

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AIRE, COMPUESTOS ORGÁNICOS  
VOLÁTILES – VOC´s, EN ZONA ALEDAÑA DEL INSTITUTO COLOMBIANO  
DEL PETRÓLEO (ICP) – ECOPETROL S.A.**

**DAVID CÁRDENAS ESCOBAR**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
2009**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AIRE, COMPUESTOS ORGÁNICOS  
VOLÁTILES –VOC´s, EN ZONA ALEDAÑA DEL INSTITUTO COLOMBIANO  
DEL PETRÓLEO – ECOPETROL S.A.**

**DAVID CÁRDENAS ESCOBAR**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar por el título de  
Ingeniero Ambiental**

**Directora:**

**Ing. Consuelo Castillo Pérez  
Ingeniera Química**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**2009**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1 MARCO CONCEPTUAL	14
2.1.1 La industria del petróleo y sus actividades	14
2.1.1.1 Exploración	14
2.1.1.2 Explotación y producción	15
2.1.1.3 Transporte y almacenamiento	15
2.1.1.4 Refinación	16
2.1.2 La industria del petróleo y los impactos de sus actividades en el medio ambiente	18
2.1.2.1 Impactos ocasionados por las actividades de exploración	18
2.1.2.2 Impactos ocasionados por las actividades de explotación y producción	19
2.1.2.3 Impactos ocasionados por las actividades de transporte y almacenamiento	20
2.1.2.4 Impactos ocasionados por las actividades de refinación	22
2.1.3 Tipos de contaminación ocasionados por las actividades productivas de la industria del petróleo	23
2.1.4 Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)	28
2.1.5 Ozono troposférico	29
2.1.5.1 Definición de Ozono (O <sub>3</sub> )	29
2.1.5.2 Química elemental del ozono	30
2.1.5.3 Efectos del ozono troposférico sobre la salud	31
2.1.5.4 Efectos del ozono sobre el medio ambiente	33
2.1.6 Esmog	33

2.1.7 Instituto Colombiano del Petróleo (ICP)	34
2.2 MARCO LEGAL	37
3. METODOLOGÍA	39
Introducción	39
3.1 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	40
3.2 DISEÑO DEL “PLAN DE MONITOREO DE VOC`S” PARA EL ICP	40
3.2.1 Área de estudio	41
3.2.2 Definición criterios para el monitoreo de aire	41
3.2.2.1 Con respecto a los equipos a utilizar	41
3.2.2.2 Localización de la estación meteorológica	42
3.2.3 Muestreo de calidad de aire en la Urbanización Pinares Campestre	43
3.2.3.1 Compuestos monitoreados	43
3.2.3.2 Identificación de las estaciones de muestreo	44
3.2.3.3 Cronograma del monitoreo	44
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
3.4 DISEÑO DE PROTOCOLO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS, MITIGANDO LAS CONCENTRACIONES DE CARBONOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL ICP	46
4. RESULTADOS	47
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	47
4.1.1 Estudio meteorológico	47
4.1.2 Localización de las estaciones del monitoreo	50
4.2 EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE VOC`S EN LA URBANIZACIÓN PINARES CAMPESTRE	51
4.3 EL PROTOCOLO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS	70
5. CONCLUSIONES	75
6. RECOMENDACIONES	78
7. BIBLIOGRAFIA	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Lista de compuestos monitoreados en el estudio	43
Tabla 2: Cronograma de Monitoreo	45
Tabla 3: Estaciones de Estudio	50
Tabla 5: Resultados Estación 2: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	53
Tabla 6: Resultados Estación 3: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	54
Tabla 7: Resultados Estación 4: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	55
Tabla 8: Resultados con ACETALDEHÍDO	56
Tabla 9: Resultados con METIL MERCAPTANO	57
Tabla 10: Resultados con ESTIRENO	57
Tabla 11: Resultados con TOLUENO	58
Tabla 12: Resultados con XILENO, M	58
Tabla 13: Resultados con XILENO, O	59
Tabla 14: Resultados con XILENO, P	59
Tabla 15: Resultados con ETILBENCENO	60
Tabla 16: Resultados con HEPTANO, N	60
Tabla 17: Resultados Estación 1: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	62
Tabla 18: Resultados Estación 2: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	65
Tabla 19: Resultados Estación 3: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	67
Tabla 20: Resultados Estación 4: Registro de Datos - Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equipo ppbRAE 3000 de marca RAE Systems .....	42
Figura 2: Estación metereológica.....	47
Figura 3: Dirección y Velocidad del Viento .....	48
Figura 4: Localización del Área de Estudio Urbanización Pinares Campestre .....	49
Figura 5: Estaciones de muestreo en la Urbanización Pinares Campestre .....	50
Figura 6: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 1. ....	63
Figura 7: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 2 .....	65
Figura 8: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 3 .....	67
Figura 9: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 4 .....	69
Figura 10: Planos de distribución del cerramiento de los ductos .....	73
Figura 11: Distribución de las persianas .....	74

***Dedico este trabajo a mi abuelito Julio Escobar (Q.E.P.D) por su sabiduría y enseñanza que siempre me ha brindado, también a mi mamá Patricia Escobar por su apoyo incondicional. Toda mi familia y seres queridos cercanos por la confianza en mí.***

## **RESUMEN**

**TITULO: EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AIRE, COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES – VOC´s, EN ZONA ALEDAÑA DEL INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO (ICP) – ECOPETROL S.A.**

**AUTOR: DAVID CÁRDENAS ESCOBAR**

**FACULTAD: Facultad de Ingeniería Ambiental**

**DIRECTORA: CONSUELO CASTILLO PÉREZ**

El trabajo implementa un sistema de monitoreo para realizar una evaluación de calidad de aire en una zona aledaña al ICP. Se decidió evaluar y monitorear los compuestos orgánicos volátiles ya que en una empresa petrolera los VOC´s son los compuestos de mayor presencia en las emisiones del procedimiento de la combustión, y en otro cualquier tratamiento o manejo que se le haga acabo a los hidrocarburos. Con base a la normatividad Colombiana, Resolución 0601 de 2006, por la cual se establece la norma de calidad de aire, se realizo un estudio para establecer que compuestos deberán ser identificados y monitoreados en la zona adjunta del ICP. Se optó por monitorear 23 compuestos en los cuales fueron evaluados en horas de la mañana, de la tarde y de la noche en 6 días de la semana (lunes a sábado) durante 2 meses con un equipo portátil medidor de VOC´s. También se realizó un diagnóstico meteorológico para evaluar la estabilidad atmosférica de la zona. Dentro la urbanización se tomó 4 puntos en donde se hizo muestreo de los 23 compuestos. Se concluyó que gran proporción del viento va a dirección al sur-oeste colocando la urbanización Pinares Campestre como mayor receptor de corriente de vientos procedente del ICP. Al comparar los resultados obtenidos del monitoreo puntal de los compuestos orgánicos volátiles con la normatividad Colombiana no se presentó ningún dato fuera del límite máximo establecido por la Resolución 0601 de 2006, esto quiere decir que ECOPETROL S.A. cumple con esta norma y que no está violando



ninguna ley establecida por el gobierno Colombiano según este estudio preliminar ya que lo que se realizó fue un muestreo puntal.

**PALABRAS CLAVES:** VOC´S, I.C.P., RESOLUCIÓN 0601 DE 2006, CALIDAD DE AIRE, ECOPETROL S.A., EMISIONES, CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AIRE, COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES – VOC´s, EN ZONA ALEDAÑA DEL INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO (ICP) – ECOPETROL S.A.

**AUTHOR:** DAVID CÁRDENAS ESCOBAR

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**PRINCIPAL DIRECTOR:** CONSUELO CASTILLO PÉREZ

This work implements a monitoring system of air quality in an area near to the ICP. It was decided to evaluate the volatile organic compounds as that an oil company the VOC's are present in higher emissions from the combustion process, and any other treatment or management that have done to the hydrocarbons. Based on the Colombian legislation, Resolution 0601 of 2006, which sets the standard for air quality, we conducted a study to establish which compounds should be identified and monitored in the area next to the ICP. We decided to take samples of 23 compounds which were evaluated in the morning, the afternoon and evening, 6 days a week (Monday to Saturday) for 2 months with a portable meter VOC's. Was also performed a diagnostic meteorological atmospheric stability of the area. Inside the urbanization was taken 4 points where the sampling was done for the 23 compounds. It was concluded that a large proportion of the wind direction is going to the south-west placing urbanization Pinares Campestre as largest recipient of wind flow from the ICP. By comparing the results obtained from the evaluation of volatile organic compounds with the Colombian law did not provide information beyond the data established by Resolution 0601 of 2006, this means that ECOPETROL S.A. satisfies this standard and is not violating any law established by the Colombian government as this was preliminary study.

**KEYWORDS:** VOC's, ICP, 0601 RESOLUTION OF 2006, AIR QUALITY, ECOPETROL S.A., EMISSION, AIR POLLUTION.

## INTRODUCCIÓN

La conciencia y la preocupación que se ha despertado a nivel mundial alrededor de los temas ambientales ha hecho que las industrias en general y especialmente las petroleras hagan uso de nuevas tecnologías para el tratamiento de los contaminantes de los diferentes procesos llevados a cabo por estas, además de la normativa que se está generando en torno a los temas ambientales cada vez es más estricta lo que conlleva a crear un compromiso por parte de las empresas en la implementación de nuevas tecnologías que sean más amigables con el medio ambiente y realizar seguimientos a su producción de emisiones.

Las emisiones más impactantes en el ambiente y que deben ser controladas en las fuentes son monóxido de carbono (CO), material particulado (PM10), ozono (O<sub>3</sub>), óxido de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx). El ozono es un contaminante muy importante a controlar debido a su impacto sobre la salud humana y también que es catalogada como un gas efecto invernadero. El ozono se hace indispensable a nivel de la estratosfera en donde la capa de gas ozónica elimina los rayos ultravioleta de la energía solar, los cuales son dañinos para el ser viviente. A nivel de la troposfera el ozono se convierte en un gas nocivo que afecta el sistema respiratorio de los humanos así como también contribuye en el cambio climático generando miles de desastres naturales en todo alrededor del planeta.

Los principales precursores del ozono son los compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y los NOx. Estos compuestos reaccionan en presencia de la luz solar para formar ozono troposférico. Los VOC son emitidos principalmente por industrias, principalmente industrias petroleras, evaporación de gasolina, pinturas y solventes.

Según la Constitución Colombiana, artículo 97 "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantiza la participación de la comunidad en

las decisiones que puedan afectarla. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”. En Colombia, se ha desarrollado experimentos con estaciones para registrar contaminación en la calidad del aire de una manera manual, y últimamente de forma automática en algunas ciudades del país. Se cuenta con información de concentración de material particulado y muy poca de gases contaminantes criterios. A nivel nacional se destacan las experiencias de las administraciones de Medellín, Cali y Bogotá.

El presente trabajo tiene por objeto evaluar de calidad de aire, midiendo los VOC's en la urbanización Pinares Campestre ya que es la población más cercana al ICP y es la que ha presentado quejas por molestia de olores dentro sus casas.

Se diseñó un plan de monitoreo de calidad de aire para el ICP, donde se determinaron las concentraciones de los VOC's mediante el medidor portátil de gases RAE 3000 y se compararon los datos obtenidos de este plan con la normatividad Colombiana, determinando si los niveles de inmisión de los contaminantes son superiores a los límites establecidos en la Resolución 0601 del 2006.

## **1. OBJETIVOS DEL TRABAJO**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del aire de la zona aledaña al Instituto Colombiano de Petróleos (Urbanización Pinares Campestre), por presencia de Compuestos Orgánicos Volátiles-VOC's.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las concentraciones de los VOC's, mediante el medidor portátil de gases RAE 3000.
- Comparar los datos obtenidos del plan de monitoreo con la normatividad colombiana, determinando si los niveles de inmisión de los contaminantes son superiores a los límites establecidos en la normatividad colombiana.
- Estructurar un plan de monitoreo para el ICP, relacionados con las concentraciones de los VOC's.
- Establecer las medidas de control preventivas y correctivas, mitigando las concentraciones de carbonos orgánicos volátiles, en las zonas aledañas al ICP.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1.1 La industria del petróleo y sus actividades**

La mayoría de nuestros recursos naturales, en lo que incluimos los minerales y los hidrocarburos se encuentran en las entrañas de la madre tierra, por eso su extracción es difícil y compromete diversos elementos que hacen parte del ambiente como el suelo, el agua y el aire que son el habitat y el sustento de innumerables especies de animales y vegetales.

La exploración, explotación y producción de estos recursos naturales son llamadas actividades productivas y los daños que esta produce al medio ambiente son denominados impactos ambientales.

La industria petrolera tiene una serie de actividades dentro de las cuales pueden destacarse:

##### **2.1.1.1 Exploración**

En esta labor se distingue dos etapas, una de exploración sísmica de carácter lineal y una segunda de perforación, la cual es de carácter puntual. En la primera etapa se realizan una serie de estudios que permiten conocer las zonas en donde se encuentran los hidrocarburos, para ello se requiere información de campo que es proporcionada por la sísmica. Esta labor básicamente consiste en un trazado topográfico, de la zona en donde potencialmente pueden existir hidrocarburos, que obedece a los criterios señalados por los expertos en exploración.

Sobre el diseño de la línea sísmica son localizados los sitios en donde serán colocadas las cargas explosivas que se detonaran para originar una serie señales

que son captadas por geófonos (sensores sísmicos), que luego serán analizadas por expertos, quienes definirán la ubicación de los prospectos a perforar para el hallazgo de los respectivos yacimientos.

Posteriormente, en la segunda etapa, son realizadas perforaciones de pozos exploratorios que permiten verificar la existencia de los yacimientos. En la realización de esta actividad se utiliza una torre o taladro que perfora a grandes profundidades el subsuelo.

#### **2.1.1.2 Explotación y producción**

Una vez comprobada la presencia de hidrocarburos en el área se procede a la evaluación técnico – económico para definir el tipo de yacimiento y su potencialidad; esta actividad contempla la perforación de otros pozos, los cuales se utilizaran en la producción del campo.

El hidrocarburo extraído de los pozos debe transportarse a través de tuberías metálicas a una estación de producción en donde se realizan las tareas de lavado y desalación del crudo (limpieza del crudo).

En esta operación se genera una serie de residuos que deben tratarse oportunamente, por ejemplo las aguas aceitosas, sólidos y lodos aceitosos.

El aceite tratado, libre de impurezas y de aguas es bombeado de la estación de producción a una estación de almacenamiento y transporte.

#### **2.1.1.3 Transporte y almacenamiento**

Actividad que comprende los procesos de almacenamiento y transporte de los hidrocarburos que provienen de los campos de producción.

Los hidrocarburos son conducidos a través de grandes ductos metálicos, denominados oleoductos, cuyo destino final son las refinerías o los terminales de almacenamiento para exportación.

Dentro de las operaciones de almacenamiento y transporte también debe incluirse los productos blancos o productos de refinería los cuales, al igual que el caso anterior, son transportados por ductos metálicos que reciben el nombre de poliducto.

Los fluidos conducidos, en la mayoría de los casos los combustibles, tienen como destino final los centros de distribución de las grandes ciudades.

Estos sistemas de transporte incluyen no solamente los ductos sino sus respectivas estaciones de bombeo y de almacenamiento según lo requiera la situación.

#### **2.1.1.4 Refinación**

Esta tarea se realiza en grandes plantas industriales llamadas refinerías, en donde se refina el crudo proveniente de los diferentes campos de producción. En las refinerías se elaboran los combustibles y demás derivados del petróleo que son la base de la industria petroquímica.

Una explicación sencilla de este proceso se describe a continuación:

El crudo transportado por el oleoducto pasa por los tanques de almacenamiento a un tanque desalador, donde le quitan la sal que le acompañe. De aquí pasa a través de un horno, donde se calienta a temperaturas de 400° centígrados, y entra seguidamente en la torre de destilación primaria o atmosférica en forma de vapor y de líquido. En esta torre, que opera a una presión cercana a la atmósfera, se



cumple el primer fraccionamiento de varios de sus componentes por métodos físicos.

En su interior la torre está dividida en varios compartimientos con diferentes temperaturas. Estas divisiones se llaman bandejas o platos de fraccionamiento. Al entrar el crudo en forma de vapor, asciende por entre las bandejas y se va depositando en cada una de ellas según el grado de temperatura al cual se enfrían los vapores. Los más livianos o volátiles van a la parte superior como gases, y los menos livianos quedan como líquidos en las diferentes bandejas.

Al fondo de la torre cae el crudo reducido del petróleo que no alcanza a evaporarse en esta primera fase.

A cada bandeja de la torre están conectados ductos que recolectan los distintos productos o corrientes que se separaron en esta etapa. Aquí ya se han obtenidos gases que son ricos en butano y propano, nafta, queroseno, gasóleos livianos, acpm y crudo reducido. Todos estos productos pasan inmediatamente a otras plantas donde tiene nuevos procesos con el fin de obtener un mayor número de derivados, más refinado y de mejor calidad.

Así por ejemplo, los gases que salen por la parte superior de la torre primaria o atmosférica van a la planta recuperadora de vapores. La nafta a las plantas de aromáticos y de mezclas. Los gasóleos livianos a la de ruptura catalítica, y el crudo reducido a la destilación al vacío.

La gasolina motor, que es el primer derivado del petróleo, sale finalmente de las plantas de mezclas, a donde llegan las naftas producidas en la destilación primaria y en la viscorreductora, así como la gasolina que viene de la planta de ruptura catalítica, más conocida como la “cracking”.

El gas natural también se puede procesar en las refinerías para obtener diversos productos de uso petroquímico, como por ejemplo el polietileno.

### **2.1.2 La industria del petróleo y los impactos de sus actividades en el medio ambiente**

Los impactos que las actividades productivas ocasionan al medio ambiente pueden ser dos tipos. El primero corresponde a los causados por las actividades de infraestructura o de montaje de las instalaciones necesarias. Los segundos tienen que ver con las operaciones productivas de las infraestructuras. Tanto en la primera fase como en la segunda fase se producen una serie de daños al medio ambiente, algunos de estos se realizan una sola vez, generalmente durante la iniciación del proyecto.

Otros tipos de impactos son los provocados en la fase de operación de las instalaciones, los cuales generalmente son continuos y sus causas obedecen a errores en la operación, problemas de mantenimiento, dificultades tecnológicas o falta de conciencia ambiental de las personas involucradas en la operación de la infraestructura petrolera.

Para cada una de las actividades productivas relacionadas anteriormente pueden destacarse los siguientes impactos ambientales:

#### **2.1.2.1 Impactos ocasionados por las actividades de exploración**

En la sísmica exploratoria, por tratarse de una actividad de carácter lineal, se realizan una serie de alteraciones al ambiente, que básicamente consisten en la tala de árboles y arbustos, contaminación de aguas con tierra removida en la

construcción de vías y de accesos necesarios para el desplazamiento de los equipos para el trazado de la línea sísmica.

La etapa de perforación exploratoria implica el desplazamiento de equipos más pesados y especializados, como es el taladro de perforación, para lo cual hay que construir vías con altas especificaciones para el tránsito de equipo pesado. La apertura de este tipo de carreteras generalmente en zonas inexploradas, bosques y selva tropicales, generan unos impactos de gran magnitud para el ambiente como son la tala de árboles, y la contaminación de los nacedores de agua con tierra producto de la construcción de terraplenes.

La construcción de vías de penetración en zonas de selva atrae la explotación de recursos naturales en forma indiscriminada y la colonización con desastrosas consecuencias para el medio ambiente.

En la fase de operación se producen alteraciones ambientales generalmente ocasionadas por los residuos de perforación o ripios, los cuales son recortes de roca o material del subsuelo impregnados de aceite y lodos, que van a contaminar el suelo y algunos cuerpos de aguas si no se procesan correctamente.

El manejo de los residuos sólidos (basuras) y de aguas negras generados por el personal que labora en las operaciones de perforación constituyen un gran riesgo de contaminación al suelo y a los cuerpos de agua no se tratan de manera adecuada.

#### **2.1.2.2 Impactos ocasionados por las actividades de explotación y producción**

En los trabajos de explotación y producción se ocasionan una serie de impactos ambientales similares a los descritos en las actividades de exploración. La

diferencia tiene que ver con la magnitud de las obras, siendo la explotación y la producción de mayor envergadura. El montaje de un campo de producción atrae la colonización de una gran zona de bosque o selva ocasionando graves daños al medio ambiente.

La deforestación y tala indiscriminada de bosques, así como la caza de especies nativas y la contaminación de los cuerpos de aguas son en resumen las alteraciones al medio ambiente de mayor impacto.

En la operación de un campo de producción se dan otros tipos de impactos crónicos relacionados con la contaminación de los cuerpos de agua, y de los suelos originados por la producción de residuos aceitosos y derrames de hidrocarburos. La contaminación del aire en este tipo de instalaciones es muy poca, dada la baja concentración de sus emisiones.

### **2.1.2.3 Impactos ocasionados por las actividades de transporte y almacenamiento**

El proceso de construcción de un oleoducto, por tratarse de una obra lineal, es una de las tareas más complejas y difíciles en la industria del petróleo. El punto de partida de un oleoducto esta en el mismo campo productor. La tubería pasa por los más variados terrenos ocasionando diferentes daños al ambiente de los cuales podemos destacar la deforestación y tala de árboles, realizada en la construcción del derecho de vía (trazado del oleoducto) y en las vías de acceso para el tendido de la tubería.

La contaminación de los cuerpos de agua también es ocasionada por el movimiento de tierra y deslizamientos que conlleva la actividad de montaje descrita.

La apertura de vías de penetración y accesos a zonas de bosques y selvas, realizados en la construcción de un oleoducto, estimulan la colonización y aumentan la magnitud de los impactos referidos.

La operación de un oleoducto trae consigo la generación de residuos sólidos, líquidos aceitosos y emisiones atmosféricas como parte propia del proceso. La generación de residuos sólidos o basuras y de aguas domésticas en cada una de las estaciones que hacen parte de un sistema de transporte también deben tenerse en cuenta en la evaluación de los impactos ambientales para esta actividad productiva.

De acuerdo con lo anterior los impactos ocasionados al ambiente derivados de las operaciones de transporte pueden resumirse así:

- Contaminación de los cuerpos de agua por deficiencia en la separación de los residuos líquidos, aguas/aceite, ocasionados por fallas en la operación de equipos de tratamiento de aguas y de control.
- Contaminación del suelo cuando no se tratan adecuadamente los lodos aceitosos o suceden derrames de hidrocarburos debido a problemas de mantenimiento o terrorismo (voladuras de oleoductos).
- Las basuras y otros desechos domésticos si no se les hace su debido tratamiento deterioran los cuerpos de aguas y el suelo.
- Las emisiones atmosféricas producidas en las estaciones de bombeo son realmente pocas, por lo tanto los índices de contaminación son bajos.

#### **2.1.2.4 Impactos ocasionados por las actividades de refinación**

El montaje de una refinería implica la ocupación de grandes áreas de terreno y una infraestructura de vías, accesos y servicios muy completa, lo que genera una serie de impactos al ambiente. Entre los más evidentes se encuentran:

- La deforestación y pérdida de la capa vegetal en el área de construcción de plantas, vías y accesos, lo anterior puede traer como consecuencias problemas de erosión.
- La contaminación de los cuerpos de agua aledaños a las edificaciones por aportes de sedimentos (inertes y biológicos).
- Cambios en el régimen hidrológico regional debido a la deforestación y al cambio de la vocación del suelo.
- La presencia de grandes asentamientos humanos en la zona presiona el medio ambiente al no existir la infraestructura sanitaria suficiente en la zona para atender esta demanda tan grande.

La operación de una refinería genera grandes daños al medio ambiente de manera permanente, a causa de la generación de residuos de diferentes tipos, tales como: Aguas aceitosas, lodos aceitosos, basuras de diversas características, aguas negras y otros residuos considerados peligrosos como catalizadores, sodas gastadas y otros químicos y solventes. Estos residuos contaminan los cuerpos de aguas superficiales por vertimientos, y a los acuíferos subterráneos por infiltración en el suelo.

El suelo también se contamina cuando ocurren derrames o malos manejos en los vertimientos.

En la operación de estos procesos industriales también se generan emisiones atmosféricas en los procesos de combustión en los hornos, calderas y teas. Las

emisiones generadas contiene diferentes concentraciones de óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido, dióxido de carbono y material particulado principalmente.

Adicionalmente, existen emisiones fugitivas generadas por escapes de tanques de almacenamiento, equipos de refinación, uniones de tuberías, separadores API, etc., los cuales están constituidos en su mayoría por compuestos orgánicos volátiles (VOC's).

### **2.1.3 Tipos de contaminación ocasionados por las actividades productivas de la industria del petróleo**

Existen dos tipos de contaminación ocasionadas por las diferentes actividades productivas de la industria del petróleo. El primer tipo de contaminación se presenta en la etapa de construcción y tiene que ver con el daño a los cuerpos de agua por el aporte de sedimentos provenientes de los movimientos de tierra cuando son construidas las vías de acceso, explanaciones, canales y demás obras civiles necesarias para el desarrollo de actividades tales como la exploración, producción, transporte y refinación. Algunas de las anteriores actividades, dependiendo de su carácter (si son lineales, como los oleoductos y vías, o puntuales, como estaciones de producción y bombeo, pozos productores y refinerías) puede contaminar los cuerpos de agua en mayor o menor grado.

Las obras lineales, dada su extensión producen a lo largo de su desarrollo más contaminación que las obras puntuales o las que se edifican en un sitio, aun cuando en ambos casos, los cuerpos de aguas son contaminados con las aguas servidas y basuras provenientes de los campamentos.

La contaminación de los cuerpos de agua se presentan cuando una gran cantidad de sólidos desprendidos en los movimientos de tierra, basuras y otros desecho

penetran en el agua impidiendo el intercambio de oxígeno dificultando así la respiración de los seres que habitan en el agua.

Otro efecto que se presentan es el relacionado con la penetración de la luz solar necesaria para la realización de la fotosíntesis de las plantas y algas, que sirven de alimento para otras especies, la cual no se puede llevar a cabo por la turbiedad que estos sólidos depositados producen. Si no hay producción de alimentos (plantas y algas) para los peces, la cadena alimenticia de estos se rompe, lo cual trae consecuencia a su muerte. La asimilación alimenticia de algunas especies se va a ver obstaculizada con la cantidad de sólidos disueltos en las corrientes de agua.

La obstrucción de los regímenes hidráulicos normales pueden provocar represamientos, avalanchas y posteriores inundaciones en las cuencas de los ríos con consecuencias desastrosas para el ambiente.

A diferencia de la construcción, en la etapa de operación las instalaciones puntuales, como los campos de producción, estaciones de bombeo de oleoductos y refinerías, aportan mayor contaminación al medio ambiente.

La contaminación ocasionada por estas actividades productivas en la industria del petróleo, durante la operación, es más severa y crónica; lo anterior se debe a que el aporte de contaminantes a los cuerpos de agua, al aire y al suelo es continuo.

Los cuerpos de agua, la atmósfera y el suelo que en estos casos son los receptores de una serie de residuos nocivos desmejoran gradualmente su calidad, por consiguiente las condiciones de vida de los seres.

En las actividades de exploración, producción y transporte los vertimientos a los cuerpos de agua se dan frecuentemente (grasas y aceites), cloruros y sólidos, los



cuales contaminan el agua e impiden, la libre transferencia del oxígeno, la penetración de la luz solar que provoca los procesos fotosintéticos, y la asimilación de nutrientes por algunos seres, lo anterior producen cambios bruscos en las condiciones de vida de estos organismos que pueden llevar a su desaparición.

Los compuestos orgánicos susceptibles de ser degradados en corto tiempo representados en un índice como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) le restan calidad al agua debido a que la cantidad de oxígeno disuelto necesario para oxidar esta materia se debe extraer del agua quitándole este vital elemento a los seres vivos que la habitan.

Adicionalmente en algunas instalaciones de producción se presentan metales pesados asociados con el agua, lo anterior trae como consecuencia la contaminación del hábitat de los peces y su intoxicación gradual por la ingestión de estos contaminantes.

En el caso de las aguas provenientes de las refinerías, los vertimientos son un poco más complejos por que se suma a la presencia de los anteriores contaminantes sustancias químicas altamente tóxicas, como es el caso de los fenoles y BTX (benceno, tolueno, xileno) entre otros. Las anteriores sustancias al contaminar el agua y ser ingeridas por el hombre pueden producir cambios en la formación genética almacenada en el DNA de las células vivientes (mutagenicidad), ocasionando efectos dañinos que incluyen desorden de fertilidad, muerte embrionaria y perinatal, malformaciones, enfermedades hereditarias y cánceres.

También pueden desencadenar procesos de teratogénesis representados en la productividad reducida debido a la mortalidad fetal o embrionaria o en nacimiento de hijos con defectos físicos, mentales de conducta o desarrollo.

En conclusión, la contaminación de los cuerpos de agua y por consiguiente la intoxicación gradual de los seres vivos que los habitan o utilizan trae grandes repercusiones en la salud humana, alterando las cadenas alimenticias de dos formas: i) Por reducción de alimentos; ii) Paso de sustancias tóxicas de un organismo a otros, magnificándose así el efecto contaminante.

Cuando el hombre consume los recursos provenientes del agua estos ya vienen magnificados, es decir, con altas concentraciones de tóxicos que al ingerirlos afectaran su salud como se explico anteriormente.

La contaminación del aire, en las estaciones de bombeo de los oleoductos y campos de producción, es producida por las emisiones atmosféricas de los motores de combustión interna empleados en la impulsión de bombas o generación de electricidad y las emisiones fugitivas de los tanques de almacenamientos y separadores API.

Los procesos de combustión, aunque son muy pequeños, generan emisiones atmosféricas de monóxido y dióxido de carbono, oxido de azufre y material particulado, pueden variar de acuerdo con el combustible que sea utilizado, en la mayoría de los casos es utilizado el mismo crudo que se bombea, en el caso de los poliductos se utiliza ACPM.

Los tanques de almacenamiento, así como algunos equipos de control ambiental como los separadores API producen emisiones fugitivas, en su mayoría son compuestos orgánicos volátiles (VOC's). Aunque las emisiones de contaminantes a la atmosfera son muy pequeñas pueden producir efectos locales sobre las personas que permanecen en zonas aledañas en donde se realizan estas operaciones. Estos efectos se manifiestan en molestias en la respiración originada por el smog fotoquímico resultante de la reacción de los VOC's y óxidos de nitrógeno con los rayos ultravioleta del sol.

En el caso de una refinería la contaminación del aire por emisiones atmosféricas, en los procesos de combustión, y olores fugitivos es más severa. Lo anterior debido a la gran cantidad de equipos y procesos que en ella se realizan. La mayor parte de las descargas toxicas en la atmósfera se dan en los hornos, calderas, teas y chimeneas de planta como las unidades de ruptura catalítica (cracking), instalaciones donde se producen grandes cantidades de monóxido y dióxido de carbono, oxido de azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado.

Las emisiones fugitivas suceden por escapes de gases en tuberías y válvulas, equipos de proceso y de control ambiental como lo separadores API y en los tanques de almacenamiento, y son denominadas VOC's (compuestos orgánicos volátiles)

Tanto las emisiones atmosféricas como fugitivas de una refinería producen efectos diversos de niveles: i) Locales: Como enfermedades respiratorias y alergias ocasionadas por el "smog" fotoquímico resultante de la reacción de los VOC's y los NOx con los rayos ultravioleta del sol; ii) Regionales: Cuando los óxidos de azufre y nitrógeno llegan a la atmósfera para después precipitarse en forma de acudió con la lluvia, efecto conocido como lluvia acida, supremamente perjudicial para la vegetación porque este la quema. Otra consecuencia de esta lluvia es la acidificación de los cuerpos de agua y suelo afectando seriamente estos ecosistemas; iii) Globales: Ocasionados principalmente por las emisiones de dióxido de carbono las cuales aumentan los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y evitan que la radiación de calor de la superficie de la tierra escape al espacio trayendo como consecuencia el incremento de la temperatura media del planeta, efecto conocido como invernadero. El calentamiento cada vez mayor de la tierra produce grandes cambios climáticos que ocasionan inundaciones, sequías, etc.

La contaminación del suelo por efectos de la actividades de las industria del petróleo básicamente se da por el derrame de hidrocarburos y otras sustancias

directamente al suelo. El derrame de hidrocarburo en el suelo impide la transferencia de oxígeno con el mismo ocasionando la muerte a las especies menores que lo habitan como insectos y microorganismos que hacen parte fundamental de la cadena alimenticia. Otro efecto que se produce cuando hay un derrame de hidrocarburo en el suelo es la contaminación de acuíferos o de aguas subterráneas, ya que el suelo actúa como una esponja que filtra el hidrocarburo hasta que este se deposita en los acuíferos para posteriormente salir a los cuerpos de agua superficiales llevando la contaminación y por consiguiente sus impactos.

La contaminación de estos acuíferos puede afectar directamente a las personas si estas utilizan como fuente de agua las aguas subterráneas o de pozo.

#### **2.1.4 Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)**

Un VOC es un compuesto que contiene carbono e hidrógeno. Algunos ejemplos de compuestos orgánicos son el octano, el butano y el azúcar. Los compuestos orgánicos que se evaporan fácilmente son llamados compuestos orgánicos volátiles (VOC's). Cuando se liberan a la atmósfera contribuyen a la formación de ozono y del smog. Los VOC's tienen además un efecto directamente adverso sobre la salud del hombre. Los VOC's provienen de diversas fuentes tales como: gases de escape de los vehículos, procesos comerciales industriales, solventes orgánicos, pinturas base de aceite, vapores de la gasolina, fugas de instalaciones en refinerías, fugas en tanques de almacenamiento de gasolina, derrames de combustible, fluidos de encendedores, podadores a gasolina, operaciones de revestimiento superficial que empleen solventes, industrias de la impresión, etc.

De acuerdo con el código de Regulaciones Federales para el medio ambiente de los Estados Unidos (CFR 51.100 (1)), la definición de VOC incluye cualquier

compuesto de carbón (excluyendo el monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos o carbonatos metálicos y carbonato de amonio) que participe en reacciones fotoquímica. La agencia de protección ambiental americana (EPA) ha desarrollado una lista de sustancias (la cual está sujeta a cambios) que han sido excluidas de la definición de VOC debido a su despreciable reactividad fotoquímica. Estas sustancias son: Metano, Etano, Cloruro de metileno (diclorometano), 1,1,1-tricloroetano (cloroformo de metilo), 1,1,1-tricloro-2,2,2-trifluoroetano (CFC-113), Triclorofluorometano (CFC-11), Diclorodifluorometano (CFC-12), Clorodifluorometano (CFC-22), Trifluorometano (FC-23), 1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoroetano (CFC-114), Cloropentafluoroetano (CFC-115), 1,1,1-trifluoro 2,2-dicloroetano (HCFC-123), 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134<sup>a</sup>), 1,1-dicloro 1,1-fluoroetano (HFFC-141b), 1-cloro-1,1-difluoroetano (HFFC-142b) , 2-cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano (HCFC-125), Pentafluoroetano (HFC-125) , 1,1,2,2-tetrafluoroetano (HFC-134), 1,1,1-trifluoroetano (HFC-143<sup>a</sup>), 1,1-difluoroetano (HFC-152<sup>a</sup>), Compuestos prefluorocarbonados que caen dentro de las siguientes clases: Alcanos completamente fluorinados lineales, ramificados o cíclicos. Eteres sin anillos o enlaces múltiples, completamente fluorinados, lineales, ramificado o cíclicos. Aminas terciarias sin anillos o enlaces múltiples, completamente fluorinadas, lineales, ramificada o cíclicas. Prefluorocarbonados sin anillos o enlaces múltiples y con puentes de sulfuro solo al carbón y al flúor.

## **2.1.5 Ozono troposférico**

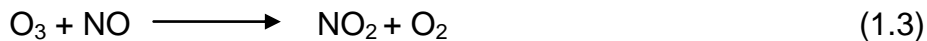
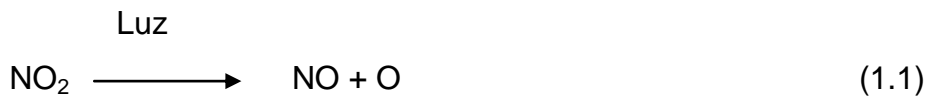
### **2.1.5.1 Definición de Ozono (O<sub>3</sub>)**

El ozono troposférico, el que se presenta a nivel de la superficie terrestre, es el principal constituyente del esmog. Es un gas incoloro y muy irritante. A diferencia de la capa de ozono que se presenta en la estratosfera (entre 16 a 49 kilómetros por encima de la superficie terrestre) y la cual protege la vida en la tierra de los

peligrosos rayos ultravioleta, el ozono troposférico se convierte por encima de ciertos límites en un riesgo para la salud humana. El ozono es el más complejo y difícil de controlar de los seis contaminantes del aire (CO, NO<sub>2</sub>, Pb, so<sub>2</sub>, P.M-10 y P.M-2.5) el ozono es creado mediante la acción solar sobre los NO<sub>x</sub> y los VOC's en el aire. Algunas de las fuentes más comunes son los solventes químicos, vapores de gasolina, los gases de combustión y los productos solventes usados por los consumidores. El cambio en los patrones del clima contribuye a las diferencias en las concentraciones de ozono de ciudad a ciudad. También, el ozono y los precursores de ozono pueden ser llevados a otras áreas diferentes a su origen por la acción de los vientos.

### 2.1.5.2 Química elemental del ozono

Las siguientes son las reacciones que intervienen en la formación del ozono troposférico:

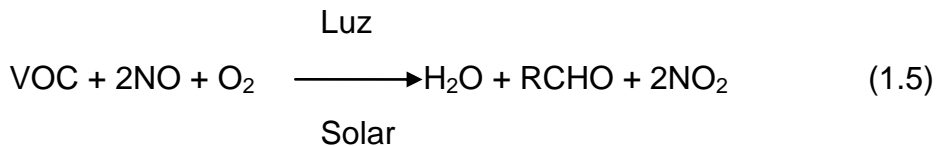


De acuerdo con las anteriores reacciones el NO<sub>2</sub> se descompone mediante la acción de la luz solar en NO y el radical oxígeno O. Este radical reacciona con el O<sub>2</sub> para formar ozono, O<sub>3</sub>. El O<sub>3</sub> reacciona entonces con el No para forma NO<sub>2</sub> y liberar una molécula de oxígeno. Si se supone que estas tres reacciones tienen velocidades iguales, lo cual debe ser cierto en estado estacionario, entonces se puede despejar la concentración O<sub>3</sub>, para hallar:

$$[\text{O}_3] = [\text{hv}][\text{no}_2] / \text{kd} [\text{NO}] \quad (1.4)$$

En el cual  $[hv]$  es la intensidad solar en unidades apropiadas y  $k_d$  es la constante de la velocidad para la reacción (1.3). Si no existen VOC's, esta ecuación conduce a un equilibrio entre el NO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> puesto que por cada molécula de NO<sub>2</sub> se produce una de NO e (indirectamente) una molécula de O<sub>3</sub>, que en seguida, puede reaccionar con el NO para invertir la reacción.

En presencia de VOC's en NO reacciona con oxígeno y en presencia de luz solar, de acuerdo a la siguiente reacción global:



Al reaccionar el NO con el VOC se disminuye la cantidad de moléculas de NO disponibles para reaccionar con ozono y producir nuevamente NO<sub>2</sub> mas O<sub>2</sub> resultando en la acumulación de ozono. R en la ecuación representa cualquier hidrocarburo.

Aunque el ozono es el principal contribuyente (y solo el componente regulado) del esmog fotoquímica, también se forma aldehídos (RCHO) y el peroxiacetilnitrato (RC(O)OONO<sub>2</sub>), por reacciones semejantes a las anteriores, que contribuyen a la irritación ocular y nasal.

### **2.1.5.3 Efectos del ozono troposférico sobre la salud**

El ozono es el principal componente del esmog en nuestras ciudades y otras áreas industriales. Aunque ocurre en forma natural en la estratosfera para suministrar una capa protectora sobre la tierra, a nivel de la tierra se convierte en el principal componente del esmog.

De acuerdo con un informe de la Oficina de Estándares y planeación de la Calidad de aire de la EPA, cuando el ozono troposférico se inhala, aun a bajas concentraciones, puede: i) Causar problemas respiratorios agudos; ii) Agravar el asma; iii) Causar una disminución de la capacidad pulmonar, entre el 15 y el 20%, en algunos adultos sanos; iii) Causar inflamación del tejido pulmonar; iv) Llevar a un incremento en las admisiones en los hospitales; v) Disminuir las defensas inmunológicas del cuerpo haciendo que la gente sea más susceptible a las enfermedades respiratorias como la bronquitis y la neumonía.

De acuerdo con el mismo estudio mencionado anteriormente, los niños son lo más susceptibles a la exposición de ozono por las siguientes razones: los niños respiran más aire por libra de peso que los adultos. Un adulto respira 13000 litros de aire por día. Puesto que el sistema respiratorio de los niños aun se encuentra en desarrollo son más susceptibles que los adultos ante la contaminación atmosférica. En los Estados Unidos, el ozono troposférico es un problema en el verano puesto que en esta estación lo niveles de ozono son los más altos y es cuando los niños salen a jugar y divertirse afuera de sus casas.

Según el mismo estudio, el ozono puede agravar los casos de asma, causando más ataques asmáticos, aumentando la toma de medicinas, los tratamientos médicos y las visitas a los hospitales y clínicas de emergencia. Cuarenta personas mueren cada día de asma, una tasa tres veces más grande que hace veinte años. Aun los adultos sanos y que practiquen ejercicio pueden experimentar reducciones de las funciones pulmonares entre un 15 y 20% ante exposiciones a bajos niveles de ozono durante varias horas. Daños a la membrana pulmonar pueden ser causados por exposiciones repetitivas a ozono resultando una disminución de la calidad de vida de las personas. Resultados de experimentos con animales indicaron que la exposición repetitiva a altos niveles de ozono durante varios meses puede producir un daño estructural y permanente a los pulmones.



#### **2.1.5.4 Efectos del ozono sobre el medio ambiente**

Los principales efectos del ozono sobre el medio ambiente son:

- El ozono troposférico interfiere con el hábitat de las plantas para producir y almacenar alimento de tal manera que el crecimiento, reproducción y la salud general de las plantas se ven afectadas.
- La vegetación más sensible llega a ser la más susceptible a las enfermedades, insectos, peste, otros contaminantes y adversidades ambientales.
- Los efectos del ozono sobre las especies de larga vida como los árboles se cree que se van sumando con los años de tal manera que los bosques enteros o los ecosistemas pueden verse afectados con el tiempo.
- El ozono troposférico puede destruir las hojas de las plantas de tal manera que se caen muy pronto o llegan a volverse de un aspecto marrón o manchado afectando así la belleza natural de las áreas tales como parques nacionales y áreas de recreación y en general del paisaje de las ciudades.

#### **2.1.6 Esmog**

Esmog viene de la palabra inglesa smog la cual se formó a su vez de otras dos palabras: *smoke* y *fog* las cuales significan una mezcla de contaminantes en el aire inmersos en niebla. Diversas fuentes incluyendo vehículos, fábricas y productos usados en las casas liberan contaminantes que forman el esmog. El viento sopla los contaminantes lejos de sus fuentes y mientras son trasladados sufren reacciones fotoquímicas. El calor y los rayos solares incrementan las reacciones. El tiempo y la geografía determinan a dónde va el esmog y que tan malo puede ser. Cuando ocurren las inversiones de temperatura (el calor permanece cerca de la superficie terrestre en vez de elevarse) y los vientos son calmados, el esmog se puede quedar en un mismo sitio por días. Cuando el tráfico y otras fuentes de contaminantes añaden más polución, el esmog se vuelve peor.

Todos los componentes contaminantes del esmog se producen como resultado de reacciones fotoquímicas. Los productos de estas reacciones incluyen partículas orgánicas, ozono aldehídos, peroxiacetilnitrato, ácidos orgánicos y otros oxidantes.

El sulfuro de hidrogeno, el cual siempre está presente en cierta magnitud, se oxida e hidrata para formar acido sulfúrico y llega a ser parte de la materia particulada.

El ozono es el principal componente del esmog y el único regulado. Todos los tipos de esmog disminuyen la visibilidad y son irritantes del sistema respiratorio. El esmog fotoquímico produce irritación en los ojos y causa severos daños sobre las plantaciones.

### **2.1.7 Instituto Colombiano del Petróleo (ICP)**

El ICP es el centro de investigación y desarrollo de Ecopetrol.

Para hacer viable este soporte tecnológico, el Instituto trabaja en coordinación con los distintos negocios de Ecopetrol y sus asociados en la identificación de los problemas, la investigación, formulación o adaptación de nuevas tecnologías, y su aplicación en la operación y el aseguramiento del conocimiento estratégico para la empresa. Actualmente el Instituto enfoca sus actividades en:

- Reducción de riesgo exploratorio
- Reducción de costos de desarrollo
- Optimización de producción
- Modelamiento y optimización de procesos de refinación y petroquímica
- Automatización, medición y control
- Optimización del sistema de manejo de crudos
- Alternativas para reducción de pérdidas de hidrocarburos
- Reformulación de combustibles

- Preservación de integridad de infraestructura
- Optimización de uso de activos de transporte
- Soporte técnico especializado (ambiental, comercialización y producción)
- Desarrollo de gas en el piedemonte

Para el desarrollo de estos proyectos cuenta con una dedicación estimada de 175 mil horas-hombre directas, 360 mil horas-hombre de servicios contratados para la operación de los laboratorios especializados y unas 300 mil horas-hombre de consultores y expertos en diferentes temáticas.

Como resultado de las aplicaciones de los resultados de su actividad investigativa en las áreas de negocio de la empresa, en 2005 el Instituto comprobó conjuntamente con los técnicos de las áreas operativas de Ecopetrol beneficios superiores a 200 millones de dólares, con una contribución directa del componente tecnológico desarrollado en el ICP a la generación de valor de aproximadamente 25 millones de dólares.

Además, la productividad de los laboratorios generó en 2005 un total de 20.300 millones de pesos por servicios prestados a Ecopetrol, sus compañías asociadas y a Petroecuador.

Parte de los logros también obedecen a la estrecha relación con las distintas instituciones universitarias y centros de investigación en Colombia y el exterior, que ha capitalizado un semillero de unos 500 investigadores, todos ellos concentrados en brindar soluciones a la industria petrolera.

En este sentido, se trabaja a través de convenios con la Universidad Industrial de Santander, la de Antioquia, la Surcolombiana, la Nacional de Medellín, Eafit, la Autónoma de Bucaramanga, la Corporación para la Investigación de la Corrosión, Invemar e Ingeominas; e internacionalmente con la Universidad de Calgary en

Canadá, las universidades de Stanford, Oklahoma, Texas, A&M y Tulsa en Estados Unidos, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales con sede en Panamá y el Coppetec de Brasil.

Esto permite unir esfuerzos y conocimiento de distintos expertos, visualizar las tendencias de la industria mundial, identificar qué nuevas tecnologías se pueden aplicar en Colombia y adaptar nuevos desarrollos a las realidades de la geología y la geografía nacional.

Los resultados han generado una mayor demanda de servicios por parte de las compañías asociadas, como BP, Petrobras, Omimex, Chevron- Texaco, Oxy y Shell, entre otras.

Dentro del capital intelectual materializado en 2005, se tiene la patente de la Trampa de Vanadio, un producto tecnológico del Instituto desarrollado en los años 90. Asimismo, se desarrollaron 12 software para facilitar procesos en las áreas de exploración, producción, refinación y transporte.

A través del ICP, Ecopetrol ofrece a la comunidad científica y tecnológica colombiana la posibilidad de difundir sus logros e investigaciones en “CT&F, Ciencia, Tecnología y Futuro”. Esta publicación especializada en hidrocarburos, gas y fuentes alternas de energía fue creada en 1995, es de circulación nacional e internacional y está incluida en las más prestigiosas bases de datos relacionadas el tema. Con la edición 2005 completa 105 artículos, cuyos autores provienen en un 40 por ciento de la comunidad científica externa a la empresa.

El ICP coordina la realización de foros de entorno tecnológico, que en 2005 fueron en biocombustibles, en exploración costa afuera y en crudos pesados. Estos foros se realizan con el fin de identificar tendencias y cambios en el entorno tecnológico que pudieran afectar el desempeño del negocio.

Estos eventos son de carácter estratégico para alimentar el ciclo de planeación al interior de Ecopetrol. Sin embargo, algunos trascienden las fronteras institucionales por ser de interés nacional. Es el caso del Foro sobre Biocombustibles realizado en junio de 2005, en el que participaron 27 entidades de los sectores gubernamental, académico, industrial y ambiental del país, se conocieron las experiencias de España y Brasil en la implementación de programas de etanol y biodiesel y se identificaron varios retos y oportunidades de innovación y mejora para el caso colombiano.

## **2.2 MARCO LEGAL**

Es responsabilidad del gobierno tanto nacional como local, promulgar y actualizar leyes para el control ambiental, por esto está la Constitución de 1991, contempla en varios de sus artículos temas referentes al medio ambiente y los recursos naturales. Esta legislación se redacta con el propósito de proveer las metas y objetivos generales de calidad ambiental pero no proporciona los medios y métodos para alcanzar estas metas, ni tampoco suministra los detalles adecuados para vigilar y controlar el rendimiento de las instalaciones para el control de la contaminación . Por consiguiente, es necesario que los gobiernos de todos los niveles establezcan estrategias de regulación a fin de poner en práctica los objetivos de la legislación general expresados en términos amplios.

La ley 23 de 1973 hace referencia a que el medio ambiente es patrimonio común y la prevención de este le corresponde tanto a particulares como al gobierno.

El decreto 02 de 1982, del Ministerio de Salud de Colombia, contiene normas sobre la emisión permisible de contaminantes por parte del sector industrial, sin que se vea afectada en lo posible la salud de la comunidad. De esta forma se

establecen los valores máximos para las emisiones de contaminantes que se pueden evacuar a través de chimeneas.

La Resolución 601 de 2006 titulado “Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia” establece condiciones de referencia y los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera; los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación, aplicable a todo el territorio nacional.

La ley 99 de 1993, crea el Ministerio del Medio Ambiente, reorganiza el Sistema Ambiental (SINA) y crea las corporaciones Autónomas Regionales (CARs). Fija las políticas ambientales basadas en la cumbre de Rio de Janeiro y busca ordenar la gestión y conservación del medio ambiente de manera centralizada, recayendo esta responsabilidad en las CARs, bajo las directrices de las políticas ambientales del Ministerio del Medio Ambiente.

Resolución 898 de 1995, por la cual se reglamentan los criterios ambientales de la calidad de combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.

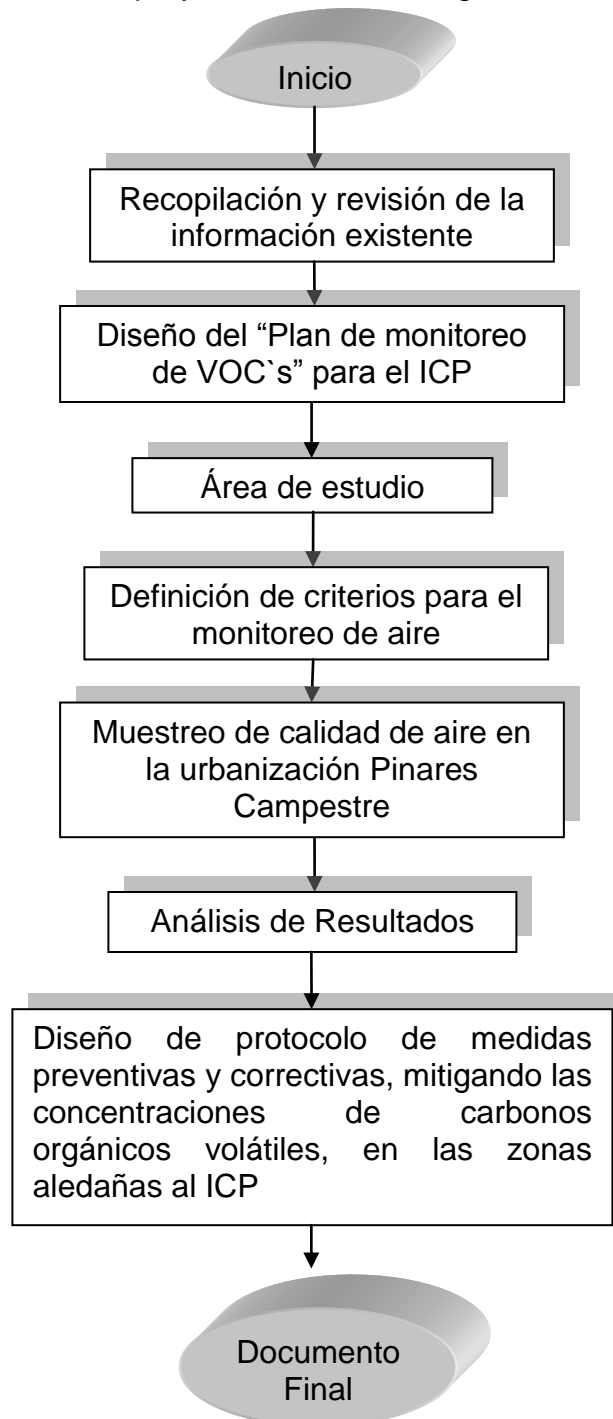
El decreto 2206 de 1983, hace referencia a la vigilancia, el control y las sanciones de emisiones atmosféricas.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) ha publicado guías de manejo ambiental y protocolos de monitoreo para la calidad de aire y emisiones gaseosas.

### 3. METODOLOGÍA

#### Introducción

Para la realización de este proyecto se utilizó el siguiente esquema de trabajo:



### **3.1 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE**

Se hizo una revisión a las fuentes bibliográficas en trabajos realizados por el ICP-ECOPETROL S.A., referente a trabajos relacionados a contaminación atmosférica. También se recopiló información por parte del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), documentaciones ambientales de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), información de consultas con personal local y expertos al tema de toda la problemática de impactos ambientales a la atmósfera.

Se revisó igualmente la normatividad Colombiana referente al tema de contaminación atmosférica en el país.

### **3.2 DISEÑO DEL “PLAN DE MONITOREO DE VOC`S” PARA EL ICP**

Se estructuró un plan de monitoreo y evaluación de los compuestos orgánicos volátiles (VOC´s) para el ICP tomando medidas técnicas para determinar estabilidad atmosférica de la zona y un estudio de localización de puntos donde se efectuara un monitoreo de aire.

En la toma de datos de campo se elaboró y se empleó una lista con los compuestos que fueron monitoreados con su respectiva normatividad para los que la tienen.



### **3.2.1 Área de estudio**

Se identificó la población más cercana al ICP para detectar la zona donde se podría encontrar mayor impacto en el aire y proceder con el monitoreo de calidad del aire.

### **3.2.2 Definición criterios para el monitoreo de aire**

Los criterios que se tuvieron en cuenta para realizar el monitoreo de calidad del aire fueron:

#### **3.2.2.1 Con respecto a los equipos a utilizar**

Se realizaron reuniones dentro del ICP para revisar trabajos anteriores relacionados en monitoreos de calidad de aire y se hizo un inventario de equipos que podrían ser utilizados en el presente proyecto

Se decidió utilizar el equipo ppbRAE 3000 de marca RAE Systems (Ver Figura 1). El ppbRAE 3000 es el monitor portátil de VOC más avanzado del mercado. El rango ampliado de su detector de fotoionización (PID) de 1 ppb a 10.000 ppm hace de él un instrumento idóneo para aplicaciones de seguridad para materiales peligrosos/seguridad nacional, higiene industrial o calidad del aire.

**Figura 1: Equipo ppbRAE 3000 de marca RAE Systems**



### **3.2.2.2 Localización de la estación meteorológica**

Se instaló una estación meteorológica para identificar la dirección y velocidad de viento y así evaluar la estabilidad atmosférica del área donde se realizara el monitoreo.

Estos resultados ayudaron a determinar las estaciones donde se tomaron datos con el equipo medidor.

Las especificaciones de estación meteorológica fueron:

- Termómetro Interiores Rango: 23 a 122° F (-5 a 50,0° C),
- Termómetro Exteriores Rango: -4 a 140 ° F (-20 a 60° C)
- Resolución: 0,1°C
- Higrómetro interiores y al exteriores rango: 2 a 98%, Resolución: 1% RH
- Punto Rocío Rango Interior: 32 a 120°F (0 a 49°C).

- Rango Exterior: 14 a 140°F (-10 a 60°C). Resolución: 1 ° C.
- Barómetro: Presión atmosférica absoluta rangos: 795 a 1050 mb y 23,48 a 31,01inHg.
- Resolución: 1 mb, 0,03 in Hg
- Viento: Rango velocidad del viento : 0,0 a 56,0 m / seg, a 125,3 mph
- Reloj : 12 horas A.M. / P.M. tiempo, 24 horas, alarma, fecha
- El nivel del mar de referencia, indicador de la presión de tendencia,
- Los pronósticos meteorológicos con símbolos (sol, nublado, lluvioso)
- Memoria de min / máx. ,Alarmas de alta / baja
- Tamaño: 8x7x5-1/2x1 pulgadas
- Display: 6.75x3.25 pulgadas

### 3.2.3 Muestreo de calidad de aire en la Urbanización Pinares Campestre

#### 3.2.3.1 Compuestos monitoreados

Las mediciones fueron realizadas junto con el ICP. Se monitorearon 23 compuestos gaseosos que se generan de los procesos industriales dentro del ICP. Los compuestos monitoreados se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1: Lista de compuestos monitoreados en el estudio**

Acetaldehído	Sulfuro de Hidrogeno	Estireno
Acetona	Isobutano	Tolueno
Amoniaco	Metil Mercaptano	Xileno, M-
Benceno	Sulfuro de Metilo	Xileno, O-
Butil Mercaptano	Nitrobenceno	Xileno, P-
Etil Mercaptano	Pentano	Etilbenceno
Sulfuro de Etilo	Fenol	Heptano, N-
Formamida	Propil Mercaptano, 2	

Se tomaron estos compuestos porque son los VOCs más comunes en todas las emisiones en la industria petrolera, además se aprovecho para tomar medición también del Sulfuro de Hidrogeno que no es un VOC pero su presencia genera gran impacto y molestia de una población por causa de su olor particular.

### **3.2.3.2 Identificación de las estaciones de muestreo**

Se realizó un estudio para determinar el punto exacto (estación) donde se tomarán las medidas del monitoreo de calidad de aire en la zona determinada.

### **3.2.3.3 Cronograma del monitoreo**

El estudio se realizó del 13 de Octubre al 24 de Noviembre del 2008 en cada uno de los 4 puntos, en diferentes jornadas (mañana, tarde, noche) y diferente días de la semana (Ver Tabla 2).

**Tabla 2: Cronograma de Monitoreo**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Octubre			1	2	3	4
	6	7	8	9	10	11
	13 (1-2)	14 (3-4)	15 (1-2)	16 (3-4)	17 (1-2)	18 (3-4)
	20 (3-4)	21 (1-2)	22 (3-4)	23 (1-2)	24 (3-4)	25 (1-2)
Noviembre	27 (1-2)	28 (3-4)	29 (1-2)	30 (3-4)	31 (1-2)	1 (3-4)
	3 (1-2)	4 (3-4)	5 (1-2)	6 (1-2)	7 (3-4)	8 (1-2)
	10	11 (1-2)	12 (3-4)	13 (1-2)	14 (3-4)	15 (1-2)
	17 (3-4)	18 (1-2)	19 (3-4)	20 (3-4)	21 (1-2)	22 (3-4)
	24 (3-4)	25	26	27	28	29



Jornada Mañana (8-11am)

Jornada Tarde (2-5pm)

Jornada Noche (6.30-9.30)

Día Festivo

(#-#): Puntos de Muestreo

### 3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La selección de los sitios de muestreo de la calidad de aire se realizó considerando las áreas propensas a contaminación por actividades que se

realizan alrededor del ICP, y que afectan directamente a la salud de las personas, flora y fauna.

Los resultados del monitoreo fueron registrados y archivados en un formato impreso y llevados a un formato digital para su divulgación vía correo electrónico. Los resultados obtenidos de los compuestos monitoreados fueron comparados con los permitidos en la Resolución 0601 de 2006, postulada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se estudió el comportamiento de la estabilidad atmosférica para asegurarnos de que gran cantidad de las corrientes de emisiones del ICP se dirigen a la zona donde se hizo el monitoreo.

Para cada estación se tomaron los datos más relevantes de una semana por compuesto, y luego se tomó un promedio de los datos semanales y se realizó otra tabla de datos con la cual se elaboraron gráficas de barras de los compuestos obtenidos con su respectiva concentración para diferenciar en que jornada hay más presencia de ellos dentro de la urbanización.

### **3.4 DISEÑO DE PROTOCOLO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS, MITIGANDO LAS CONCENTRACIONES DE CARBONOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL ICP**

Al obtener datos significativos que sobrepasan con la normatividad establecida por el gobierno Colombiano, se tomaron medidas para controlar emisiones que alteren el aire de la zona y generen inconformidad en el área de estudio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1.1 Estudio meteorológico

Para determinar el lugar donde se hará el monitoreo, se hizo un estudio meteorológico midiendo dirección y velocidad del viento y así establecer la dirección de las corrientes de emisiones que el ICP genera a sus zonas aledañas.

Se instaló una estación meteorológica en la azotea del edificio 5 dentro del ICP como se muestra en la graficas:

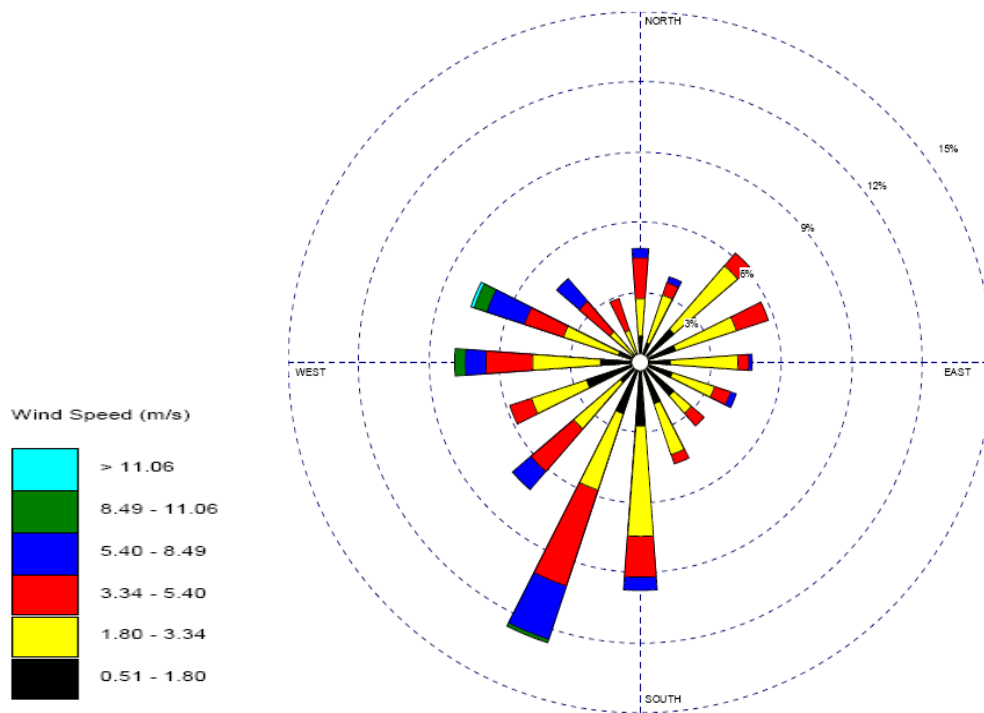
**Figura 2: Estación meteorológica**





Se tomaron datos de la estación meteorológica durante dos semanas, las 24 horas del día. Los resultados de dirección y velocidad del viento se muestran en la figura 3. Gran porcentaje de las corrientes de aire en la zona van a dirección de Sur-Oeste.

**Figura 3: Dirección y Velocidad del Viento**



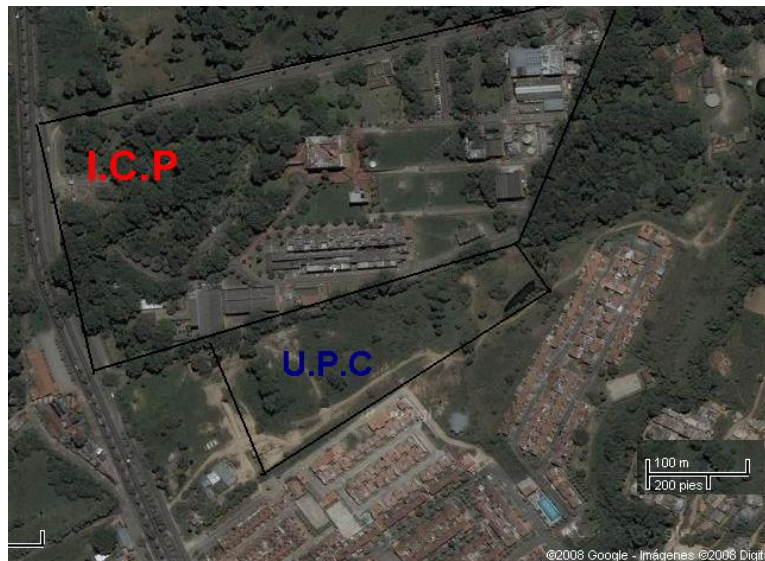


Existe gran inestabilidad atmosférica respecto a dirección del viento. En cuanto la velocidad, la figura 3, por medio de colores nos identifica el promedio de velocidad que se obtuvo en las dos semanas de seguimiento meteorológico. El rango de velocidad que mayor se registraron fueron entre 1.8 - 3.34 m/s y entre 3.34 – 5.40 m/s.

Al Sur-Oeste del ICP, se encuentra la Urbanización Pinares Campestre, una población que ya ha reportado al ICP disconformidad por la presencia de olores en sus residencias, por este caso se decide hacer una evaluación de calidad de aire en esa zona.

Esta Urbanización pertenece al municipio de Piedecuesta, Santander y cuenta con 54 casas. Está ubicada adjunto del ICP como muestra la grafica.

**Figura 4: Localización del Área de Estudio Urbanización Pinares Campestre**



ICP: Instituto Colombiano del Petróleo  
UPC: Urbanización Pinares Campestre

#### 4.1.2 Localización de las estaciones del monitoreo

Para la determinación de las estaciones se tomó un plano de la Urbanización y se trazaron 19 cuadrillas, donde se identificaron 4 puntos que va descendiendo al Sur-Oeste para evaluar el comportamiento de los compuestos identificados a medida que se va alejando del ICP.

La ubicación de las estaciones de muestreo dentro de la Urbanización se muestra en la siguiente foto:

**Figura 5: Estaciones de muestreo en la Urbanización Pinares Campestre**



Se tomaron estas estaciones de muestreo tomando en cuenta la dirección del viento y estabilidad atmosférica.

**Tabla 3: Estaciones de Estudio**

Identificación	Coordenadas	
Estación Número 1	N07°00'25.7"	W073°03'27.2"
Estación Número 2	N07°00'26.5"	W073°03'24.6"
Estación Número 3	N07°00'25.9"	W073°03'28.6"

Estación Número 4	N07°00'26.4"	W073°03'21.6"
-------------------	--------------	---------------

#### **4.2 EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE VOC`S EN LA URBANIZACIÓN PINARES CAMPESTRE**

Los compuestos como etil mercaptano y butil mercaptano no fueron evaluados en este estudio, a pesar de que la normatividad Colombiana lo exija, ya que el aparato medidor ppbRAE 3000 tiene como valor mínimo límite de concentración 1 ppb.

A continuación se muestran las tablas con los resultados más sobresalientes de las 6 semanas del muestreo:

**Tabla 4: Resultados Estación 1: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC´s) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

Estación:1	Semana 1 (13 oct-18 oct)			Semana 2 (20 Oct-25 Oct)			Semana 3 (27 Oct-1 Nov)			Semana 4 (3 Nov-8 Nov)			Semana 5 (11 Nov-17 Nov)			Semana 6 (18 Nov-24 Nov)			Resolución 601/2006
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	
Jornada	ppb																		(ppb)
COMPUESTO																			
ACETALDEHYDE	18	56	20	67	25	78	29	47	85	31	62	108	99	175	55	81	107	175	210
ACETONE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AMMONIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
BENZENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BUTYL MERCAPTAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
ETHYL MERCAPTAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
ETHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FORMAMIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYDROGEN SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ISOBUTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
METHYL MERCAPTAN	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
METHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NITROBENZEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7
PENTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PHENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROPIL MERCAPTAN, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
STYRENE	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	47
TOLUENE	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
XYLENE, M-	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
XYLENE, O-	0	1	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	
XYLENE, P-	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	
ETHYLBENZENE	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
HEPTANE, N-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0		

M: Jornada Mañana (8-11am T: Jornada Tarde (2-5pm), N: Jornada Noche (6.30-9.30pm)

**Tabla 5: Resultados Estación 2: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

Estación:2	Semana 1 (13 oct-18 oct)			Semana 2 (20 Oct-25 Oct)			Semana 3 (27 Oct-1 Nov)			Semana 4 (3 Nov-8 Nov)			Semana 5 (11 Nov-17 Nov)			Semana 6 (18 Nov-24 Nov)			Resolución 601/2006
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	
Jornada	ppb																		ppb
COMPUESTO																			
ACETALDEHYDE	11	42	11	57	75	104	25	14	63	23	47	95	43	74	83	12	143	11	210
ACETONE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AMMONIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
BENZENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BUTYL MERCAPTAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
ETHYL MERCAPTAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
ETHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FORMAMIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYDROGEN SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ISOBUTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
METHYL MERCAPTAN	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	2
METHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NITROBENZEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7
PENTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PHENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROPIL MERCAPTAN, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
STYRENE	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	47
TOLUENE	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	
XYLENE, M-	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
XYLENE, O-	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
XYLENE, P-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	
ETHYLBENZENE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
HEPTANE, N-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

M: Jornada Mañana (8-11am T: Jornada Tarde (2-5pm), N: Jornada Noche (6.30-9.30pm)

**Tabla 6: Resultados Estación 3: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC´s) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

Estación:3	Semana 1 (13 oct-18 oct)			Semana 2 (20 Oct-25 Oct)			Semana 3 (27 Oct-1 Nov)			Semana 4 (3 Nov-8 Nov)			Semana 5 (11 Nov-17 Nov)			Semana 6 (18 Nov-24 Nov)			Resolución 601/2006
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	
Jornada	ppb																		ppb
COMPUESTO																			
ACETALDEHYDE	5	13	11	23	30	42	7	36	70	25	63	81	108	175	22	48	126	57	210
ACETONE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AMMONIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
BENZENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BUTYL MERCAPTAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
ETHYL MERCAPTAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
ETHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FORMAMIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYDROGEN SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ISOBUTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
METHYL MERCAPTAN	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
METHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NITROBENZEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7
PENTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PHENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROPIL MERCAPTAN, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
STYRENE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
TOLUENE	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
XYLENE, M-	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
XYLENE, O-	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
XYLENE, P-	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	
ETHYLBENZENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
HEPTANE, N-	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

M: Jornada Mañana (8-11am T: Jornada Tarde (2-5pm), N: Jornada Noche (6.30-9.30pm)

**Tabla 7: Resultados Estación 4: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC´s) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

Estación:4	Semana 1 (13 oct-18 oct)			Semana 2 (20 Oct-25 Oct)			Semana 3 (27 Oct-1 Nov)			Semana 4 (3 Nov-8 Nov)			Semana 5 (11 Nov-17 Nov)			Semana 6 (18 Nov-24 Nov)			Resolución 601/2006
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	
Jornada	ppb																		ppb
COMPUESTO																			ppb
ACETALDEHYDE	12	47	14	3	5	27	42	17	81	12	3	17	61	46	33	29	87	9	210
ACETONE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AMMONIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
BENZENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BUTYL MERCAPTAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
ETHYL MERCAPTAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
ETHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FORMAMIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYDROGEN SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ISOBUTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
METHYL MERCAPTAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
METHYL SULFIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
NITROBENZEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7
PENTANE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PHENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROPIL MERCAPTAN, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
STYRENE	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	47
TOLUENE	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
XYLENE, M-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
XYLENE, O-	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
XYLENE, P-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETHYLBENZENE	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
HEPTANE, N-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	

M: Jornada Mañana (8-11am T: Jornada Tarde (2-5pm), N: Jornada Noche (6.30-9.30pm)

Tomando los resultados más altos durante el seguimiento semana, y tabulándolos en las tablas anteriores, se analiza que no hubo ninguna concentración de los

compuestos que sobrepasara el límite máximo permitido por la normatividad Colombiana. Se tomó cada compuesto encontrado y se realizo un estudio promedio

Se tomaron los datos promedios de las concentraciones más altas obtenidas del seguimiento semanal para poder analizar el comportamiento de los compuestos individualmente.

**Tabla 8: Resultados con ACETALDEHÍDO**

COMPUESTO	Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio
	Jornada	Mañana						
	Estación	ppb						ppb
ACETALDEHÍDO	1	18	67	29	31	99	81	54,1
	2	11	57	25	23	43	12	28,5
	3	5	23	7	25	108	48	36
	4	12	3	42	12	61	29	26,5
	Jornada	Tarde						Promedio
	Estación	ppb						
	1	56	25	47	62	175	107	78,6
	2	42	75	14	47	74	143	65,83
	3	13	30	36	63	175	126	73,8
	4	47	5	17	3	46	87	34,16
	Jornada	Noche						Promedio
	Estación	ppb						
	1	20	78	85	62	55	175	79,16
	2	11	104	63	47	83	11	53,16
	3	11	42	70	63	22	57	44,16
	4	14	27	81	3	33	9	27,8



**Tabla 9: Resultados con METIL MERCAPTANO**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
		Jornada	<b>Mañana</b>						Promedio	
COMPUESTO	Estación	ppb						ppb		
<b>METIL MERCAPTANO</b>	1	1	1	0	0	1	1	0,666		
	2	0	0	0	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0	0	0	0		
			Jornada	<b>Tarde</b>						Promedio
		Estación	ppb							
		1	0	0	0	1	0	0	0,166	
		2	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	
			Jornada	<b>Noche</b>						Promedio
		Estación	ppb							
		1	1	0	0	0	0	1	0,3333	
		2	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabla 10: Resultados con ESTIRENO**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
		Jornada	<b>Mañana</b>						Promedio	
COMPUESTO	Estación	ppb						ppb		
<b>ESTIRENO</b>	1	1	0	1	0	0	0	0,3333		
	2	0	2	0	1	0	1	0,666		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0	1	0	0,166		
			Jornada	<b>Tarde</b>						Promedio
		Estación	ppb							
		1	0	0	0	2	0	1	0,5	
		2	0	0	0	0	0	0	0	
		3	0	0	0	0	0	0	0	
		4	0	0	0	0	0	0	0	
			Jornada	<b>Noche</b>						Promedio
		Estación	ppb							
		1	1	0	0	1	0	0	0,3333	
		2	0	0	0	0	0	0	0	

	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 11: Resultados con TOLUENO**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
		Jornada	<b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación	ppb						ppb		
TOLUENO	1	0	0	0	0	2	0	0,3333		
	2	1	0	1	0	1	2	0,8		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	0	0	1	1	0	0	0,3		
			Jornada	<b>Tarde</b>						
			Estación	ppb						Promedio
	1	0	0	0	0	0	1	0,1666		
	2	0	0	0	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0	0	1	0,166		
			Jornada	<b>Noche</b>						
			Estación	ppb						Promedio
	1	1	2	0	0	0	0	0,5		
	2	0	0	0	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	0	0	1	0	0	0	0,166		

**Tabla 12: Resultados con XILENO, M**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
		Jornada	<b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación	ppb						ppb		
XILENO, M-	1	0	0	0	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0	0	0	0		
	4	1	0	0	0	0	0	0,166		
			Jornada	<b>Tarde</b>						
			Estación	ppb						Promedio
	1	0	0	2	0	0	0	0,3333		
	2	1	1	0	0	0	1	0,5		
	3	0	0	1	0	2	0	0,5		
	4	0	0	0	0	1	1	0,3333		

Jornada	Noche						Promedio
	ppb						
1	0	0	0	0	1	0	0,166
2	0	0	0	0	0	2	0,333
3	1	1	2	0	0	0	0,666
4	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 13: Resultados con XILENO, O**

Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
	Jornada <b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación ppb						ppb	
XILENO, O-	1	0	0	0	2	0	0,3333	
	2	0	0	0	0	0	0	
	3	0	1	0	0	0	0,166	
	4	0	0	1	0	1	0,3333	
	Jornada <b>Tarde</b>							Promedio
	Estación ppb							
	1	1	0	0	0	0	0	0,166
	2	0	0	1	0	0	1	0,3333
	3	1	0	0	1	0	0	0,3333
	4	0	1	0	0	1	1	0,5
	Jornada <b>Noche</b>							Promedio
	Estación ppb							
1	2	1	0	0	0	0	0,5	
2	1	0	0	1	0	0	0,3333	
3	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	

**Tabla 14: Resultados con XILENO, P**

Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio	
	Jornada <b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación ppb						ppb	
XILENO, P-	1	0	0	2	1	0	0,5	
	2	0	0	0	1	0	0,3333	
	3	0	0	0	0	0	1	0,166
	4	0	0	0	0	0	0	0
	Jornada <b>Tarde</b>							Promedio

Estación	ppb						
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2	0	0,3333
4	0	0	0	0	0	0	0
Jornada	<b>Noche</b>						Promedio
Estación	ppb						
1	1	1	0	0	2	0	0,666
2	0	0	1	0	2	0	0,5
3	0	2	1	0	0	0	0,5
4	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 15: Resultados con ETILBENCENO**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio
Jornada		<b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación	ppb						ppb	
<b>ETILBENCENO</b>	1	1	0	2	1	0	0	0,666	
	2	1	0	0	1	1	0	0,5	
	3	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	1	0	1	1	0,5	
	Jornada	<b>Tarde</b>						Promedio	
	Estación	ppb							
	1	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	
	Jornada	<b>Noche</b>						Promedio	
	Estación	ppb							
	1	0	2	0	0	1	1	0,666	
	2	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	
	4	1	0	0	0	0	0	0,166	

**Tabla 16: Resultados con HEPTANO, N**

		Semana	1	2	3	4	5	6	Promedio
Jornada		<b>Mañana</b>							
COMPUESTO	Estación	ppb						Ppb	
<b>HEPTANO,N-</b>	1	0	0	0	0	0	2	0,666	

2	0	0	1	0	0	0	0,166
3	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0	0,3333
Jornada	<b>Tarde</b>						Promedio
Estación	ppb						
1	0	0	0	2	0	0	0,3333
2	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	0	0	0	0,3333
4	0	0	0	0	0	0	0
Jornada	<b>Noche</b>						Promedio
Estación	ppb						
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0,166

Se hizo un análisis del valor de cada uno de los compuestos según la jornada de la toma del monitoreo con respecto a la Estación 1 se deduce lo siguiente (Ver Tabla 17 y Figura 6)

- Acetaldehído: Existe más presencia de este compuesto en horas de la tarde y noche. En horas de la mañana también hay presencia pero en baja cantidad.
- Metil Mercaptano: Hay más presencia de este en horas del día, aunque también se identificó en horas de la noche y en más baja concentración en horas de la tarde.
- Estireno: Hubo igual concentración para las jornadas de la mañana y de la noche, pero para la jornada de la tarde su concentración tuvo un aumento significativo.
- Tolueno: Se encontraron concentración en las tres diferentes jornadas. La jornada de la noche fue la que tuvo mayor relevancia.
- Xileno, M-: Este compuesto no tuvo en la presencia de la mañana. En la tarde tuvo mayor presencia que la jornada de la noche.

- Xileno, O-: Hubo más presencia de este compuesto en la jornada de la noche, sin embargo en horas de la mañana y tarde también hubo presencia aunque mucho más baja.
- Xileno, P: En la jornada de la tarde no se encontró presencia de este compuesto, su presencia fue identificada en horas de la mañana y noche con concentraciones muy similares.
- Etilbenceno: Este compuesto no tuvo presencia en la jornada de la tarde. En horas de la tarde la concentración para las jornadas de la mañana y noche fueron similares.
- Heptano, N: Este compuesto solo tuvo presencia en horas de la mañana.

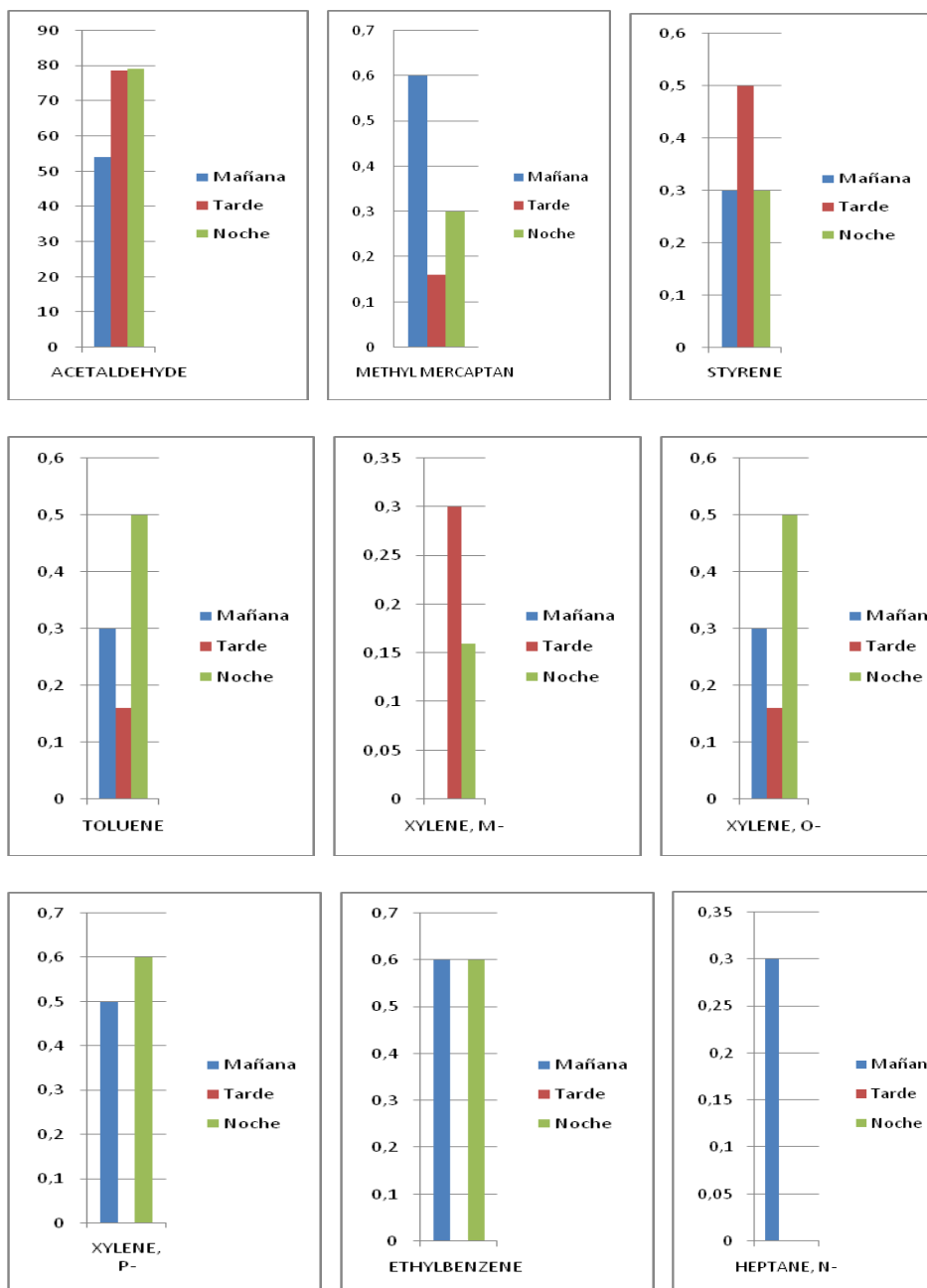
**Tabla 17: Resultados Estación 1: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC´s) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

**ESTACION:1**

**JORNADA:      Mañana      Tarde      Noche**

COMPUESTO	Promedio ppb	Promedio ppb	Promedio ppb
ACETALDEHÍDO	54,1	78,6	79,16
METIL MERCAPTANO	0,666	0,166	0,3333
ETIRENO	0,3333	0,5	0,3333
TOLUENO	0,3333	0,16	0,5
XILENO, M-	0	0,3	0,166
XILENO, O-	0,3333	0,16	0,5
XILENO, P-	0,5	0	0,666
ETILBENCENO	0,666	0	0,666
HEPTANO, N-	0,3	0	0

**Figura 6: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 1. (Concentraciones ppb)**



Se hizo un análisis del valor de cada uno de los compuestos según la jornada de la toma del monitoreo con respecto a la Estación 2 se deduce lo siguiente (Ver Tabla 18 y Figura 7)

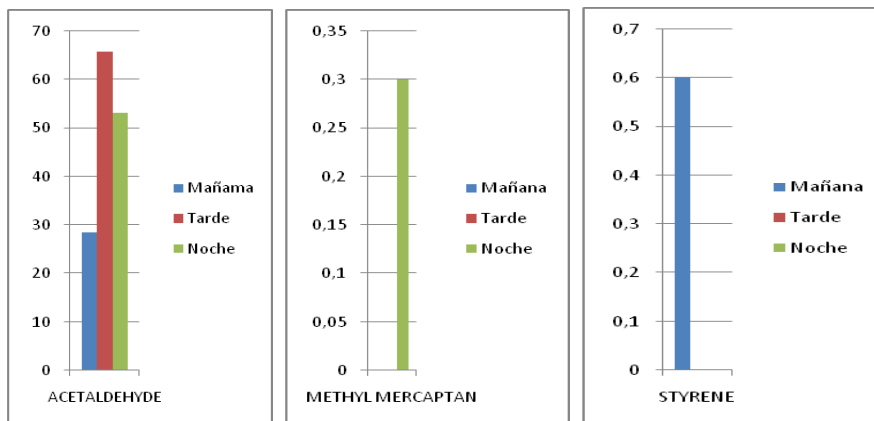
- Acetaldehído: Este compuesto tuvo presencia en las tres diferentes jornadas, en la jornada de la tarde fue donde se encontró mayor concentración, la jornada de la noche también tuvo una concentración relevante y en las horas de la mañana fue la jornada la cual tuvo la más baja presencia.
- Metil Mercaptano: Este compuesto solo tuvo presencia en la jornada de la noche.
- Estireno: Se identificó su presencia solo en horas jornada de la mañana.
- Tolueno: La única jornada en la que se encontró este compuesto fue en horas de la mañana.
- Xileno, M-: Este compuesto no tuvo presencia en las horas de la mañana, pero si tuvo presencia significativa en la jornada de la tarde y ya en poca menor concentración en la jornada de la noche.
- Xileno, O-: La presencia de este compuesto solo tuvo existencia en la jornada de la tarde.
- Xileno, P-: La jornada de la noche fue donde se encontró mayor concentración de este compuesto, en horas de la mañana hubo menor concentración y en la jornada de la tarde no se registró presencia de este compuesto.
- Etilbenceno: Este compuesto solo tuvo presencia en la jornada de la mañana.
- Heptano, N-: Su presencia solo fue registrada en jornadas de la mañana.

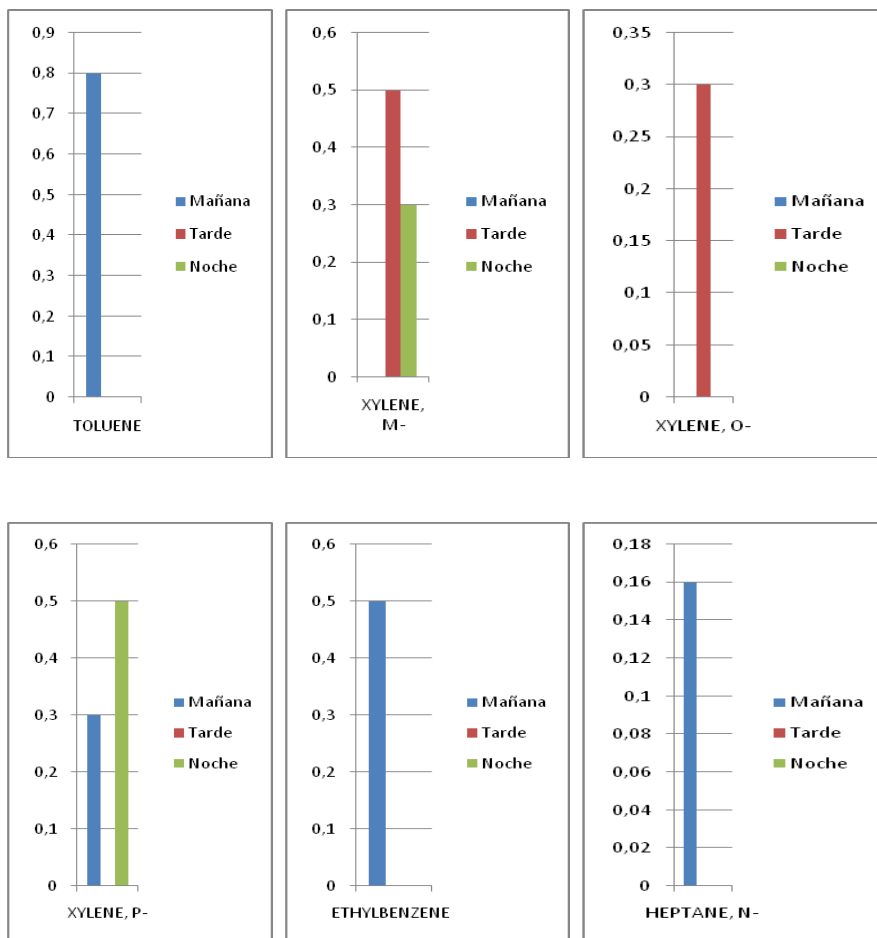


**Tabla 18: Resultados Estación 2: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

ESTACION:2			
JORNADA:	Mañana	Tarde	Noche
COMPUESTO	Promedio ppb	Promedio ppb	Promedio ppb
ACETALDEHÍDO	28,5	65,83	53,16
METIL MERCAPTANO	0	0	0,3
ESTIRENO	0,6	0	0
TOLUENO	0,8	0	0
XILENO, M-	0	0,5	0,3
XILENO, O-	0	0,3	0
XILENO, P-	0,3	0	0,5
ETILBENCENO	0,5	0	0
HEPTANO, N-	0,16	0	0

**Figura 7: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 2.**





Se hizo un análisis del valor de cada uno de los compuestos según la jornada de la toma del monitoreo con respecto a la Estación 3 se deduce lo siguiente (Ver Tabla 19 y Figura 8)

- Acetaldehído: Este compuesto tuvo mayor presencia en horas de la tarde, en horas de la mañana y tarde se registraron datos de concentraciones muy similares.
- Xileno, M-: En las horas de la mañana no hubo existencia de este compuesto, aunque en las jornadas de la tarde y noche si se registraron datos de concentración de este.

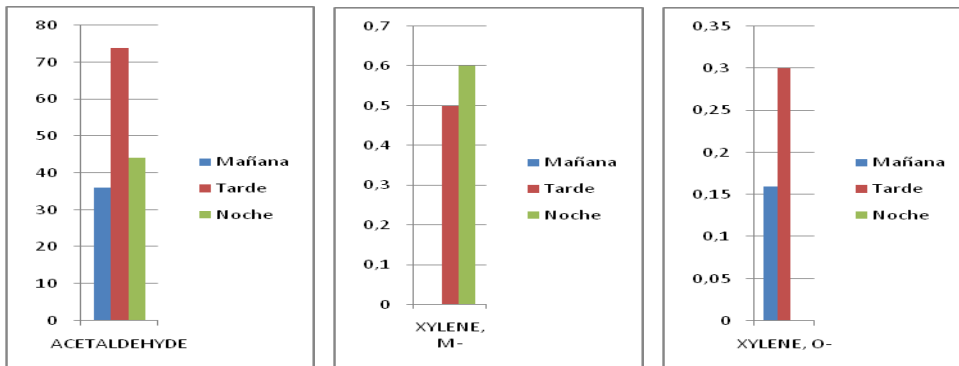
- Xileno, O-: Este compuesto tuvo mayor registro de concentración en las horas de la tarde y ya en poca cantidad en la jornada de la mañana, no se tuvo registro de este en la jornada de la noche.
- Xileno, P-: El incremento de la concentración de este compuesto fue aumentando a medida de que el día fuera transcurriendo, los registros de este en las horas de la mañana fueron menor que el de las concentraciones de la jornada de la noche.

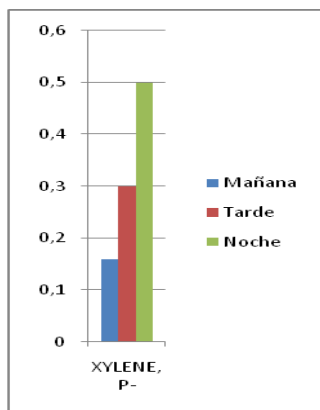
**Tabla 19: Resultados Estación 3: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

**ESTACION:3**  
**JORNADA:**                    **Mañana**    **Tarde**    **Noche**

COMPUESTO	Promedio ppb	Promedio ppb	Promedio ppb
ACETALDEHÍDO	36	73,8	44,16
METIL MERCAPTANO	0	0	0
ESTIRENO	0	0	0
TOLUENO	0	0	0
XILENO, M-	0	0,5	0,6
XILENO, O-	0,16	0,3	0
XILENO, P-	0,16	0,3	0,5
ETHYLBENZENE	0	0	0
HEPTANO, N-	0	0	0

**Figura 8: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 3(Concentraciones ppb)**





Se hizo un análisis del valor de cada uno de los compuestos según la jornada de la toma del monitoreo con respecto a la Estación 4 se deduce lo siguiente (Ver Tabla 20 y Figura 9)

- Acetaldehído: Este compuesto tuvo presencia en las 3 diferentes jornadas aunque en las horas de la noche fue donde se registraron mayor registro de concentración de este.
- Estireno: Solo se existió presencia de este en la jornada de la mañana con una concentración muy baja.
- Tolueno: Hubo concentraciones en las diferentes jornadas del día. La mayor se registró en las horas de la mañana, en jornadas de la tarde y noche se registraron concentraciones similares.
- Xileno, M-: Este compuesto tuvo mayores datos de concentración en la jornada de la tarde, no hubo presencia de este en las horas de la noche.
- Xileno, O-: Hubo mayor concentración en las horas de la tarde, en la jornada de la noche no se registraron ningún dato de su presencia.
- Etilbenceno: Este compuesto tu significativa concentración en las horas de la mañana, en la jornada de la noche no hubo presencia de este.
- Heptano, N-: Hubo registros de este compuesto en las horas de la mañana y noche, no hubo presencia de este en las horas de la tarde.

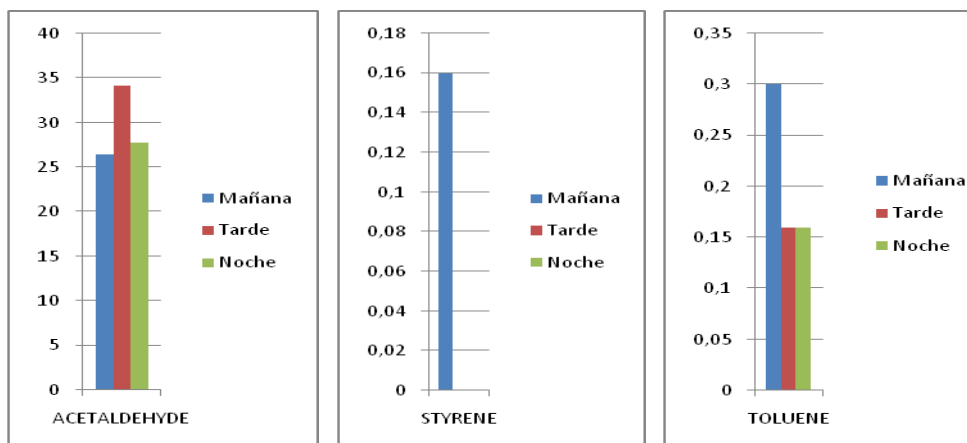
**Tabla 20: Resultados Estación 4: Registro de Datos -Monitoreo Calidad Del Aire (VOC's) Conjunto Residencial Pinares Campestre**

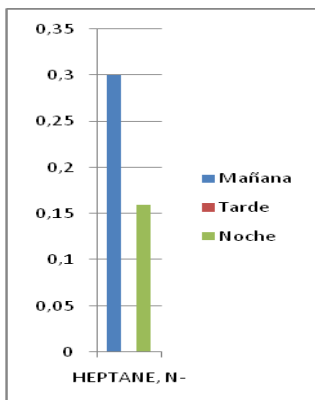
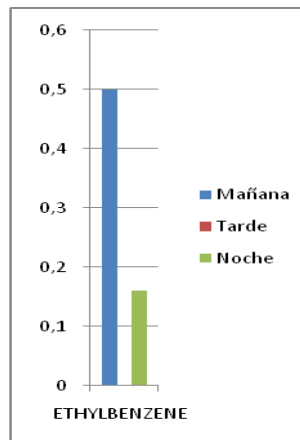
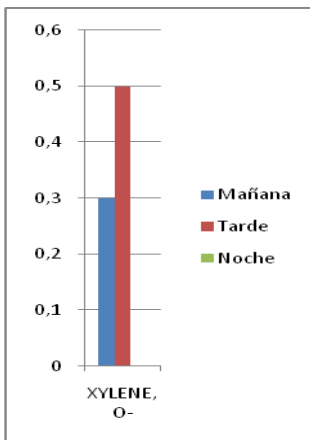
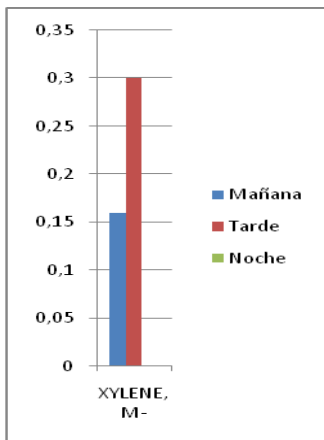
**ESTACION:4**

**JORNADA:      Mañana      Tarde      Noche**

COMPUESTO	Promedio ppb	Promedio ppb	Promedio ppb
ACETALDEHÌDO	26,5	34,16	27,8
METIL MERCAPTANO	0	0	0
ESTIRENO	0,16	0	0
TOLUENE	0,3	0,16	0,16
XILENO, M-	0,16	0,3	0
XILENO, O-	0,3	0,5	0
XILENO, P-	0	0	0
ETILBENCENO	0,5	0	0,16
HEPTANO, N-	0,3	0	0,16

**Figura 9: Resultados de monitoreo según la jornada de la toma del registro: mañana, tarde noche. Estación 4. (Concentraciones ppb)**





### 4.3 EL PROTOCOLO DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

Las zonas donde se exceden las normas de calidad de aire, deberán elaborar un programa de reducción de la contaminación, identificando acciones y medidas que permitan reducir los niveles por debajo de los máximos establecidos. Las acciones y medidas aplicadas serian:

- Modernización del parque automotor.
- Reforzamiento de los programas de seguimiento al cumplimiento de la normatividad para fuentes fijas y móviles.
- Ampliación en cobertura de áreas verdes.

- Control a la suspensión de material particulado.
- Reconversión de políticas a combustibles limpios.
- Integración de políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad de aire.
- Prevención a la población respecto a la exposición a niveles altos de contaminación.
- Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico.
- Programas de mejoramiento del espacio público.
- Establecimiento de pautas para la planeación del territorio, teniendo en cuenta el comportamiento y dispersión de los contaminantes monitoreados.
- Programa de fiscalización y vigilancia.
- Mejoramiento o implementación de sistemas de control ambiental de las industrias.

Al notar que hubo presencias de algunos compuestos, aunque no sobrepasen la normatividad, comprometido con el medio ambiente se hicieron algunas medidas para mitigar aun más la poca presencia de VOCs existentes en las zonas aledañas del ICP.

Se instalaron persianas frente a las chimeneas en la azotea del edificio de los laboratorios para facilitar la dilución de las emisiones con las corrientes de aire, mediante la dispersión de los gases y vapores de las Cabinas de Extracción mediante la ventilación natural.

Especificaciones técnicas de las persianas:

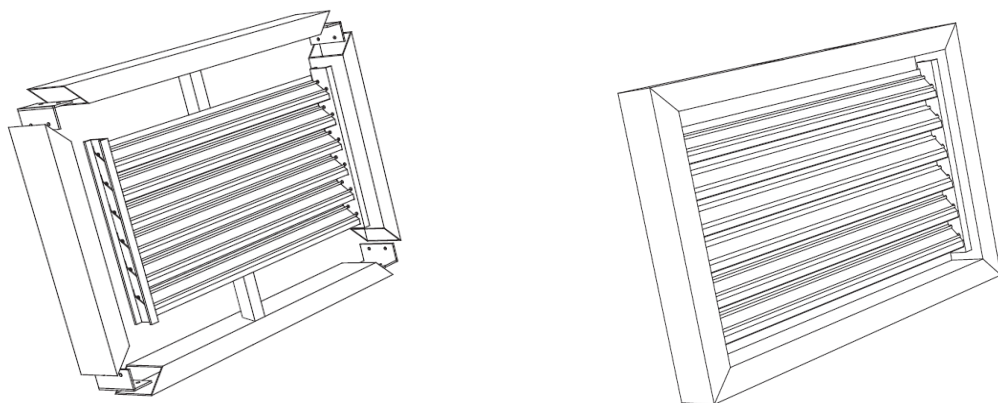
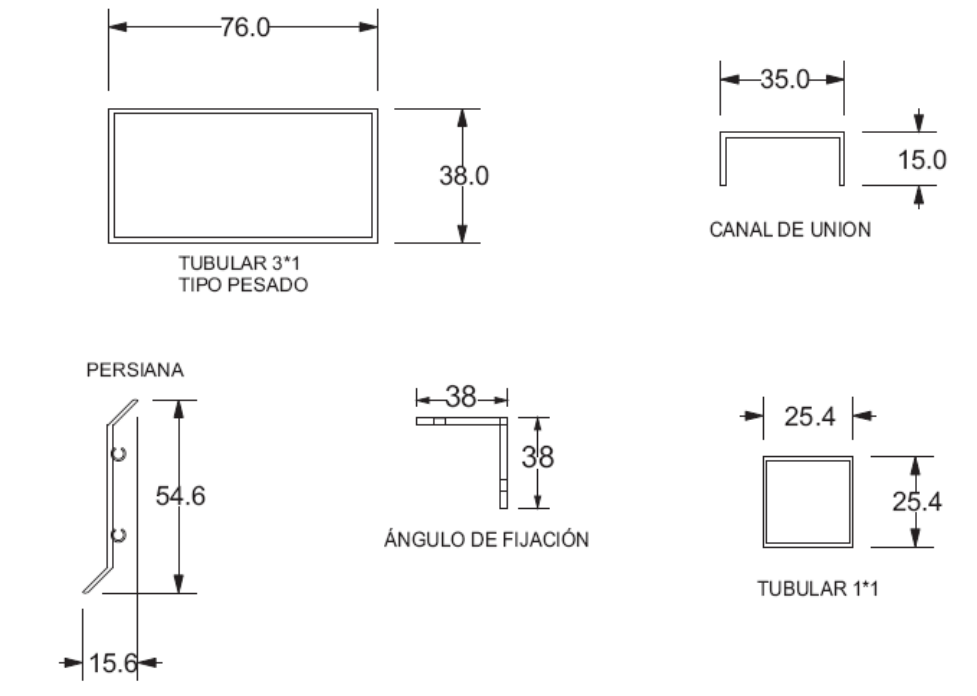
Todos los cerramientos de los ductos de salida de las cabinas de extracción deberán ser fabricados en aluminio tipo pesado Hunter Douglas, con las siguientes características:

- Cerramientos fabricados en perfilería de aluminio con sistema de paneles lineales, con separación variable de acuerdo a la longitud y altura del mismo (13 mt., 5.5 mt., 4.0 mt, 2.5 mt. y 2.0 mt.).
- Debe funcionar como corta sol con manejo visual, generando identidad con la arquitectura del edificio.
- Debe facilitar la dispersión de las emisiones con las corrientes de aire con el propósito de permitir la circulación de aire para generar control de temperatura y vapores.
- La estructura del cerramiento debe poseer perfilería de aluminio tipo pesado para exteriores, con el fin de soportar las fuerzas ejercidas por el viento, altas temperaturas y humedad.
- El sistema de fijación debe ser tipo pesado, utilizando chazos de expansión de ½" X 3", espaciados cada 50 cms. La estructura inferior debe poseer refuerzo interno para evitar el aplastamiento de la tubería, la cual debe ir incrustada a la estructura del edificio.
- La perfilería debe impedir la visibilidad de los Ductos de Salida de las Cabinas de Extracción ubicadas en la terraza del edificio, permitiendo la circulación del aire y entrada de iluminación, con celosías separadas siete (7) cms. entre ejes de instalación, para disminuir la presión del viento.
- Cada metro se colocarán refuerzos verticales en tubería cuadrada de 1"X1", fijadas a la estructura y a las cuales se fijarán las persianas, evitando así deformaciones en la celosía y dando a su vez estabilidad al sistema.
- El acabado superficial del aluminio deberá ser en proceso de anodizado al natural.
- Los elementos de fijación tales como tornillos, remaches, ángulos y otros, deberán ser en aluminio con proceso de galvanizado, para evitar procesos de oxidación que debilite la estructura.
- El tipo de perfilería a utilizar para el cerramiento de los Ductos de Salida de las Cabinas de Extracción, deberá tener las siguientes dimensiones y formas:

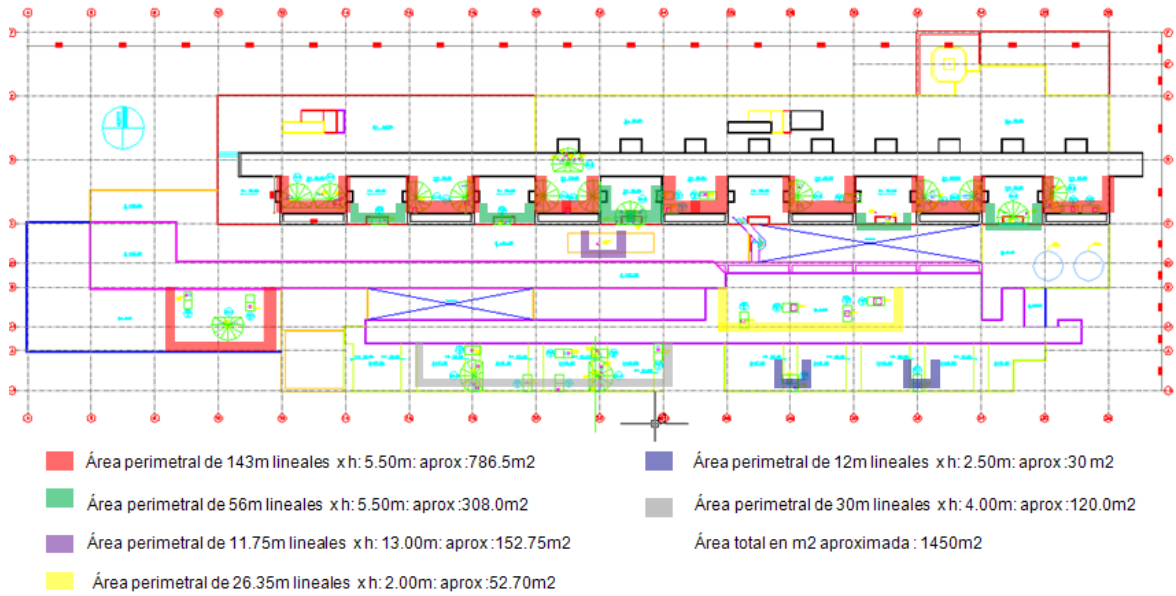


**Figura 10: Planos de distribución del cerramiento de los ductos**

Así mismo, en la grafica se muestra el plano de distribución del cerramiento de los ductos de salida de las cabinas de extracción que deberán ser fabricados e instalados en el Edificio 9:



**Figura 11: Distribución de las persianas**



## 5. CONCLUSIONES

Comparando los resultados obtenidos con la normatividad colombiana, en los diferentes puntos y en diferentes jornadas, no se encontraron valores de concentraciones de los compuestos estudiados que sobrepasen la Resolución 0601 del 2006, por lo tanto el Instituto Colombiano del Petróleo cumple con esta normatividad y no viola a ley Colombiana.

Se presentaron algunos compuestos orgánicos volátiles con muy baja concentración que no afectarían la salud de la población estudiada ni la naturaleza alrededor.

De acuerdo con lo anterior, los datos que se obtuvieron de los monitoreos en las diferentes 4 estaciones, indica que no existe ningún riesgo para la salud de los habitantes de ese sector por causa de las emisiones que el ICP emite en sus actividades internas.

Debido a que gran cantidad de los vientos del sector van a dirección al sur oeste, las estaciones 1 y 2 son las que en donde se registraron mayor cantidad de concentraciones de los compuestos monitoreados.

Los compuestos como Acetaldehído, Metil Mercaptano, Estireno Tolueno, Xileno M-, N-, P-, Etilbenceno, y Heptano, N-, siempre estuvieron presentes en las diferentes 4 estaciones donde se realizaron los monitoreos debido que dentro de esta urbanización aun se encuentran algunas casas en fase de construcción o de remodelación.

El compuesto Acetaldehído siempre estuvo presente en los diferentes días de monitoreo, a diferente jornada del día; sin embargo nunca sobrepaso el límite establecido por la normatividad Colombiana, las emisiones de este compuesto es muy común dentro del ICP ya que se utiliza para proceso de síntesis de otros productos orgánicos, tratamiento de pirólisis de varios hidrocarburos y fabricación de piezas de vidrio, entre varios.

El compuesto Metil Mercaptano estuvo presente solamente en la estación Número 1, con concentraciones promedio de 0.666ppb, 0.1666, y 0.333ppb, en las jornadas del día, tarde y noche respectivamente, en las demás estaciones no hubo registro de concentración de este compuesto.

En la estación número 3, no se registraron concentraciones de los compuestos Estireno, Tolueno, Etilbenceno y Heptano N, ya que esta estación está ubicada en una zona donde se realiza poca actividad dentro del ICP y además es una ubicación con una gran zona verde.

Los compuestos Etilbenceno y Heptano N, no estuvieron presente en ninguna estación en las jornadas de la tarde.

La estabilidad atmosférica en la zona de estudio, es una zona muy inestable respecto a la velocidad y dirección del viento; sin embargo, según los resultados obtenidos, la dirección de viento con mayor frecuencia durante las dos semanas que se hicieron seguimientos a la estación meteorológica fue Sur-Oeste, donde se encuentra la población donde se realizó el estudio.

De acuerdo con lo anterior las estaciones 1 y 2 fueron las que se registraron mayores concentraciones de los compuestos monitoreados comparando con las estaciones 3 y 4, la gran velocidad del viento en horas de la tarde y la dilución que

genera las corrientes del viento con las emisiones del ICP hace disminuir la concentración de los compuestos.

El principal impacto a la calidad de aire en las diferentes actividades del ICP son los resultados de las emisiones incontroladas (fugas) de gases de los laboratorios, donde se manejan grandes compuestos para diferentes ensayos generando emisiones en las chimeneas de las cabinas.

Se concluye que es de gran importancia para la realización de un plan de monitoreo de aire contemplar las mediciones de diferentes parámetros meteorológicos, tales como presión, temperatura, velocidad y dirección del viento, precipitación y radiación solar, ya que la dispersión y transporte de contaminantes gaseosos es un criterio de gran relevancia en este estudio.

## 6. RECOMENDACIONES

Es muy importante hacer un seguimiento de la calidad de aire en una zona específica, todos los días laborales y a diferente jornada, ya que así se puede analizar el comportamiento de las emisiones de las fuentes dependiendo sus procesos y operaciones.

Dado de que el aparato ppbRAE 3000 es un medidor puntual, se recomienda métodos con tubos pasivos. Esta clase de sistema de monitoreo consiste en un tubo en el cual un extremo contiene un absorbente que fija el contaminante. El contaminante será capturado por el absorbente a una velocidad controlada y un tiempo fijado.

Se propone la implementación de un monitoreo de ozono y VOC's para clasificar al municipio de Piedecuesta de acuerdo a la severidad de contaminación por ozono y VOC's. y compararlo con los resultados del monitoreo de calidad de aire dentro del ICP, para notificar diferencias de concentraciones.

Para una adecuada implementación de la normatividad Colombiana respecto a la calidad del aire, se requiere de un monitoreo extensivo de VOC's y ozono con medidores automáticos.

Un diseño apropiado de una red de monitoreo de calidad de aire, debe contemplar tanto los equipos principales (analizadores y meteorología) así como los elementos auxiliares componentes de la red, de manera que el estimativo inicial del costo sea acertado y no presenten problemas una vez inicie el proceso de adquisición.

Es importante que la operación de la red de monitoreo se realice en forma conjunta entre la autoridad ambiental e instituciones del orden académico, para que de esta manera, se avance en forma conjunta y planificada, en el proceso de asimilación y estudio del fenómeno de contaminación atmosférica.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Ing. Sergio Remolina, Ing. Gustavo Ruiz, Ing. Carlos Pareja, Ing. Julio Escobar, ECOPETROL S.A., Especificaciones técnicas de gestión y diseño al plan de trabajo por realizar.

Métodos de la EPA (Environmental Protection Agency)

Manual de operación y mantenimiento estación meteorológica ICP.

Servicios técnicos y laboratorios, coordinación de laboratorios y plantas piloto de refinación – transporte

Centro de Investigación Técnica, ICP diseño del sistema de biofiltración plantas piloto.

Resolución 0601 del 2006, Colombia, Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial (MAVDT)

Emission Measurement Technical Information Center NSPS Test Methods

Anteproyecto de Guía Técnica Colombiana, Guía metodológica para la selección y aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.

Programa de control de la contaminación atmosférica, Simulación de las emisiones de las chimeneas y de los equipos térmicos de la GBV y de las emisiones del parque automotor de la ciudad de Barrancabermeja.



Air Pollution Control Test Methods, 40 CFR Ch. (7-1-91 Edition), Environmental Protection Agency (US-EPA), Part 60 appendix A – Test Methods.

GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series, Volume 3, Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air, Earthwatch Global Environment Monitoring System.

GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series, Volume 4, Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality, Earthwatch Global Environment Monitoring System.

Directrices de la industria petrolera para la notificación de emisiones de gases de efecto invernadero, Diciembre 2003, International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, International Association of Oil and Gas Producers, American Petroleum Institute.

Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance for Direct and Indirect Emissions from Stationary Combustion Sources, Draft, August 2002

EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 3rd Edition, European Environment Agency, October 2002

U.S. DOE Energy Information Administration, Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2001, April 2003.

U.S. EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42), 5th Edition, 1998.

Canada's Greenhouse Gas Inventory, 1999-2000, Greenhouse Gas Division, Environment Canada, June 2002.

Air Pollution Management and Technology, SMHI, Advanced international training programme in Norrköping, Sweden, October 15 – November 16, 2001.

Contaminación por la industria del petróleo, Gustavo Ruiz, Instituto Colombiano del Petróleo – ECOPETROL.

Memorias, Seminario – Taller, Calidad del aire: Fundamentos, técnicas de medición y gerencia, Febrero 28 – 02 Marzo, Universidad de los Andes, Colombia.

Volatile Organic Compounds, Technical Guide for assessment, monitoring and control, Shell health, safety and environment committee, February 1996.

ECOPETROL y el medio ambiente, Instituto Colombiano del Petróleo, Octubre 1989.

Revista del área de estudio ambientales - CIDI – Universidad Pontificia Bolivariana, CONTAMINACION AMBIENTAL, Vol. 14, No. 26, Julio – Diciembre 1993, Medellín, Antioquia.

Informe de Cumplimiento Ambiental N° 2. Ingeniero Oscar Barrera Calderón. 17 de Diciembre de 2007. TecnoPavimentos S.A.

CRUZ, Gabriel. Marco Lógico en la Formulación de proyectos Agropecuarios y Agroindustriales. Septiembre 2000.

Introducción a la física de la contaminación atmosférica, Marcos Peñaloza, Escuela Venezolana para la enseñanza de la física.

MONROY, Néstor y otros. Introducción a la Producción más Limpia; Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de ingeniería Industrial. Bogotá 2005.

Planes de acción para mejoramiento ambiental en PYMES. Acercar.2000.

Sistema de Gestión de Calidad Tomo I. TecnoPavimentos S.A.

Seoánez Mariano, Angulo Irene (1999); MANUAL DE GESTION MEDIOAMBIENTAL DE LA EMPRESA, Ediciones Mundi Prensa, Madrid.

Imágenes de planos obtenidas por Google Earth.