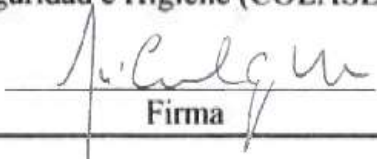


INFORME MODELO DE DISPERSIÓN H₂S PTAR

SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA Corregimiento de Burunga, Distrito de Arraiján, Provincia de Panamá Oeste

NÚMERO DE INFORME: 115-15-261-09-PA-001
NÚMERO DE PROPUESTA: 08-15-170-008 v.0
REVISADO POR: Ing. José Carlos Espino

Ing. José Carlos Espino M.
Higienista Ambiental
Registro 239 PHA7
Consejo Latinoamericano de
Seguridad e Higiene (COLASEH)



Firma

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVO	5
3	ALCANCE	5
4	METODOLOGÍA	5
4.1	MODELO A CORRER.....	5
4.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA PARA LA CORRIDA DEL MODELO.....	5
4.3	METEOROLOGÍA A EMPLEAR.....	6
4.4	EMISIONES.....	6
4.5	CONTAMINANTES A MODELAR.....	6
4.6	IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE RECEPTORES.....	6
4.7	CORRIDA DEL MODELO.....	6
5	METEOROLOGÍA	7
5.1	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO (ROSA DE VIENTOS).....	7
6	PARÁMETROS DE ENTRADA PARA LA FUENTE A MODELAR	8
7	MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	9
7.1	ASPECTOS TEÓRICOS PRELIMINARES DEL MODELO.....	9
7.1.1	MODELO GAUSSIANO.....	9
7.1.2	MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES AERMOD.....	10
7.1.3	CORRIDA DEL MODELO PARA ESCENARIOS DE CORTO PLAZO (ST) VS LARGO PLAZO (LT).....	11
7.1.4	BONDAD DE AJUSTE DE UN MODELO DE ESTE TIPO.....	11
7.1.5	ASPECTOS DE LA CORRIDA DEL MODELO RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA Y LA ROSA DE VIENTOS.....	12
7.1.5.1	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA.....	12
7.1.5.2	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ROSA DE VIENTOS.....	14
7.2	EMISIONES DE FUENTE FIJAS A MODELAR.....	14
7.3	CORRIDA DEL MODELO DE DISPERSIÓN.....	14
7.3.1	PARÁMETROS DE CONTROL.....	14
7.3.2	FUENTES EMPLEADAS EN EL MODELO.....	14
7.3.3	RECEPTORES.....	14
7.3.4	METEOROLOGÍA.....	17
7.3.5	ESCENARIOS DE SIMULACIÓN.....	17
8	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN H₂S	17
9	CONCLUSIONES	20
10	BIBLIOGRAFÍA	21
11	ANEXOS	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización futura PTAR, Distrito de Arraiján.....	4
Figura 5-1 Rosa de vientos en la zona del proyecto.....	8
Figura 7-1 Sistema de Coordenadas del modelo Gaussiano.....	10
Figura 7-2 Esquema de procesamiento topográfico del modelo.....	12
Figura 7-3 Vista general Modelo digital de terreno Zona modelada (Arraiján).....	13
Figura 7-4 Dominio de simulación y receptores.....	15
Figura 7-5 Terreno y Polígono PTAR (línea púrpura) sobre imagen satelital.....	16
Figura 8-1 Isopletras modelo de dispersión de Olor para H ₂ S. Concentración promedio de periodo. Vista General.....	18
Figura 8-2 Isopletras modelo de dispersión de Olor para H ₂ S. Concentración promedio de periodo. Vista detallada.....	19

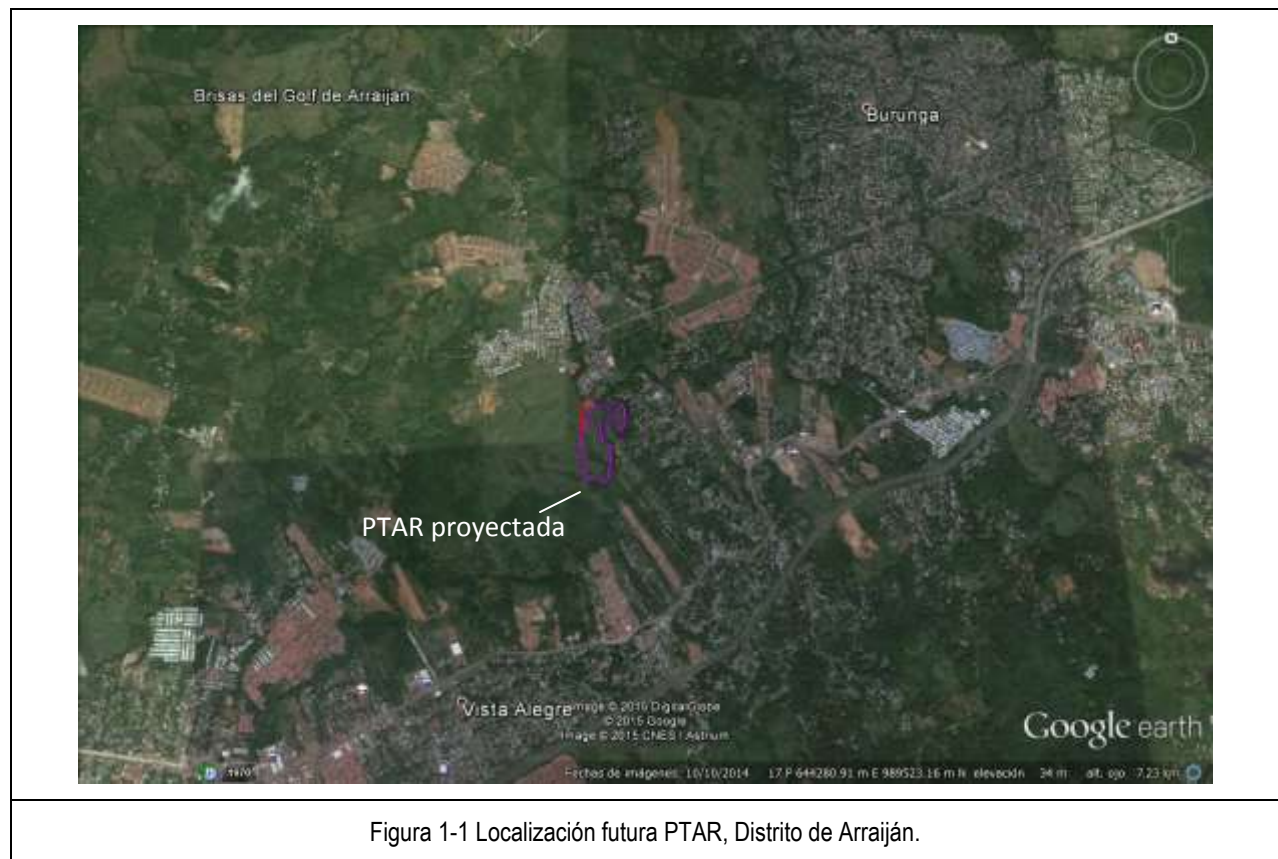
LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 ARCHIVO DE SALIDA DE MODELACIÓN. COPIA ELECTRÓNICA.....	23
---	----

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene el resultado del modelo de olores producido por el H₂S (sulfuro de hidrógeno) para la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) proyectada en el corregimiento de Burunga, distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste (Figura 1-1). Dicho proyecto contempla la construcción de una planta del tipo lodos activados convencional (LAC).

En el proceso de lodos activados, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digerirán para reproducirse y sobrevivir. Cuando la masa de microorganismo crece y es mezclada con la agitación introducida al tanque por medios mecánicos o de inyección de aire, ésta tiende a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos denominada lodo activado; a la mezcla de este lodo con el agua residual se llama licor mezclado. El licor mezclado fluye del tanque de aireación a un clarificador secundario donde el lodo activado sedimenta.



Fuente: Modificado DE Google Earth, 2015.

Una porción del lodo sedimentado debe ser retornado al tanque de aireación para mantener una apropiada relación sustrato-microorganismo y permitir así una adecuada degradación de la materia orgánica.

El proceso anteriormente descrito, genera olores ocasionados por la volatilización, entre otras sustancias, de H₂S (sulfuro de hidrógeno).

Para efectos del presente análisis se considera que el contaminante analizado es el más restrictivo en términos de posibles afectaciones ambientales a las comunidades circundantes.

2 OBJETIVO

Desarrollar un modelo de olor para las emisiones de H₂S generados por la operación de la PTAR a instalar en la provincia de Panamá Oeste y evaluar así el impacto causado, determinando si dicho aporte es viable sin que se superen los estándares de olores existentes. Lo anterior supone el desarrollo de los siguientes objetivos parciales:

- Conocer las emisiones de las sustancias volátiles de interés (como es el caso del H₂S) a partir de las emisiones de la PTAR.
- Caracterizar las condiciones meteorológicas de la zona a partir de la información existente para la zona del proyecto.

3 ALCANCE

Se evaluará la emisión de H₂S para la condición máxima permisible de H₂S en el contorno de la planta, establecida en 0,2 ppm de acuerdo con la propuesta de normatividad local para olores.

- Se realizará un modelo de olor para el contaminante H₂S, evaluando el olor como concentración en el ambiente.
- Se determinarán los efectos de la operación de la planta sobre la calidad de aire, basados en los estándares de la USEPA 2003 (National Ambient Air Quality Standards, NAAQS, Environmental Protection Agency, USEPA).

4 METODOLOGÍA

4.1 MODELO A CORRER

Existen un sinnúmero de modelos de dispersión de olores disponibles en el mercado. Para un proyecto de este tipo, en el que se requieren múltiples receptores, topografía compleja, efectos de fumigación, análisis de concentraciones en períodos anuales y horarios, es necesario correr un modelo de corto plazo. Para ello, se correrá el modelo regulatorio de la EPA y será corrido en su módulo de AERMOD, en versión de Lakes Environmental versión 8.0.5. debidamente aprobada por la EPA y que garantiza que se puedan evaluar todos los conceptos asociados con las buenas prácticas de ingeniería.

4.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA PARA LA CORRIDA DEL MODELO

Con base en la información secundaria suministrada, se establecieron los datos que debían levantarse para la corrida del modelo, esto es:

- Características de la operación de la PTAR.
- Características de la información meteorológica.
- Información necesaria de la operación para la corrida del modelo.
- Información secundaria disponible.

4.3 METEOROLOGÍA A EMPLEAR

Para el presente ejercicio se empleó información meteorológica global (MM5) suministrada por la empresa Lakes Environmental para el año 2014.

4.4 EMISIONES

Para la estimación de emisiones a partir de la información de prediseño de la PTAR se emplean los factores de emisión EPA AP-42 contenidos en el numeral 4.3. El procedimiento de cálculo involucra tasas de cambio de fase de un contaminante que se volatiliza en función de diferentes parámetros tales como:

- Tipo de proceso específico llevado a cabo
- Concentración de la sustancia a volatilizar
- Coeficientes de transferencia de masa
- Condiciones propias de la corriente donde se volatilizará. Por ejemplo caudales, alturas de descarga, condiciones específicas del canal o estructura de descarga

Dado que las etapas de prediseño no aportan información con este nivel de detalle, se optó por realizar una estimación de la emisión a partir de los datos teóricos de concentración de sulfuro de hidrógeno para el caso de aguas residuales domésticas.

A partir de este valor se calculó una tasa de emisión de 2 g/s para el área de operación en la cual es probable la generación de olores ofensivos.

4.5 CONTAMINANTES A MODELAR

Como se indicó anteriormente, se modelará la concentración de H₂S que es el contaminante de interés en la planta y de mayor sensibilidad por tener la menor concentración dado su bajo umbral de olor (0,2 ppm).

4.6 IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE RECEPTORES

Con base en la localización de las fuentes involucradas y las poblaciones aledañas a la planta, se definió una grilla de receptores en los cuales se evaluaron los efectos sobre la calidad de aire, y en especial en las zonas aledañas a la planta producto de la emisión del contaminante analizado.

4.7 CORRIDA DEL MODELO

Con base en los datos anteriores se realizó la corrida de un modelo base para el cual se revisaron en detalle los archivos de entrada y salida y se plantearán las correcciones del caso.

Este escenario base comprende la definición de todos los parámetros de control del modelo así como los parámetros de salida. Las isopletras se construyeron para la concentración media anual esperada.

5 METEOROLOGÍA

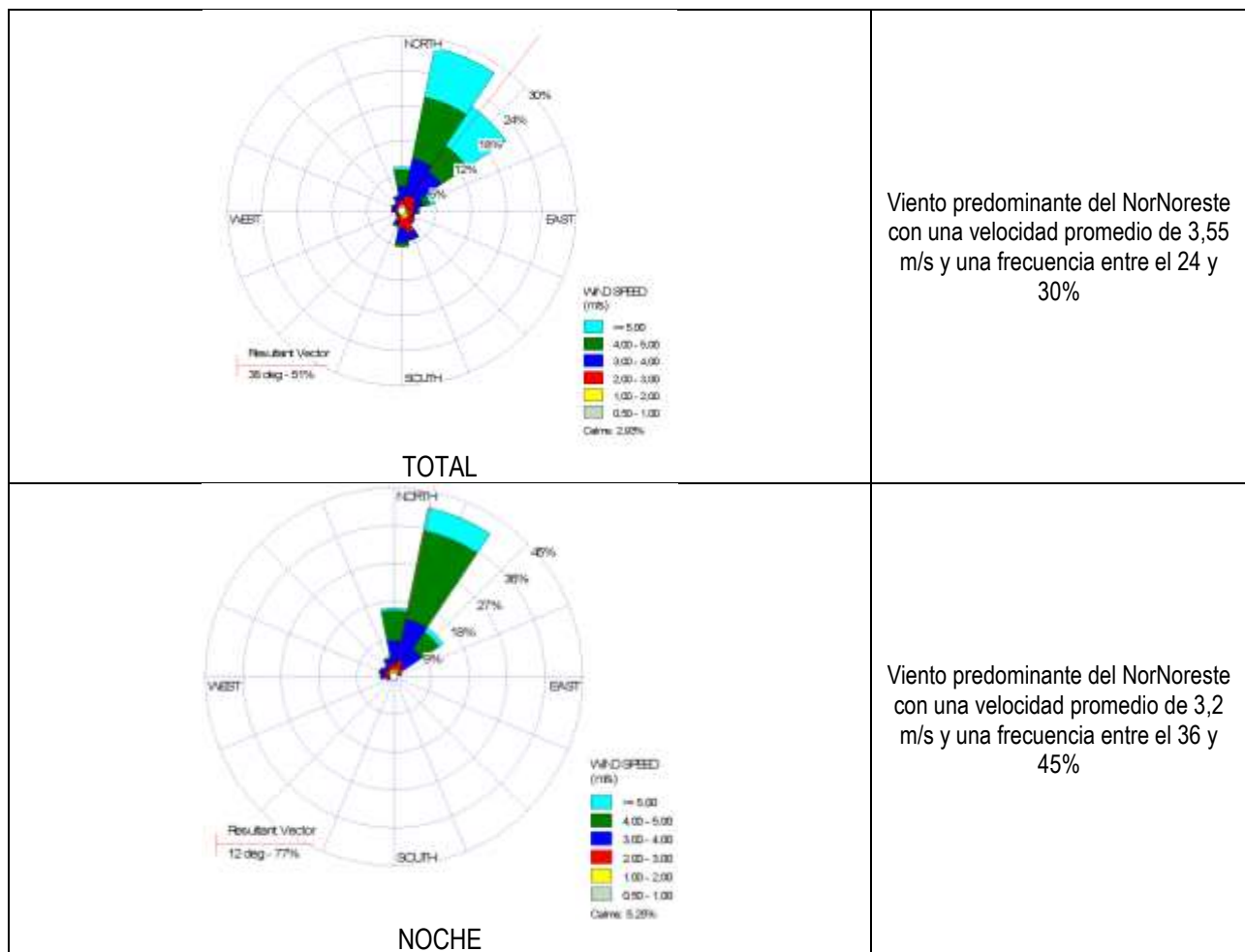
Ante la ausencia de información meteorológica superficial en el sitio de ubicación de la planta o en un lugar cercano que permitiese su utilización, la información meteorológica disponible, se adquirió información meteorológica MM5 del años 2014 (modelo MM5).

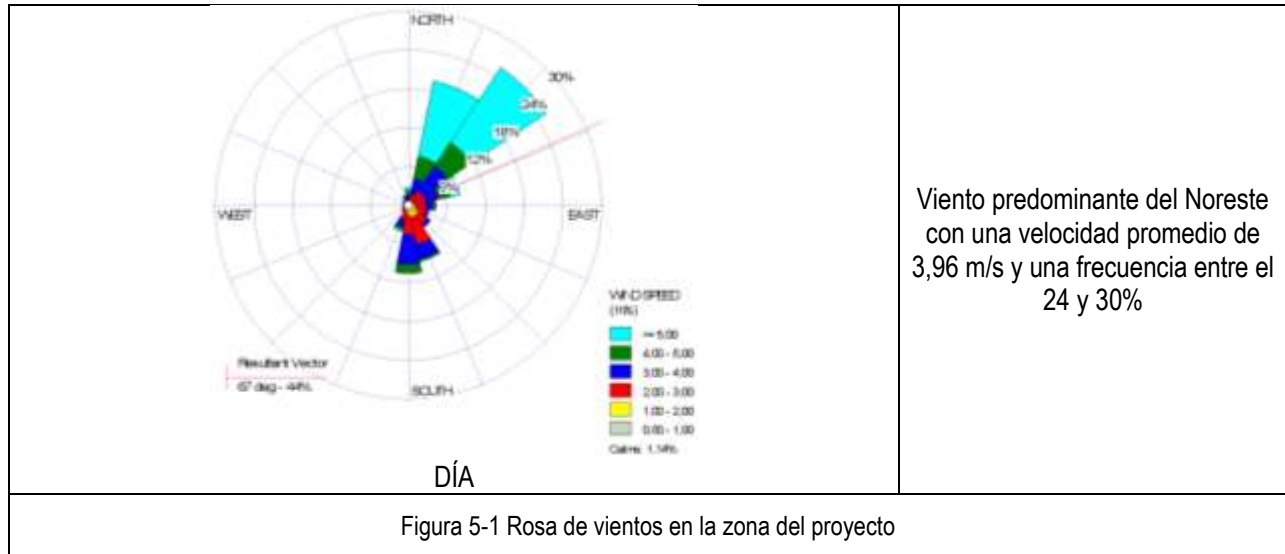
Mediante técnicas y algoritmos de down-scaling fue anidada para generar archivos en una malla más densa para representar los fenómenos de circulación de vientos locales y así poder comprender las dinámicas que propician el arrastre y dispersión de los contaminantes atmosféricos.

A continuación se presentan las rosas de viento para la zona de estudio.

5.1 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO (ROSA DE VIENTOS).

Las figuras siguientes reproducen las rosas de vientos para la zona del proyecto.





Tal y como se muestra en las figuras anteriores, los vientos predominantes en la zona soplan desde el NNE (Nor Noreste), por lo cual se espera que los olores se dispersen principalmente en dirección SSW (Sur Suroeste).

6 PARÁMETROS DE ENTRADA PARA LA FUENTE A MODELAR

Se corrió el modelo para una fuente de emisión de área que abarca las zonas con probable emisión de sulfuro de hidrógeno, como emisión a nivel del suelo a la tasa de emisión anteriormente indicada.

7 MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

7.1 ASPECTOS TEÓRICOS PRELIMINARES DEL MODELO

7.1.1 MODELO GAUSSIANO.

Este modelo estima las concentraciones de contaminantes producidas por una fuente continua. Es de anotar que, aunque sus resultados son aproximados (como todos los modelos), éste ha brindado evidencias de ser aceptable¹ a tal punto que es el modelo regulatorio de la EPA por excelencia.

El empleo del modelo Gaussiano consta básicamente de dos partes:

- Determinación de la altura a la cual deja de elevarse por fuerza ascensional para convertirse en una pluma con desplazamiento horizontal.
- Determinación de la distribución de la concentración de la pluma.

También se supone que la pluma es transportada a lo largo del eje por medio del viento, a una velocidad igual a la velocidad promedio del viento (μ).

El modelo según Salazar (1985) usa la siguiente expresión para calcular o estimar la concentración de contaminantes:

$$C(x, y, z, t) = (Q(2\pi)^{-3/2}/(G_x G_y G_z)) \text{Exp}\{-1/2\}$$

t: Tiempo de difusión (s)

Q: Concentración de la fuente emisora (g/s)

G_x, G_y, G_z : Coeficientes de dispersión (m)

C(x, y, z, t): Concentración instantánea después de un tiempo t, en los puntos x, y, z (g/m^3)

El modelo de pluma Gaussiano se denomina así porque considera que la propagación de los contaminantes tiene una distribución Gaussiana (de "campana") en ambos planos, horizontal y vertical, con desviaciones estándar de la distribución de concentración de la pluma en estos planos de σ_y y σ_z respectivamente; usando datos estadísticos para calcular concentraciones anuales y/o estacionales o valores de sedimentación de partículas.

La explicación de este fenómeno es el resultado de tres descubrimientos fundamentales en el campo de la dispersión:

- La distribución de la propagación vertical de partículas emitidas desde un punto elevado está relacionada con la desviación estándar del ángulo de elevación del viento σ_E , en el punto de salida (Hay y Pasquill 1957).
- Construcción de un método para derivar la propagación de contaminantes a partir de registros de fluctuación del viento (Hay y Pasquill 1959).
- Construcción de un método para estimación de la difusión cuando no están disponibles datos detallados de viento, que trabaja expresando la altura y propagación angular del desprendimiento de la pluma en términos de parámetros climáticos observados comúnmente (Pasquill, 1961).

Los modelos de dispersión actuales son, fundamentalmente, el resultado de la combinación de los descubrimientos anteriormente mencionados.

¹ La bondad de ajuste de un modelo ISCST es de aproximadamente el 85%, dependiendo obviamente de la calidad de los datos de entrada

Para el cálculo de la concentración, se considera que la velocidad media del viento que afecta la pluma es u , la tasa de emisión uniforme de contaminantes es Q , y la reflexión total de la pluma tiene lugar en la superficie de la tierra, es decir, no hay sedimentación o reacción en la superficie. Luego, la concentración, χ , de gases o aerosoles (partículas de diámetro $< 20\mu$) en x , y , z ocasionada por una fuente continua con una altura efectiva de emisión H está dada por:

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

(Turner, 1969).

El sistema de coordenadas con el origen a nivel del piso en o debajo del punto de emisión; con el eje X extendiéndose horizontalmente en la dirección media del viento. El eje Y está en el plano horizontal perpendicular al eje X, y el eje Z perpendicular al plano XY (Turner, 1969), tal como se muestra en la siguiente figura.

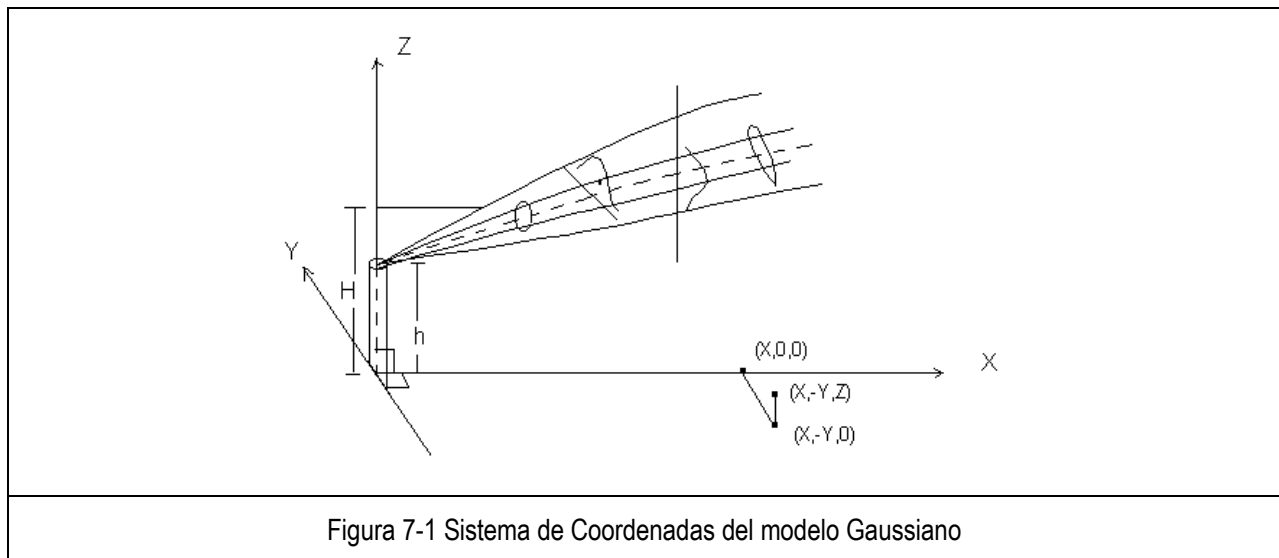


Figura 7-1 Sistema de Coordenadas del modelo Gaussiano

El modelo opera con datos meteorológicos porque factores como la velocidad media del viento u ; temperatura del aire, T_a ; el aumento de la velocidad del viento con la altura, du/dz y la estabilidad atmosférica influyen en la elevación de la pluma (columna de gases).

7.1.2 MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES AERMOD

The American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC) [EPA-454, 2004] fue formado para actualizar los modelos de dispersión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), de acuerdo con el nivel de estado del arte en el tema. A través del AERMIC se incorporó el sistema de modelos AERMOD, que incorpora la dispersión de contaminantes en el aire basada en la estructura de turbulencia de la capa límite planetaria y en conceptos de escala, incluyendo tratamientos de superficies y elevación de las fuentes, y teniendo en cuenta tanto terrenos complejos como simples.

Existen dos preprocesadores de datos de entrada que son componentes regulatorios del AERMOD: AERMET, preprocesador de datos meteorológicos y el AERMAP preprocesador de los datos del terreno. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA), el 21 de octubre del 2005 estableció el AERMOD como el modelo de uso recomendado para la dispersión de contaminantes a escala local, en sustitución del ISCST3, hasta ese momento usado. Ha sido demostrado y documentado, tanto por evidencias científicas como por estudios de validación, que el AERMOD representa un sólido y significativo avance respecto al ISCST3.

La formulación del AERMOD ha sido sometida a una revisión profunda e independiente, lo que permite concluir que las bases científicas del AERMOD están al nivel del estado del arte de la ciencia [U.S. Environmental..., 2002; Cimorelli, et. al., 2005; Perry, et. al., 2005, y Paine, et. al., 1998]. Por otra parte, están disponibles en www.epa.gov./scram001 diecisiete bases de datos de resultados de mediciones en diferentes ambientes (terreno llano o complejo, áreas rurales y urbanas, con obstáculos importantes en el terreno o sin ellos), que fueron usadas para evaluar los resultados del modelo y que pueden ser descargadas libremente para tareas propias de validación.

De forma resumida, AERMOD representa una técnica de dispersión que incorpora las técnicas más avanzadas de parametrización de la capa límite planetaria, dispersión convectiva, formulación de la elevación de la pluma e interacciones complejas del terreno con la pluma. En comparación con el ISCST3, AERMOD contiene nuevos o mejorados algoritmos para:

- Dispersión tanto en las capas límite estable como convectiva.
- Flotabilidad y elevación de la pluma.
- Penetración de la pluma dentro de la inversión elevada.
- Tratamiento de fuentes elevadas y bajas.
- Perfiles verticales de viento, temperatura y turbulencia.
- Tratamiento de receptores en todo tipo de terrenos.

Algunas de las características y de las capacidades primarias de AERMOD son:

- Tipos de la fuente: Múltiple fuentes del punto, del área y del volumen
- Lanzamientos de la fuente: Superficie, cerca de la superficie y de fuentes elevadas
- Localizaciones de la fuente: Localizaciones urbanas o rurales. Los efectos urbanos son escalados por la población.
- Tipos del Plume: Continuo, plumes boyantes
- Deposición del Plume: Deposición seca o mojada de particulates y/o gases
- Dispersión del Plume tratamiento: Modelo Gaussian tratamiento en horizontal y en la vertical para las atmósferas estables. Tratamiento Non-Gaussian en la vertical para las atmósferas inestables
- Tipos del terreno: Terreno simple o complejo
- Efectos del edificio: Dirigido por algoritmos del downwash
- Niveles de la altura de los datos de la meteorología: Acepta datos de la meteorología de alturas múltiples
- Perfiles meteorológicos de los datos: Los perfiles verticales del viento, de la turbulencia y de la temperatura se crean.

7.1.3 CORRIDA DEL MODELO PARA ESCENARIOS DE CORTO PLAZO (ST) VS LARGO PLAZO (LT)

Una de las principales limitaciones para la corrida de modelos de dispersión es la precisión de los datos meteorológicos. La diferencia fundamental entre los modelos LT (largo plazo o long term de acuerdo con las siglas en inglés) y ST (corto plazo o short term de acuerdo con las siglas en inglés) al momento de ingresar datos de meteorología es que para el primero se construye una matriz JFD con los datos disponibles, mientras que para la segunda se requieren datos horarios.

7.1.4 BONDAD DE AJUSTE DE UN MODELO DE ESTE TIPO

Como puede apreciarse de la descripción anterior el trabajo se realiza a partir de un modelo probabilístico que involucra un sinnúmero de factores de los cuales se hacen inferencias, pero en ningún momento se puede hablar de modelos determinísticos de precisión. Es por ello que al procesar los resultados y calibrar un modelo de este estilo, las bondades de ajuste del mismo sobre las condiciones reales oscilan alrededor del 90-95%.

7.1.5 ASPECTOS DE LA CORRIDA DEL MODELO RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA Y LA ROSA DE VIENTOS.

7.1.5.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOPOGRAFÍA

En relación con la topografía del modelo de dispersión, existen básicamente dos posibilidades para su corrida:

- Terreno plano (flat): Supone que el área a modelar es plana y tiene la misma altura que la de la base de la fuente empleada.
- Terreno elevado: En esta modalidad de terreno se admiten elevaciones de cualquier tipo teniendo presente que el nivel 0 es el de la base de la fuente de menor cota que se emplea en la simulación.

Un esquema que representa lo anterior es el siguiente:

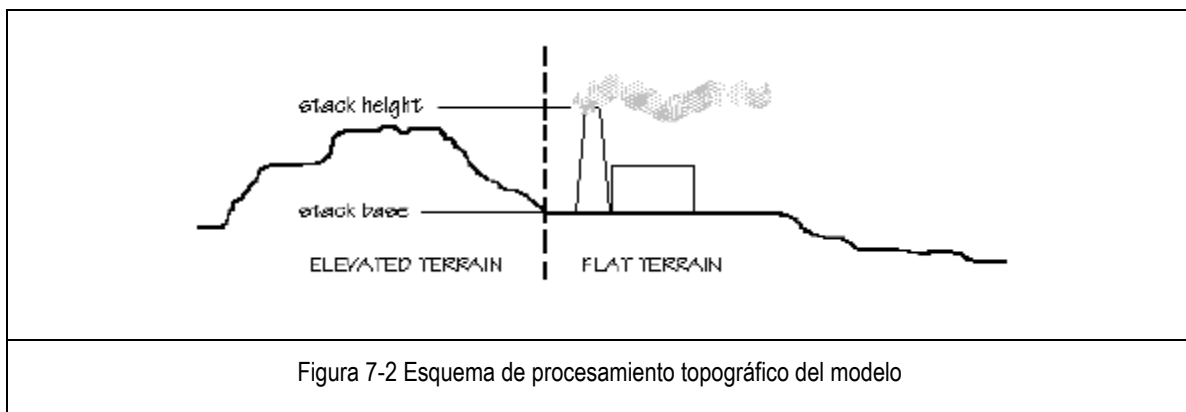


Figura 7-2 Esquema de procesamiento topográfico del modelo

Fuente: E&C Ambiental, 2015.

Para el presente ejercicio se corrió un modelo para terreno plano, lo cual obedece a las condiciones topográficas de la zona.

Para la simulación se utilizó un modelo digital de terreno con el fin de reproducir las condiciones topográficas de la zona simulada. Este modelo digital de terreno se compone de la topografía de la zona en cuestión; la vista en planta con la ubicación de la fuente de emisión. La base para el modelo digital de terreno se tomó partir del servicio SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la Nasa. La siguiente imagen (Figura 7-3) reproduce el modelo digital de terreno utilizado.

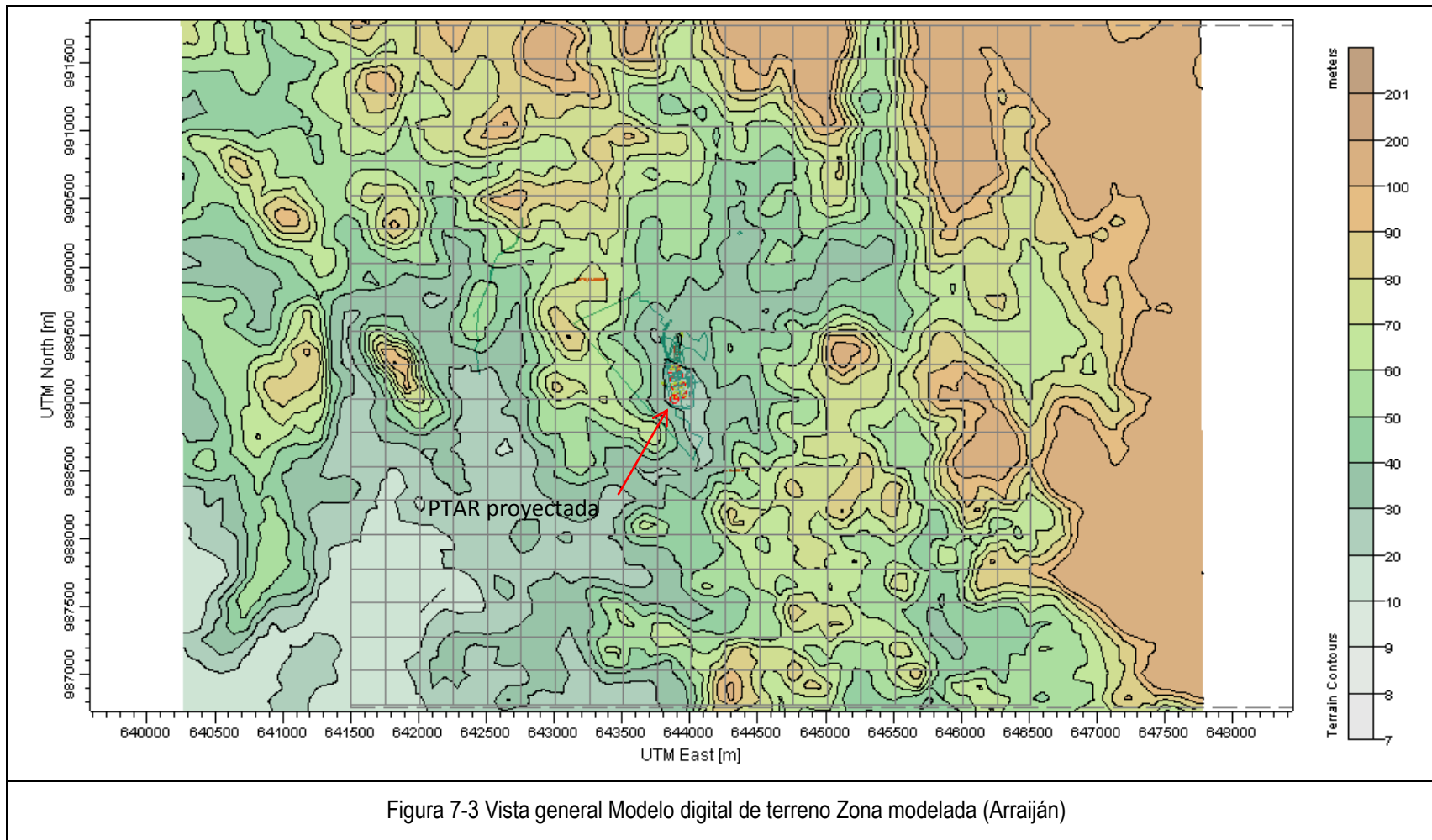


Figura 7-3 Vista general Modelo digital de terreno Zona modelada (Arraiján)

Fuente: E&C Ambiental, 2015.

7.1.5.2 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ROSA DE VIENTOS

La rosa de vientos empleada corresponde a una medición realizada a 10 m de altura sobre el nivel del suelo. Esta altura es la regulatoria establecida por el EPA y reúne intrínsecamente los siguientes supuestos:

- A dicha altura se han evitado los efectos locales de rugosidad del terreno (σ_0)
- Esta medición es representativa del comportamiento atmosférico en la totalidad de la altura de mezclado

Para efectos de simulación se asume además que el comportamiento de vientos es uniforme a lo largo de zona a modelar, es decir, que el comportamiento de vientos es el mismo de acuerdo con el área abarcada según la escala de análisis empleada.

En el caso de que existiesen fenómenos topográficos importantes que afectaran radicalmente el comportamiento de vientos es necesario segmentar la zona de análisis y correr modelos diferentes dependiendo de la preponderancia de vientos en cada sector. La interacción entre ambos modelos puede construirse a partir de la adición de concentraciones por medio de otras herramientas geoestadísticas.

Así las cosas, si por ejemplo el viento predominante procede del norte y existen obstáculos importantes en el sur de la zona analizada que afectaran la meteorología de la zona sur, si no se segmentase el área sur, el modelo supone que aún en la cara sur de la zona topográficamente compleja, los vientos tienen el mismo comportamiento que los de la cara norte.

7.2 EMISIONES DE FUENTE FIJAS A MODELAR

Las emisiones que hacen parte del modelo de simulación se presentaron anteriormente.

7.3 CORRIDA DEL MODELO DE DISPERSIÓN

Se describen a continuación los diversos elementos, adicionales a los ya descritos, que hacen parte de las variables de entrada al modelo de dispersión corrido, indicando con precisión a cual fase pertenecen.

7.3.1 PARÁMETROS DE CONTROL

Estos parámetros son iguales para cada uno de los escenarios a simular. Dentro de los parámetros de control del modelo se definieron los siguientes:

- Se corrió el modelo AERMOD.
- El modelo se corrió para un terreno plano que obedece a las condiciones topográficas de la zona.
- El modelo arrojó resultados de concentración promedia anual.
- Las concentraciones se calcularon a nivel de piso.

7.3.2 FUENTES EMPLEADAS EN EL MODELO

Para el modelo se empleó la fuente descrita anteriormente.

7.3.3 RECEPTORES

Se definió un dominio de simulación de 5 km por 5 km con receptores ubicados cada 250 m.

Con el objeto de dar cuenta de los efectos topográficos, el modelo se corrió teniendo en cuenta la topografía de la zona.

Los esquemas siguientes, extractados del modelo, permiten identificar las fuentes y los receptores empleados.



Figura 7-4 Dominio de simulación y receptores

Fuente: E&C Ambiental Modificado de Google Earth, 2015.

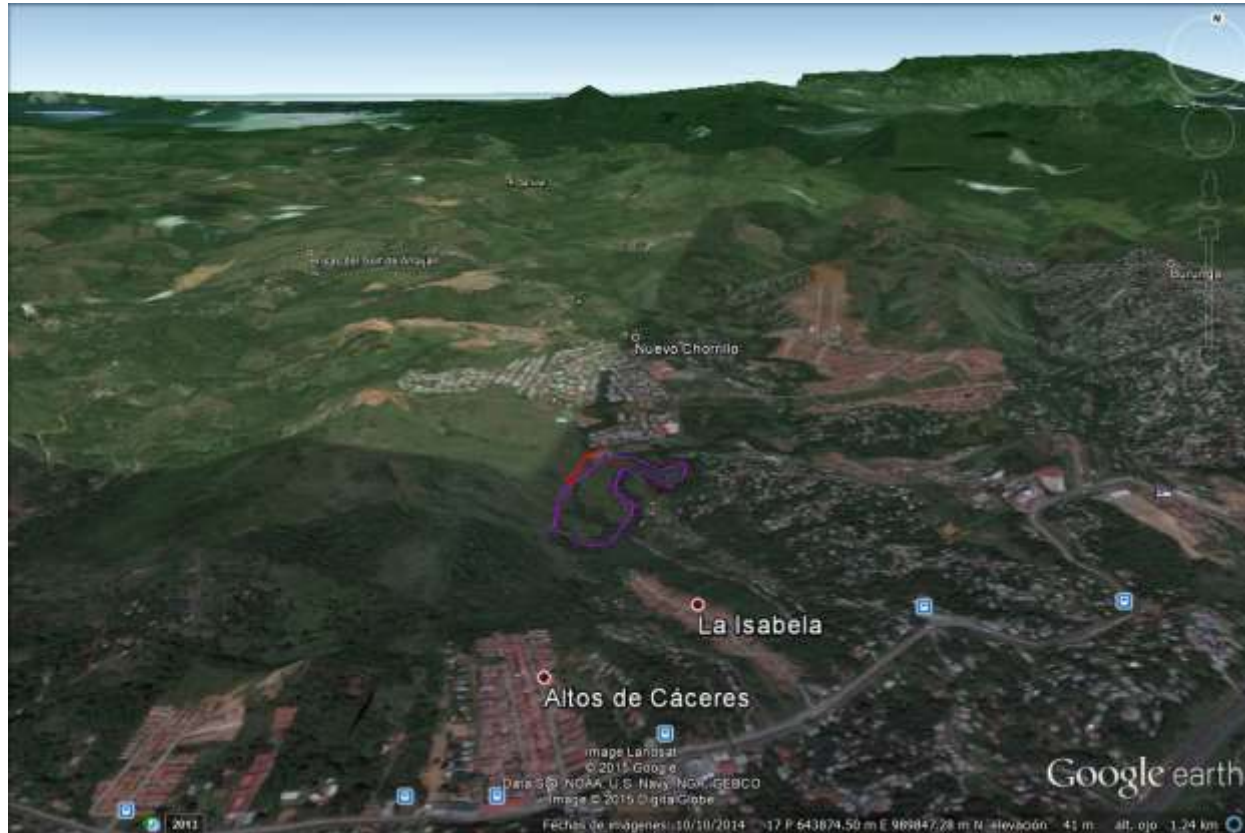


Figura 7-5 Terreno y Polígono PTAR (línea púrpura) sobre imagen satelital

Fuente: E&C Ambiental Modificado de Google Earth, 2015.

7.3.4 METEOROLOGÍA

Se empleó información meteorológica global (MM5) suministrada por la empresa Lakes Environmental para el año 2014.

7.3.5 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Se empleó un único escenario de simulación suponiendo una emisión constante. Se generó un modelo de olor para el contaminante H₂S.

8 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN H₂S

Las concentraciones máximas de H₂S se localizan al interior del polígono de la PTAR, alcanzando un valor de 209 µg/m³, mientras que en el contorno de la planta la concentración de H₂S alcanza el valor máximo permitido de 0,2 ppm (147 µg/m³), es decir, fuera de las áreas habitadas, en un predio sin urbanizar y alejado de receptores sensibles.

Se presentan a continuación las isopletras para las emisiones de H₂S de acuerdo con las emisiones de la PTAR anteriormente presentada.

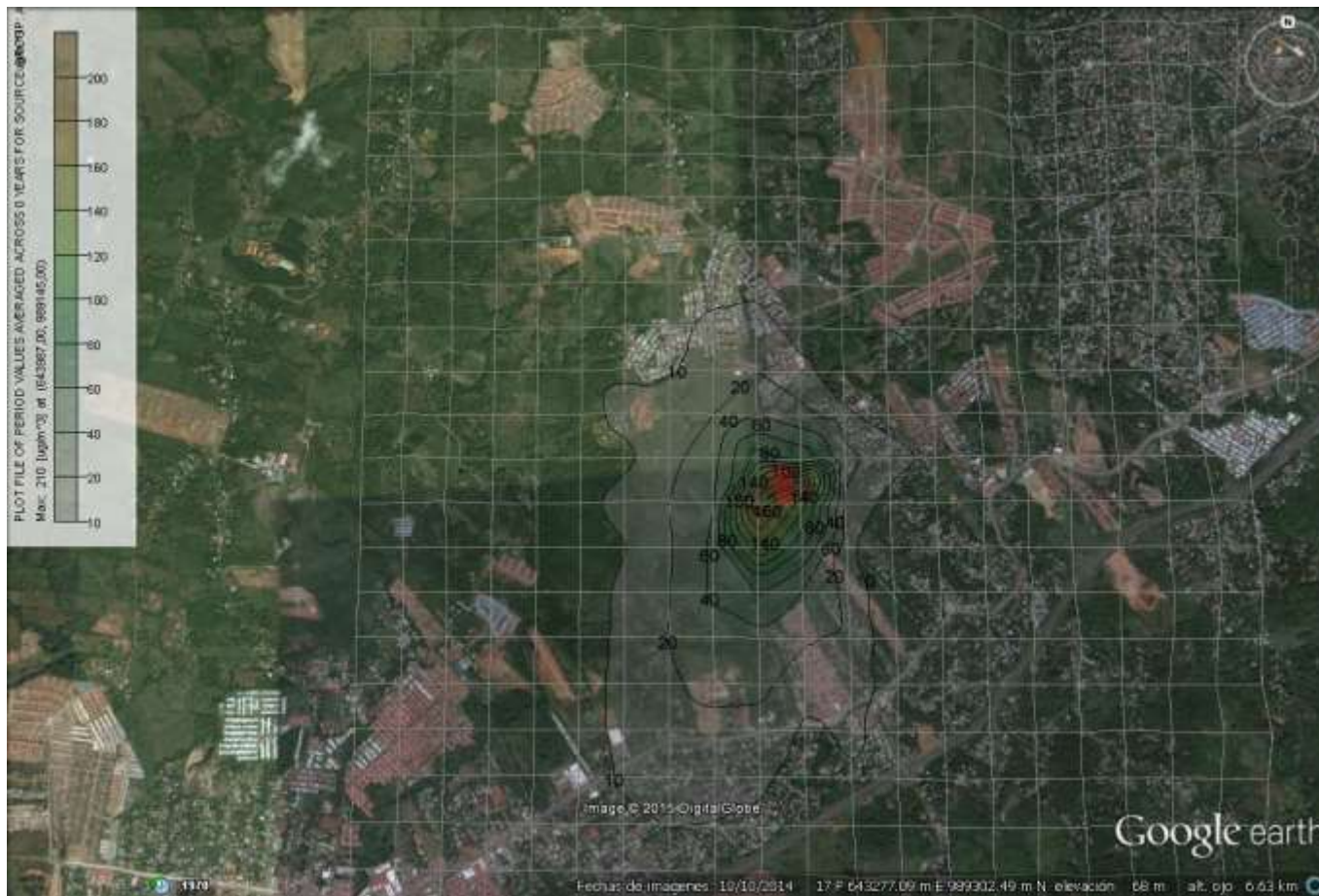


Figura 8-1 Isopletas modelo de dispersión de Olor para H₂S. Concentración promedio de periodo. Vista General.

Fuente: E&C Ambiental, 2015.

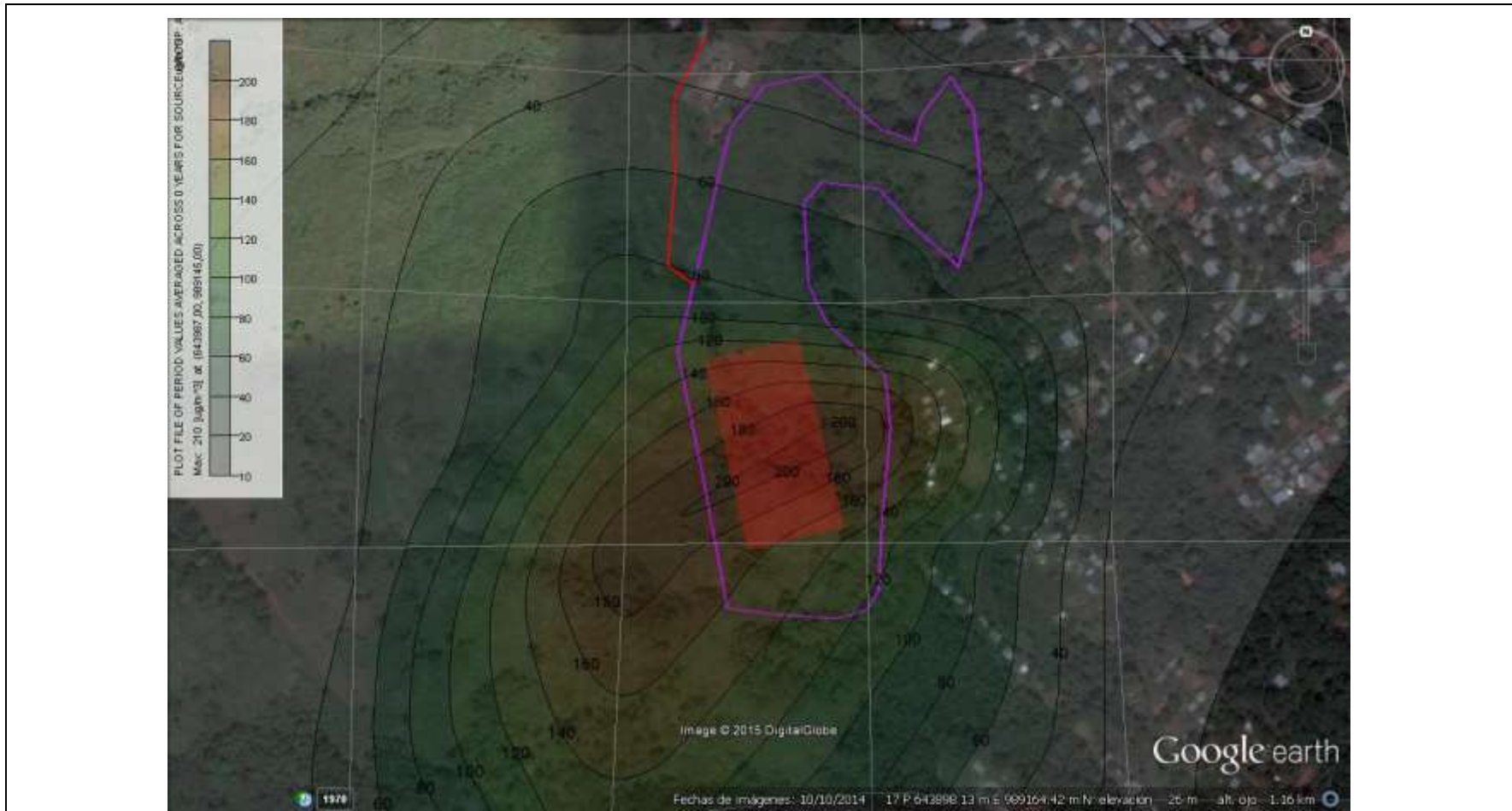


Figura 8-2 Isopletas modelo de dispersión de Olor para H₂S. Concentración promedio de periodo. Vista detallada.

Fuente: E&C Ambiental, 2015.

9 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del modelo en relación con el tema de aportes de olores de la PTAR, los aportes de H₂S a las zonas pobladas aledañas a la PTAR proyectada en Arraiján no superan los valores establecidos en el proyecto de legislación para Panamá (2008) como valores de impacto por olores molestos al límite de la propiedad, y por lo tanto se considera es viable la instalación de la planta en el sitio propuesto.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Air and Waste Management Association. Air Pollution Manual. 1999.
- Alley Roberts E. & Associates, Inc. Manual de Control de la Calidad del Aire. Editorial McGraw Hill. 2001.
- Bedoya V. Julián. Short Term Mathematical modeling for air Pollution. Purdue University. December. 1980.
- Boubel W Richard y otros. Fundamentals of air pollution. Academic Press. Third Edition. 1994.
- Butcher Samuel y Charlson Robert. An Introduction to air chemistry. Editorial. Academic Press New York and London. 1972.
- Canter W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. Primera Edición. 1997.
- Ceballos, Adrián y Góez, Catalina. Detección de valores anormalmente extremos "outliers" en series hidrológicas. Medellín: Tesis de pregrado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2003.
- De Nevers Noel. Ingeniería de control de la contaminación del Aire. Ed Mc Graw Hill. Primera Edición. 1997.
- Environmental Protection Agency. Office of Air Quality and Standards. Appendix C.2. Generalized particle size distributions. 1985.
- _____. Office of Air Quality and Standards. Emission Factors. Fugitive Dust Sources. 2000.
- _____. Office of Air Quality and Standards. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. 1995.
- _____. Office of Air Quality and Standars. Emission Factors. Western Surface Coal Mining. 2000.
- _____. Office of Air Quality and Standars. On Site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Application. EPA 450/4-87-013. Junio. 1997.
- _____. Office of Air Quality and Standars. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulation). EPA 450/4-80-023R. Junio de 1985
- Gerard, Kielyu. Ingeniería Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. España 1999.
- HIMAT. Atlas de Radiación Solar de Colombia. Junio. 1993.
- IDEAM. Estudio de Capa de Mezcla para la ciudad de Bogotá. Octubre. 1997.
- Lakes Environmental. ISC View User's Guide. 1998.
- Longley W. Richmond. Tratado Ilustrado de Meteorología. Centro Regional de Ayuda Técnica de México y Argentina. 1973.
- Pasquill F. Atmospheric diffusion; the dispersion of windborne material from industrial and other sources. 1974.
- Stoker Stephen, Seager Spencer. Química Ambiental. Contaminación del aire y del agua. Editorial Blume. Primera edición. Barcelona. 1991.

11 ANEXOS

ANEXO 1 ARCHIVO DE SALIDA DE MODELACIÓN. COPIA ELECTRÓNICA