



SOCIEDAD PORTUARIA PUERTO BAHÍA
Modificación de la Licencia Ambiental

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CAPITULO 4. DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO



hidrocaribe ltda

Octubre de 2011
Cartagena de Indias, D.T.

TABLA DE CONTENIDO

4	DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS	1
4.1	AGUAS SUPERFICIALES	1
4.2	REQUERIMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	1
4.3	VERTIMIENTOS LÍQUIDOS.....	1
4.3.1	Vertimientos en cuerpos de agua	1
4.3.2	Vertimientos en suelo	4
4.4	OCUPACIÓN DE CAUCES	4
4.5	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	4
4.6	APROVECHAMIENTO FORESTAL	4
4.7	EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	5
4.7.1	Condiciones de trámite preexistentes	5
4.7.2	Nuevas condiciones con la modificación del proyecto	6
4.8	RESIDUOS SÓLIDOS	23

4 DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS

A continuación se describen los recursos naturales que demandará el proyecto de Puerto Bahía en sus etapas de construcción y operación y que serán utilizados, aprovechados o afectados, incluyendo aquellos que requieren permisos, concesiones o autorizaciones.

4.1 AGUAS SUPERFICIALES

El desarrollo de las actividades civiles correspondientes a la construcción del proyecto de Puerto Bahía y la operación de dicho terminal y la estación de transferencia, demandará el recurso agua, tal como se ha descrito en el capítulo 2-Descripción del Proyecto.

Para el suministro de agua cruda a las instalaciones de Puerto bahía en todas las etapas del proyecto, se cuenta con la factibilidad por parte de ACUACAR de 300 m³/mes comercial y 4500 m³/mes industrial de agua (Ver Anexo 4.1). Para el abastecimiento se conectará la acometida de acuerdo con el diámetro exigido por el diseño del proyecto, en la abscisa km 20+455 de la línea de aducción Piedrecitas-Albornoz aclarando que el punto de medición quedará ubicado en el inicio de la derivación, a un lado de la vía.

Para el caso del agua de consumo se hará el abastecimiento por medio de la compra de botellones de agua que cumplan con las normas de calidad establecidas.

4.2 REQUERIMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

No se prevé utilizar fuentes subterráneas de agua en ninguna de las fases (construcción y operación) del proyecto Puerto Bahía. Por lo tanto, no se anexa información correspondiente a ubicación de pozos, perforaciones, estudios hidrogeológicos o volúmenes estimados de uso.

4.3 VERTIMIENTOS LÍQUIDOS

Los manejos que se describen a continuación, fueron aprobados en la Licencia Ambiental bajo Resolución 1635/2010 MAVDT para la zona del terminal portuario, estos mismos serán tenidos en cuenta para el manejo de la estación de transferencia.

4.3.1 Vertimientos en cuerpos de agua

4.3.1.1 Aguas residuales

No se manejarán vertimientos industriales. En la fase de construcción las aguas residuales domésticas se manejarán con tanques sépticos prefabricados. En la fase de operación se manejarán con base en trampas de grasas y con una planta de tratamiento. Para su recolección y conducción se utilizará un sistema de alcantarillado para conducir las aguas servidas de las áreas administrativas hasta las plantas de tratamiento

de aguas residuales para tratarlas y luego se almacenarán en un tanque para su posterior utilización en el riego de las áreas verdes del proyecto, por lo que no procede solicitar un permiso de vertimientos.

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas que se propone es una PTAR CICLON, distribuida en Colombia por la firma Integral Fluids Management (**Figura 4.3.1**). Es un sistema de tratamiento que combina técnicas físicas químicas y biológicas (lodos activados) para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Estos lodos activados, con sus organismos vivos, tienen la propiedad de absorber o adsorber la materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo amoníaco, lo que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos. Los organismos biológicos utilizan el material absorbido como alimento convirtiéndolo en sólidos insolubles no putrescibles.

Figura 4.3.1 Modelo de la planta de tratamiento propuesta



Fuente: Integral Fluids Management, 2009

Tiene un reactor aerobio que convierte la materia orgánica en gas carbónico (CO₂), energía y biomasa (Lodo). En este sistema se inocula microorganismos que tienen la capacidad de metabolizar la materia orgánica presente en el desecho, con tiempos de retención hidráulica muy bajos que permiten la utilización de reactores con un volumen menor comparado con el tratamiento anaerobio.

Las ventajas de este sistema están representadas por la optimización del espacio, debido a su diseño compacto y modular, que permite realizar múltiples operaciones en una sola unidad y ampliar la capacidad de tratamiento con módulos adicionales. De otra parte, es un sistema hermético que disminuye considerablemente la producción de olores y tiene bajos costos de operación. El sistema de secado de los lodos permite que se puedan disponer luego con los demás residuos sólidos del puerto.

4.3.1.2 Aguas lluvias

Las aguas lluvias serán contenidas en las canales perimetrales, gracias al diseño adecuado de los pisos (con pendientes), para prevenir el rebose hacia zonas de los tanques. Los tanques de almacenamiento estarán rodeados por muros de contención o cortafuegos, que retendrán el líquido en caso de derrame, los cuales tienen una capacidad de contención igual a la capacidad máxima de cada tanque rodeado tal como establece la norma; y su drenaje deberá contar con un sistema de válvula doble, que permita llevar el agua lluvia al

sistema de separación primaria (separador agua/aceite) si por alguna razón se contamina, o al sistema de aguas lluvias si está limpia. Como sistema de control, el agua será constantemente chequeada revisando que no contenga sustancias contaminantes.

4.3.1.3 Otros residuos líquidos

El drenaje de fondo de los tanques, líneas de productos y otras instalaciones se recolectará y almacenará en dos tanques de slop con capacidades de 200 m³ cada uno; si el producto recolectado conserva la calidad dentro del rango específico será bombiado de regreso a un tanque de almacenamiento o de lo contrario será cargado en un carro-tanque para su disposición a un destino aprobado con licencia ambiental para este tipo de productos.

En las vías se utilizarán sumideros con tanque desarenador y cámara de trampa de grasas de longitudes de ventana de 1,5 metros. En los patios se utilizarán canales con rejilla metálica de 0,6 metros de ancho. Se manejarán colectores de diámetros desde 8" hasta 36", pozos de 1.0 m. de diámetro. De igual manera, en la parte Terminal de las canaletas se instalará un sedimentador y separador de grasas. La descarga de estas canaletas se hará directamente al mar, mediante la utilización de caídas escalonadas de tal forma que se evite la erosión en los taludes. Los lodos obtenidos en la limpieza periódica de los sumideros serán llevados a una planta CPI (*Corrugated Plate Integrated*) para separar el agua, que será enviada por ductos hasta el alcantarillado sanitario, y el producto contaminante, que será enviado a un tanque regulador para su entrega a un operador portuario especializado en el tratamiento de estos productos que cuente con licencia ambiental y permisos de funcionamiento (ver Ficha de manejo MAO-MRSH-3). Por lo anterior, no procede solicitar permiso de vertimiento.

Igualmente, el CPI recibirá también recibirá los efluentes industriales o de potenciales derrames que puedan ocurrir en los diques de contención de los tanques de almacenamiento y de las áreas de manetenimiento, zona de UPS, MCC, área de transformadores, subestación eléctrica y de generadores.

El agua de cada área intermedia de tanques y del área de tanques se drenará en sumideros intermedios, aislados por medio de una válvula manual. Estos sumideros se conectaran a un sumidero de mayor capacidad que estará aislado mediante una válvula y tendrá un indicador para detectar la presencia de aceites. En el caso que no se detecte aceites o contaminantes, se podrá abrir la válvula y verter el contenido en el sistema de recolección de aguas lluvia; en caso contrario se permitirá el paso del agua contaminada al sistema de sepración de aguas y aceites. Esto se controlará mediante una válvula de by-pass para el flujo de efluentes.

El sistema de drenajes estará en periódica limpieza y mantenimiento para asegurar su correcta operación. Tanto en el terminal portuario como en la zona de transferencia contarán con un sistema independiente de manejo de agua con aceite, aunque con capacidades distintas. Se estima que el separador CPI del terminal portuario tendrá una capacidad de separar (+/-) 300m³/h y la estación de transferencia unos (+/-) 150m³/h.

Por último el agua tratada será vertida en el canal de efluentes pluviales de donde será bombeada con salida al mar o al Canal del Dique. Para esto se tendrán dos (2) bombas, una en el terminal portuario con una capacidad de 300m³/h y otra en la zona de transferencia con una capacidad de 150 m³/h. El agua vertida deberá cumplir con las características requeridas por las normas y regulaciones emitidas por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como los procedimientos y normas emitidos por el ICOTEC donde fueran necesarias su aplicación y seguimiento.

El aceite/petróleo que se separe en el sistema será bombeado a los tanques de slop y seguirán el proceso que se explica posteriormente para manejar slop.

4.3.2 Vertimientos en suelo

No se proyectan vertimientos significativos ni periódicos en áreas terrestres por lo que no se presenta información asociada de áreas de suelo para su disposición, caracterización fisicoquímica de los aportes, volúmenes proyectados, formas de tratamiento, entre otras.

4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES

No se proyecta la intervención de cauces de cuerpos de agua en ninguna de las fases (construcción y operación). Por lo tanto, no se anexa información correspondiente a la caracterización de la dinámica fluvial ni la descripción de obras típicas

4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Para efectos de la adecuación y nivelación de los terrenos de la estación de transferencia, se requerirán alrededor de 147.083 de m³ de materiales, que serán obtenidos de canteras y fuentes de materiales que cuenten con la debida aprobación y licencias de las autoridades ambientales y mineras.

4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Para el aprovechamiento forestal se tuvo en cuenta solamente la adecuación de la estación de transferencia ET-2, en donde las estimaciones de los volúmenes por remover consideraron la caracterización de 5 parcelas de 10 x 10 m, es decir, 0,05 ha, en los sitios más representativos. Debido a que la cobertura del área (8,30 ha) presentó en el 96% del área una vegetación de pantano y matorral, que no aportan volumen maderable, se descarta un aprovechamiento forestal (Figura 4.6.1).

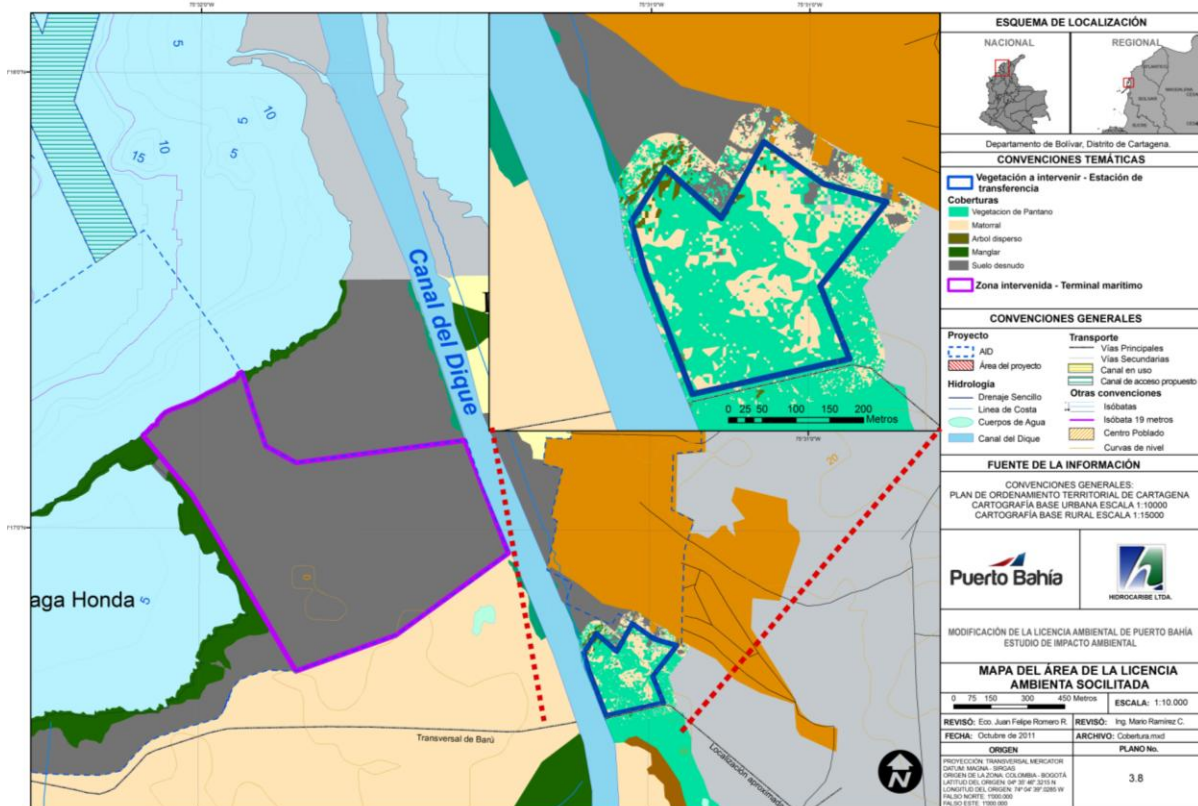
Dentro de las parcelas se obtuvieron los datos para cada individuo como: el promedio de categoría diamétrica, número de individuos, especie, altura total, altura de fuste, circunferencia a la altura del pecho (CAP), y diámetro mayor y menor de la copa (ver capítulo 3), con los cuales se realizaron los cálculos de material vegetal a remover y volumen de madera. Se prevé remover un total de 17,50 m³ de material vegetal (Tabla 4.6.1) en un área de 0,13 ha, de los cuales 15,90 m³ son maderables, provenientes de 0,02 ha de manglar *Conocarpus erecta* y 0,13 ha pertenecientes a la cobertura denominada árbol disperso (vegetación de bosque xerofítico) donde se encuentran las especies: *Erythrina fusca*, *Prosopis juliflora*, *Crescentia cujete*, *Gliricida sepium*, *Ficus* sp., *Coccoloba uvifera* y *Hura crepitans*.

Tabla 4.6.1. Volúmenes de material vegetal que se estima serán removidos en zonas de manglar y bosques xerofíticos ubicadas en el área del Terminal propuesto en estación de transferencia

COBERTURA	AREA A REMOVER (ha)	VOL. TOTAL A REMOVER (m ³)	VOL. MADERA (m ³)
Manglar	0,02	0,17	0,1632
Árbol disperso (Bosque xerofítico)	0,13	17,31	15,742
TOTAL	0,13	17,50	15,90

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011

Figura 4.6.1. Zonas de Vegetación a intervenir en el Proyecto



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011

Durante la construcción y operación de la zona de transferencia, no se proyectan remociones ni aprovechamientos de coberturas asociados a sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y/o silvopastoriles. Tampoco la remoción de coberturas asociadas a cultivos o a pastizales y sabanas naturales.

4.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

4.7.1 Condiciones de trámite preexistentes

En la Licencia Ambiental bajo Resolución 1635/2010 MAVDT se aprobaron algunas actividades generadoras de emisiones de material particulado y de ruido, que siguen teniendo validez para el desarrollo de este proyecto portuario modificado. Estas actividades son las siguientes:

- **Emisiones producidas por la operación de maquinarias**, vehículos de transporte entre otros, que usan combustibles fósiles para su operación.
- **Emisiones de polvo** generadas por las obras de remoción, descapote y adecuación del terreno durante la fase de construcción.

- **Emisiones de ruido**, generadas por el transporte de material y personal, operación de maquinarias durante la adecuación del terreno y la construcción del terminal portuario, operación y maniobras de cargue, descargue, movilización y almacenaje de diferentes tipos y volúmenes de carga durante la operación del Terminal.

Para estas actividades, en este informe se proponen las mismas medidas en el programa de manejo ambiental MA-MRA-4 para el control y prevención de los impactos que puedan causar.

4.7.2 Nuevas condiciones con la modificación del proyecto

4.7.2.1 Emisiones por fuentes fijas en tanques e incineradores

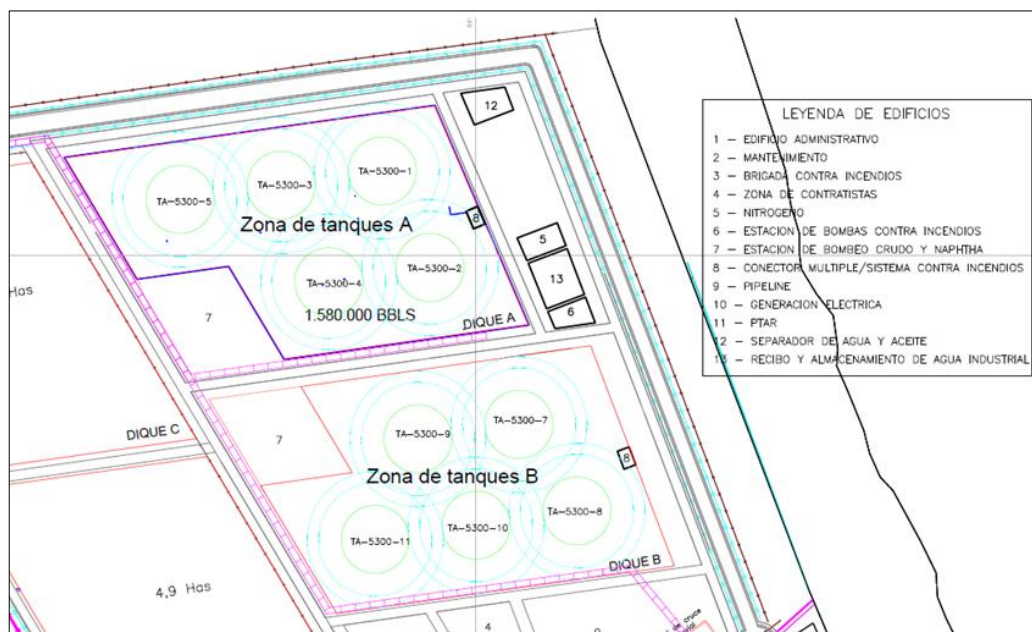
- **Tanques de almacenamiento**

- Localización

En la primera fase del terminal de graneles líquidos se desarrollará la zona de tanques correspondiente al Dique A, que incluye 4 tanques para el almacenamiento de crudos, con capacidad total de 1 360 000 bbls, un tanque para el almacenamiento de nafta, con capacidad de 340 000 bbls, una estación de bombas para el crudo y la nafta y un conector múltiple del sistema contraincendio (Figura 4.7.1).

Para la segunda fase del terminal se ha previsto el área correspondiente al Dique B con una dotación similar a la del Dique A en cuanto a número y capacidad de tanques para crudos y para nafta y a los sistemas de bombeo y de contraincendio.

Figura 4.7.1 Localización general de la zona de tanques y diques de contención



Fuente: Oil Tanking, SPPB, 2011; adaptado por Hidrocaribe (2011)

- Especificaciones de los tanques:

El tipo de tanques a construir será Vertical, fijo sobre el nivel del terreno, con techo flotante interno para evitar la liberación de vapores a la atmósfera y un domo fijo autoportante. Todos los tanques de almacenamiento serán construidos siguiendo los lineamientos de la API 650, API 2000 (últimas ediciones). Para las estimaciones de costo se han considerado tanques de acero al carbono (A-36 ó A-283), techos fijos de domo e internos de acero al carbono, con presiones atmosféricas.

Es muy importante considerar que en la operación de dichos tanques se alcanzan alturas significativas y que están expuestos a tormentas eléctricas, con serios riesgos de ocasionar accidentes; por lo anterior y considerando los requerimientos de capacidad nominal, el cálculo de altura de tanques y tamaño óptimo del área total de almacenamiento se basa en la normas NPFA 30. Sin embargo, algunas medidas de estas reglamentaciones difieren con respecto a la ley colombiana. Para efectos de este proyecto, se han tomado como base de fundamento los conceptos de seguridad de la NFPA 30, pero lo correspondiente al área de tanques y diques de contención han sido calculados considerando las especificaciones del decreto colombiano 0283 de 1990 "Por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte, distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y el transporte por carrotanques de petróleo crudo".

- Capacidad de los tanques

Las características técnicas de capacidad nominal y operacional, así como el dimensionamiento en diámetro y altura y el tipo de producto por almacenar, se indican en la Tabla 4.7.1.

Tabla 4.7.1 Características técnicas de los tanques

Tanque	Clasificación del líquido	Producto	Densidad de diseño	Diámetro [m]	Altura [m]	Nominal		Operación	
						Volúmen total	Volúmen total	Volúmen total	Volúmen total
TA-5300-1	Clase I	Crudo	1.000	53,4	23,7	53.079	333.865	47.771	300.479
TA-5300-2	Clase I	Crudo	1.000	53,4	23,7	53.079	333.865	47.771	300.479
TA-5300-3	Clase I	Crudo	1.000	53,4	23,7	53.079	333.865	47.771	300.479
TA-5300-4	Clase I	Crudo	1.000	53,4	23,7	53.079	333.865	47.771	300.479
TA-4000-1	Clase I	Nafta	1.000	46,3	23,7	39.903	250.987	35.912	225.888
Volúmen Nominal - Crudo						212.315	1.335.462	191.084	1.201.915
Volúmen Nominal - Naphtha						39.903	250.987	35.912	225.888
Total - Capacidad de Almacenamiento						252.218	1.586.448	226.996	1.427.803

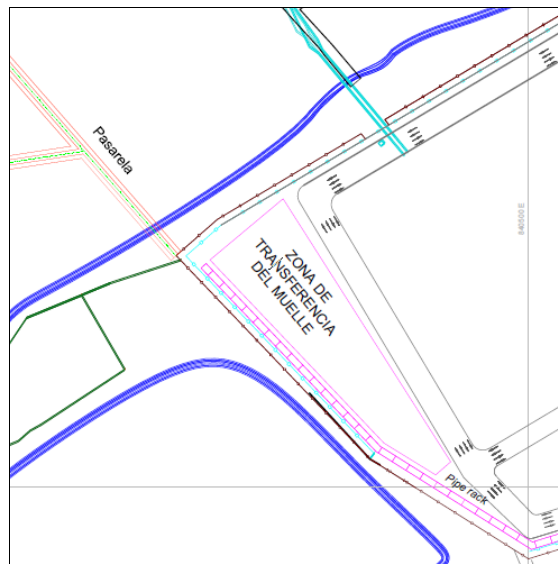
Fuente: Oil Tanking, 2011

• Incineradores

- Localización

Zona de transferencia del muelle: Se ha reservado un área de aproximadamente 1,0 hectárea sobre el costado noroeste del lote (al borde de la bahía de Cartagena), destinada para el área de transferencia del muelle (Figura 4.7.2). En esta zona se prevé la instalación del incinerador de los gases de las embarcaciones y un área de operación donde se instalará un conector de tuberías (tuberías desde la estación de bombeo y hacia los muelles).

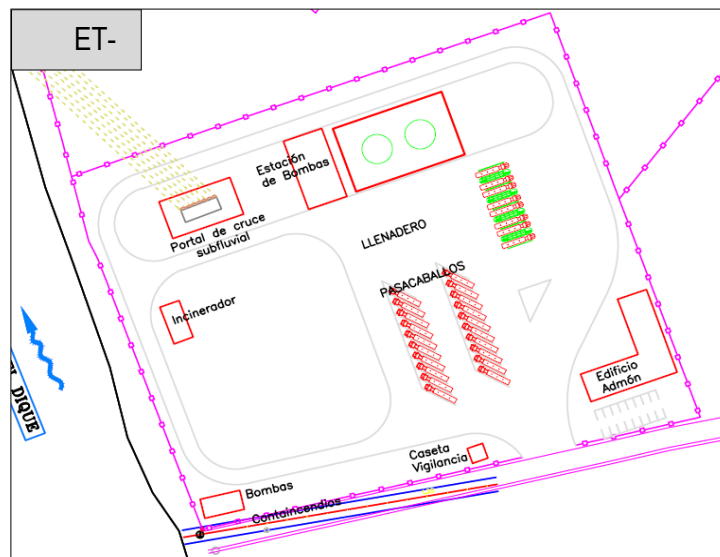
Figura 4.7.2 Localización de la zona de transferencia del muelle



Fuente: Oil Tanking, 2011; adaptado por Hidrocaribe (2011)

Estación de transferencia ET-2: Debido al flujo esperado de carrotaques que transporten crudo para su almacenamiento en la Terminal, se tiene prevista la construcción de dos terminales de transferencia dotadas con llenadero de carrotaques (Figura 4.7.3). Una, la estación ET-1, en el costado SW de la zona de tanques, y la otra, la estación ET-2, sobre la margen derecha del canal del Dique, en el cruce de la nueva Vía Transversal Barú. En ET-2 se tiene preveer la instalación de un incinerador de gases, provenientes de la cra-ga/descarga.

Figura 4.7.3 Localización estación de transferencia ET-2



Fuente: Oil Tanking, 2011

- Especificaciones de los incineradores

La altura aproximada del incineradores será de 50 – 75 ft, el diámetro del flare tip será de 12-14 in y la velocidad de salida de los gases en el tip no excederá los 60 ft/s y la temperatura de llama adiabática será aproximadamente 2400°F (Figura 4.7.4).

Figura 4.7.4. Incinerador de combustión cerrada



Fuente: Oiltanking 2011

- Los elementos principales que componen el sistema

Safety and injection skid: Que lo componen arresta llamas de 10" con transmisores de presión y temperatura, valvula automatizada de 10", transmisores de presión con alama y sistema de shut down, válvulas de alivio y vacio, sistema de inyección de gas natural con controles automatizados, medidor de flujo de gas natural, 2 analizadores paramagnéticos de oxigeno para el sistema de control de gas natural, y un panel de control para operaciones.

- Manejo ambiental

La terminal contará con un sistema de incineración de los vapores producidos durante el llenado de embarcaciones y carrotanques. Este sistema consta de líneas de recuperación de vapores en los brazos de carga los cuales llevan los vapores a un incinerador no productor de humo, pasando por varios sistemas y dispositivos de control y seguridad. En cuanto a los vapores generados en el despacho de nafta serán recolectados y llevados hacia la estación de carro-tanques, para luego ser llevados a un incinerador que se encontrará en la Estación de transferencia ET-2.

- Los tanques estarán diseñados con techo flotante interno y domo fijo autoportante, con el fin de evitar la liberación de vapores a la atmósfera y la disminución de impactos por las emisiones de olores.

Áreas de contención (pits): Debido a restricciones ambientales, los tanques estarán ubicados dentro de un área de contención diseñada para contener un eventual derrame de producto. Este pit tendrá un volumen suficiente para contener el volumen del tanque de mayor capacidad (53 079 m³) y de igual forma

contará con diques intermedios los cuales podrán contener el 10% del volumen total del tanque al que rodean (Tabla 4.7.2). Las áreas de contención serán impermeabilizadas en concreto u otro material disponible en el mercado y que cumpla con los requerimientos de impermeabilidad.

El dique principal será de concreto reforzado impermeabilizado, tendrá 2 m de altura y contará con un drenaje. Adicionalmente, en línea con la NFPA y el decreto 283, se han considerado diques intermedios con una altura de 0,45 m y 20 cm de ancho, los cuales también contarán con drenajes para aguas de lluvia.

Tabla 4.7.2 Cálculo del volumen requerido para los diques de contención (pits)

Tanque	Area [m ²]
TA-5300-1	2240
TA-5300-2	2240
TA-5300-3	2240
TA-5300-4	2240
TA-4000-1	1684
Area total de los tanques [m ²]	10.642
Area bruta de contención [m ²]	48.214
Area neta de contención [m ²]	39.812
Altura del muro de contención [m]	2,00
Volumen de contención [m ³]	79.623
Volumen requerido *) [m ³]	72.993 (Se cumple con el requerimiento)

*) El volumen requerido es el volumen del tanque mas grande sumado al 10 % del resto de los tanques (Decreto 283)

Fuente: Oil Tanking, 2011

- Los incineradores serán de combustión cerrada (enclosed waste gas flare), es decir, no tendrá llama o humo visible ya que la combustión se realiza en el interior (Figura 4.7.4). Este sistema trabajará con gas natural para mejorar la eficiencia de la combustión de los vapores y así reducir la mayor cantidad de contaminantes. El gas natural se mezcla con los vapores en el injection skid y luego pasa por ventiladores, filtros y demás componentes hasta llegar a la chimenea donde se produce la combustión. La ignición se genera por medio de varios pilotos en la chimenea alimentados por gas natural. También se requerirá de aire comprimido para evitar la generación de humos después de la combustion.

Con este flare no se generarán ningún tipo de residuo solido debido a que se presenta una combustión completa con una eficiencia de +98%, solo se producen emisiones de gases debido a la combustión de hidrocarburos entre los cuales se tienen SO₂, NO_x, CO, NMVOC, CH₄ y CO₂.

Como otra medida de manejo ambiental se le realizarán mantenimientos correctivos y preventivos, los cuales estarán a cargo de empresa que suministrará el equipo. Las rutinas de mantenimiento por parte del proveedor serán: Lubricar todos los motores y soportes por lo menos una vez al mes según instrucciones del proveedor, revisar y limpiar los quemadores cada mes, inspeccionar los componentes refractarios para las reparaciones necesarias cada mes y limpie abertura de las puertas cada semana. Todo elemento residual producto del mantenimiento correctivo, se enviará al proveedor del incinerador para que realice su disposición final de acuerdo a la normatividad vigente.

- **Modelo de dispersión gaussiano**

El Modelo gaussiano de difusión para penachos de chimeneas (emisión fija continua): es la técnica más ampliamente usada para contaminantes no reactivos. Proporciona una excelente aproximación matemática a la dispersión de contaminantes. Estos modelos han sido usados satisfactoriamente para simular la distribución de concentraciones de contaminantes sobre áreas urbanas e industriales con una escala típica de uno a menos de 50 kilómetros. En la actualidad la mayoría de las teorías tienden a llegar a la misma función de distribución para la concentración del contaminante y en general, estas ecuaciones de dispersión tomarán el formato de una doble distribución gaussiano distribución normal estadística) en dos direcciones y y z. Estos modelos se basan en la difusión de la masa del contaminante en estas direcciones (y,z), según elementos fluidos es arrastrado por el viento; incluyen procesos en estado estacionario y asume que el material provenirte de un fuente, es transportado continuamente en dirección de la velocidad del viento, estando las concentraciones mas altas en el centro del penacho y las mas bajas en los extremos (Wark y Warner 1996).

Los desarrollos generados en estos modelos han sido del tipo matemático incluyendo métodos que contribuyen a involucrar una mayor cantidad de fuentes de emisión y al cálculo de la concentración de un contaminante específico en un lugar determinado involucrando el aporte de cada fuente. Cabe mencionar que la mayoría de los modelos de calidad del aire recomendados por la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) son gaussianos.

- Variables a considerar para la aplicación de modelos de dispersión.

Las variables claves que conforman la base de datos de entrada para aplicar un modelo de dispersión y hacerlo consistente son (Benavides, 2002):

Cantidad y tipo de emisiones generadas por las actividades existentes: Estas emisiones se pueden determinar por medición directa, balance de masa o usando ecuaciones empíricas que permitan calcular la emisión por medio de factores definidos para cada tecnología, proceso o equipo y para cada combustible o materia prima usada en estos procesos.

Por otra parte, es necesario conocer la ubicación física de las fuentes de emisión y las especificaciones geométricas de los dispositivos utilizados para su liberación a la atmósfera.

La meteorología: Es el factor principal que determina el efecto de dispersión de la sustancia emitida a la atmósfera y de cómo es transportada en la dirección del viento. Los principales factores que determinan los procesos de dispersión son: la dirección y velocidad del viento, la turbulencia en la atmósfera y la altura a la cual es emitida la sustancia. Los dos primeros factores son meteorológicos y el tercero, la altura de la pluma, puede ser influenciado por la meteorología. La dirección del viento es crucial para determinar hacia donde se dije un contaminante emitido. La velocidad del viento es importante, ya que, la dispersión en la atmósfera generalmente es mayor con más altas velocidades de los vientos. Finalmente, la atmósfera generalmente es turbulenta, debido a los efectos del viento (el cual causa turbulencia mecánica) y los efectos del calor (el cual causa turbulencia térmica) afectando los procesos de dilución y de mezcla de los contaminantes en la atmósfera.

La estabilidad atmosférica: Esta se relaciona con el perfil de temperatura, con la altura y además con la nubosidad, velocidad y dirección del viento e insolación. Condiciones de alta estabilidad están asociadas a condiciones de baja dispersión atmosférica y por consiguiente, de ventilación precaria y aumento de concentración. Igualmente, la inestabilidad alta es asociada a bajas concentraciones de contaminantes. En es-

tricto rigor, es necesario conocer con detalle cómo se comporta la temperatura con la altura que por lo general es muy complejo e implica altos costos para su determinación.

Para determinar el tipo de estabilidad atmosférica se han diseñado diferentes tablas de clasificación, tales como las cartas elaboradas por Pasquill y Gifford y por Cramer que permiten definirla a partir de datos de la velocidad del viento en superficie (a 10 metros), la insolación diaria y la nubosidad en la noche.

Rugosidad del terreno: Esta variable da cuenta de las irregularidades topográficas que afectan el comportamiento de los contaminantes generando mayor turbulencia y dispersión de los mismos. Es definida como la altura para la cual se anula a velocidad del viento en las cercanías del suelo. Es posible asociarla a un valor paramétrico relacionado con el tipo de terreno.

Selección del modelo: En el contexto internacional el modelo más usado para la modelación de calidad del aire es el ISCST3, propuesto como regulatorio por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) (Mottaleb, et al., 2003). El modelo de dispersión Complejo de Fuente Industrial (ISC) se ha usado ampliamente en el último año en Italia para la dirección de calidad aérea local y para el análisis de impacto medioambiental, En la Habana Cuba Leonor Turtos aplico este modelo para simular la dispersión local de las emisiones de SOX de la Central Termoeléctrica de Santa Cruz en un proyecto denominado "Modelación de la dispersión local de contaminantes atmosféricos en terrenos complejos", En Colombia este modelo también ha sido utilizado para diversos estudios relacionados con calidad del aire, en el año 2003 Henry Benavides lo manejo para pronosticar la concentración de material particulado por chimeneas en Bogotá. Por estas razones, en la presente análisis se ha escogido este modelo, debido a que la localización de los receptores puede ser especificada como una cuadrícula o ubicarse como receptores discretos en coordenadas cartesianas, además debido a que usa datos meteorológicos en tiempo real para explicar las condiciones atmosféricas que afectan la dispersión de contaminantes en el área de modelamiento.

- Información Meteorológica

La información meteorológica seleccionado para cargar en el modelo la cual fue suministrada por IDEAM consiste en mediciones horarias de vientos, temperaturas, radiación solar y nubosidad a nivel del suelo de los años 2009 y 2010 arrojados por la estación ubicada en el aeropuerto Rafael Nuñez de la ciudad de Cartagena. Con esta información preliminar se alimentó el modelo matemático a fin de interpretar las condiciones climatológicas históricas en el área de influencia de los incineradores y tanques de almacenamiento, para luego calcular las concentraciones proyectadas.

- Simulación de fuentes y receptores

Para simular con la ayuda del modelo ISCST se requieren conocer ciertos parámetros relacionados con la fuente de emisión, así mismo se hace necesario alimentar el modelo con datos meteorológicos horarios para todo el periodo de muestreo entre los que se destacan la dirección y velocidad del viento, precipitación, nubosidad, radiación solar, altura de mezcla, entre otros. A continuación se presenta la metodología de cálculo utilizada:

Fuentes Fijas. Para efectos de la simulación con el software ISCST se evaluó la influencia de (3) tres incineradores como estaba contemplado en su inicio el proyecto, que por ajuste de diseño se redujeron a (2) y diez Tanques de almacenamiento, sobre la calidad del aire en el área de influencia del proyecto.

- Cálculo de emisiones

Con el tipo de flare que se va a manejar no se generan ningún tipo de residuo sólido (combustión completa, eficiencia de +98%), solo se producen emisiones de gases debido a la combustión de hidrocarburos entre los cuales se tienen SO₂, NO_x, CO, NMVOC, CH₄ y CO₂. De los cuales son significativos el NO_x y CO, presentando emisiones de 49,5 lb/h y 99,01 lb/h respectivamente.

Para calcular las emisiones de COV's para los tanques de almacenamiento, se utilizó el Software de la EPA Tanks, ya que constituyen los mejores ejemplos de modelos mecánicos

Ecuaciones del Modelo de Emisiones - Las emisiones totales de los tanques de techo flotante son la suma de las pérdidas al extraer material y las pérdidas en el almacenamiento en reposo. Las pérdidas por extracción ocurren cuando baja el nivel del líquido y, por lo tanto, baja el nivel del techo flotante. Algo del líquido queda adherido a la superficie del tanque y es expuesto a la atmósfera. Existen pérdidas evaporativas hasta que el tanque esté lleno y la superficie expuesta quede cubierta nuevamente con el líquido. En los tanques de techo flotante interno, con techos fijos soportados por columnas, algún líquido también se cuelga de éstas. Las pérdidas en el almacenamiento en reposo de estos tanques incluyen las pérdidas en la orilla del sello y las del ajuste del techo. Todas éstas pueden presentarse a través de muchos mecanismos complejos tales como la pérdida inducida por el viento; la pérdida por respiración debida a cambios de temperatura y presión; la pérdida por la permeación del material del sello; o la pérdida por el efecto de capilaridad del líquido. Para los tanques de techo flotante interno, las pérdidas en reposo también pueden incluir aquellas ocasionadas por las juntas en la plataforma, al grado en que éstas no sean completamente herméticas.

A continuación se resumen las ecuaciones del modelo de emisiones. Las ecuaciones detalladas, las tablas de datos de apoyo y las figuras pueden encontrarse en el AP-42, Sección 7.1 (U.S. EPA, Febrero 1996). Los datos de los parámetros requeridos y los valores por omisión para los EU se presentan en la Tabla 4.7.3. Las pérdidas totales por emisión de los tanques con techo flotante se definen como:

$$L_T = L_R + L_{WD} + L_F + L_D$$

donde:

L_T = pérdidas totales, lb/año;

L_R = pérdidas en la orilla del sello, lb/año;

L_{WD} = pérdidas al extraer material del tanque, lb/año; L_F = pérdidas en el ajuste de la plataforma, lb/año

Pérdidas en la orilla del sello (L_R):

$$L_r = (K_{Ra} + K_{Rb} \times v^n) \times \frac{P_{va}/14.7}{[1 + (1 - P_{va}/14.7)^{0.5-2}]} \times D \times M_v \times K_c$$

Pérdidas al extraer material del tanque (L_{WD}):

$$L_{WD} = \frac{0.943 \times Q \times C \times W_L}{D} \times \frac{(1 + N_c \times E_c)}{D}$$

Pérdida en el ajuste de la plataforma (L_F):

$$L_F = F_F \times \frac{P_{VA}/14.7}{[1 + (1 - P_{VA}/14.7)^{0.5}]^2} \times M_V \times K_C$$

Pérdida en la junta de la plataforma (L_n):

$$L_n = (K_n + S_n \times D^2) \times \frac{P_{VA}/14.7}{[1 + (1 - P_{VA}/14.7)^{0.5}]^2} \times M_V \times K_C$$

Donde:

K_{Ra} = factor de pérdida en la orilla del sello a velocidad del viento igual a cero, lb-mol/pieⁿaño

K_{Ra} = factor de pérdida en la orilla del sello dependiente de la velocidad del viento, lb-mol/(mph) pieⁿaño

v = velocidad promedio del viento en el sitio del tanque, mph;

n = exponente de la velocidad del viento relacionado con el sello

P_{VA}= presión de vapor verdadera a la temperatura diaria promedio de la superficie, psia

D= diámetro del tanque, ft

M_V= peso molecular del vapor del líquido, lb/lb-mol

K_C= factor del producto (0.4 para aceites crudos, 1.0 para todos los demás líquidos orgánicos)

Q= producción, bbl/año;

C= factor de adherencia, bbl/1000 ft²;

W_L= densidad del líquido, lb/gal;

N_C= número de columnas

F_C= diámetro efectivo de la columna, ft

F_F= factor de pérdida del ajuste entre el techo y la plataforma, lb-mol/año

K_D= factor de pérdida en la junta de la plataforma por unidad de longitud de la junta, lb-mol/ft año
(0.34 para junta atornillada, 0.0 para junta soldada)

S_D= factor de longitud de la junta de la plataforma, ft/ft.

Tabla 4.7.3 Parámetros requeridos y Valores por Omisión para los EU

Descripción del Parámetro	Variable	Valor Estadounidense por Omisión
Diámetro del tanque	D	
Número de columnas del tanque	N _C	Ver tabla basada en el diáme-
Diámetro efectivo de la columna del tanque	F _C	1.0 pie
Condición de la envolvente del tanque	Se usa para determinar C (herrumbre ligera, herrumbre densa, recubrimiento de mortero lanzado)	
Factor de adherencia del tanque	C	
Velocidad del viento el lugar donde se halla el tanque	v (también se usa para determinar F _F)	Se dan valores para varios lugares de EU
Construcción del tanque (soldado o remachado)	Se usa para determinar K _{Ra} , K _{Rb} , y n	

Descripción del Parámetro	Variable	Valor Estadounidense por Omisión
Construcción de la plataforma del tanque	Utilizado para determinar KD (soldado o atornillado) y SD (tamaño de las láminas o paneles)	
Factor de pérdida en el ajuste de la plataforma del tanque	FF	Se puede calcular contando el número de uniones de la plataforma de un tanque específico
Sistema de sellado del tanque (tipos de sellos primarios o secundarios)	Se usan para determinar KR _a , KR _b , y n	
Factores del sello del tanque (y exponente de velocidad del viento relacionado con el sello)	KR _a , KR _b , n	Para los techos externos, usar valores para soldado, ajuste promedio, sello primario del pilote. Para internos, usar valores para ajuste promedio y sellos primarios montados en vapor, sola-
Factor de longitud de la unión de la plataforma del tanque	SD	Sd=0.2 para plataformas remachadas, 0.0 para plataformas soldadas
Producción de material	Q	
Peso molecular del vapor del material	MV	Se dan valores del peso molecular para productos petroquímicos selectos
Presión de vapor del material a la temperatura promedio de la superficie del líquido	PVA a TLA	Se dan valores de la presión de vapor para productos petroquímicos selectos. Las correlaciones de la presión de vapor están basadas en
Densidad del líquido del material	WL	Se dan valores para productos petroquímicos selectos

El programa TANKS está diseñado para estimar las emisiones de COVs de tanques de almacenamiento. El usuario da la información específica sobre el tanque y su contenido, y el programa estima las emisiones anuales o estacionales y genera un reporte. Las emisiones se pueden dividir en pérdidas de respiración y pérdidas por operación (U.S. EPA, 1996).

El programa TANKS tiene una base de datos sobre productos químicos para más de 100 líquidos orgánicos, y datos meteorológicos de más de 250 ciudades en EU. El usuario puede añadir nuevas sustancias y ciudades (con datos meteorológicos) a su propia versión de la base de datos. Los estilos de tanque presentados en el programa incluyen tanques de techo fijo, tanto verticales como horizontales, y tanques de techo flotante tanto interno como externo. El tanque puede contener uno o múltiples componentes líquidos.

Las ecuaciones para estimar emisiones que forman la base del software fueron desarrolladas por el American Petroleum Institute (API) (Instituto Americano del Petróleo). El API conserva el derecho de autor de estas ecuaciones, pero dio el permiso para la distribución no exclusiva y no comercial de este material para las agencias gubernamentales y regulatorias.

El cálculo de las emisiones en los tanques de almacenamiento a ubicar en la Sociedad Portuaria de Puerto Bahía se realizó en conjunto con la empresa Oiltanking Colombia la cual está encargada de la instalación de los Tanques. En la Tabla 4.7.4 se muestran los resultados de la simulación con el Software Tanks.

Tabla 4.7.4 Emisiones de COV's para los tanques de Almacenamiento de la sociedad Portuaria de Puerto Bahía.

Tank Identification				Losses		
				[lbs]	[lb/month]	[kg/month]
TA-5300-5	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	1.647,73	137,311	62,414
TA-5300-1	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-2	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-3	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-4	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
Total Emissions for all Tanks:				15.560	1.297	589,4

Fuente: Oil Tanking, 2011

- Datos meteorológicos

Estabilidad atmosférica. La estabilidad atmosférica se determinó teniendo en cuenta los datos horarios de velocidad del viento y la radiación solar, que varía entre 220 a 225 W/m² en la ciudad de Cartagena, según lo mostrado en la Tabla 4.7.5.

Tabla 4.7.5 Estabilidad atmosférica basada en la velocidad del Viento y Radiación global

Velocidad Viento (m/s)	Radiación Solar Global (W/m ²)					
	>700	700-540	540-400	400-270	270-140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>700	C	C	D	D	D	D

Fuente: Benavides, 2002

- Metodología de cálculo de la altura de mezcla.

La altura de mezcla es uno de los parámetros meteorológicos más importantes que deben ser introducidos al modelo ISCST. Si bien las alturas de mezcla no se miden directamente, es posible obtener cálculos aproximados a partir de las mediciones meteorológicas rutinarias (Benavides, 2002). Para calcular la altura de mezcla se debe conocer los promedios horarios de las variables meteorológicas medias tales como la velocidad del viento, la temperatura del aire, la radiación solar y la estimación a partir de ellas de los parámetros turbulentos como el flujo de calor sensible y la velocidad de fricción (Benavides, 2002). Para el caso estudio se utilizaron los datos meteorológicos de los años 2009 y 2010 tomados de la Estación del IDEAM Ubicada en el Aeropuerto Rafael Nuñez de la Ciudad de Cartagena.

El cálculo de los parámetros turbulentos se muestra a continuación:

Flujo de calor sensible: caracteriza el nivel de conectividad propia de las inmediatas vecindades del suelo y se relaciona a la turbulencia térmica:

$$H_0 = 0.3 R_g + A$$

Donde:

A: 2.4 N – 25.5 y el valor de H_0 debe ser mayor de cero en horas diurnas

Rg: Radiación solar global

N: Nubosidad en octas

Velocidad de fricción: es la que caracteriza el nivel de turbulencia mecánica generado por la cortante del viento (León, 2002). Este parámetro se calcula a través del conocimiento del parámetro H_0 y de la relación de similitud que describe el perfil de velocidad del viento en la capa superficial:

$$U_z = U_0 [1 + \alpha \ln(1 + bQ_0/Q_z)]$$

Donde:

$$U_0 = \frac{KU}{\ln(Z_m/Z_0)}; \quad y \quad Z_m = Z_t - 4Z_0$$

$$Q_0 = H_0 / \rho C_p \quad y \quad Q_z = (TU_0^3) / (Kg / Z_m)$$

$$\alpha = [0.128 + 0.005 \ln(Z_0 / Z_m)] \dots \text{si } Z_0 / Z_m \leq 0.01$$

$$\alpha = [0.107] \dots \text{si } Z_0 / Z_m > 0.01$$

$$b = 1.95 + 32.6 (Z_0 / Z_m)$$

En las anteriores relaciones, K es la constante de Von Harman (0.41), g es la gravedad (9.8 m/s), Z es la altura del anemómetro donde se hace la medición del viento, Z_0 es la rugosidad superficial (para este caso se toma el valor de 1 que es el asignado para el tipo de suelo urbano), ρ es la densidad del aire (para Cartagena el valor promedio es de 1.2018) y C_p es el calor específico a presión constante.

Para el cálculo de la densidad y el calor específico se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho C_p = 350.175 * P/T$$

Donde P es la presión atmosférica en milibares (para este caso se tomará el valor promedio para Cartagena 1010).

Finalmente la altura de mezcla se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H_{mezcla} = 1330 U^*$$

- Descripción del modelo iscst

El modelo ISCST (Industrial Source Complex Short Term) es un modelo de pluma Gaussiano desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental EPA, que pueden usarse para evaluar las concentraciones de una gran variedad de contaminantes asociadas a fuentes de complejo industrial de tipo puntuales, de área, línea y volumen, evaluando la dispersión de éstas hasta 50 Km alrededor de la fuente. Opera en los modos a largo plazo y a corto plazo.

El modelo ISCST trabaja con las siguientes opciones predefinidas por la EPA, como son la caída de flujo de cima de chimenea, uso de dispersión por flotación inducida, ascenso gradual de la pluma (excepto para caída de flujo por edificios), rutinas de procesamiento de calmas, estimaciones de concentración de límite superior para fuentes afectadas por la caída de flujos por edificios muy bajos y extendidos, exponentes de perfil del viento y gradientes térmicos potenciales. El usuario puede fácilmente asegurarse que se están usando estas opciones incluyendo palabras claves secundarias.

Selección de opciones de modelado - ruta CO. El usuario puede seleccionar ya sea parámetros de dispersión rural o urbana, dependiendo de las características de la ubicación de la fuente, además tiene la posibilidad de escoger entre cinco diferentes tipos de contaminantes diferentes a modelar tales como NOx, SOx, PTS, PM10 y otros. El usuario tiene también la opción de calcular los valores de concentración o los valores de deposición para una ejecución en particular, se puede también seleccionar más de un tipo de información de salida (concentración y/o deposición) en una sola ejecución, dependiendo de los valores dados a uno de los límites de arreglo de almacenamiento. El usuario puede especificar que se calculen varios promedios de corto plazo en una sola ejecución del modelo ISCST, así como solicitar promedios de período completo (v.gr, anual).

Especificación de los datos de entrada de fuente – ruta SO. El modelo maneja cuatro tipos de fuente separados, identificados como fuentes de punto, volumétricas, de área o de fosa abierta. Ciertos tipos de fuentes en línea pueden manejarse en ISC usando ya sea una hilera de fuentes volumétricas o como fuentes de área muy alargadas. Los parámetros de entrada pueden variar dependiendo del tipo de fuente. Pueden especificarse varios tipos de fuente en una sola ejecución, con las contribuciones combinadas de cada fuente para cada grupo. También se incluye la especificación de factores de tasa de emisión variable cuyas emisiones varían como función del mes, temporada, hora del día, clase de estabilidad, y categoría de velocidad del viento, o temporada y hora del día.

Especificación de una red receptora - ruta RE. El modelo ISCST es muy flexible a la hora de especificar la ubicación de los receptores porque permite al usuario definir redes de receptores cartesianas y/o polares, con cuadrículado de espaciamiento uniforme o no uniforme, así como ubicaciones del receptor discretas con referencia en un sistema cartesiano y polar en una misma ejecución.

Si el usuario desea modelar impactos en ubicaciones específicas de interés, es posible especificar receptores de punto discretos que pueden escribirse como puntos cartesianos (X, Y) o como coordenadas de distancia y dirección polar.

Especificación de los datos de entrada meteorológicos - ruta ME. El usuario tiene flexibilidad para utilizar archivos con formato ASCII que contengan registros secuenciales por hora de variables meteorológicas. Para estos archivos ASCII, el usuario puede usar un formato ASCII predefinido, puede especificar el formato de lectura ASCII, o puede especificar lecturas libres de formato como datos meteorológicos. Un programa de utilidad llamado BINTOASC se incluye con el modelo ISC para convertir archivos de datos meteorológicos de varios tipos, sin formato, al formato ASCII predefinido que se usa en ISCST. El modelo procesa todos los datos meteorológicos disponibles en el archivo de entrada por omisión, pero el usuario puede fácilmente especificar una selección de días o rango de días para procesar.

El modelo ISCST incluye un algoritmo de deposición seca y uno de deposición húmeda. El algoritmo de deposición seca necesita variables meteorológicas adicionales, tales como la longitud de Monin-Obukhov y velocidad de fricción superficial, las que proporciona el preprocesador PCRAMMET. El algoritmo de deposición húmeda en el modelo de corto plazo también necesita datos de precipitación, los cuales se encuentran

como una opción en los datos preprocesados en PCRAMMET. Cuando se utilicen los algoritmos de deposición seca o húmeda en ISCST, los datos meteorológicos deben encontrarse en un archivo con formato ASCII.

Selección de opciones de información de salida - ruta OU. Los tipos básicos de información de salida disponibles en el modelo de corto plazo son: Resúmenes de valores altos (el más alto, el segundo más alto, etc.) por receptor para cada período de promediación y combinación de grupos de fuente; resúmenes del total de valores máximos (e.j., los 50 máximos) para cada período de promediación y combinación de grupo de fuente; y tablas de valores actuales resumidas por receptor para cada período de promediación y combinación de grupo de fuente para cada día de datos procesados. Otra opción es generar un archivo de coordenadas (X,Y) y diseñar valores (los segundos valores más altos en cada receptor para un período de promediación en particular y combinación de grupo de fuentes) que puedan fácilmente importarse a varios paquetes de graficación para generar mapas de contorno de los valores de concentración y/o deposición. Se pueden especificar archivos separados para cada período de promediación y combinación de grupos de fuentes de interés para el usuario.

- Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos en el modelo de dispersión corresponden a la simulación de la distribución de agentes contaminantes con concentraciones proyectadas según las características de fabricación de los equipos incineradores y sistemas de almacenamiento de crudo (Tanques).

Los contaminantes evaluados en el modelo de dispersión para el sistema de combustión interna en los incineradores son Monóxidos de Carbono (CO) y Óxidos Nitrosos (NOx), debido a que las especificaciones del fabricante de los equipos garantiza una eficiencia +98% y presentando emisiones de 99,01 lb/h de CO y 49,5 lb/h de NOx considerando despreciables las concentraciones de otros compuestos como SOx, COV's y HCT.

Para los sistemas de almacenamiento de crudo (Tanques) según sus características de diseño los compuestos que se producirán en estos sistemas corresponden a Compuestos Orgánicos Volátiles, parámetros, que sus concentraciones y límites máximos permisibles no se encuentran plenamente reglamentados por la legislación nacional. Para efectos de determinar los índices comparativos entre las concentraciones proyectadas y los límites de posible afectación a la salud humana, en este modelo, se utilizaron como límites máximos permisibles los establecidos en la norma internacional OSHA los cuales corresponden a 100 ppm (750 mg/m³ Actividades Portuarias) para un máximo de 8 horas de exposición.

Según lo antes mencionado, el total de parámetros para la elaboración de un modelo de dispersión para tres (3) incineradores y 10 tanques de almacenamientos en el área de influencia del proyecto de construcción y operación de un puerto multipropósito es equivalente a tres (3): Monóxidos de Carbono, Óxidos de Nitrógeno y Compuestos Orgánicos Volátiles. Los dos primeros con concentraciones proyectadas para los procesos de combustión interna en los incineradores y el último con concentraciones proyectadas para el proceso de almacenamiento de crudo.

Las comunidades presentes en el área de influencia del proyecto son: Santa Ana, Ararca y Pasacaballos siendo esta última la que presenta mayor grado incidencia sobre las concentraciones de los contaminantes debido al comportamiento de los vientos en el transcurso del año.

Comunidad de Santa Ana: Esta población se encuentra ubicada a 8 km., por carretera, del área destinada a la construcción y operación del puerto, se caracteriza por ser una población mayoritariamente dedicada a la pesca y servicios varios.

En esta población aunque las isopletras del modelo de dispersión no reportan presencia de Monóxido de Carbono ni Óxidos Nitrosos, se estima que en sus áreas circundantes se presenten concentraciones de hasta dos microgramos metro cúbicos de CO ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y NOx a una distancia superior a los 4300 metros de longitud.

Las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles que se estiman para las actividades de almacenamiento de crudo en el área portuaria no reportaron presencia en esta comunidad después.

La pluma del contaminante mantiene su comportamiento de dispersión disipación con tendencia a cero.

Comunidad de Ararca: Esta población se encuentra ubicada a 5 km., por carretera, del área destinada a la construcción y operación del puerto, las concentraciones de Monóxidos de Carbono se estiman son equivalentes a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ a una distancia de 3700 metros aproximados y para los Óxidos Nitrosos $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ a una distancia de 4100 metros aproximadamente.

La concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles que se estiman para las actividades de almacenamiento de crudo en el área portuaria no reportaron presencia en esta comunidad después.

Comunidad de Pasacaballos: Es una comunidad de afrodescendientes compuesta por más de 12.000 personas que viven de la pesca, el comercio y el trabajo en las grandes empresas de la zona industrial de Mamonal y es la ruta obligada para que de Cartagena se llegue a la Isla de Barú sitio de bellas playas.

Por el comportamiento de los vientos en el transcurso del año es la población que representa mayor grado de vulnerabilidad con respecto a la presencia de agentes contaminantes, aun así las concentraciones proyectadas para un modelo de dispersión multianual presenta niveles por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 610 de 2010 para CO y NOx y la norma internacional OSHA para COV's.

En esta población las concentraciones que se esperan corresponden entre 4 y $7 \text{ mg}/\text{m}^3$ de CO y 14 a $16 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ de NOx para un periodo de exposición anual para una distancia de 2000 metros aproximadamente, cabe anotar que esta estimación se hace en base a los resultados obtenidos en los modelos de dispersión para CO y NOx tomando como referencia la actividad simultanea de los tres incineradores. En cuanto a las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles el modelo de dispersión proyecta concentraciones máximas de entre $1,4$ y $2,2 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ a una distancia de 1500 metros aproximadamente.

Estos resultados siguen aun estando muy debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 610 de 2010.

La pluma que describe el comportamiento del contaminante tiene alcances superiores a los límites de la población del corregimiento de pasacaballos, pero esta mantiene su tendencia a la dispersión y disipación de las concentración permitiendo que el modelo referencia valores cercanos a cero.

Para el caso de los COV's se estima que la pluma alcance una distancia máxima de 4200 metros en dirección al Este.

A continuación se presentan tablas con resultados y comparación con la norma.

Tabla 4.7.6 Resultados y Comparación con la norma para Monóxido de Carbono Anual.

Monóxidos de Carbono (CO)	Resultados ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NORMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento de la Norma
Santa Ana	2	10.000	SI
Ararca	1	10.000	SI
Pasacaballos	4-7	10.000	SI

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Tabla 4.7.7 Resultados y Comparación con la norma para Óxido de Nitrogeno Anual.

Óxidos Nitrosos (NOx)	Resultados ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NORMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento de la Norma
Santa Ana	1	100	SI
Ararca	2	100	SI
Pasacaballos	14-16	100	SI

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Tabla 4.7.8 Resultados y Comparación con la norma para Compuestos Orgánicos Volátiles Anual.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)	Resultados (ppm)	NORMA (ppm)	Cumplimiento de la Norma
Santa Ana	ND*	100	SI
Ararca	ND*	100	SI
Pasacaballos	1,4 – 2,2	100	SI

* No Data

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

El modelo de dispersión de contaminantes para fuentes fijas en tres incineradores y 10 tanques de almacenamiento se corrió teniendo en cuenta los límites máximos permisibles para tiempo de exposición anual.

El modelo de dispersión de contaminantes para fuentes fijas que simula las estimaciones de concentraciones proyectadas para las actividades de 3 incineradores y 10 tanques de almacenamiento de crudo en el puerto multipropósito a cargo de la sociedad portuaria de puerto bahía fue corrido teniendo como referencia los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 610 de 2010 y la norma internacional OSHA para actividades portuarias en un periodo de exposición anual.

En el anexo 4.2 se muestran las isopleas con la localización de las fuentes fijas, junto con los resultados de los de la modelación de las emisiones tanto de forma individual como sumados, donde se pueden observar que los valores están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 610 de 2010. Y que las plumas de contaminantes no afectan a las poblaciones de Santa Ana y Ararca, donde se

presentan valores significativos es en la población de Pasacaballos debido a la predominancia de los Vientos en el área de Estudio (Norte y Noreste).

Estas concentraciones en los agentes contaminantes de CO y NOx muestran un alcance superior al mapa base lo que indica que la dispersión y disipación de los contaminantes va más allá del área de referencia manteniéndose por debajo de los límites máximos permisibles y con tendencia a cero.

Las actividades con mayores aportes en emisión serían los incineradores. De acuerdo a lo anterior, en el Plan de Manejo Ambiental del presente estudio se contempla realizar monitoreos periódicos de las concentraciones de gases en la población de Pasacaballos que permitan implementar medidas de mitigación a fin de cumplir lo establecido en la norma (ver Ficha de manejo MAO-MRA-2). Teniendo en cuenta los resultados de monitoreos de inmisión que se realicen en las áreas de influencia del proyecto para dar aplicabilidad a los establecidos de la resolución 610 de 2010 la cual establece los límites máximos permisibles para tiempos de exposición de 1 y 24 con criterios de prevención, alerta y emergencia como estados excepcionales (Tabla 4.7.9).

Tabla 4.7.9 Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para niveles de prevención, alerta y emergencia Res 610/10

Contaminante	Tiempo de Exposición	Estados Excepcionales		
		Prevención ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PST	24 horas	375	625	875
PM10	24 horas	300	400	500
SO₂	24 horas	500	1.000	1.600
NO₂	1 hora	400	800	2.000
O₃	1 hora	350	700	1.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

Nota: mg/m³ o $\mu\text{g}/\text{m}^3$: a las condiciones de 298,15°K y 101,325 KPa. (25°C y 760 mm Hg).

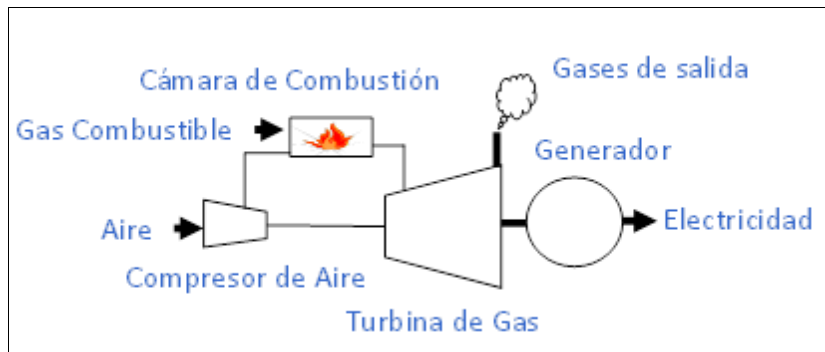
Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

4.7.2.2 Emisiones por fuentes fijas en generación eléctrica

El Sistema de generación de electricidad a instalar en SPPB estará formado por dos (2) conjuntos de turbina y generador (llamados comúnmente turbogeneradores), de 4,6 Megavatios de potencia cada uno y con capacidad individual suficiente para suministrar las cargas eléctricas de todo el complejo. Los turbogeneradores trabajarán en forma alterna, uno en operación normal y el otro de respaldo para casos de falla. Así, se puede garantizar una confiabilidad absoluta de suministro eléctrico a todo el puerto.

El proceso consta de una turbina de gas a la cual se le suministra aire y gas natural como combustible (Figura 4.7.5). El aire, después de comprimirse, pasa a la cámara de combustión donde se mezcla con el gas natural. Los productos de la combustión pasan a la sección de expansión de la turbina para producir la potencia necesaria para hacer funcionar tanto al compresor como al generador eléctrico.

Figura 4.7.5. Esquema del proceso de co-generación con gas natural



Fuente. SPPB, (2011)

El combustible utilizado para los generadores de electricidad será suministrado por Pacific Stratus Energy y será gas natural, ampliamente reconocido como un combustible limpio, con bajo nivel de generación de emisiones contaminantes, por ser en su mayoría metano (>90% volumen). Por esta razón, no se requerirán sistemas de control ambiental especiales a ser instalados para asegurar el cumplimiento de la resolución 908 de 2008 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, relativa a los límites permisibles de emisión para fuentes fijas, salvo los relativos al ajuste mecánico y funcional de las unidades respectivas, dentro del programa de mantenimiento preventivo de la planta.

- Gas

El combustible que se va a utilizar en los generadores de electricidad es gas natural, que será suministrado por Pacific Stratus Energy, otra empresa del holding empresarial Pacific, mediante un gasoducto que lo traerá desde los campos de producción en el Departamento de Sucre. Para este proyecto del gasoducto está en trámite otro proceso de licenciamiento ambiental.

El gas natural es reconocido como un combustible limpio, con muy bajo nivel de generación de emisiones contaminantes, por ser en su mayoría metano (>90% volumen). Por esta razón, no se requerirán de sistemas de control ambiental especiales a ser instalados para asegurar el cumplimiento de la Resolución 909 de 2008 del MAVDT, relativa a los límites permisibles de emisión para fuentes fijas, salvo los relativos al ajuste mecánico y funcional de las unidades, dentro del programa de mantenimiento preventivo de la planta.

4.8 RESIDUOS SÓLIDOS

Los manejos que se describen a continuación fueron aprobados en la Licencia Ambiental bajo Resolución 1635/2010 MAVDT para la zona del terminal portuario; los mismos serán tenidos en cuenta para el manejo de la estación de transferencia:

Los residuos sólidos que se proyectan se desprenderán durante las fases de construcción y operación del Terminal Multipropósito de Puerto Bahía, con manejos específicos para cada una de ellas.

- *Residuos sólidos durante la fase de construcción*

En esta fase se producirán residuos sólidos de material vegetal sobrante durante el aprovechamiento forestal, de material de escombros, de residuos sólidos ordinarios y residuos sólidos especiales. En el aprovechamiento forestal se aplicarán técnicas artesanales, con el uso de hachas, machetes y cuerdas, iniciando de

manera descendente (ver Ficha de manejo MB-MS-1), haciendo un “descopado”, eliminando en primera instancia las ramas que conforman la copa del árbol, disponiéndolas para su transporte hasta los sitios de disposición final en los rellenos sanitarios localizados junto a la zona industrial de Mamonal y el del municipio de Turbana; por aparte se disponen los troncos gruesos para su reutilización en la construcción; los tocones quedan para ser removidos con buldózer.

Para el manejo, transporte y disposición final del material de escombros, el contratista de obra, cumplirá con cada una de las acciones que se encuentran dispuestas en la Resolución 541 de 1994 emanada por el Ministerio del Medio Ambiente (ver Ficha de manejo MA-MBS-1).

Los residuos sólidos ordinarios y especiales serán manejados de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Ley 2104/83 sobre la disposición sanitaria de los residuos sólidos (ver Ficha de manejo MAO-MRSH-3) en el cual se establece los procedimientos para la identificación, clasificación, almacenamiento, transporte, etc.

- *Residuos sólidos durante la fase de operación*

Para esta fase se considerarán los residuos sólidos ordinarios y especiales generados en el manejo de las mercancías, los residuos sólidos de los buques y los generados por el personal en todas las zonas del terminal. Para este manejo también se aplicará la Ficha de manejo MAO-MRSH-3.

Anexo 4.1 Carta-Factibilidad de ACUACAR

Anexo 4.2 Isopletas y resultados de la modelación