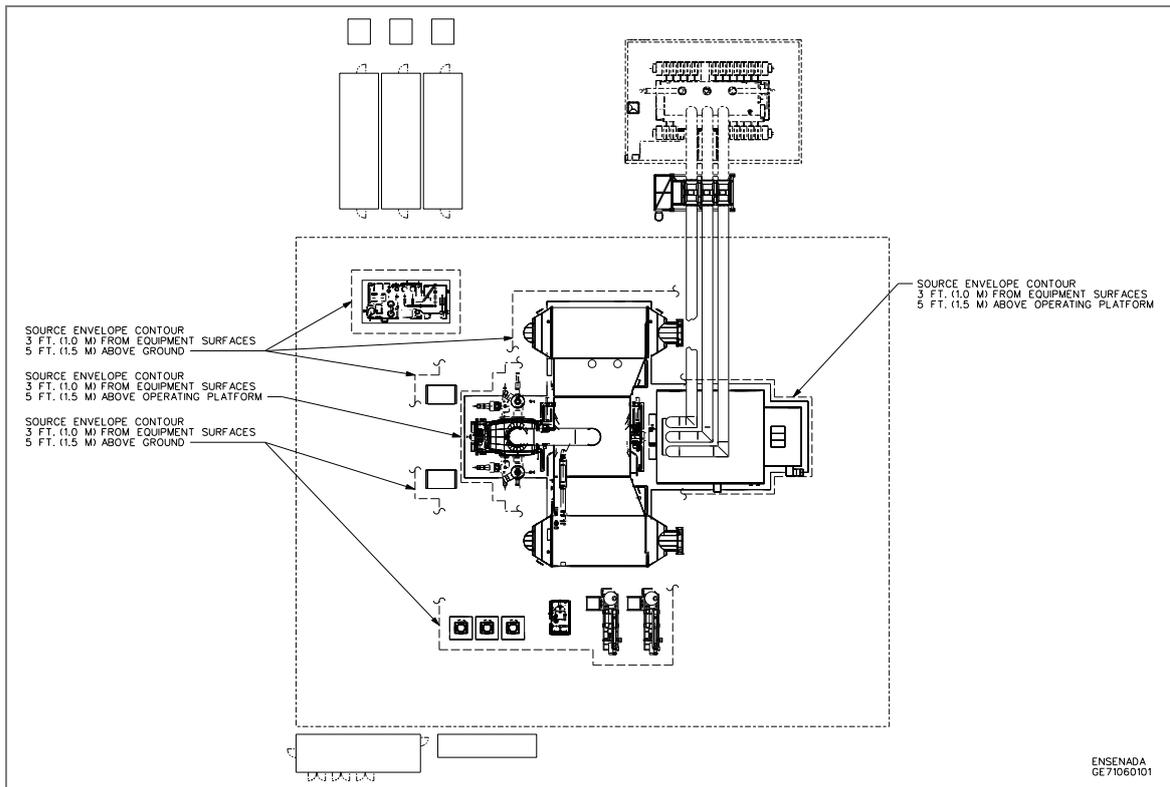


Figura 63. Indicación de los límites en el que se garantiza un nivel sonoro máximo de 85 dB(A) para la turbina de vapor.

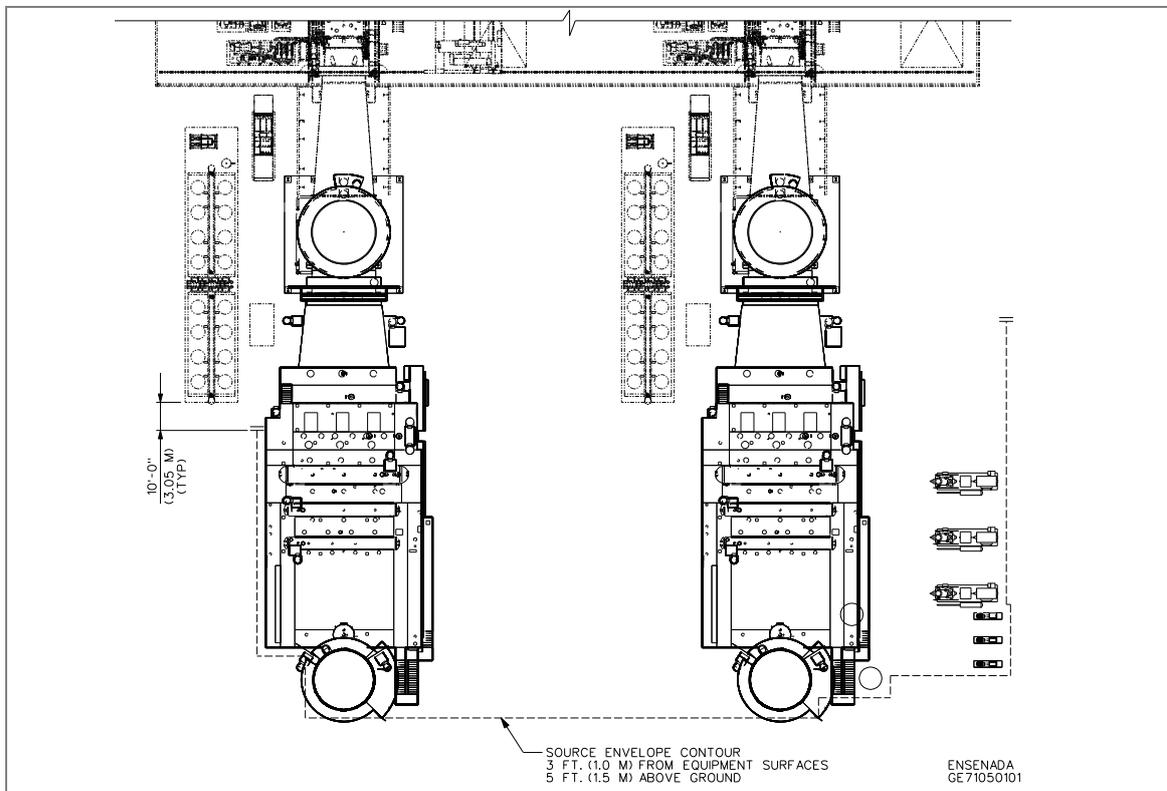


Figura 64. Indicación de los límites en el que se garantiza un nivel sonoro máximo de 85 dB(A) para ambas calderas de recuperación de calor.

4.4.2 Cálculo del nivel de inmisión

A los fines de obtener el nivel de inmisión sonora en las zonas aledañas a la ampliación a ciclo combinado de la CTEB como consecuencia de las actividades desarrolladas en la etapa de construcción de la misma, y considerando un nivel de emisión máximo de 120 dB(A) en la situación más desfavorable estimada, se ha calculado la propagación sonora producto de la divergencia geométrica hasta los receptores más cercanos. Para ello se utiliza la siguiente expresión (Cyril Harris, 1998) para fuentes de tipo puntual que emiten en forma radial.

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} r - 11 - C$$

Donde L_p es el nivel de presión sonora en el punto receptor luego de producida la propagación por divergencia geométrica, L_w es el nivel de potencia sonora generada por la fuente puntual, r es la distancia desde la fuente puntual en metros y C es un término de corrección que depende de la temperatura y la presión atmosférica característicos del lugar en que se produce la propagación.

Para el cálculo de r , se definen las distancias mínimas de ubicación del potencial receptor a la línea perimetral de la zona de trabajo, donde será emitido el ruido. Tal como fue mencionado anteriormente, la distancia correspondiente a las Zonas Tipo 1 y 2 fue de 1 m; para la Zona Tipo 4, de 105 m; para la de Tipo 5, de 100 m; y para una zona Tipo 6, de 700 m. Vale aclarar en este punto, que la distancia considerada en esta oportunidad para la Zona Tipo 4, varía de aquella utilizada en oportunidad de renovación del CAA, debido a que en este caso el frente de obra analizado incluye también la traza proyectada del acueducto y el área donde se realizará la obra de toma, encontrándose en esta oportunidad receptores más cercanos que en la anterior.

Respecto de los datos atmosféricos para el cálculo de C , se consideran una temperatura media anual de 16 °C y una presión atmosférica media anual de 1013 hPa, a partir de estos datos surge un factor de atenuación de 0,1 dB(A).

De esta forma se presentan los niveles de inmisión obtenidos para la etapa constructiva en evaluación, de acuerdo a las distancias definidas de los receptores correspondientes a cada uso:

Tabla 46. Niveles de inmisión establecidos para la etapa de construcción para cada zona analizada

Zona	L_w	r	C	L_p
Tipo 1	120	1	0,1	109
Tipo 2		1		109
Tipo 4		105		68
Tipo 5		100		69
Tipo 6		700		52

4.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

El procedimiento de calificación se basa en la diferencia entre el nivel de evaluación total L_P (nivel de inmisión) y el nivel de ruido de fondo L_E . Se considerará que el ruido es

No Molesto si: $L_P - L_E < 8$ dBA

Molesto si: $L_P - L_E \geq 8$ dBA

En este sentido, se realiza a continuación dicha evaluación para cada zona definida.

Tabla 47. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 1.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	45,0	40,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	109	109
Nivel de Superación [dB(A)]	57	62
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	700	1245
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 48. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 2.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	50,0	45,0
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	1	1
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	109	109
Nivel de Superación [dB(A)]	52	57
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	394	700
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 49. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 4.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	55,0	54,6
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	105	105
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	68	68
Nivel de Superación [dB(A)]	6	7
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	221	232
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 50. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 5.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	58,0	59,4
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	100	100
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	69	69
Nivel de Superación [dB(A)]	4	3
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	157	133
Tipo de Ruido	MOLESTO	MOLESTO

Tabla 51. Evaluación según Norma IRAM N° 4062/2001 del ruido producido por la etapa de construcción para la Zona Tipo 6.

	Período diurno	Período de descanso
Ruido de Fondo [dB(A)]	67,2	64,5
Distancia Mínima Receptores más Cercanos [m]	700	700
Nivel de Inmisión en receptores más Cercanos [dB(A)]	52	52
Nivel de Superación [dB(A)]	-	-
Distancia a la cual el ruido no será considerado molesto [m]	54	74
Tipo de Ruido	NO MOLESTO	NO MOLESTO

4.6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para el desarrollo del presente estudio se consideraron las actividades relacionadas a la ampliación a ciclo combinado de la CTEB, que tienen asociadas un potencial impacto acústico sobre la población, para lo cual fue aplicada la metodología establecida por la Norma N° IRAM 4.062/01.

En función de ello se identificaron las zonas sobre las que influirán dichas actividades, las distancias a las cuales se encontrarán los receptores más cercanos de cada una de éstas, y los períodos de trabajo. Con dichas premisas fue posible asignar un ruido característico de fondo (L_C) a cada uno de los puntos seleccionados, el cual fue comparado con las correspondientes mediciones realizadas para los mismos. Salvo para la Zona Tipo 4 y Tipo 5, para el período de descanso, y para la Zona Tipo 6, para los períodos diurno y de descanso, los valores calculados fueron menores que los medidos, por lo que L_C fue considerado el ruido de fondo, siguiendo los lineamientos de la Norma. Para los casos mencionados, el ruido de fondo considerado fue el medido.

Luego, se procedió al análisis por etapa. Respecto a la etapa operativa, debido a que resultará en ese caso la incorporación de equipos al proceso no se efectuó el análisis de acuerdo a la Norma IRAM, ya que los mismos poseen las mismas garantías que los equipos que se encuentran operando actualmente, sin registrar ruidos molestos.

De esta forma, dentro de los límites establecidos por el proveedor, se registrará un incremento, el cual, considerando al predio de manera global, no resultará significativo hacia los posibles receptores. De todas maneras, debe considerarse que probablemente aumenten los episodios de ruidos eventuales, como posibles mantenimientos en el sentido de la incorporación de nueva maquinaria.

Con respecto a la etapa constructiva, se estimaron los niveles de emisión y posteriormente los de inmisión, estableciendo que la maquinaria que operará para la realización de cada actividad, lo hará de manera simultánea en cada uno de los puntos de cada zona de obra. Cabe destacarse que estas distancias fueron consideradas en función de contemplar la atenuación por divergencia geométrica que sufre el nivel de emisión al recorrer un determinado trayecto.

Finalmente se aplicó la metodología de evaluación que propone la norma con el objeto de determinar para cada fuente y cada zona considerada si el ruido puede ser considerado molesto o no molesto, comparando el nivel de ruido de fondo con el nivel de inmisión calculado.

De los resultados obtenidos se puede determinar lo siguiente:

- Para la **Zona de Tipo 1**, el ruido fue considerado *Molesto* en todos los períodos evaluados, presentándose las distancias a las cuales deja este carácter a los 700 m y 1.245 m, para los períodos diurno y descanso, respectivamente. En este caso, la evaluación se realizó siempre utilizando los niveles de ruido de fondo calculado. Si se hubieran utilizado los niveles de fondo medidos, ambos períodos hubieran presentado carácter *No Molesto*.

- En cuanto a la **Zona de Tipo 2**, nuevamente el ruido fue considerado *Molesto* para todos los períodos analizados, con distancias a las cuales deja esta situación de 394 m y 700 m, respectivamente para cada franja horaria evaluada. En este caso, repitiendo la evaluación para los valores medidos, dichas distancias disminuyen a 88 m y 97 m.
- La **Zona de Tipo 4**, presentó en todos los casos evaluados un ruido de carácter *Molesto*, siendo las distancias a las cuales se dejaría este carácter 221 m y 232 m, respectivamente para los períodos diurno y descanso. Para este análisis, el ruido de fondo considerado fue el medido².
- Por otro lado, la **Zona de Tipo 5**, para la cual, de acuerdo a la metodología planteada por la normativa de referencia se utilizaron los niveles de ruido de fondo medidos³, todos los casos evaluados resultaron en ruidos *Molestos* para la población. Las distancias a las cuales dejará de ser molesto son 157 m, para el período diurno y 133 m, para el descanso. Sin embargo cabe realizar una consideración importante al respecto, dado que el grado de superación en ese nivel se considera despreciable si se tiene en cuenta que una diferencia de 5 dBA es totalmente imperceptible al oído humano.
- Por último, para la **Zona de Tipo 6**, el ruido fue considerado *No Molesto* para todos los casos evaluados.

Como se mencionó previamente, al carecer de información precisa sobre el ruido que será generado por la obra, se consideró información bibliográfica, y el funcionamiento en conjunto de los equipos que serán utilizados en la obra (evaluando de este modo la peor situación).

En este punto, vale recordar el antecedente de las mediciones tomadas durante la etapa constructiva de la CTEB. En dicha oportunidad se tomaron en tres instancias (campañas de octubre, noviembre y diciembre de 2011) mediciones a lo largo del perímetro de la Central, obteniéndose valores fluctuantes entre 48 y 64 dB(A), 49 y 62 dB(A) y 48 y 61 dB(A), respectivamente.

De esta forma, puede demostrarse que los valores de 123 dB(A), tomados en consideración para una construcción similar en el área, representaron en la realidad valores de inmisión de 65 dB(A) como máximo a escasos metros del perímetro de la Central, evidenciándose esta forma que los niveles de emisión definidos para dicho y para el presente análisis, resultan por demás en las condiciones negativas más extremas.

² Se consideró el ruido de fondo medido porque resultó menor al calculado según la norma.

³ Se consideró el ruido de fondo medido porque resultó menor al calculado según la norma.



Por otra parte, vale recordar aquí también que, para las Zonas Tipo 1, 2 y 4, la población afectada será aquella lindera a la traza del acueducto, en las cercanías del cruce con la ruta, durante el avance del frente de obra de dicho componente del estudio. Tal como fue mencionado anteriormente, los períodos de trabajo tanto para la obra de toma como para el acueducto, irán avanzando de acuerdo al avance de estas tareas, tratándose de esta manera de períodos reducidos frente a aquellos constructivos dentro del predio de la Central.

Además, las distancias para la Zona Tipo 1 y Tipo 2 se han fijado considerando un posible receptor que pueda encontrarse eventualmente a un metro de la zona de obra, debido a que la traza del acueducto atraviesa dichas zonas. De esta forma, los receptores permanentes que se encuentran en ambos casos a más de 50 m de distancia del perímetro de obra.

También es menester aclarar que las poblaciones más cercanas al predio de la Central, consideradas en los estudios anteriores, y ubicadas a unos 1.700 m del mismo, no se verán afectadas por ruidos molestos.

Como recomendaciones generales se propone la implementación de un plan de monitoreo de ruidos y de medidas tendientes a la minimización de las emisiones de ruido, así como a la instalación de protecciones y determinación de horarios de trabajo, de forma tal de no alterar los períodos de descanso de la población.

Dicho plan de monitoreo, permitirá una evaluación real del impacto producido durante la ejecución de las tareas analizadas, sin contemplar aquellos aspectos conservativos asociados a las consideraciones mencionadas y a la metodología de evaluación aplicada.

Por último, en caso de instalar un obrador fuera del área en análisis, se recomienda, en función de los valores antecedentes de emisión de ruidos de 100 dB(A) en instalaciones similares como máximo, y a los valores de ruido de fondo para período de descanso (dado que arroja el menor de los dos períodos en los cuales se lleva a cabo la etapa constructiva) y para cada zona, calculados por la normativa de referencia, respetar las siguientes distancias mínimas a los fines de no producir ruidos molestos:

- Zona Tipo 1: 124 m
- Zona Tipo 2: 70 m
- Zona Tipo 4: 22 m
- Zona Tipo 5: 12 m
- Zona Tipo 6: 7 m.

5 BIBLIOGRAFÍA

Best, P. R., Lonny K. E. and Phillip C.A (2000) Averaging time correction for estimating extreme air quality statistics. 15th international Clean Air Conference, Sydney, Australia.

Cimorelli A. J., Perry S. G., Lee R. F., Paine R. J., Venkatram A., Weil J. C. and Wilson (1996) Current progress in the AERMIC model development program. Preprint, 89th Annual Meeting Air and Waste Management Association. Pittsburgh, Air and Waste Management Association, 1-27.

Cimorelli A. J., Perry S. G., Venkatram A., Weil J. C., Paine R. J. Wilson R. B., Lee R. F. and Peters W. D. (2003) AERMOD: Description of Model Formulations. U. S. Environmental Protection Agency, EPA Rep. 454/R-03-002d. Research Triangle Park, NC., 85pp.

Cyril Harris, M. (1998). Manual de medidas Acústicas y Control del Ruido, 3ra edición, Editorial. Mc Graw Hill.

Edinger, J.E. y J.C. Geyer (1965) Cooling Water Studies for Edison Electric Institute, Project No. RP-49.

Edinger, J.E., D.W. Duttweiler y J.C. Geyer (1968) The Response of Water Temperature to Meoeorological Conditions, Water Resource Research Vol 4, No 5 October.

Edinger, J.E., D.K. Brady, y J.C. Geyer (1974) Heat Exchange and Transport in the Environment. Report No. 14, Electric Power Res. Inst. Pub. No. EA-74-049-00-3, Palo Alto, CA, Nov, 1974, 125 pp.

Heinerikson A.J., Goodman A. C., Harrison D. and Pham M. (2007) Modeling Fugitive Dust Sources. National Stone, Sand & Gravel Association. Washington, DC. 20090-2281.

Hino, M. (1968) Maximum ground level concentration and sampling time. Atmospheric Environment, Vol.2, 149-165.

Högstrom, U. (1972) A method for predicting odour frequencies from a point source. Atmospheric Environment, Vol 6, 106-121.

King, Ian P., (1993) RMA-10 "A finite element model for three-dimensional density stratified flow". Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis.

Larsen, R.I. (1969) A new mathematical model of fair pollutant concentration averaging time and frequency. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.19, 1, 24-30.

Larsen, R.I. 1971) A mathematical model for relating air quality measurements to air quality standards. U.S. Environmental Protection Agency, Pub. AP-89. Research Triangle Park, N.C.

Larsen, R.I., Zimmer, C.E., Lynn, D.A. and Blemel, K.G. (1967) Analyzing Air Pollutant Concentration and Dosage Data. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.17, 2, 85-93.



Larsen, R.I. and Heck, W.W. (1985) An Air Quality Data Analysis System for Interrelating Effects, Standards, and Needed Source Reductions: Part 9. Calculating Effective Ambient Air Quality Parameters. J. of the Air Pollution Control Association, Vol.35, 12, 1274-1279.

Muleski G. E. (1985) Coal yard wind erosion measurement. Midwest Research Institute. Kansas City. MO.

Perry S. G., Cimorelli A. J., Lee R. F., Paine R. J. Venkatram A., Weil J. C. and Wilson R. B. (1994) AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. In Proceedings 87th Annual Meeting Air and Waste Management Association. Pittsburgh, 94-TA23.04. Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA.

Ryan, P.J. y K.D. Stolzenbach (1972) Chapter 1 Environmental Heat Transfer, in Engineering Aspects of Heat Disposal from Power Generation, R, M. Parsons Laboratory, MIT Cambridge MA.

Ryan, P.J. y D.R.F. Harleman (1973) An Analytical and Experimental Study of Transient Cooling Pond Behavior , R, M. Parsons Laboratory, MIT Technical Report No 161, MIT Cambridge MA.

Schulman I. I., Strimaitis D. G. and Scire J. S. (2000) Development and evaluation of the PRIME plume rise and building downwash model. J. Air Waste Manage Assoc. 50, 378-390.

Snyder W. H., Thompson R. S., Eskridge R. E., Lawson R. E, Castro I. P., J. T. Lee, Hunt J. C. R. and Ogawa Y. (1985) The structure of the strongly stratified flow over hills: Dividing streamline concept. J. Fluid Mech, 152, 249-288.

Thomann, R.V., y J.A. Mueller (1987) Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. HarperCollins Publishers Inc., 1987, 644 pp.

Turner D. B. and Schulze R. H. (2007) Practical Guide to Atmospheric Dispersion Modeling. Air & Waste Management Association-Trinity Consultants, Inc.

US.EPA. (1992) Volatile Organic Compound (VOC)/Particle Matter (PM) Data System. Version 1.5. EPA-450/4-91-027.

US.EPA, (1995) User instructions. User's Guide for Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models (revised), U. S. Environmental Protection Agency Rep. EPA-454/b-95-003a, 390pp.

US.EPA. (2006) Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP-42. Office of Air Quality Planning and Standards: Research Triangle Park, NC.

Warner, J. C., (2000) Barotropic and Baroclinic Convergence Zones in Tidal Channels. Tesis of doctorat. University of California. Davis. pp. 333.

Weil J. C. (1996) A new dispersion algorithm for stack sources in building wakes. Ninth Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with AWMA. Atlanta. GA. Paper 6.6.



Zhang X. and Ghoniem A. F. (1993) A computation and model for the rise and dispersion of wind-blown, buoyancy-driven plumes-I. Neutrally stratified atmosphere. Atmospheric Environment, Vol. 15, 2295-2311.