



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS
Carlos Rafael Rodríguez

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE
LA REHABILITACIÓN Y CAMBIO DE COMBUSTIBLE EN LA
TERMOELÉCTRICA DE CIENFUEGOS.**

Autor: Rubén Sánchez O'Bourke

Tutores: Msc. Zenaida Usagaua Ramos

Msc. Fransisco Ernesto Berroa Borrel

"Año 50 del Triunfo de la Revolución"

Curso 2008-2009



Universidad de Cienfuegos

Hago constar que el presente trabajo fue realizado por la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ingeniería Industrial, autorizando a que el mismo sea utilizado por los fines que estime conveniente: tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección de nuestro centro y en mismo cumple con los requisitos que debe tener en cuenta un trabajo de esta envergadura, refiriendo la temática señalada.

Información Científico-Técnica
Nombre Apellidos y Firma

Computación
Nombre Apellidos y Firma

Firma del Tutor

Oponente
Nombre Apellidos y Firma

PENSAMIENTO



La naturaleza inspira, cura, consuela, fortalece y prepara para la amistad al hombre.

José Martí

AGRADECIMIENTOS

A mi familia en general por su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas que de una forma u otra han mostrado un verdadero interés y preocupación ofreciendo y dando su ayuda para lograr un buen desarrollo en este trabajo entre los que quisiera destacar, por su participación decisiva, a:

Luisa Pérez Mayorquín (Grupo de capacitación de los recursos humanos en la CTE), por su interés y búsqueda de las facilidades para que fuera conformado este trabajo.

MSc. Francisco Ernesto Berroa Borrell (Dpto. de producción de la CTE) por la facilitación de datos a fines a la investigación.

Ing. Víctor Molina, (Técnico de explotación de centrales eléctricas), por el suministro de datos.

Ing. Juan Bravo Núñez, (Técnico de explotación de centrales eléctricas), por su asesoría en el campo de la explotación de los Generadores de Vapor y suministro de datos.

Manuel Pérez Morales, (Instructor del Dpto. de operaciones) por la facilitación de las instrucciones y normas de explotación de diferentes equipos relacionados con este trabajo y su constante preocupación por el desarrollo del mismo.

De manera muy especial, agradecer a Zenaida Usagaua Ramos, quien con su dedicación y conocimientos tutoró esta investigación, pues sin ella dicha investigación no hubiera sido posible.

RESUMEN

La Central Termoeléctrica (CTE) “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos, evalúa la posibilidad de disminuir el consumo de petróleo, sustituyéndolo por Gas Natural para la generación eléctrica, motivada por el proyecto de construcción de una Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado acoplada a una red de gasoductos en el territorio. El objetivo del presente trabajo es evaluar las consecuencias ambientales, en particular sobre las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que tendrá la sustitución parcial del fuel-oil por gas natural en esta Termoeléctrica, unida a la rehabilitación de sus instalaciones. Para el cálculo se utilizan factores de emisión y se construyen varios escenarios, incluido el de las emisiones actuales de la Planta, que sirve como línea base Referencial. Las emisiones de gases y partículas después del cambio se estiman cuantitativamente superiores a las emisiones actuales, a causa de un aumento esperado de la capacidad de generación. Para niveles de generación similares al promedio de los últimos 3 años las emisiones disminuyen. Los resultados obtenidos son un aporte vital para la evaluación de la nueva inversión, para la evaluación del desempeño ambiental actual de la Termoeléctrica y para el ordenamiento ambiental de la provincia.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	8
Problema a investigar	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	11
Hipótesis a investigar.....	11
CAPÍTULO 1: Generalidades	12
1.1 Desarrollo histórico de la protección del medio ambiente	12
1.2. Principales problemas ambientales y la respuesta internacional hacia los mismos.	13
1.3. Principales acuerdos internacionales en materia de medio ambiente.....	16
1.4. La protección del medio ambiente en Cuba.	18
1.5. Generalidades sobre contaminación atmosférica.	22
1.6. Conclusiones del capítulo.	26
CAPÍTULO 2: Caracterización del sitio y objeto de estudio. Su relación con el medio ambiente.	27
2.1. Caracterización de la Provincia de Cienfuegos	27
2.2. Estrategia ambiental provincial	30
2.3. Caracterización del objeto de estudio.....	31
2.4. Política Ambiental de la Unión Eléctrica.....	41
2.5. Normativa nacional e internacional de emisiones para termoeléctricas.....	42
2.6. Política y objetivos ambientales de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos.	43
2.7. Antecedentes de trabajos de contaminación atmosférica realizados en la termoeléctrica.	45
2.8. Conclusiones del Capítulo.....	47
CAPÍTULO 3: Desarrollo de escenarios de emisiones futuros después de completado el cambio y recursos utilizados para el cálculo de cada uno de ellos.	48
3.1. Descripción del cambio que se analiza.....	48
3.2. Construcción de escenarios para la evaluación de las emisiones.	48
3.3. Método empleado en el cálculo de las emisiones al aire producto de la quema del combustible en la generación eléctrica.	49
3.4. Clasificación de las calderas de la termoeléctrica.....	50
3.5. Clasificación del combustible que se quema.....	51
3.6. Algunas mediciones in situ que muestran la dependencia de las emisiones de contaminantes de la potencia desarrollada.....	52
3.7. Cálculo de la energía promedio generada en los tres últimos años.....	54
3.8. Conclusiones del capítulo.	55
CAPÍTULO 4: Evaluación de la componente ambiental del Cambio.	56
4.1. Cálculo de las emisiones de los principales contaminantes por las unidades de la termoeléctrica.	56

4.2. Emisiones calculadas para los diferentes escenarios.....	65
4.3. Comparación de las emisiones de los diferentes escenarios.....	70
4.4. Conclusiones del capítulo.....	76
Conclusiones Generales.....	77
Recomendaciones.....	78
Bibliografía.....	79
Referencias Bibliográficas.....	83
ANEXO 1. La combustión y sus efectos sobre la salud.....	84

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo se caracteriza por un ambiente extremadamente cambiante. Debido a esta condición dinámica del entorno mundial, las organizaciones se encuentran en un estado de complejidad e incertidumbre ante cambios generados tan rápidamente (José Gpe.Vargas Hernández and Patricia Moreno , 2004). El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y la búsqueda de fuentes de energía alternativas es un claro ejemplo de esto. La provincia de Cienfuegos se enfrenta a un cambio relacionado con un acelerado proceso de desarrollo industrial, que genera facilidades y retos para las empresas y organizaciones enclavadas en su territorio, que deben adaptarse a su nuevo entorno.

Para (French L, 1996) "cambio" significa que el nuevo estado de las cosas es diferente al antiguo estado de las cosas. En (De Faria Mello and Fernando Achilles, 1995) se le define como la modificación de un estado, condición o situación. Así, el cambio es una transformación de características, una alteración de dimensiones o aspectos más o menos significativos.

El aumento del precio del petróleo en los últimos tiempos y el pronóstico de que se mantendrá alto, es un incentivo para cambiar a nuevas fuentes de energía. En entrevista a experto del e MGM Energy Resources (Henry Sykes, 2008) el mismo estima que el precio para los próximos años probablemente oscile entre \$90 y \$100 por barril, creciendo a una tarifa razonable (es decir el 2,5%) por año.

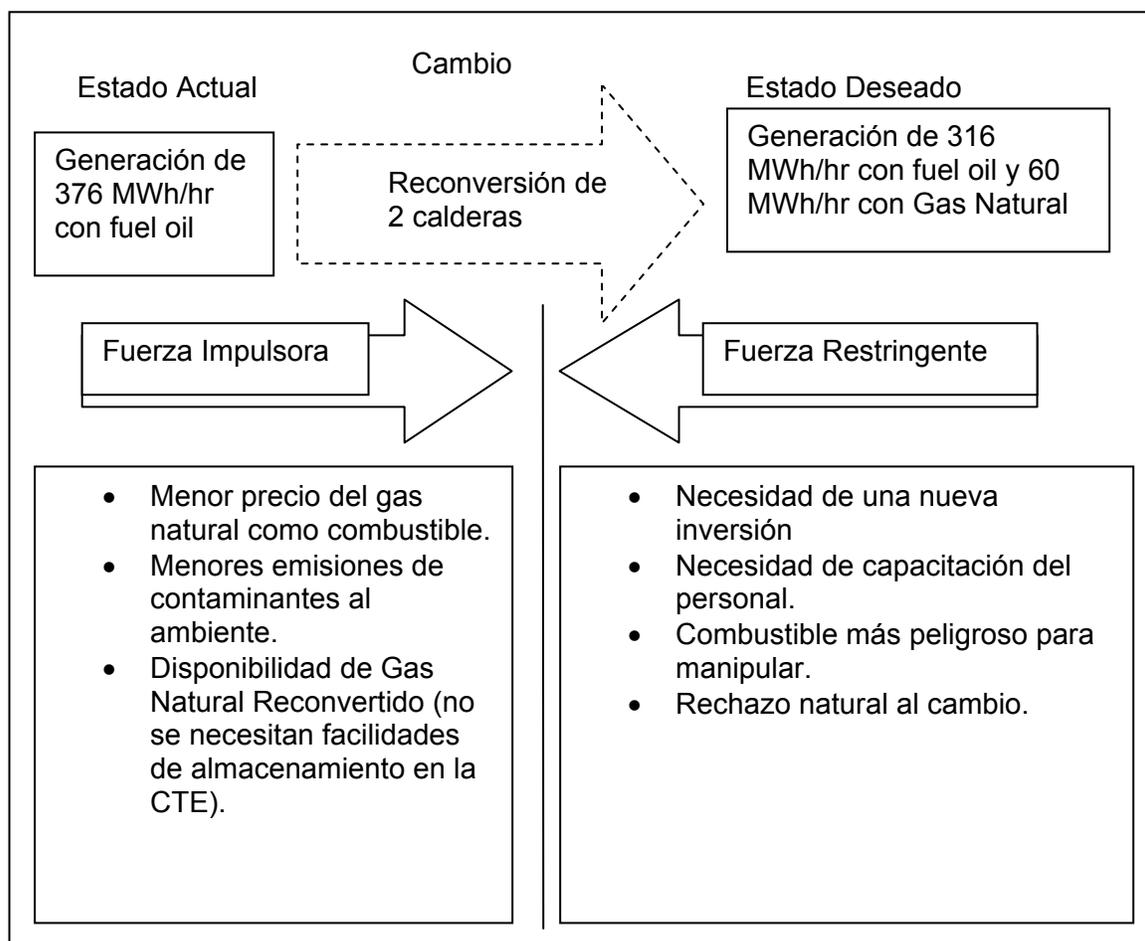
Por otra parte, las facilidades de contar con una Planta Regasificadora de Gas Natural Licuado acoplada a una red de gasoductos, concebida dentro del desarrollo petroquímico de la provincia, estimula el uso del Gas Natural como fuente de energía en los procesos más consumidores. Es la producción de electricidad a escala Industrial, sin duda, uno de estos procesos.

Todo lo anterior ha motivado a la Central Termoeléctrica (CTE) "Carlos Manuel de Céspedes" de Cienfuegos, a evaluar la posibilidad de disminuir el consumo de petróleo, sustituyéndolo por Gas Natural para la generación eléctrica.

Una primera propuesta de cambio que se analiza es la siguiente: En la Empresa Termoeléctrica " Carlos Manuel de Céspedes" de la provincia de Cienfuegos se dispone el montaje para su explotación de dos plantas generadoras de energía eléctrica de 30MW cada una que utilizaran como combustible el gas natural y la adaptación de una de las plantas de nacionalidad japonesa

para que quemara este mismo producto en un sistema de quema dual, sobre la base de que continuaría entregando al Sistema Electro energético Nacional (SEN), la misma potencia para la que fue diseñada (158MW).

Un primer “Análisis del campo de fuerza” permite identificar las principales fuerzas relacionarlas con este cambio potencial, como se puede ver en el esquema que se muestra más abajo.



Cada uno de los factores que pueden contribuir al éxito o fracaso deben ser detalladamente analizados, primero, para estar seguros de que las fuerzas impulsoras lo son y no son restringentes y viceversa, y segundo, para poder proponer medidas que manejen el proceso de cambio.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad es el deterioro del medio ambiente, sus avances científicos y tecnológicos han alcanzado niveles impresionantes

pero aparejado a estos han ocurrido daños que han exigido que se deba tomar conciencia de lo absurdo que sería continuar una carrera hacia un “desarrollo” que no solamente sería insostenible, por el abuso de los recursos naturales al punto de ya poder prefiar en un tiempo no muy lejano su agotamiento, sino también la destrucción del medio ambiente en forma mas general, del cual depende el hombre para sobrevivir. En este aspecto la generación de energía eléctrica ha desempeñado un papel importante.

No cabe duda de que la energía eléctrica se ha convertido hoy en algo imprescindible para nuestro diario vivir, el modo de vida del hombre actual prácticamente no se concibe sin electricidad: en los centros hospitalarios, en todos los procesos de producción de bienes y servicios, la información, el entretenimiento la elaboración de sus propios alimentos, en fin, este producto es de vital importancia, pero para su obtención es necesario la utilización de recursos naturales, como materia prima, los cuales aporten su energía para ser transformada en eléctrica, sometidos a diversos procesos industriales para ello siendo de particular relevancia los combustibles fósiles, que incluyen el petróleo, el carbón y el gas natural los cuales proporcionan la mayor parte de la energía que mueve a la moderna sociedad industrial. Es su combustión el factor principal del proceso al que son sometidos liberando en éste sustancias que en su reacción con otras o por sí mismas resultan en perjuicio del equilibrio natural atmosférico y la salud del propio hombre.

El factor relacionado con las emisiones de contaminantes al aire merece gran atención por su importancia y es alrededor del mismo que se centra el desarrollo del presente trabajo.

Problema a investigar

Se desconoce la componente ambiental del cambio que ya está ocurriendo en la CTE Carlos M de Céspedes, con la rehabilitación de las instalaciones y la futura sustitución parcial del combustible.

En particular, no se ha determinado el estado actual de las emisiones al aire de la CTE y cómo las mismas se comportarán cuando se complete el cambio.

Objetivo general

Evaluar las consecuencias ambientales del cambio relacionado con la rehabilitación de las instalaciones y sustitución parcial del fuel oil que por gas natural en la generación de electricidad, en la CTE Carlos M de Céspedes.

Objetivos específicos

Calcular las emisiones atmosféricas actuales producto de la quema de combustible en la termoeléctrica, con las capacidades instaladas en la actualidad.

Calcular las emisiones de la generación con gas natural y con Fuel oil en las cantidades propuestas.

Comparar las emisiones de distintos tipos de contaminantes, cuando se usa Fuel oil y cuando se emplea Gas Natural, en la generación eléctrica a plena capacidad de las instalaciones de la CTE.

Desarrollar escenarios de consumo de diferentes tipos de combustibles en las unidades.

Calcular las emisiones de contaminantes al aire de los diferentes escenarios y compararlas entre ellas y con el escenario de generación actual.

Hipótesis a investigar

“El cambio previsto, consistente en la rehabilitación de las instalaciones y la sustitución parcial del combustible en la generación eléctrica en la CTE Carlos M de Céspedes, hará posible la disminución de las emisiones de contaminantes a la atmósfera”.

CAPÍTULO 1: Generalidades

El objetivo de este capítulo es introducir al lector el estado del arte en relación con la protección ambiental en las instalaciones industriales.

1.1 Desarrollo histórico de la protección del medio ambiente

Desde la aparición del Homo Sapiens hasta nuestros días, el hombre ha mantenido una íntima relación con la naturaleza para la satisfacción de sus necesidades, relación que pasó de una total dependencia a una posición de poder sobre ella, y evolucionó desde la más ciega mistificación en épocas inmemoriales hasta la más brutal depredación característica de nuestros días.

La evolución de la sociedad, impulsada por el desarrollo de las fuerzas productivas, fue asumida por los diferentes grupos humanos de acuerdo con su condición de poseer o no los medios de producción, lo que determina sus patrones de comportamiento, sus valores, sus formas de organizarse socialmente, su concepción del mundo, en fin su **cultura** y el impacto sobre la naturaleza.

El medio ambiente empieza a constituir un problema en los últimos años del siglo XIX y principios del XX para aquellos países que habían venido liderando el desarrollo industrial. Son precisamente estas naciones las que al percibir la problemática relacionada con el deterioro del medio ambiente, plantean la mejora de las condiciones de salubridad en las grandes urbes -se realizan las primeras instalaciones de alcantarillado, redes de suministro de aguas a los hogares-, de los ambientes de laborales -se implantan sistemas de limpieza y recogida de residuos y se mejoran las condiciones de los lugares de trabajo-. Sin embargo, se mantiene el desarrollo económico a ultranza, en el que la obsesión por la productividad prima sobre todo, considerando que los recursos son inagotables por su contribución a la mejora e incremento del nivel de vida de las personas.

La revolución Industrial se desarrolló principalmente en Europa y se extendió posteriormente a otras regiones del planeta, mediante la colonización y expansión de la sociedad capitalista, lo que provocó nuevos cambios científicos, técnicos y **culturales** que condicionaron un crecimiento de la explotación de los recursos naturales, principalmente los no renovables e

intensificaron el proceso de agotamiento de muchos de ellos así como el deterioro de las condiciones ambientales en general del planeta, debido fundamentalmente a la tendencia del aumento de la producción a gran escala, la concentración del capital, el comercio y el transporte, lo que a su vez demandó un mayor consumo de combustibles fósiles, cuya explotación comienza a evolucionar hacia lo que será después la más descomunal irracionalidad en su uso.

Todo este proceso de crecimiento económico y tecnológico provocó una compleja problemática ambiental, expresada en la contaminación del suelo, las aguas y el aire, en el deterioro y agotamiento de los recursos naturales e **histórico-culturales** y en la urbanización descontrolada, en detrimento de las condiciones de saneamiento y de los servicios básicos, lo que trajo por consecuencia pobreza, desigualdad social y desequilibrios psicosociales principios del capitalismo, sustentado en valores asociados a la maximización de las ganancias económicas por encima de todo y a cualquier costo y una cultura consumista que se convierte en la razón de ser de la producción de bienes materiales.

El impresionante crecimiento de la población, junto con el aumento de las necesidades humanas han provocado la intensificación de la explotación de los recursos naturales. Además, el desarrollo sin precedente de las tecnologías y el uso de materiales estratégicos, especialmente para la industria de armamentos y un nivel de consumo energético que supera cualquier expectativa anterior, origina que el planeta se aproxime a **los límites de sus posibilidades**, al no poder competir el ritmo de explotación con el de recuperación natural, proceso que pone en peligro la **supervivencia de la vida en la tierra**.

1.2. Principales problemas ambientales y la respuesta internacional hacia los mismos.

El medio ambiente es un sistema complejo y dinámico de interrelaciones ecológicas, socioeconómicas y **culturales**, que evoluciona a través del proceso histórico de la sociedad, abarca la naturaleza, la sociedad, el **patrimonio histórico-cultural**, lo creado por la humanidad, la propia humanidad y como elemento de gran importancia las relaciones sociales y la **cultura**. Esta interpretación de su contenido explica que su estudio, tratamiento y manejo, debe caracterizarse por la integralidad y el vínculo con los procesos de desarrollo.

Existen muchos contaminantes provenientes de fuentes naturales, pero es la contaminación originada por la actividad industrial, agrícola, urbana y comercial la responsable de la mayoría de los problemas de degradación ambiental.

El rápido crecimiento industrial del mundo en el último siglo, sobre todo en los países desarrollados ha producido cada vez mayores cantidades de sustancias contaminantes. Por eso la disposición final de los desechos de la actividad humana se ha convertido en un serio problema y es una de las principales causas del deterioro de la calidad del aire y las aguas.

El deterioro de la capa de ozono de la estratosfera representa uno de los grandes problemas causados por la actividad humana debido a la emisión a la atmósfera de sustancias de elevada actividad química que provocan la descomposición del ozono. Esta capa hace de filtro natural a los rayos ultravioletas provenientes de la radiación solar, los que tienen efectos sumamente nocivos en la salud humana en particular y en los ecosistemas en general. . Aún cuando la presencia del ozono es pequeña, es suficiente para atrapar las radiaciones ultravioletas de longitudes de onda medias y más cortas, lo que impide la llegada a la biosfera de estas radiaciones que acabarían con la vida terrestre. Pequeños aumentos de dosis de luz ultravioleta sobre la piel humana conllevan a la aparición del cáncer cutáneo, enfermedades oculares y deficiencias inmunológicas. En la biosfera lleva a cambios en la composición química de diferentes especies del planeta, disminución de las cosechas, perjuicios a los bosques, baja calidad de las hortalizas y de otros productos agrícolas, abatimiento de la vida submarina dependiente del plancton y restos de la vida acuática hasta 20 m de profundidad. Muchos materiales industriales son afectados por la luz ultravioleta, entre ellos plásticos y pinturas. Debe preservarse el escudo natural del ozono.

En la década de 70 se descubrió que la capa de ozono sobre las latitudes subpolares estaba muy deteriorada, a lo que dio en llamarse hueco en la capa de ozono. Su observación sistemática ha reflejado que el tamaño del agujero ha ido aumentando de año en año (en un inicio tenía poco más de 40 000 000 Km²). Aparece en primavera y permanece durante algunos meses.

Efecto Invernadero

Efecto invernadero, término que se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra. Gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el

metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFC) y el ozono, presentes en la atmósfera. Este efecto de calentamiento es la base de las teorías relacionadas con el calentamiento global. El contenido en dióxido de carbono de la atmósfera se ha incrementado aproximadamente un 30% desde 1750, como consecuencia del uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón; la destrucción de bosques tropicales por el método de cortar y quemar también ha sido un factor relevante que ha influido en el ciclo del carbono. El efecto neto de estos incrementos podría ser un aumento global de la temperatura, estimado entre 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100. Este calentamiento puede originar importantes cambios climáticos, afectando a las cosechas y haciendo que suba el nivel de los océanos. De ocurrir esto, millones de personas se verían afectadas por las inundaciones.

Se están intentando distintos esfuerzos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1997 se reunieron en Kyoto representantes de los países integrantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, creada en el seno de la Cumbre sobre la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. En el Protocolo de Kyoto se estableció que los países desarrollados debían reducir sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero en un 5,2% para el año 2012 respecto a las emisiones del año 1990. Sin embargo, este protocolo debe ser ratificado por un 55% de los países desarrollados cuyas emisiones de gases de efecto invernadero sumen el 55% del total. En noviembre de 2000 se celebró en La Haya la VI Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, en la que debían acordarse los reglamentos del Protocolo de Kyoto. Sin embargo, no se llegó a un acuerdo y se fijó una nueva cita de la misma para el año 2001.

Están ocurriendo cambios en los procesos de la atmósfera que determinan el clima, que tienen graves implicaciones para el desarrollo de la vida humana, la economía y la sociedad. Los incrementos previstos de la temperatura del aire pueden tener, entre otros, importantes repercusiones sobre los mecanismos de la circulación atmosférica, los regímenes de lluvia, la frecuencia de eventos meteorológicos severos, los que a su vez repercutirán sobre aspectos claves como la salud humana, la agricultura, la disponibilidad de agua y otros. Igualmente el incremento previsto en el nivel medio del mar podrá inundar deltas y zonas costeras habitadas por millones de personas y sumergir algunas islas. Podrá provocar también la ocurrencia de un mayor avance sobre tierra del oleaje producido por sistemas meteorológicos tales como huracanes y frentes fríos.

La diversidad de las especies vivientes está amenazada en gran medida por las presiones causadas por los seres humanos. Se estima que cada 24 h se extinguen entre 150 y 200 especies. Son varias las causas que conllevan a la pérdida de la diversidad biológica entre ellas se destacan las relacionadas directamente con la tala y quema de bosques en gran escala, la contaminación ambiental, la caza furtiva, el sobrecultivo, el sobrepastoreo, el comercio ilegal de especies, el uso irrestricto de pesticidas y otros productos químicos, la conversión de terrenos silvestres para usos agrícolas y urbanos y el deterioro de los suelos. Se estima que dos tercios de todas las especies del planeta podrían desaparecer dentro de los próximos 100 años.

1.3. Principales acuerdos internacionales en materia de medio ambiente.

La Clean Air Act de 1956 constituye el inicio a nivel mundial de la legislación en materia medioambiental, con la normalización de procedimientos de medición de los contaminantes, la incorporación de los conocimientos científicos y de los desarrollos tecnológicos al control medioambiental y la reducción del impacto sobre las actividades del entorno.

Durante el transcurso de la década de los 60 las preocupaciones ambientales comenzaron a relevarse con mayor intensidad. En los años 1960 y siguientes aparecen los movimientos ecologistas que plantean un posible conflicto entre el desarrollo industrial, los avances tecnológicos, la conservación de la naturaleza y la calidad de vida.

En este proceso tienen lugar una serie de acontecimientos a escala internacional, incentivos de un nuevo rumbo en la forma de tratar e interpretar el deterioro ambiental del planeta entre otros se destacan:

En los años 70, y dado que hasta esta época la preocupación fundamental estaba relacionada más con los efectos contaminantes sobre el medio ambiente, la naturaleza y las personas, no considerándose la posible escasez de recursos utilizados dentro del proceso de desarrollo, el V Programa Marco de la CE realiza un enfoque en el que las políticas medioambientales pasan a formar parte de las políticas y programas de actuación tanto de los gobiernos como de las empresas.

En 1971 en el informe del Club de Roma, donde se aborda "Los límites al crecimiento" se cuestiona la racionalidad de la meta habitual del crecimiento económico y se argumentó que de continuar sin cambios las tendencias de crecimiento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, agotamiento de los recursos naturales, se alcanzarían los límites de las

potencialidades del planeta para la supervivencia humana en un período de aproximadamente 100 años.

En 1972 se celebró la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Se resumieron en 27 principios los grandes problemas ambientales existentes y se expresó la necesidad de tomar conciencia de ellos por parte de todas las esferas de la sociedad. Se aprobó un plan de acción que se convertiría en un compromiso colectivo de Cooperación Internacional "Preservar la naturaleza y elevar la calidad de vida en el planeta para el bienestar presente y futuro de los hombres que lo habitan", además de abordar el subdesarrollo y la pobreza como los principales problemas que afectan la calidad de vida y sus consecuencias nocivas en el medio ambiente y sentó las bases para la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

En 1973 creación del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, organización encargada de la difusión de la problemática ambiental a toda la comunidad internacional y de alentar la participación de la sociedad en el cuidado y protección del medio ambiente.

De 1973 a 1984 se celebraron conferencias y eventos internacionales. En esta etapa se comenzaron a analizar y evaluar problemas ambientales y globales tales como la reducción de la capa de ozono y el calentamiento global. En 1977 se celebró en Tbilisi, URSS, la conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental por la UNESCO con la cooperación con el Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), de conformidad con la Resolución 1/161 aprobada por la conferencia General de la UNESCO en su XIX reunión. En esta conferencia se determinó que: "el concepto de Medio Ambiente debe abarcar el medio social y cultural y no solamente el medio físico" (6).

En 1984 se creó la comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo, se elaboró un informe denominado "Nuestro Futuro Común" que entre otras cosas planteó la necesidad de una nueva ética de desarrollo en torno a la equidad, con cambios de patrones de producción y consumo.

En 1987 presentación en la Asamblea General de Naciones Unidas del informe "Nuestro futuro común", lo cual posibilitó que se comenzaran a ampliar y profundizar los debates sobre los problemas ambientales en los forum políticos.

La Conferencia de Río de 1992 tiene como objetivo fundamental la elaboración de estrategias que detengan e inviertan la degradación ambiental y fomenten en todos los países un desarrollo sostenible y racional desde el punto de vista del medio ambiente. Se trata, en definitiva, de pasar

de un modelo de desarrollo preocupado exclusivamente por promover el crecimiento, a otro en el cual la protección del medio ambiente y la gestión de los recursos naturales se integren como componentes de las pautas de progreso.

1.4. La protección del medio ambiente en Cuba.

Cuba presta especial atención a la protección del medio ambiente en el contexto de una política de desarrollo consagrada en la obra revolucionaria iniciada en 1959, como expresión de lo cual, el Artículo 27 de la Constitución de la República postula que: "***El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política.***" y "***es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza***"(1)

Las acciones ambientales en Cuba se sustentan en las concepciones marxistas acerca de las relaciones del hombre con la naturaleza y en las ricas tradiciones que asocian nuestra historia con una cultura de la naturaleza.

Es necesario consagrar, como un derecho elemental de la sociedad y los ciudadanos, el derecho a un medio ambiente sano y a disfrutar de una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, en tanto los seres humanos constituyen el objetivo esencial del desarrollo sostenible.

La protección del medio ambiente constituye un factor relevante a los fines de la defensa nacional y una garantía para nuestra soberanía, en tanto contribuye a asegurar la disponibilidad de los recursos naturales indispensables para la satisfacción de las necesidades básicas de la población y facilitan la existencia de hábitat temporales para grandes núcleos poblacionales, lo que puede devenir factor relevante ante situaciones excepcionales.

La definición de Medio Ambiente reconocida por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba lo enuncia como: "***el sistema de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire), bióticos (organismos vivos) y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.*** (2)

En Cuba donde la conservación del medio ambiente y la protección de los recursos naturales se realizan sobre bases científicas, existen condiciones óptimas para salvaguardar la naturaleza en beneficio de las actividades de futuras generaciones. La política actual de este campo así como la estrategia nacional a seguir, han sido plasmadas en los directivos principales de nuestro partido y gobierno. La Tesis sobre la Política Científico-Nacional aprobada por el Primer Congreso del PCC en 1975 añade entre otras cuestiones que: **“... en la sociedad moderna se presta cada vez más atención a la protección y mejoramiento del Medio Ambiente y al aprovechamiento racional de los Recursos Naturales. (3) ”**

Con ese fin deben priorizarse las investigaciones científicas que se realizan con la erosión y salinización de los suelos; la contaminación de las aguas subterráneas, superficiales y marítimas; la contaminación atmosférica; la contaminación inadecuada de los recursos minerales y la afectación de la flora y la fauna, principalmente de nuestra especie autóctona. La creación de la Comisión Nacional para la protección del Medio Ambiente, y la Conservación de los Recursos Naturales (COMARCA) mediante acuerdos del Consejo de Ministros del 1. de Noviembre de 1976, fue la respuesta dada a esta necesidad.

Por otra parte el Artículo 27 de La Constitución de la República de Cuba establece que: **“Para asegurar el bienestar de los ciudadanos, el Estado y la sociedad protegen la naturaleza. Incumbe a los órganos competentes y además a cada ciudadano, velar porque sean mantenidas limpias las aguas y la atmósfera y que se proteja el suelo, la flora y la fauna”**. (4).

Cada ciudadano analiza el tema a partir de su nivel de información, su cultura sobre el mismo y sus intereses individuales, pero, lamentablemente, pocas personas, naturales o jurídicas, tienen un nivel de información suficiente como para pronunciarse o resolver, según corresponda, los conflictos que se deben enfrentar y solucionar.

La realidad es que el tema del Medio Ambiente ha estado excluido en muchos casos de la cultura y la educación de cada individuo, a pesar de tener en la historia patria, varios hombres preocupados por este, e incluso, que hicieran pronunciamientos tan profundos sobre el tema como el apóstol José Martí cuando expresó, solo por citar un ejemplo: **“La naturaleza inspira, cura, consuela, fortalece y prepara para la amistad al hombre”**.

La posición cubana con relación al medio ambiente está establecida por el Programa Nacional de Medio Ambiente que es la proyección concreta de la política ambiental de Cuba, que tiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente y el logro del desarrollo sostenible. Constituye la adecuación cubana de la Agenda 21, donde a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo conocida como la Cumbre de Río o Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil de 1992 se aprobó este documento que contiene un plan de acciones internacionales para el desarrollo sostenible del medio ambiente y de los recursos naturales en aras de lograr su preservación o en casos que sean explotados, donde cada país integrante de la Conferencia realiza su adecuación en la que Cuba crea la Estrategia Ambiental Nacional donde están definidos los principios en que se sustenta el trabajo ambiental para facilitar su aplicación y adecuación en el ámbito territorial por sectores de la economía.

Cuba cuenta con una Estrategia Nacional de Educación Ambiental que fue lanzada el 5 de junio de 1997. Durante los años anteriores se trabajó mucho en los problemas ambientales en el ámbito de la educación no formal como son: repoblación forestal, recogida de materia prima, campañas de ahorro de agua y electricidad, tareas de limpieza y embellecimiento de las barriadas, tareas relacionadas con la salud humana entre otras pero aún no forma parte de la cultura de toda la población cubana.

Una conducta ambiental responsable requiere un cambio de pensamiento referente a las repercusiones que tiene cada decisión que se tome o cada acción realizada y asumir la responsabilidad de sus consecuencias, aprender a distinguir entre lo lujoso y lo necesario, preguntar si lo que se hace o consume es lo que realmente permite cubrir verdaderas necesidades materiales, espirituales y culturales propias de la familia y la sociedad.

Otra premisa es la participación activa y responsable de todos en la identificación de las causas de los problemas, sus responsables y las posibles soluciones, además de asumir el costo de estas.

La cultura es un bien patrimonial, un componente del medio ambiente, un atributo de la patria, por tanto su protección y control son un derecho soberano del pueblo y una premisa para el desarrollo sostenible. Para contribuir a ello es necesario desarrollar en las personas y en las comunidades una conducta ambiental responsable, lo que forma parte también de la batalla de ideas que libra nuestro pueblo.

La Ley 33 “De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales”, de 10 de enero de 1981, representa una temprana e importante expresión normativa de los principios de la política ambiental cubana que sentó las bases para el desarrollo del ordenamiento jurídico nacional en esta esfera, no obstante, las actuales condiciones de desarrollo económico y social demandan un marco legal más acorde con las nuevas realidades, en tanto la citada legislación ha sido en buena medida sobrepasada por los más recientes avances en materia ambiental, en el ámbito nacional e internacional, y requiere ser sustituida por un instrumento jurídico que refleje, de modo más adecuado, las exigencias de la protección del medio ambiente y la consecución del desarrollo sostenible.

La Asamblea Nacional del Poder Popular, en uso de las atribuciones que le están conferidas aprobó la **Ley No 81 del Medio Ambiente** la cual tiene como objetivo establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

El Programa Nacional de Medio Ambiente y desarrollo constituye la proyección concreta de la política ambiental de Cuba aprobada por el gobierno en 1993, que contiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del Medio Ambiente.

Entre las vías que el país tiene para solucionar los problemas ambientales existentes se encuentran:

Utilización sistemática de los mecanismos de inspección estatal ambiental.

Destinar financiamiento nacional y extranjero para resolver los problemas ambientales.

Perfeccionar y desarrollar la base normativa.

Utilizar la innovación tecnológica y tecnologías adecuadas al medio ambiente.

Objetivos de la Estrategia Ambiental Nacional.

- Indicar las vías idóneas para preservar y desarrollar los logros ambientales alcanzados por la Revolución en el territorio.
- Superar, los errores e insuficiencias detectadas, teniendo en cuenta las experiencias acumuladas durante los últimos años.
- Identificar los principales problemas, del Medio Ambiente y que requieran de una mayor atención en las condiciones actuales.
- Sentar las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico – social “sostenible”.

- Pensar globalmente y actuar localmente, promoviendo la participación de todos los sectores económicos y sociales del territorio en la solución de los problemas ambientales.

1.5. Generalidades sobre contaminación atmosférica.

Se entiende por **contaminación atmosférica** a la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

1.5.1. Principales contaminantes atmosféricos.

Las sustancias contaminantes pueden estar presentes en forma de minúsculas partículas sólidas o como gases, estos últimos mucho más peligrosos dada su larga permanencia en la atmósfera.

Todas estas materias difieren apreciablemente en la reacción y el tiempo de su presencia activa en la atmósfera, motivo por el cual su incidencia sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas es muy variada.

A continuación se relacionan alguno de los principales contaminantes con la actividad que los produce.

Tabla 2.1 Principales contaminantes de la atmósfera.

Sustancia	Actividad que la produce
SO ₂	Combustión de combustibles fósiles
H ₂ S	Procesos químicos y tratamiento de aguas albanales.
CO	Vehiculos automotores y otros procesos de combustión
NO/NO ₂	Combustión
NH ₃	Tratamiento de agua
HC	Combustión y procesos químicos
CO ₂	Combustión

Partículas

Las partículas conforman un grupo importante de contaminantes atmosféricos. Tanto el tamaño como la composición de estas partículas, y por lo tanto sus posibles efectos, dependerá de la naturaleza de las fuentes que la producen.

Entre las principales partículas contaminantes están:

De origen antropogénico:

el hollín resultante de procesos de combustión

los polvos expulsados por industrias cementeras, labores mineras y trabajos de construcción

De origen natural:

las cenizas resultantes de la erupción de los volcanes

el hollín producido por incendios forestales tierras y arenas arrastradas por los vientos

1.5.2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos.

Contaminantes primarios: Cuando son liberados directamente al aire por la propia fuente que los genera.

Contaminantes secundarios: Cuando se forman a partir de reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios ocurridas en la atmósfera.

Las fuentes que generan los contaminantes primarios, a su vez, pueden ser fijas o estacionarias, y móviles como se ilustra en la siguiente figura:

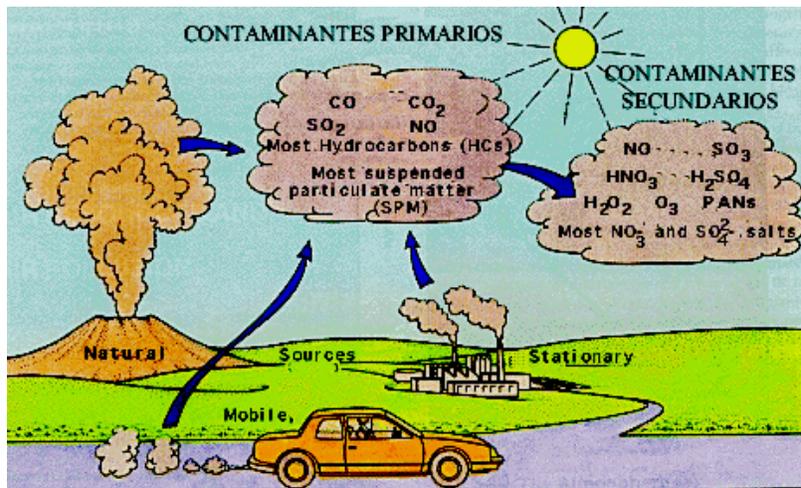


Figura 1.5.2.1 Clasificación de los contaminantes en primarios y secundarios.

El hombre, en su incesante avance científico-técnico, debe tomar las medidas adecuadas para que su propio desarrollo no haga a la atmósfera víctima de la contaminación. Solamente con una política planificada y consecuente es posible reducir tan terrible mal, y evitar a las futuras generaciones las peligrosas consecuencias que este puede implicar.

El humo procedente de las industrias o de la combustión, así como el polvo, son agentes contaminantes de la atmósfera, los cuales enrarecen el aire y afectan la salud del hombre y de los seres vivos en general. Los combustibles utilizados por este tipo de instalaciones son generalmente el carbón y el fuel-oil. La producción de contaminantes depende en gran medida de la calidad del combustible, en especial de las proporciones de azufre y cenizas contenidas en el mismo y del tipo de proceso de combustión empleado.

Una descripción más detallada del proceso de combustión y sus efectos sobre la salud se da en el Anexo 1.

1.5.3. Control de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se controla a través de dos vías fundamentales:

La concentración de contaminantes expulsados a la atmósfera a la salida de la fuente (Emisión)

La concentración de contaminantes en el aire a nivel del suelo (Inmisión).

El control de la contaminación atmosférica permite mantener las expulsiones de contaminantes a la atmósfera dentro de los límites que se establecen en las normas de emisión.

A nivel de una industria, el control se realiza mediante determinaciones continuas o periódicas de las concentraciones de contaminantes en los gases que se expulsan a la atmósfera, medidas lo más cerca posible de su punto de expulsión.

Cuando no se cumplan las Normas de Emisión es necesario tomar medidas que posibiliten reducir las mismas hasta los niveles establecidos

Las medidas para la reducción de las emisiones incluyen:

Cambios en los procesos:

Cambios de tecnologías

Modificaciones de partes o piezas tecnológicas

Modificaciones en los procedimientos de trabajo

Automatización de los procesos

Aumento de la eficiencia

Cambios en las materias primas:

Utilización de materias primas menos contaminantes

Tratamiento de gases

Desulfurización

Reducción de NOx

Filtros para las partículas

1.6. Conclusiones del capítulo.

1. Se puede concluir que el medio ambiente es el conjunto de circunstancias económicas, culturales, físicas y sociales que rodean a las personas es un concepto muy abarcador que evoluciona a través del proceso histórico de la sociedad, por lo que es de vital importancia su cuidado y conservación para reducir: El calentamiento global, Las emisiones de gases de efecto invernadero, La erosión y salinización de los suelos, La contaminación de las aguas subterráneas y marítimas, La contaminación atmosférica, La afectación de la flora y la fauna, El agrietamiento de la capa de ozono y evitar cambios climáticos que afectan el desarrollo de la vida humana, la ecología y la sociedad.
2. A escala mundial se realizan esfuerzos para proteger el Medio Ambiente. El Protocolo de Kyoto establece que los países desarrollados deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, se celebran Conferencias y Cumbres donde se llegan a acuerdos y se trazan principios y acciones para alcanzar el desarrollo sostenible, preservar la naturaleza y elevar la calidad de vida en el planeta.
3. Cuba presta especial interés a la protección ambiental, para ello establece el Programa Nacional de Medio Ambiente que es la proyección concreta de la política ambiental cubana, cuenta además con una Estrategia Nacional , para un trabajo ambiental más efectivo trabaja en el perfeccionamiento del ordenamiento jurídico desempeñando un papel protagónico la promulgación de la Ley 81 del MA.

CAPÍTULO 2: Caracterización del sitio y objeto de estudio. Su relación con el medio ambiente.

2.1. Caracterización de la Provincia de Cienfuegos

La provincia de Cienfuegos, en la cual se ubica la CTE Carlos M. de Céspedes, se encuentra situada al centro sur de la isla de Cuba, entre los 21° 22' y 22° 35' de latitud norte y 80° 20' y 81° 10' de longitud oeste. Limita al norte con las provincias de Villa Clara y Matanzas, con ésta última, también limita al oeste; al este con la provincia de Santi Spíritus y al sur con el Mar Caribe.

Ocupa un área geográfica total de 4177.16 km² (tierra firme), representando el 4 % del total del país, con un total de ocho (8) municipios: Aguada de Pasajeros, Rodas, Palmira, Lajas, Cruces, Cumanayagua, Cienfuegos y Abreu.

Presenta un clima tropical y húmedo, los vientos predominantes son los alisios del nordeste, con gran influencia de los sures y la brisa marina.

La temperatura media anual es de 25.2 ° C y la humedad relativa de 77.4 % como promedio histórico. La precipitación promedio anual es de 1400 mm.

El municipio de Cumanayagua ocupa una parte del macizo Guamuhaya, conocidas como Alturas de Trinidad, mientras que el resto lo ocupan territorio básicamente llano.

La población provincial asciende a 386 089 habitantes, con una densidad poblacional de 93.43 hab/km². Se localizan un total de 260 asentamientos poblacionales, de los cuales, 219 son rurales. La costa sur de la provincia, se caracteriza por la existencia de playas abrasiva- acumulativas, las que constituyen un potencial extraordinario para el desarrollo del turismo y la recreación, además de excelentes fondos marinos con gran valor biótico por la presencia de corales y abundante fauna marina.

El municipio de Cienfuegos tiene el 40.4 % de la población de la provincia con una fuerte concentración de actividades industriales, de servicios y otras que le confieren una primacía en el marco de la provincia, definiendo una considerable diferenciación en las condiciones de vida.

Las principales producciones industriales del municipio de Cienfuegos son: Energía eléctrica, estructuras de acero, madera aserrada de producción nacional y extranjera, cemento, arena, piedra triturada, baldosas de terrazo, losetas hidráulicas, ladrillos de barro, bloques de hormigón, prefabricados, azúcar crudo, miel final, harina de trigo nacional, productos de la industria alimenticia, café tostado y envasado, pescado fresco y congelado, mariscos, tabaco torcido y refrescos.

Entre los accidentes geográficos más importantes de la Provincia está la Bahía de Jagua. La misma está localizada en los 22° 09' Latitud Norte y 80° 27' Longitud Oeste en la costa sur de Cuba (Anónimo, 1984. Su canal de entrada se encuentra limitado por dos puntas, al este por Punta Los Colorados situada a los 22° 02' 04" Latitud Norte y 80° 26' 29" Longitud Oeste y al oeste por Punta Sabanilla ubicada a los 22° 02' 28" Latitud Norte y 80° 27' 36" Longitud Oeste (Anónimo, 1991).

La Bahía posee un área de 88,46 Km.² y un volumen total de 1,84 Km.³. Su forma es ovalada y está orientada de NO a SE. Posee 19 Km. de longitud máxima y 7.5 Km. en su parte más ancha, con profundidad promedio entre 12-13 m. De forma natural está dividida en dos lóbulos delimitados por el bajo "Las Cuevas" que tiene una profundidad promedio de 1,5 m el cual ejerce gran influencia en la circulación de las masas de agua dentro de la bahía. Presenta un estrecho y sinuoso canal de acceso con una longitud de 3 600 m y profundidades entre 30 y 50 m en el centro, con ciertos límites para la navegación por la sinuosidad que forma Punta Pasacaballo; el mismo forma un cañón con arrecife y costas acantiladas, y abrasiva con vegetación degradada hacia el sector este.

En toda su extensión existen 50 puntas y 20 ensenadas o caletas, tres de ellas usadas como resguardo para embarcaciones pequeñas y de mediano porte en caso de vientos fuertes. Las formaciones costeras más características de la bahía son: playas rocosas, playas arenosas, manglares, margas y uverales y formaciones boscosas como manigua costera y monte seco. También existen dentro de la Bahía varios cayos, siendo los más importantes Cayo Carenas, Cayo Ocampo y Cayo Alcatraz. Existe alternancia de costas abrasivas y acumulativas, encontrando las escabrosas y abrasivas hacia el sector oeste con manigua costera y bosque semideciduo seco, las acumulativas en los sectores norte, este y sudeste donde se encuentra enclavada la ciudad de Cienfuegos (Anónimo, 1987).

La Bahía de Cienfuegos es una de las principales del país por múltiples motivos entre los que pueden citarse su impetuoso desarrollo industrial, sobre todo en la década de los 80, sus recursos pesqueros, su vigoroso intercambio comercial por vía marítima y la connotación que ha tomado el turismo en el territorio con la llegada del nuevo milenio.

El conjunto de actividades desarrolladas en las inmediaciones de la bahía así como los usos a los que está sometida han generado un impacto en la calidad tanto de sus aguas como de la línea costera cuya solución constituyó un objetivo fundamental en el accionar de la Comisión para la Preservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales hasta los primeros años de la década del 90.

De esta forma se desarrollaron a partir de 1986 tres talleres sobre estudios de la bahía de Cienfuegos en los que se realizó una compilación de todos los trabajos realizados en sus aguas y condicionó la elaboración de un Programa de Investigaciones que culminó en 1990 y en el que participaron varias instituciones nacionales y provinciales. Posteriormente la situación de los parámetros físico-químicos e higiénico-sanitarios de las aguas de la bahía y su zona litoral pasó a ocupar uno de los principales indicadores de desempeño para el recién creado Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la provincia, a través del trabajo de la Unidad de Medio Ambiente.

A la Bahía llegan de forma directa o a través de las líneas de escurrimiento superficial un volumen considerable de residuales líquidos que han ejercido su nefasta influencia sobre distribución de peces y crustáceos de importancia comercial, no sólo para los renglones exportables sino también para los del mercado interno. Aunque todos los residuales que lleguen a la bahía sin tratar o tratados deficientemente tienen una incidencia negativa en la calidad de sus aguas, se consideran como particularmente nocivos los residuales azucareros, porcinos, los procedentes de la papelera, los industriales y los albañales. Los puntos de vertimiento final de estos residuales también refuerzan sus efectos sobre las poblaciones naturales.

Las actividades de dragado para construir, reparar o dar mantenimiento a las instalaciones marítimo-portuarias para facilitar sus operaciones han provocado también afectaciones en zonas de pesca, cría y reclutamiento de las especies. El caso más significativo fue la construcción de los muelles de la Refinería de Petróleo en 1986 que eliminó la zona de arrastre de camarón que existía en el lugar.

La contaminación crónica por hidrocarburos, grasas y otros productos oleosos provocada por la navegación así como los vertimientos accidentales de éstos y otros productos químico-tóxicos unidos al arrastre pluvial de la ciudad afectan ineludiblemente a las actividades pesquera y turístico-recreativa, además de incidir sobre el buen desarrollo de prácticas y competencias deportivas, disminuir las áreas de baño y dañar considerablemente el paisaje al manchar el casco de los barcos, las aguas y los muelles y otras instalaciones. Los residuales orgánicos a su vez, son agresivos para las estructuras portuarias e industriales.

Las fuentes de contaminación, tanto puntuales, como móviles, generan diversos tipos de residuales y aportan al recurso aire, altas cargas contaminantes, determinado por las emisiones gaseosas (productos de la combustión: CO₂, CO, NO_x, SO_x, gases industriales, hollín), polvos, malos olores y propagación de vectores, procedentes de instalaciones industriales, transportes, instalaciones agropecuarias, vertederos, micro-vertederos, movimiento constructivos y explotación de yacimientos minerales, lo que produce afectaciones a la salud humana con el incremento de las enfermedades respiratorias agudas, siendo los municipios de Cruces y Cienfuegos, los municipios que reportan las más altas tasas.

Desde hace algunos años, el sistema de monitoreo atmosférico urbano sufre un deterioro considerable, debido a la inoperancia del poco equipamiento de monitoreo y de análisis químicos; así como la falta de insumos, lo que ha provocado la interrupción por completo de la Red Aire - Cuba.

2.2. Estrategia ambiental provincial

Partiendo de la Estrategia Ambiental Nacional, instrumento de la Política Ambiental cubana y en coordinación con la Unidad de Medio Ambiente de la Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cienfuegos, y los Órganos y Organismos del territorio; el Poder Popular de la Provincia de Cienfuegos, establece la **Estrategia Ambiental Provincial**, donde se indican las principales vías, acciones, mecanismos y vínculos necesarios para la solución de los problemas ambientales con la participación activa de todos los actores de la sociedad, y lograr un desarrollo económico ambientalmente sostenible en la provincia de Cienfuegos.

Objetivos de la Estrategia Ambiental Provincial:

- Indicar las vías idóneas para preservar y desarrollar los logros ambientales alcanzados por la Revolución en el territorio.

- Superar, los errores e insuficiencias detectadas, teniendo en cuenta las experiencias acumuladas durante los últimos años.
- Identificar los principales problemas, del Medio Ambiente en la Provincia y que requieren de una mayor atención en las condiciones actuales.
- Sentar las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico – social “sostenible”.
- Pensar globalmente y actuar localmente, promoviendo la participación de todos los sectores económicos y sociales del territorio en la solución de los problemas ambientales.

En 1976 se fundó por el Comandante Guillermo García Frías, la Comisión Provincial para la protección del Medio Ambiente y los Recursos Naturales con el objetivo de proteger las aguas de la bahía y contribuir a un uso racional de los recursos con que cuenta la provincia.

En 1984 se reorganizó la tarea de protección y se anexó la Comisión de Flora y Fauna y en 1985 se forman las ocho comisiones municipales.

En 1985 la Comisión Provincial del medio Ambiente acordó, mediante resolución del Comité Ejecutivo del Poder Popular, declarar protegida la Laguna de Guanaroca y sus alrededores donde habita de forma permanente una de las colonias de flamencos rozados de la costa sur de Cuba.

2.3. Caracterización del objeto de estudio.

La Empresa Termoeléctrica de Cienfuegos, ubicada en la ciudad del mismo nombre, es una de las mayores y más importantes plantas productoras de energía eléctrica con que cuenta nuestro país, muy cercana al litoral de la bahía, se localiza en los 22° 09'30" de Latitud Norte y los 80° 22'20" de Longitud Oeste, ocupando áreas de la Llanura de Cienfuegos, la cual se extiende por toda la porción centro - sur de la provincia.

Pertenece a la Unión Nacional Eléctrica que a su vez forma parte del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) y por su capacidad instalada, su ubicación geográfica y su elevada eficiencia y disponibilidad, constituye uno de los pilares fundamentales del Sistema Electro energético Nacional (SEN).

La potencia instalada en la Central actualmente es de 316 MW, cifra que se aproxima a la existente en Cuba antes del triunfo de la revolución, que era de 410 MW .

Estuvo integrada por 4 Unidades o Bloques de generación agrupados de la siguiente forma:

Bloques No.1 y No. 2 de tecnología checoslovaca,
Capacidad de generación de 33 000 Kw. cada uno,
Puesta en Servicio: entre 1968 y 1971.

Bloques No 3 y No 4 de tecnología japonesa ,
Capacidad de generación de 158 000 Kw. cada uno,
Puesta en Servicio: entre 1978 y 1979.

Desde el mes de Enero del presente año (2009) están en activo solamente las Unidades 3 y 4 de nacionalidad japonesa pues las unidades checas fueron declaradas en baja técnica definitiva por el Ministerio de la Industria Básica en la fecha señalada.

La empresa brinda, además servicios en los trabajos de mantenimiento de envergadura a la Central Hidroeléctrica "Robustiano León", la cual se encuentra ubicada en el poblado de Hanabanilla perteneciente al territorio de la provincia de Villa Clara, pero por razones técnicas y de organización se subordina a la Termoeléctrica..

Esta Hidroeléctrica está compuesta por 3 bloques de 15 000 Kw. cada uno. Los bloques 1 y 2 lo conforman un equipamiento de variada tecnología (Alemania, Italia, USA) y fueron puestos en explotación en 1963 mientras que el bloque 3 es de procedencia checoslovaca y entró en servicio en 1968.

El área de ubicación de la CTE C. M. de Céspedes se encuentra en una zona industrial y urbana y los suelos en sus alrededores no tienen uso agrícola de interés económico. En el área específica de la planta los suelos han sido removidos y sustituidos por rellenos y cimentaciones de acuerdo a las características de cada uno de los objetos de obra que componen la instalación.

Esta área constituye un eco torno costero de aguas someras, con temperaturas y salinidades variables, con fondos predominantemente fangosos y de alta turbidez. La flora y la fauna presenta un alto grado de adaptaciones evolutivas a las presiones ambientales y su origen es marino y terrestre.

La biota es variada y directamente importante para el hombre tanto ecológica como económicamente. En estas condiciones naturales el ecosistema funciona sobre la base de una balanceada matriz de interrelaciones biótica, balance natural que es altamente vulnerable al impacto del hombre. La complejidad de la matriz biótico – ambiental, las alternativas del flujo energético y las adaptaciones biológicas de los organismos otorgan a este sistema características de estabilidad ecológica en un ambiente físicamente variable, pero frágil a los cambios inducidos por el hombre.

La energética, constituye uno de los principales contribuyentes del deterioro ambiental, como ya se ha mostrado, además tiene como agravante que no toda la energía utilizada por el hombre, se ahorra y se aprovecha de forma eficiente y racional, sino que gran parte de ella se malgasta sin producir beneficios y contamina innecesariamente al medio ambiente, así tenemos contaminación atmosférica, debido a la emisión de CO_2 , SO_x , NO_x , CO , partículas, hidrocarburos y plomo.

La calidad del aire en los alrededores de la ETC se encuentra afectada por las expulsiones de gases contaminantes provenientes de la quema del combustible, de los cuales los más importantes, por su abundancia y efectos tóxicos, son el SO_2 y el NO_2 .

Como se mencionó anteriormente, los elementos contaminantes fundamentales que pueden afectar la calidad del aire en los alrededores del emplazamiento son el SO_2 y el NO_2 , debido a sus efectos tóxicos y al hecho de que ambos conforman un grupo concomitante, según establece la Norma Cubana de Calidad del Aire (NC 39, 1999).

La Empresa termoeléctrica de Cienfuegos tiene en activo actualmente dos plantas de nacionalidad japonesa diseñadas para suplir una demanda energética del SEN de 158MW.

Las características fundamentales del generador de vapor (caldera) son las mismas para ambas y se describen a continuación:

Las calderas son las encargadas de suministrar el vapor para alimentar los turbogeneradores de 158 MW; son de domo simple y de circulación natural de agua, diseñadas para usar petróleo como combustible. Este tipo de caldera es conocida como "El Paso".

Estos generadores están diseñados para mantener una alta eficiencia con la menor pérdida de calor debido al bajo exceso de aire, una combustión total del petróleo, la hermeticidad en la construcción de las paredes de agua y una suficiente insulación.

PARAMETROS PRINCIPALES DE DISEÑO:

- Caldera tipo REE, de domo simple, radiante.
- Flujo de vapor a régimen máximo continuo (M.C.R.)
 - salida del sobrecalentador (SH) 535 t/h
 - salida del recalentador (RH) 455 t/h
- Presión de vapor a MCR
 - salida del SH 131 kgf/cm²
 - salida del RH 30 kgf/cm²
- Temperatura del vapor a MCR
 - salida del SH 540 °C
 - salida del RH 540 °C
- Temperatura del agua de alimentar.
 - entrada del economizador (ECO) 263 °C
 - salida del ECO 295 °C
- Temperatura del aire a la entrada del VTF 28 °C
- Combustible petróleo
- Sistema de horno presurizado
- Régimen químico de caldera.
 - total de sólidos sílica <50ppm
 - fosfato de sodio 2 a 5 ppm
 - PH 9.5-10
- Calidad del vapor salida de caldera
 - conductividad <0.3 Ms/cm
 - (SiO₂) <0.020 mg/l

DESCRIPCION GENERAL DE LA CALDERA.

Constructivamente la caldera es un intercambiador de calor de paredes de agua compuesta además por un domo separador de fases. En total son cuatro paredes de agua y una pared

divisoria que forma el festón y sirve de división entre los conductos radiantes y convectivos. Las paredes lateral izquierda y derecha están formadas por 101 tubos de intercambio que a su vez se alimentan de 6 cabezales inferiores de la caldera, ubicados a diferentes alturas para formar el cenicero; una pared frontal o de quemadores formada por 119 tubos que se alimentan de 3 cabezales frontales inferiores y una pared trasera formada por 119 tubos que se divide luego en dos partes; una parte formada por 60 tubos continúa para formar la pared trasera conjuntamente con 58 tubos descendientes de vapor saturado y otra parte formada por 59 tubos que después se doblan en 119 pasan a formar la pared divisoria entre el horno y el eje convectivo. En la parte superior estas 5 paredes se unen en el cabezal de techo desde donde la mezcla de vapor y agua regresa al domo. El domo es un intercambiador de calor donde se produce la separación de las fases del agua. Los tubos de la pared divisoria después de formar la "P" invertida abandonan la formación lineal y hacen una formación de ajedrez para permitir la fijación de los serpentines de los SH y RH. En la parte superior estos tubos vuelven a tomar una formación lineal para permitir el paso de los gases al eje convectivo.

Las paredes de agua tienen las siguientes dimensiones:

- Alto del horno 20.7 m
- Ancho del horno 9.14 m
- Fondo del horno 8.5 m

SUPERFICIES DE CALENTAMIENTO.

Las superficies de calentamiento por conversión, tales como; el SH, y RH están situadas sobre el horno, y el ECO en la parte convectiva garantizan un diseño compacto que ahorra espacio en la construcción de la caldera haciéndola más económica, además, los cabezales de los SH y RH están situados en el frente de la caldera, por lo que las tuberías de vapor SH y RH pueden conectarse a la turbina razonable y económicamente.

DOMO.

El domo es el equipo de la caldera encargado de la separación del vapor y el agua, constituye un almacén de vapor para satisfacer una demanda súbita de este y ayuda a la circulación natural del agua, pues forma parte de dicho circuito.

Constructivamente es un intercambiador horizontal equipado con dispositivos de separación de humedad o ciclones, secadores, cuenta además con tres válvulas de seguridad que lo protegen de sobrepresiones así como niveles de indicación visual e indicadores de nivel remoto, tuberías y dispositivos de medición.

En el domo se hacen inyecciones de productos químicos y además se hacen extracciones de sales cuando los valores alcanzados no son los permisibles.

SISTEMA DE AIRE PARA LA COMBUSTION.

El sistema de aire para la combustión consta de dos ventiladores de tiro forzado (VTF), encargados de suministrar el aire para la combustión garantizando siempre un exceso de aire que evite la incombustión y asegurar además la circulación de los gases y su expulsión por la chimenea, teniendo en cuenta que esta es una caldera presurizada y por tanto no posee ventiladores de tiro inducido.

El aire de la descarga de los ventiladores pasa por precalentadores de aire y los CAR donde adquiere la temperatura adecuada y de allí a la caja de aire para su distribución a cada quemador. Un conducto situado en la descarga de los VTF garantiza el aire a los diferentes consumidores de la caldera.

PARAMETROS TECNICOS DE LOS VTF.

- Tipo: doble succión	
- Capacidad (m3)	4720
- Presión de succión	atmosférica
- Presión de descarga (mm H2O)	866
- Temperatura de entrada (°C)	25
- Velocidad (rpm)	1200
- Potencia del motor (Kw)	870
- Voltaje (V)	6000
- Pares de polos	6

SISTEMA DE GASES.

Los gases de la combustión obligados por la pared diafragma entregan el calor a las superficies de intercambio y al ECO, pasando a continuación por los CAR y de allí a la chimenea. Una parte de los gases es succionado por el VRG y enviado a la parte inferior del horno logrando de esta forma dos funciones; regular la temperatura del vapor RH ya que este se encuentra a contra flujo con respecto a los gases y por otra parte refresca la parte inferior del horno. Con este método de control se logra una eficiencia relativamente alta y se logra una regulación bastante exacta sobre un amplio rango de regulación.

ESPECIFICACIONES DEL VRG. (Ventilador Recirculador de Gases).

Tipo: PDT-CH (doble entrada, directamente acoplado).

- Temperatura de entrada	319 °C
- Velocidad	1200 rpm
- Potencia del motor	300 kw
- Voltaje	6000 v
- Pares de polos	6

AIRE DE SELLAJE.

Debido a que el horno de la caldera es presurizado, o sea, trabaja a una presión mayor a la atmosférica es necesario evitar las fugas de gases contaminantes al exterior de la caldera. La presión de aire de sellaje es controlada por una compuerta de compensación ubicada en la descarga de los VTF.

CALENTADOR DE AIRE REGENERATIVO. (CAR)

El CAR es un intercambiador de calor donde una masa de gases procedentes del eje convectivo luego de entregar el calor en la caldera entrega el calor a una masa metálica que se encuentra girando, calentándola; este metal al hacer contacto con la masa de aire frío la calienta hasta una temperatura adecuada. Este tipo de intercambiador presenta ventajas con

respecto a los de tipo tubular ya que es más eficiente, las temperaturas del metal son uniformes y se eliminan los focos de calor.

En su conjunto cada CAR cuenta con tres grupos de cestos que se colocan en forma horizontal en tipo cuña. Los grupos se colocan verticalmente formando los cestos calientes, tibios y los fríos. La fuente para el giro del CAR la constituye un motor que se alimenta de 380 V a través de un reductor con una rueda dentada.

DATOS TECNICOS DEL CAR.

- Cantidad	2 x caldera
- Tipo: regenerativo vertical	
- Flujo de gases a (MCR)	568t/h
- Flujo de aire a (MCR)	524t/h
- Temperatura de los gases a la entrada	337°C
- Temperatura de los gases a la salida	144°C
- Temperatura del aire a la salida del CAR	304°C
- Superficie de calentamiento	12000m ²
- Material de la placa extremo caliente	acero dulce
- Material de la placa intermedia	acero dulce
- Material de la placa extremo frío	acero resistente a la corrosión (Acero CORTEN).

SISTEMA DE QUEMADORES DE LA CALDERA.

La caldera japonesa posee tres pisos de servicio de quemadores donde se encuentran instalados nueve quemadores. En el primer piso de arriba hacia abajo existe la posibilidad de utilizar además de los quemadores de Fuel-oil, los de arranque con gas oil. Los nueve quemadores pueden ser operados localmente o mediante el ABS (Sistema automático de quemadores) el cual da la posibilidad de su operación automática; este sistema es operado desde el BTG.

SISTEMA DE GAS-OIL

El sistema de gas-oil es el encargado de suministrar el combustible durante el proceso de arranque así como garantizar el trabajo de los encendedores durante la explotación de la caldera. El sistema esta compuesto por un tanque dos bombas, un lazo de regulación y control de flujo, tuberías y válvulas.

SISTEMA DE PETROLEO.

El sistema de petróleo es el encargado de suministrar el combustible (fuel-oil) en la etapa final de los arranques, así como en la explotación normal del bloque. El sistema está destinado para la utilización de combustibles de baja densidad y alto valor calórico; está compuesto por un tanque, las bombas (2), los calentadores de petróleo (2), el lazo de regulación de flujo y de recirculación, filtros de limpieza mecánica, tuberías y válvulas, instrumentos de medición y control.

En la actualidad a este se adicionó un sistema de suministro de aditivo que suaviza las propiedades del vanadio desde el punto de vista de las incrustaciones en las superficies de intercambio.

ANALIZADORES DE OXIGENO.

Los analizadores de oxígeno tienen la función de mantener un exceso de aire en el horno de la caldera que garantice la combustión completa del petróleo a cualquier nivel de potencia.

En total son dos ubicados a cada lado de la caldera en el cuarto piso de esta y toman los gases para el análisis de la salida del ECO antes de los CAR. Poseen un panel local en el lugar y los reguladores y registradores en el BTG. (Sala de control de unidad).

El analizador tiene la función de realizar el muestreo constante de los gases para determinar la incombustión y enviar la señal al BTG para que los reguladores corrijan el % de apertura de las compuertas de los VTF.

A continuación se representa a traves de una tabla el impacto negativo que generan algunos de los equipos antes mencionados sobre el medio ambiente.

CHIMENEAS DE LAS PLANTAS JAPONESAS (158MW).

La chimenea por donde son conducidas las emisiones gaseosas de la termoeléctrica de Cienfuegos esta construida de hormigón armado con un conducto interno de chapa de acero que resiste la corrosión del acido sulfúrico(SO), es resistente a la carga del viento el espacio entre la pared externa y la interna y el aislamiento entre ambas debe evitar de forma eficiente la transmisión de calor y la obtención del acido sulfúrico por el enfriamiento de los gases.

Dimensiones

Altura: 100m.

Diámetros: 6,4m en la pared externa por la parte superior.
7,8m en la pared externa parte inferior.
4,4m por la parte interior.
4,3m en el conducto interior.

Tabla 2.3.1. Parámetros de los gases de salida.

Velocidad salida (m/s)	Flujo de Salida (Kg./h)	Temp. ent. al CAR (°C)	Temp. Sal. del CAR (°C)	Volumen salida (m3N/Kg./h)
25	568 000	337	144	434 000

Fuente informativa de la ETC (2008).

2.4. Política Ambiental de la Unión Eléctrica.

La CTE Carlos M. de Céspedes, pertenece a la Unión eléctrica, la cuál ha enunciado su política respecto al medio ambiente como se describe más abajo.

Política Ambiental de la Unión Eléctrica:

La Unión Eléctrica (UNE) está consciente de su responsabilidad por la preservación del Medio Ambiente ante las presentes y futuras generaciones y de la necesidad de desarrollar acciones en todas las esferas de su actividad que permitan asegurar el adecuado empleo y preservación de los recursos naturales.

La UNE como entidad del MINBAS hace suyos los principios establecidos en la Política Ambiental del Organismo de contribuir con sus acciones al logro de un desarrollo sustentable, dedicando todos sus esfuerzos y recursos a su alcance en la incorporación de la dimensión ambiental a cada una de sus actividades.

Teniendo en cuenta el diseño original de nuestras instalaciones, su estado tecnológico y empleo en algunos centrales de combustible con inferior calidad al de diseño, la UNE tiene que hacer frente a serios problemas ambientales sobre los cuales se ha de trabajar sistemáticamente bajo el principio de la mejora continua.

Considerando estas premisas, todo el personal, incluyendo la Dirección se compromete a:

- Adoptar buenas prácticas medioambientales en todas las actividades de la Unión.
- Emplear tecnologías disponibles y económicamente viables para prevenir y/o minimizar los impactos negativos sobre el Medio Ambiente.
- Asegurar que la problemática ambiental tenga la prioridad y apoyo necesarios en la gestión general de la Unión.
- Fomentar acciones de preparación y sensibilización encaminadas a lograr una correcta actuación medioambiental de nuestros trabajadores.

- Mantener informadas a las comunidades cercanas a los emplazamientos de nuestras entidades sobre nuestros resultados ambientales y establecer en los casos necesarios compromisos ambientales con los mismos.
- Incluir la dimensión ambiental en las estrategias y programas de desarrollo, así como en las modernizaciones.
- Diseñar o integrar Sistemas de Gestión Ambiental a la gestión general de las entidades de la Unión con el objetivo de prevenir, controlar y reducir los impactos ambientales sobre la base de la mejora continua.
- Realizar acciones en las entidades que provocan daños ambientales para ir revirtiendo la situación hasta lograr una adecuada compatibilización entre la producción y la protección de nuestro ambiente.

2.5. Normativa nacional e internacional de emisiones para termoeléctricas.

Es necesario contemplar una nueva estrategia en la que los líderes de las empresas y organismos no solo deberán platearse objetivos de mejora de la rentabilidad económica del negocio, sino también objetivos de reducción o minimización de los riesgos medioambientales, así como maximizar los beneficios sociales asociados a su actividad. Esta estrategia de sostenibilidad permitirá garantizar un adecuado desarrollo sostenible de la actividad, asegurándose con ello también la continuidad y supervivencia de las generaciones futuras. En el caso de Cuba las concentraciones límites permisibles de contaminantes en el aire están establecidas en la norma (NC 93-02-202, 1987) y su enmienda (NC 39, 1999). En ninguna de estas normas se establecen límites de emisión como tales. Como referencia en este trabajo se citan una serie de normas de emisión establecidas para varios países, como se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 2.5.1. Normas de Emisión de contaminantes por chimeneas, establecidos en algunos países de nuestra área geográfica.

Contaminante	Emisión Límite Permisible (mg/m ³)	
	México (SEMANART, 1994)	Venezuela (Rafael Calderas, 1995)
Partículas Totales en Suspensión	60* 350**	120***
Dióxido de Azufre	550* 2500**	3000
Óxidos de Nitrógeno	110* 375**	
Monóxido de Carbono		1150

*Para Zonas Críticas

**Para el resto del país

*** Para centrales que general más de 200 MWh/h

La legislación Mexicana exige que no se emitan partículas, ni dióxido de azufre cuando se quema combustible en forma gaseosa.

2.6. Política y objetivos ambientales de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos.

La Política y objetivos Ambientales de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos se enuncia de la siguiente forma:

“La empresa Termoeléctrica se compromete a garantizar un medio ambiente sano y adecuado que asegure la salud de los trabajadores, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras y del medio circundante”.

Para poder lograr este compromiso la termoeléctrica se traza los siguientes objetivos:

Cumplir con los lineamientos establecidos por el estado, el gobierno y organismos rectores en materia de Política Ambiental y con la legislación vigente sobre Medio ambiente.

Mantener y desarrollar una gestión ambiental para minimizar el impacto sobre el aire, suelo y mar.

Garantizar la evaluación sistemática de los vertimientos líquidos y gaseosos y velar por el cumplimiento de las normas vigentes por los órganos estatales.

Atender y considerar la solución de los problemas ambientales más críticos en el proceso de Innovadores y Racionalizadores.

Aumentar la educación ambiental de los trabajadores en correspondencia con el desarrollo Economía-Ambiente.

El estado cubano ejerce los derechos soberanos sobre el medio ambiente y los recursos naturales del país a través de los órganos de gobierno, proyecta la política y la gestión ambiental.

La Asamblea Nacional del Poder Popular, máximo órgano legislativo del país, cuenta con una comisión parlamentaria a cargo del tema del medio ambiente.

El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) es el órgano de la Administración Central del Estado encargado de ejercer el papel rector de la Política Ambiental. Para la realización de su gestión cuenta con una Dirección de Política Ambiental, la Agencia de Medio Ambiente que: Como parte de sus atribuciones realiza inspecciones estatales ambientales y controla y exige la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Integra y ejecuta planes y programas de investigación e investigación-desarrollo, así como otros servicios.

Figuran entre sus prioridades de trabajo las investigaciones realizadas con la búsqueda de impedir la destrucción de los ecosistemas, la degradación de los suelos, pérdida de los bosques y la diversidad biológica en general, la contaminación de las aguas y la atmósfera y la sobreexplotación de los recursos naturales.

En cada provincia y municipios existe una Unidad de Medio Ambiente subordinada al CITMA como institución encargada de hacer cumplir el Decreto Ley 200: **(7)** y Título sexto art. 88 inc. l, j, k, m.

Las autoridades facultadas para imponer las medidas previstas en este Decreto Ley son:

-El Jefe de Inspección Ambiental, los Jefes Provinciales de Inspección y los inspectores ambientales estatales del Sistema del Ministerio.

-Los inspectores estatales de los Sistemas de Inspección Estatal de los Organismos de la Administración Central del Estado, cuya actividad repercute sobre la protección del medio

ambiente, los del cuerpo de Guardabosques, los de la Defensa Civil y los de la Aduana General de la República.

-Las Empresas tienen la obligación de contar con su Licencia Ambiental correspondiente, según lo establecido en la Ley de Medio Ambiente, cumpliendo con las exigencias y condiciones impuestas por dicho permiso y manteniendo un estricto control de su cumplimiento y evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables.

2.7. Antecedentes de trabajos de contaminación atmosférica realizados en la termoeléctrica.

En la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” se han realizado estudios sobre la contaminación atmosférica que provocan sus emisiones de gases, como parte de los controles ambientales que lleva a cabo la Unión Eléctrica en todas sus entidades, mediante cálculos realizados empleando la metodología que establece la norma cubana (NC 93-02-202, 1987), utilizando los parámetros de trabajo de las calderas, la composición típica de los combustibles que se usan y los datos del régimen de vientos correspondientes a la zona.

Uno de los trabajos más completo al respecto fue el realizado por (Francisco Ernesto Berroa Borrell., 2003), en el que se estimó la composición de los gases expulsados a la atmósfera por la chimenea de la CTE, los cuales se han determinado a partir de la composición del combustible y los parámetros típicos de trabajo de cada una de las Unidades que la conforman, se muestran en la tabla.

Tabla 2.7.1. Emisiones de gases por la chimenea de las unidades 3 y 4.

Componente	Emisión (g/s)
Oxígeno	10287
Nitrógeno	247370
Vapor de Agua	26330
Monóxido de Carbono (CO)	1247
Dióxido de Carbono (CO ₂)	63383
Dióxido de Azufre (SO ₂)	1040,5
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	247,5
Volumen de Gases	412,5 m ³ /s

Fuente: Base fuente informativa de la ETC. (2 003)

Sin embargo, en el trabajo no se desarrolla el método de cálculo empleado para estimar estas emisiones, ni se exponen los datos de origen para los cálculos. Otro dato que aporta esta tesis son las concentraciones de Dióxido de Azufre y Dióxido de Carbono a la salida de las dos chimeneas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.7.2. Concentración de contaminantes en los gases expulsados a la atmósfera.

Contaminante	Concentración (mg/m ³)	
	Chimenea U-1	Chimenea U 3-4
SO ₂	2123	2522
NO ₂	272	600

Fuente: Base informativa de la E.T.C. (2 003)

Persiste el mismo problema con la no exposición del método de estimación y de los valores base para el cálculo. Con estos valores se calculan valores de inmisión en los alrededores de la termoeléctrica.

Otro de los trabajos que aborda el tema es el de (Leonort Turtós Carbonell et al., 2004), en el cual constituye un estudio sobre dispersión local de contaminantes atmosféricos en un área de 100x100 km, tomando como centro la Central Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes de Cienfuegos. En el mismo se utilizan datos para el cálculo de las emisiones también del 2003. Se plantea que las emisiones de partículas menores que 10 micrones se estima a partir de factores de emisión de la EPA (USEPA, 1996), considerando como combustible el aceite residual no. 6. No se detallan los datos para la estimación de las emisiones del resto de los contaminantes.

Se han hecho varias mediciones de emisiones gases y partículas en la CTE “Carlos Manuel de Céspedes”; en varios momentos; pero todas permanecen inéditas. Las estimaciones realizadas en base a las mismas no tienen una descripción y metodología detalladas, lo que disminuye la credibilidad del resultado obtenido.

2.8. Conclusiones del Capitulo

1. Partiendo de la Estrategia Nacional y en coordinación con la Unidad de MA. de la Delegación Provincial del CITMA de Cienfuegos se establece la Estrategia Provincial donde se indican las principales vías, acciones y mecanismos para la solución de los problemas ambientales del territorio con la participación de todos los actores de la sociedad.. El ecosistema principal de la provincia es la bahía, considerada como una de las principales del país por su desarrollo industrial, intercambio comercial y la connotación del turismo en el territorio, lo que ha permitido alcanzar logros significativos en la esfera económica y social.
2. La CTE “Carlos Manuel de Céspedes”, por su objeto social, constituye una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos de la provincia. Como tal, tiene normas de emisión que cumplir y aunque no hay estándares nacionales establecidos, se cuenta con normas internacionales que sirven de referencia.
3. Se cuenta con una Estrategia Ambiental de la UNE y de la propia CTE, que de conjunto con las Estrategia Nacional y Provincial, definen las pautas a seguir en relación con el trabajo de protección del medio ambiente en la Empresa.

CAPÍTULO 3: Desarrollo de escenarios de emisiones futuros después de completado el cambio y recursos utilizados para el cálculo de cada uno de ellos.

3.1. Descripción del cambio que se analiza.

El cambio que se analiza en el presente trabajo, parte desde la rehabilitación de la Unidad 4, de 158 MW hasta la reactivación y reconversión de las Unidades 3, 1 y 2. Las Unidades 1 y 2, de 33 MW, actualmente en desuso, se convertirán para quemar Gas Natural. Asimismo, la Unidad 3 se modificará para quemar indistintamente Fuel oil o Gas Natural, uno cada vez. La combustión simultánea no puede hacerse, debido a las diferentes velocidades de combustión de estos combustibles. La unidad 3 mantendrá la cantidad de quemadores y la potencia de diseño de 158 MW.

Debido a razones estratégicas, en el presente trabajo se ha omitido la mayor cantidad de detalles posibles del cambio propuesto y la identidad de los suministradores potenciales.

3.2. Construcción de escenarios para la evaluación de las emisiones.

Para poder realizar la evaluación en el presente trabajo se diseñaron 4 escenarios, cuyas emisiones se precisa evaluar:

SC1 – Todas las Unidades quemando fuel-oil a plena capacidad.

SC2 – Las Unidades 1,2 y 3 Gas Natural y la Unidad 4 quemando fuel oil, a plena capacidad.

SC3- Las Unidades 1 y 2 quemando Gas Natural y las Unidades 3 y 4 quemando fuel oil, a plena capacidad.

SC4- Las unidades 3 y uno quemando fuel oil, a las capacidades generadas en el 2008 (línea base de referencia).

Primero se estimaron las emisiones al aire de cada una de las unidades quemando uno y otro combustible, a plena capacidad. Además se calculó la emisión actual quemando fuel oil, con las emisiones promedio de los últimos 3 años y las características medias del combustible empleado.

Las emisiones individuales calculadas se combinan de acuerdo con el escenario y se calculan las emisiones de este último, que se corresponden con las que deberán existir en los posibles estados de operación de la CTE.

3.3. Método empleado en el cálculo de las emisiones al aire producto de la quema del combustible en la generación eléctrica.

El método utilizado en este trabajo para lograr el objetivo del mismo es la estimación de emisiones mediante factores de emisión aplicada al proceso que se desarrolla en la Empresa Termoeléctrica de Cienfuegos para la generación de energía eléctrica, debido a que es esta una fuente puntual de emisiones.

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad.

Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos, siendo los de nuestro interés los primeros pues son los que se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales. Estos a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales.

Factores de Emisión basados en procesos

En muchos países se han realizado múltiples estudios para determinar las tasas de emisión promedio de diferentes procesos que son fuentes de emisiones. Puesto que con frecuencia no se requiere ni es económicamente factible hacer un muestreo en cada fuente de emisión, se usan los resultados de muestreos de «fuentes representativas» para desarrollar factores de emisión, los cuales se expresan como unidades de masa de contaminante emitido por unidad de proceso.

Entre las unidades de proceso más comunes se encuentran el consumo de energía, el consumo de materia prima, las unidades de producción, el calendario de operación, o el número de dispositivos ó las características de éstos, por ejemplo: lb/ MMBtu, lb/gal, lb/lote, lb/hr ó lb/pie².

Para el cálculo de la cantidad de un tipo de sustancia emitida durante una operación, se usa la ecuación

$$Ek_{py,i} = [A * OpHrs] * EFi * [1 - (CEi / 100)] \quad (1)$$

donde :

$Ek_{py,i}$ = Tasa de emisión del contaminante i, kg/año

A = Tasa de actividad, t/hr

OpHrs = Horas de operación, hr/año

EFi = factor de emisión del contaminante i, bajo condiciones no controladas, kg/t

CEi = Eficiencia de control del contaminante i, %

La fuente de consulta más extensa para factores de emisión con base en procesos es la base de datos compilados AP-42 (USEPA, 1995), la cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades, así como el manual Australiano para el inventario de fuentes de combustión(EA, 2003). La referencia principal y más actualizada para factores de emisión específicos para contaminantes tóxicos del aire es el sistema de datos (USEPA, 2004) . Estos factores de referencia internacionales también se encuentran en documentos de guía para inventarios de gases de efecto invernadero (IPCC, 2009).

En el caso particular de las centrales termoeléctricas, cuyas fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera fundamentales son las calderas, se diferencian los factores de emisión en función de:

La potencia de la caldera.

El tipo y composición de combustible que se quema.

A la clasificación de estos dos elementos en la CTE Carlos Manuel de Céspedes, se dedican los dos próximos números.

Como se puede ver más arriba, la emisión propiamente dicha, depende del factor de emisión seleccionado y de la potencia desarrollada.

3.4. Clasificación de las calderas de la termoeléctrica.

Caldera; Como se utiliza en muchos inventarios y en el presente trabajo, es un dispositivo que se utiliza para la quema de combustibles y así producir agua caliente y /o vapor.

Los combustibles típicamente utilizados en calderas incluyen carbón fuel oil y gas natural; además pueden usar gas licuado del petróleo (GLP), gases del proceso y residuales, bagazo y madera

En general las calderas pueden ser categorizadas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.4.1. Clasificación de las calderas de acuerdo con su capacidad.

Tipos de Calderas	Capacidad
Utilitarias	> 100MM Btu/hr.
Industriales	10-250MM Btu/hr.
Comerciales/ Institucionales	< 10MM Btu/hr.
Residenciales	<< 10MM Btu/hr.

1MM Btu/hr. = 1000000Btu

1MM Btu = 0,293MW/hr.

Habitualmente el fuel oil contiene el 0,3% en peso de azufre.

Las caldeas de gas natural son consideradas relativamente más limpias que las de carbón y fuel oil pero en condiciones inadecuadas de operación, ejemplo; poca mezcla aire combustible. Pueden ocasionar en humos (Carbono combustionado(hollín)); así como Monóxido de carbono (CO) y pequeñas cantidades de hidrocarburos no quemados.

Los Óxidos de Nitrógeno son el contaminante de mayor importancia para una caldea de gas natural en apropiadas condiciones de operación y son ante todo una función de la temperatura de la cámara de la combustión.

3.5. Clasificación del combustible que se quema.

Se hallaron los valores medios de las características del combustible recibido en el último semestre de 2008 para su clasificación los que se muestran en la tabla 3.5.1.

Como puede verse, casi todas las características están dentro de los rangos de valores del aceite crudo pesado, excepto el contenido de azufre, que se corresponde con el contenido de un aceite medio.

Entonces, a los efectos de la selección de los factores de emisión se puede considerar el combustible como Aceite Residual No. 6 y para el caso del cálculo del factor de emisión de dióxido de azufre considerarlo Aceite Residual No. 4 ó No. 5, o usar un procedimiento que contemple el porciento de azufre en el cálculo de la emisión, ya que las emisiones de este contaminante depende ante todo del contenido de azufre del combustible.

Tabla 3.5.1 Comparación de los valores medios de las características del combustible que emplea la CTE con los rangos de valores de las clasificaciones del crudo (Pemex, 2007).

Característica del combustible	Valores medios CTE	Clasificación PEMEX Rango Ligero	Clasificación PEMEX Rango Medio	Clasificación PEMEX Rango Pesado
Peso específico 60/60 °F	0.964	0.768 - 0.837	0.837 - 0.930	0.930 - 1.0
Gravedad API	15.1	52 - 37	37 - 20	20-10
Asfaltenos, % peso	7.2	0.1 - 1	1-8	8
Carbón Conradson,	9.6	0.1 - 3	3-13	13
Metales Ni + V, ppm (Vanadio)	117	10	10-90	300
Azufre, % peso	1.8	0.1 - 1.5	1.5 - 4.0	4.0

3.6. Algunas mediciones in situ que muestran la dependencia de las emisiones de contaminantes de la potencia desarrollada.

Las emisiones de contaminantes de la CTE dependen de la carga a la que estén trabajando las unidades. En los gráficos de las Figuras 3.6.1 y 3.6.2 se muestran los resultados de las mediciones de Monóxido de Carbono y de Óxidos de Nitrógeno, medidos con el monitor de contaminación TESTO 300 XL-1, el 12 de marzo de 2008, quemando fuel oil, una de las pocas mediciones de emisión con que cuenta la Planta en los últimos años.

Como puede verse, las emisiones de Monóxido de Carbono dependen muy poco de la carga. Esto es consistente con el hecho de que las mismas dependan fundamentalmente de la eficiencia de la combustión alcanzada en cada momento (USEPA, 1998a). Sin embargo, las emisiones de Óxidos de Nitrógeno dependen de la temperatura y por ende, de la carga, como se plantea en el mismo documento y se refleja en la figura a continuación.

Estas mediciones pudieran en principio, servir para tener una idea de los factores de emisión propios de la Unidad 4; pero teniendo en cuenta que se trata de muy pocas mediciones y la calibración del monitor TESTO empleado no está documentada, se considera que no hay información suficiente para derivar estos parámetros tan importantes para la gestión ambiental de la Planta.

Figura 3.6.1 Emisiones de Monóxido de Carbono quemando fuel oil a diferentes cargas.

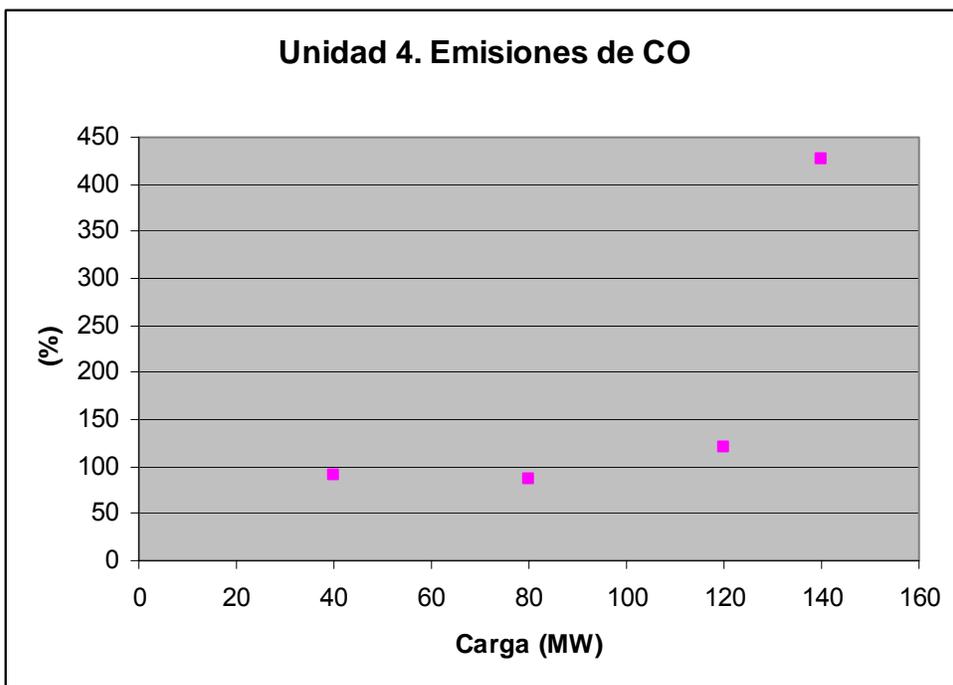
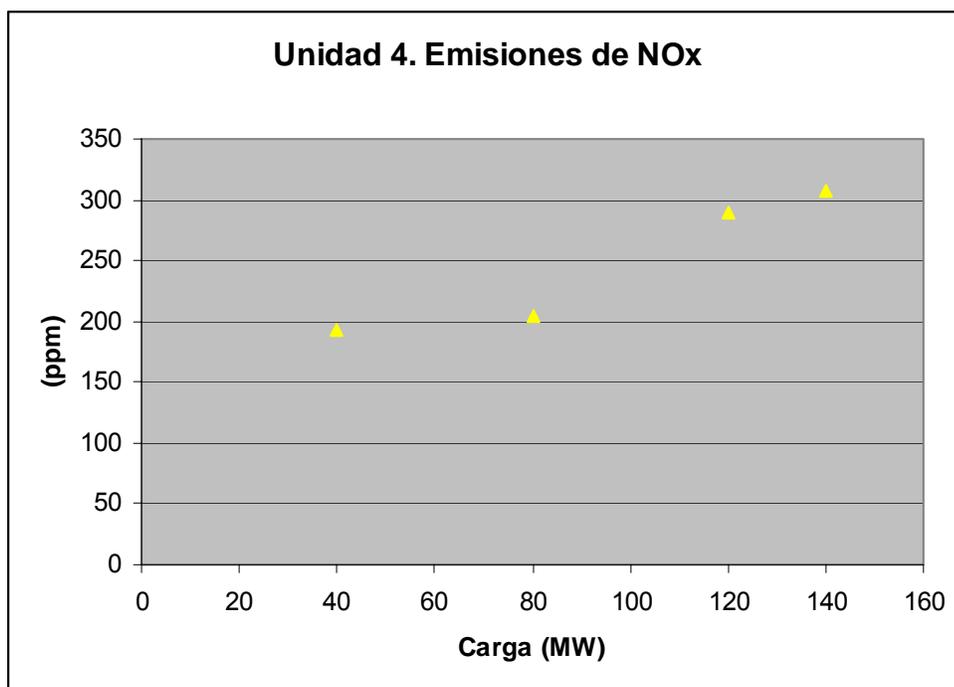


Figura 3.6.2 Emisiones de Óxidos de Nitrógenos quemando fuel oil a diferentes cargas.



3.7. Cálculo de la energía promedio generada en los tres últimos años.

La energía promedio producida por la CTE en los tres últimos años se puede ver de la siguiente.

Tabla 3.7.1. Generación eléctrica de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes”.

Mes	Potencia media			
	AÑO 2006	AÑO 2007	AÑO 2008	Promedio
	MW	MW	MW	MW
Ene.	181,1	203,2	157,1	180,5
Feb.	205,1	242,9	198,3	215,4
Mar.	229,5	119,6	148,0	165,7
Abr.	226,9	288,7	119,9	211,8
May.	195,5	191,2	70,4	152,4
Jun.	198,2	278,8	112,1	196,4
Jul.	236,4	172,0	57,5	155,3
Ago.	212,5	170,7	97,0	160,1
Sep.	231,4	151,4	125,9	169,6
Oct.	210,7	42,7	46,5	100,0
Nov.	223,0	229,6	110,4	187,7
Dic.	196,4	143,4	33,4	124,4
Total de MW generados por año				
	AÑO 2006	AÑO 2007	AÑO 2008	Promedio
	1858859	1662225	949703	1490262,3
Promedio anual				
1490,2 ± 478,4 GW				

Fuente: Base informativa de la ETC. (2009).

3.8. Conclusiones del capítulo.

Según lo expuesto en el presente capítulo se puede concluir:

1. Pueden tener lugar varias combinaciones de las Unidades operando con diferentes combustible, que son las que dan lugar a los diferentes escenarios de emisiones desarrollados.
2. El método empleado en la estimación de emisiones es el del uso de los factores de emisión.
3. La estimación de las emisiones de una caldera dependen de la potencia que desarrolla y del factor de emisión empleado.
4. El factor de emisión se debe seleccionar en función de la potencia de la caldera y de las características del combustible quemado, para lo que se necesita una clasificación previa de estos dos elementos.
5. Los datos de mediciones de emisión realizados en la CTE, demuestran la validez de la dependencia de la emisión de la potencia desarrollada, antes planteada; aunque por ser escasos y no estar verificado el monitor con que se hicieron, no tienen un valor representativo, como las emisiones estimadas en el presente trabajo.

CAPÍTULO 4: Evaluación de la componente ambiental del Cambio.

4.1. Cálculo de las emisiones de los principales contaminantes por las unidades de la termoeléctrica.

Para calcular las emisiones de contaminantes de la quema de fuel oil, considerándolo como aceite residual bajo en azufre (1.8 %) y Gas Natural, a plena capacidad se partió de los factores de emisión reportados en la literatura (Ver Capitulo II) para la capacidad máxima de las unidades con que cuenta la termoeléctrica. Los resultados se pueden ver en las tablas a continuación.

Emisiones de gases y partículas

Tabla 4.1.1. Emisiones de las unidades de la CTE quemando fuel oil a máxima capacidad de carga.

Contaminante	Emisión	
	Unidades 3 y 4	Unidades 1 y 2
	158 MWh/hr (kg/h)	33 MWh/hr (kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	8,3	1,7
Dióxido de Azufre(SO ₂)	467,3	97,6
Trióxido de Azufre (SO ₃)	17,0	3,5
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	77,7	16,2
Dióxido de Carbono (CO ₂)	40350,2	8427,6
Metano (CH ₄)	0,46	0,0967
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,18	0,0380
PM	35,2	
PM filtrable	32,7	6,8
PM condensable	2,5	0,52

PM condensable orgánico	0,37	0,0777
PM condensable inorgánico	2,1	0,44
Compuestos Orgánicos No Metánicos (NM TOC)	1,26	0,26
Materia Orgánica Policíclica (POM)	0,0020	0,0004
Formaldehído	0,0546	0,0114

Tabla 4.1.2. Emisiones de las unidades de la CTE quemando Gas Natural a máxima capacidad de carga.

Contaminante	Emisión	
	Unidad 3 158 MWh/hr (kg/h)	Unidades 1 y 2 33 MWh/hr (kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	20,43	4,27
Dióxido de Azufre(SO ₂)	0,15	0,03
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	46,21	9,65
Dióxido de Carbono (CO ₂)	29183	6095,2
Metano (CH ₄)	0,56	0,12
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,54	0,112
PM	1,85	0,39
PM filtrable	0,46	0,10
PM condensable	1,39	0,290

Figura 4.1.1. Emisiones estimadas de Dióxido de Carbono (CO₂) para la Unidad 3 trabajando a plena capacidad usando uno u otro combustible.

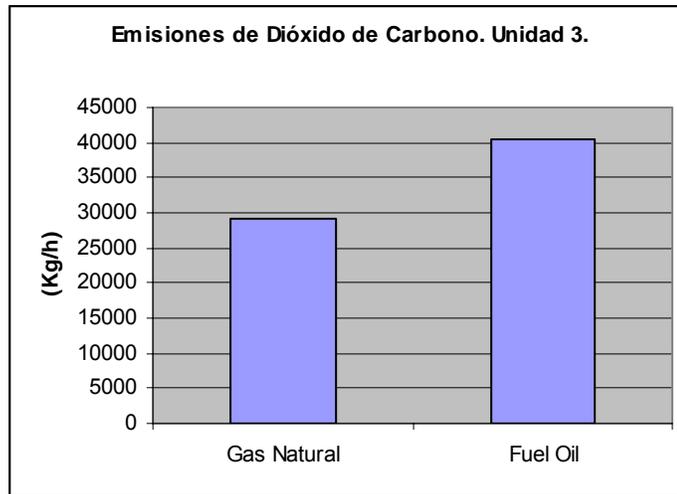
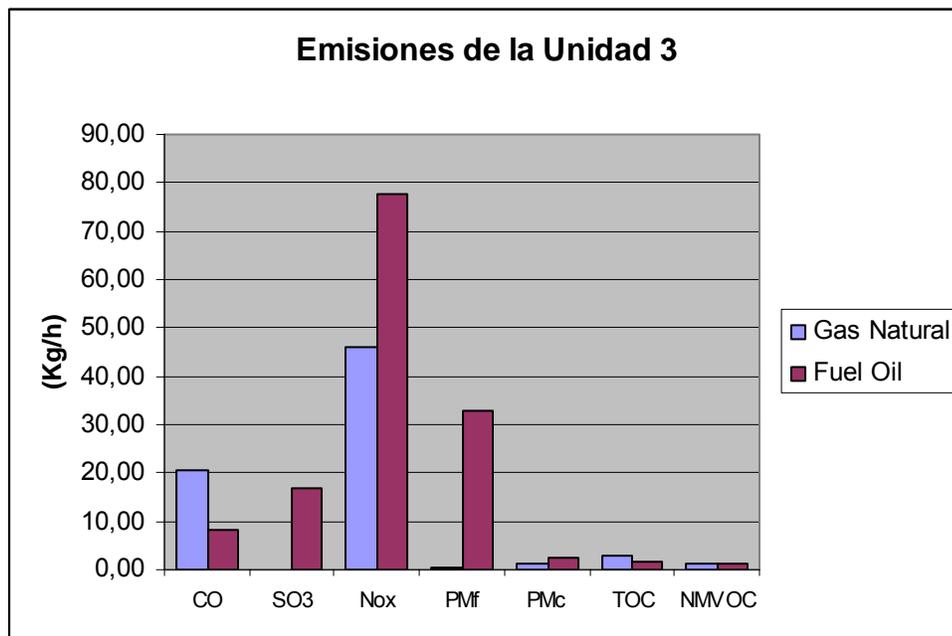


Figura 4.1.2. Emisiones estimadas de contaminantes tóxicos para la Unidad 3 trabajando a plena capacidad usando uno u otro combustible.



Las emisiones de Dióxido de Carbono, el principal Gas de Efecto Invernadero que se emite, son mayores para la quema del fuel oil, que para la quema del Gas Natural (Gráfico 3.3).

El Metano y el Óxido Nitroso no presentan diferencias marcadas en sus emisiones por la quema en calderas. Al usar Gas Natural, puede haber otras emisiones de Metano por fugas, ya que el componente fundamental del Gas Natural es este elemento.

Como puede verse, las principales emisiones de contaminantes tóxicos del Gas Natural quemado son el Monóxido de Carbono y los Óxidos de Nitrógeno.

La emisión de Compuestos Orgánicos es mayor para la quema del gas Natural, que para la del fuel oil.

La emisión de partículas en el Gas Natural muy pequeña. Se puede de ver que las emisiones de contaminantes tóxicos es más diversa para la quema del fuel oil, que para la del Gas Natural.

Emisiones para compuestos orgánicos

Se calculan las emisiones de compuestos orgánicos a partir de los factores de emisión referidos en la literatura (Capítulo 3). Los resultados se muestran en la Tabla a continuación.

Tabla 4.1.3. Emisiones estimadas de compuestos orgánicos para las Unidades de la CTE a máxima carga.

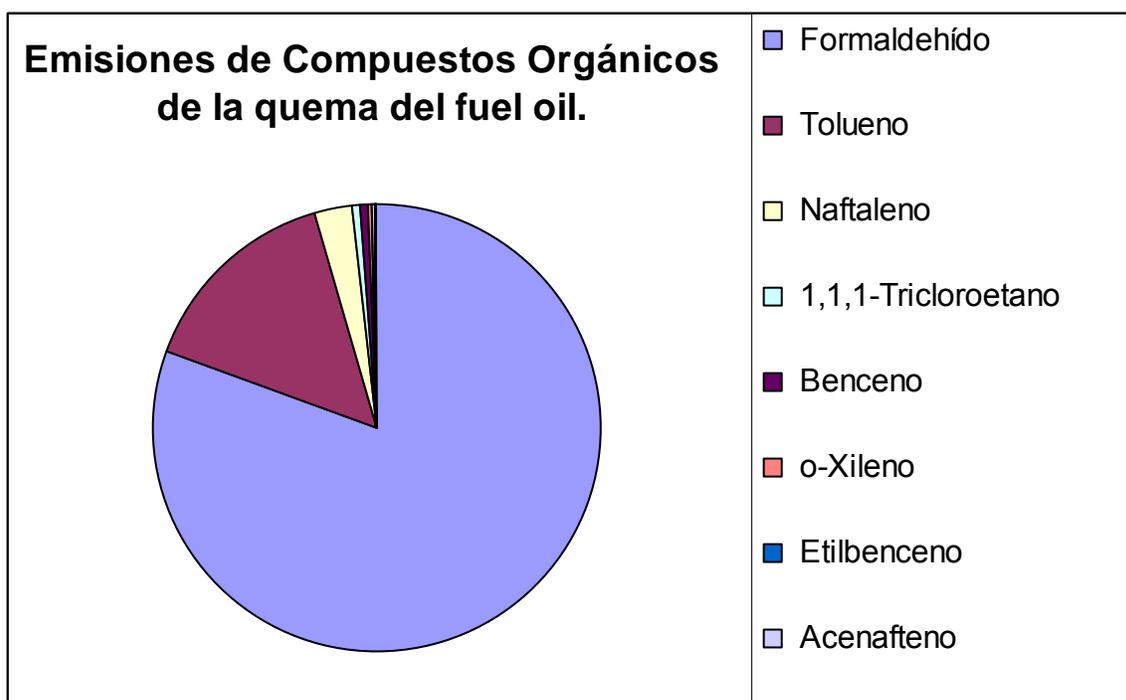
Compuestos Orgánicos	Emisiones (g/h)		
	Fuel oil Unidad 3 y 4 158 MW	Gas Natural Unidad 3 158 MW	Gas Natural Unidad 1 y 2 33MW
1,1,1-Tricloroetano	0,390272582		
2-Metilnaftaleno		0,005836579	0,00121903
3-Metilclorantreno		0,000437743	9,1427E-05
7,12-Dimetilbenz(a)antraceno		0,003891053	0,00081269
Acenafteno	0,034893015	0,000437743	9,1427E-05
Acenaftileno	0,000418385	0,000437743	9,1427E-05

Antraceno	0,002017511	0,000583658	0,0001219
Benz(a)antraceno	0,006631327	0,000437743	9,1427E-05
Benceno	0,35389124	0,510700663	0,10666533
Benzo(a)pireno		0,000291829	6,0952E-05
Benzo(b,k)fluoranteno	0,002447472	0,000437743	9,1427E-05
		0,000437743	9,1427E-05
Benzo(g,h,i)perileno	0,003737356	0,000291829	6,0952E-05
Butano		510,7006625	106,665328
Chriseno	0,0039358	0,000437743	9,1427E-05
Dibenzo(a,h) antraceno	0,002761675	0,000291829	6,0952E-05
Dichlorobenceno		0,29182895	0,06095162
Etano		753,8914542	157,458342
Etilbenceno	0,105175154		
Fluoranteno	0,008003895	0,000729572	0,00015238
Fluoreno	0,007392027	0,000680934	0,00014222
Formaldehído	54,57201365	18,23930938	3,80947601
Hexano		437,743425	91,4274242
Indeno(1,2,3-cd)pireno		0,000437743	9,1427E-05
Indo(1,2,3-cd)pireno	0,003538912		
Naftaleno	1,868678043	0,148346383	0,03098374
OCDD	5,12646E-06		
o-Xileno	0,180253015		
Pentano		632,2960584	132,061835
Fenantreno	0,017363823	0,004134243	0,00086348
Propano		389,1052667	81,2688215
Pireno	0,007028214	0,001215954	0,00025397

Tolueno	10,25292378	0,826848692	0,17269625
Total	67,823382	2743,77535	573,067004

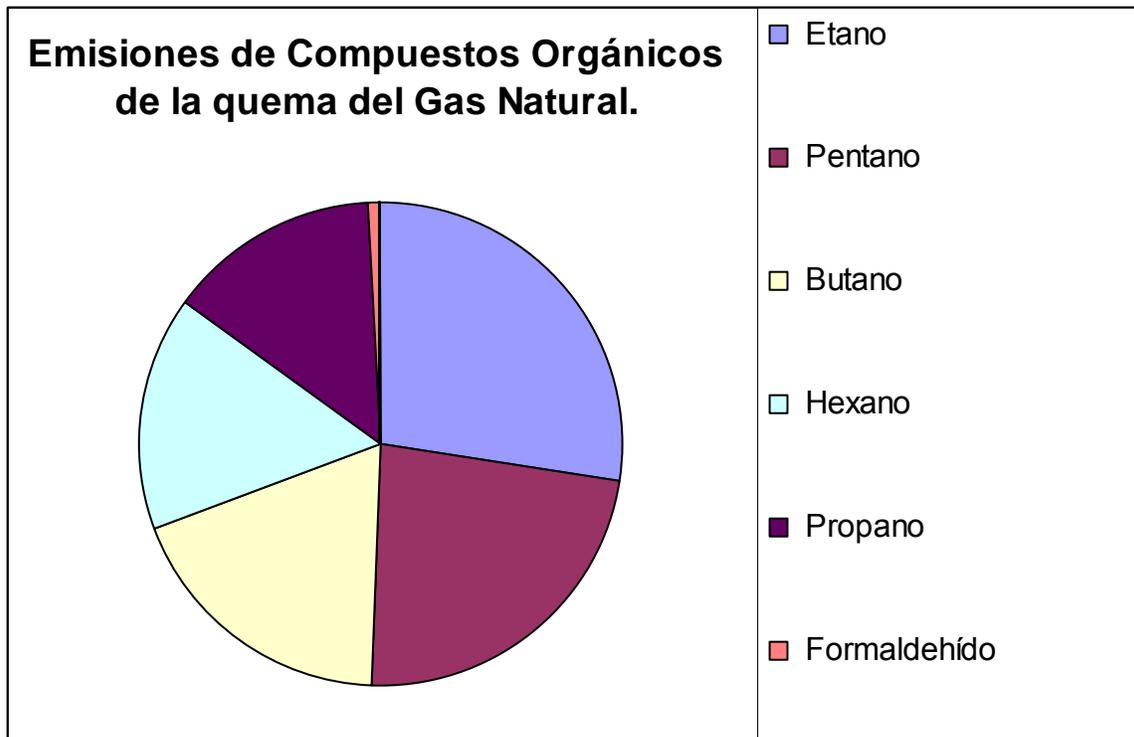
Como puede verse de la Tabla anterior, las emisiones de Compuestos Orgánicos son mucho mayores cuando se quema gas natural que cuando se quema fuel oil, e incluso, las emisiones de la generación de 33 MW con Gas Natural son mayores que las que se producen para 158 MW con fuel oil. Hay mayor diversidad de compuestos orgánicos en las emisiones de la quema del Gas Natural, que en la de fuel oil.

Figura 4.1.3. Composición de los Compuestos Orgánicos (en orden descendente de magnitud en la leyenda) que se emiten cuando se quema fuel oil.



Como puede verse en el gráfico de la Tabla 3.5, las emisiones orgánicas de la quema de fuel oil están compuestas fundamentalmente por formaldehído y en menor medida por Tolueno y Naftaleno. Por su parte, las emisiones de la quema del Gas Natural están compuestas por Etano, Pentano, Butano, Hexano, que son componentes in quemados del Gas Natural.

Figura 4.1.4. Composición de los Compuestos Orgánicos (en orden descendente de magnitud en la leyenda) que se emiten cuando se quema Gas Natural.



Emisiones de metales

Se calculan las emisiones de compuestos metálicos a partir de los factores de emisión referidos en la literatura. Los resultados se muestran en la Tabla a continuación.

Tabla 4.1.4. Emisiones de metales para las Unidades de la CTE a máxima carga.

Metales	Emisiones (g/h)		
	Fuel oil Unidad 3 y 4 158 MW	Gas Natural Unidad 3 158 MW	Gas Natural Unidad 1 y 2 33MW
Antimonio	8,68		
Arsénico	2,18	0,0486	0,0102

Bario	4,25	1,0700	0,2235
Berilio	0,05	0,0029	0,0006
Cadmio	0,66	0,2675	0,0559
Cloro	0,00		
Cromo	1,40		
Cromo VI	0,41	0,3405	0,0711
Cobalto	9,96	0,0204	0,0043
Cobre	2,91	0,2067	0,0432
Flúor	61,68		
Plomo	2,50		
Manganeso	4,96	0,0924	0,0193
Mercurio	0,19	0,0632	0,0132
Molibdeno	1,30	0,2675	0,0559
Níquel	139,74	0,5107	0,1067
Fósforo	15,64		
Selenio	1,13	0,0058	0,0012
Vanadio	52,59	0,5593	0,1168
Zinc	48,12	7,0525	1,4730
Total	358,34	10,51	2,19

4.1.5. *Composición de las emisiones de metales de la combustión de fuel oil.*

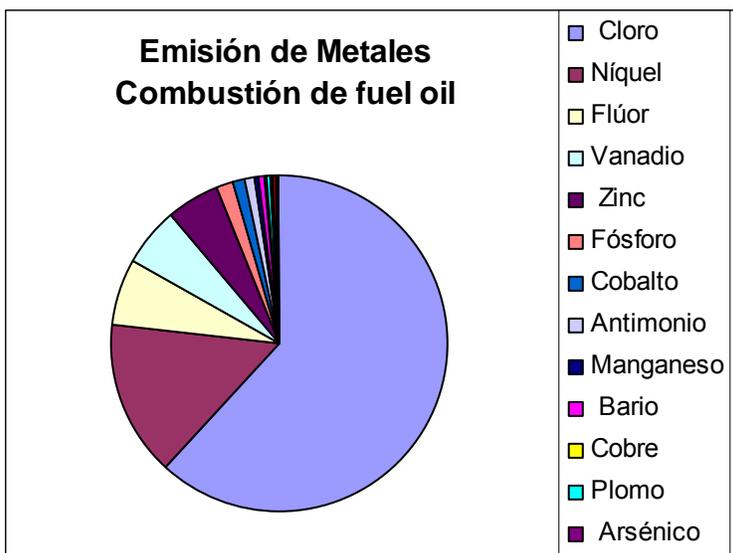


Figura 4.1.6. *Composición de las emisiones de metales de la combustión de Gas Natural.*

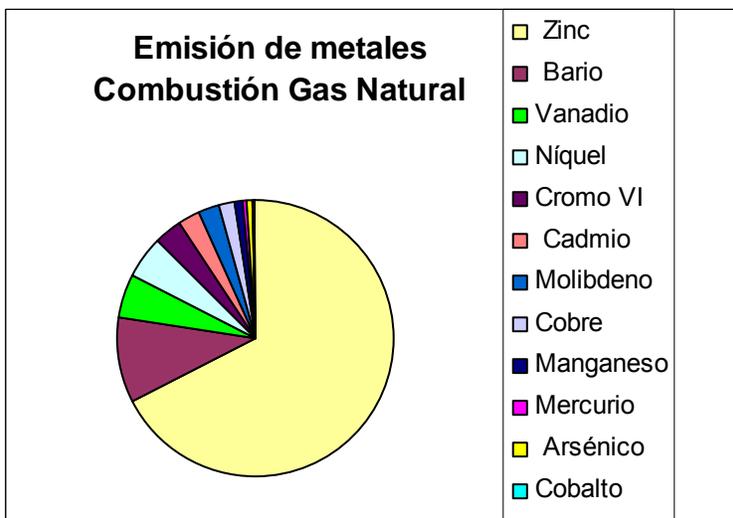
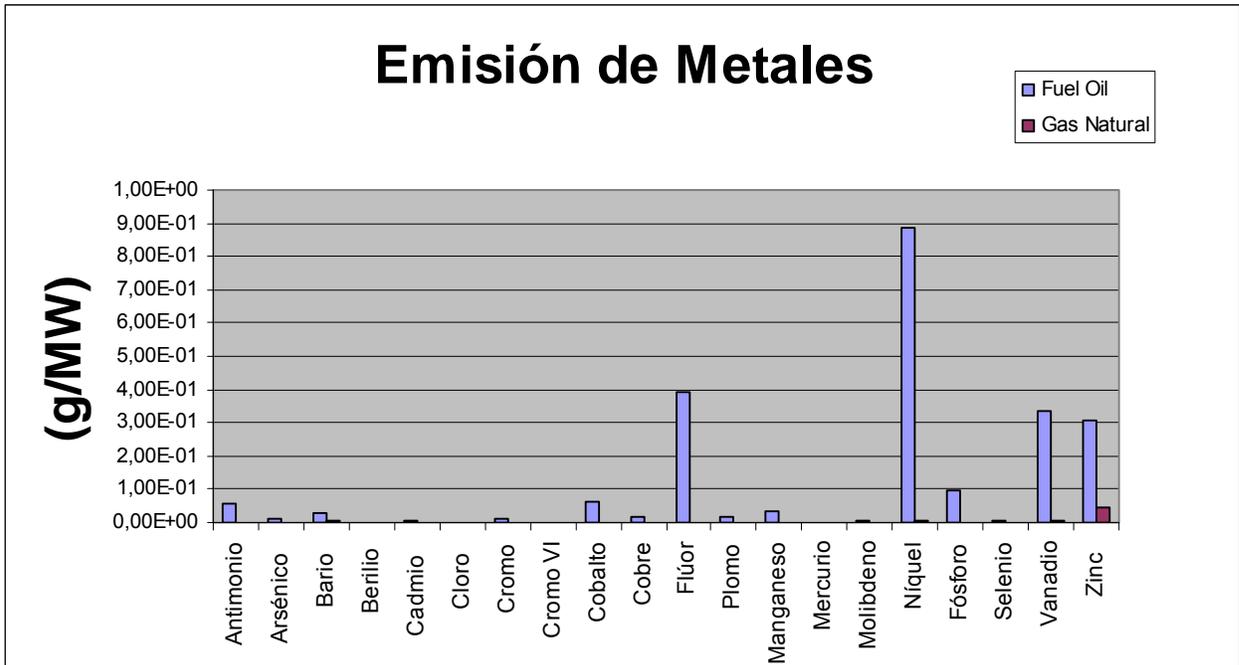


Figura 4.1.7. Emisiones de metales estimadas para la quema de Gas Natural y fuel oil en la Unidad , excepto el Cloro.



Como puede verse, las emisiones más importantes de elementos inorgánicos en los gases de la combustión del fuel oil son el Cloro, el flúor, el Níquel, el Vanadio y el Zinc. Por su parte, en la quema del Gas Natural no se emiten halógenos como el Cloro y el Flúor, sino todos son metales, siendo los más abundantes, el Zinc, el Vanadio y el Níquel.

En general, las emisiones de metales de la combustión del fuel oil son mucho mayores que las de la combustión del Gas Natural.

4.2. Emisiones calculadas para los diferentes escenarios.

Los escenarios fueron evaluados para la capacidad total de operación en todas las unidades, que correspondería con la máxima capacidad de explotación y para el 45% de la capacidad nominal. Este último valor está relacionado con el promedio de carga generado en los últimos 3 años, que se toma como línea base de referencia (escenario SC4), con el fin de poder establecer comparaciones. Las Tablas con los cálculos se muestran a continuación.

Tabla 4.2.1. Emisiones del Escenario SC1 – Todas las Unidades quemando fuel-oil.

Contaminante	Emisiones	
	SC1 a	SC1 b
	(kg/h)	(kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	20,00	8,91
Dióxido de Azufre(SO ₂)	1129,80	503,09
Trióxido de Azufre (SO ₃)	41,00	18,26
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	187,80	83,63
Dióxido de Carbono (CO ₂)	97555,60	43440,33
Metano (CH ₄)	1,11	0,50
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,44	0,19
PM	70,40	31,35
PM filtrable	79,00	35,18
PM condensable	6,04	2,69
PM condensable orgánico	0,90	0,40
PM condensable inorgánico	5,08	2,26
Compuestos Orgánicos No Metánicos (NM TOC)	3,04	1,35
Materia Orgánica Policíclica (POM)	0,00	0,00
Formaldehído	0,13	0,06

SC1 a – Todas las unidades operando a plena capacidad.

SC1 b – Todas las unidades operando al 45% de su capacidad.

Tabla 4.2.2. Emisiones del Escenario SC2 – Las Unidades 1,2 y 3 Gas Natural y la Unidad 4 quemando fuel oil, a plena capacidad.

Contaminante	Emisiones	
	SC2 a	SC2 b
	(kg/h)	(kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	37,27	16,60
Dióxido de Azufre(SO ₂)	467,51	208,18
Trióxido de Azufre (SO ₃)	17,00	7,57
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	143,21	63,77
Dióxido de Carbono (CO ₂)	81723,60	36390,53
Metano (CH ₄)	1,26	0,56
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,94	0,42
PM	37,83	16,85
PM filtrable	33,36	14,85
PM condensable	4,47	1,99
PM condensable orgánico	0,37	0,16
PM condensable inorgánico	2,10	0,94
Compuestos Orgánicos No Metánicos (NM TOC)	1,26	0,56
Materia Orgánica Policíclica (POM)	0,00	0,00
Formaldehído	0,05	0,02

Tabla 4.2.3. Emisiones del Escenario SC3- Las Unidades 1 y 2 quemando Gas Natural y las Unidades 3 y 4 quemando fuel oil, a plena capacidad.

Contaminante	Emisiones	
	SC3 a	SC3 b
	(kg/h)	(kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	25,14	11,19
Dióxido de Azufre(SO ₂)	934,66	416,19
Trióxido de Azufre (SO ₃)	34,00	15,14
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	174,70	77,79
Dióxido de Carbono (CO ₂)	92890,80	41363,15
Metano (CH ₄)	1,16	0,52
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,58	0,26
PM	71,18	31,70
PM filtrable	65,60	29,21
PM condensable	5,58	2,48
PM condensable orgánico	0,74	0,33
PM condensable inorgánico	4,20	1,87
Compuestos Orgánicos No Metánicos (NM TOC)	2,52	1,12
Materia Orgánica Policíclica (POM)	0,00	0,00
Formaldehído	0,11	0,05

Tabla 4.2.4. Emisiones del Escenario SC4- Las unidades 3 y uno quemando fuel oil, a las capacidades generadas en el 2008 (línea base de referencia).

Contaminante	Emisiones
	SC4 b
	(kg/h)
Monóxido de Carbono (CO)	8,94
Dióxido de Azufre(SO ₂)	503,09
Trióxido de Azufre (SO ₃)	18,30
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	83,65
Dióxido de Carbono (CO ₂)	43440,31
Metano (CH ₄)	0,50
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,19
PM	37,90
PM filtrable	35,20
PM condensable	2,69
PM condensable orgánico	0,40
PM condensable inorgánico	2,26
Compuestos Orgánicos No Metánicos (NM TOC)	1,36
Materia Orgánica Policíclica (POM)	0,00
Formaldehído	0,06

4.3. Comparación de las emisiones de los diferentes escenarios.

En el análisis de los escenarios de emisiones hay que tener en cuenta que en la emisión influyen 2 factores: la naturaleza del combustible que se quema (Gas Natural o fuel oil) y la capacidad de generación. Sin duda, el cambio tecnológico, además de sustituir fuel oil por gas en algunas de las unidades, tiene aparejado un aumento en la capacidad de generación con respecto a los niveles actuales y de los últimos 3 años. Más abajo se muestran figuras que comparan las emisiones de los escenarios para los diferentes contaminantes y algunos comentarios sobre las mismas.

Figura 4.3.1. Emisiones futuras de Dióxido de Carbono y de línea base de comparación (Sc4b)

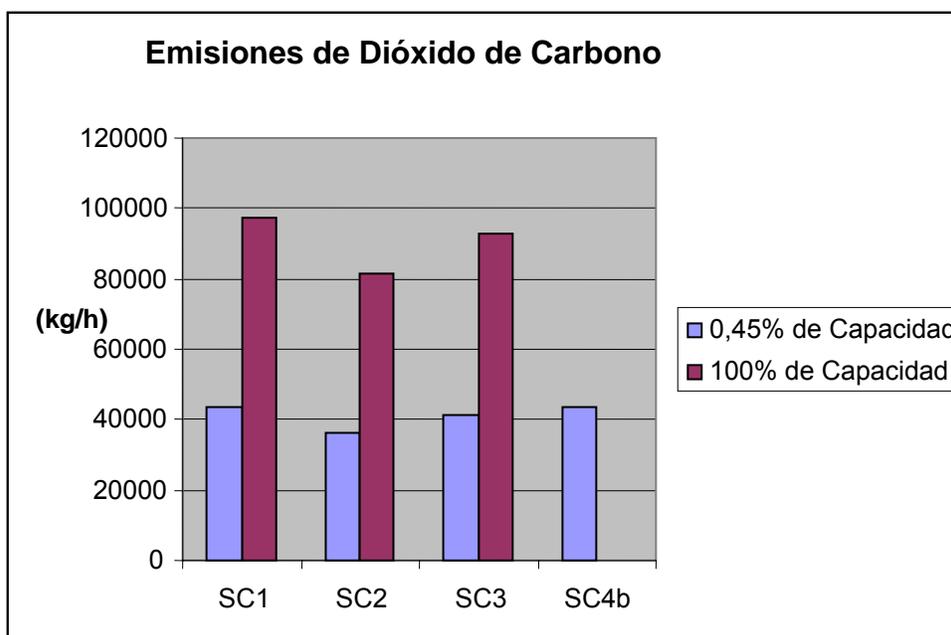
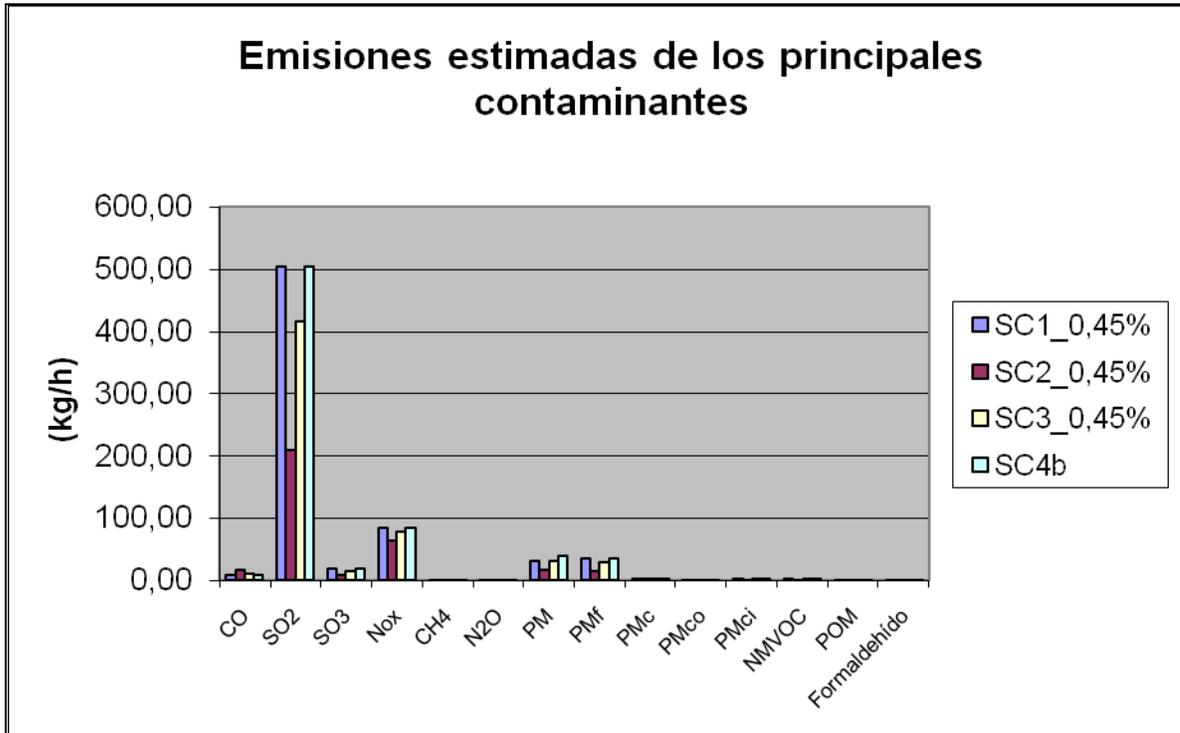


Figura 4.3.2. Emisiones estimadas para los principales contaminantes en los diferentes escenarios y en la línea base (SC4b, al 45% de la carga nominal).

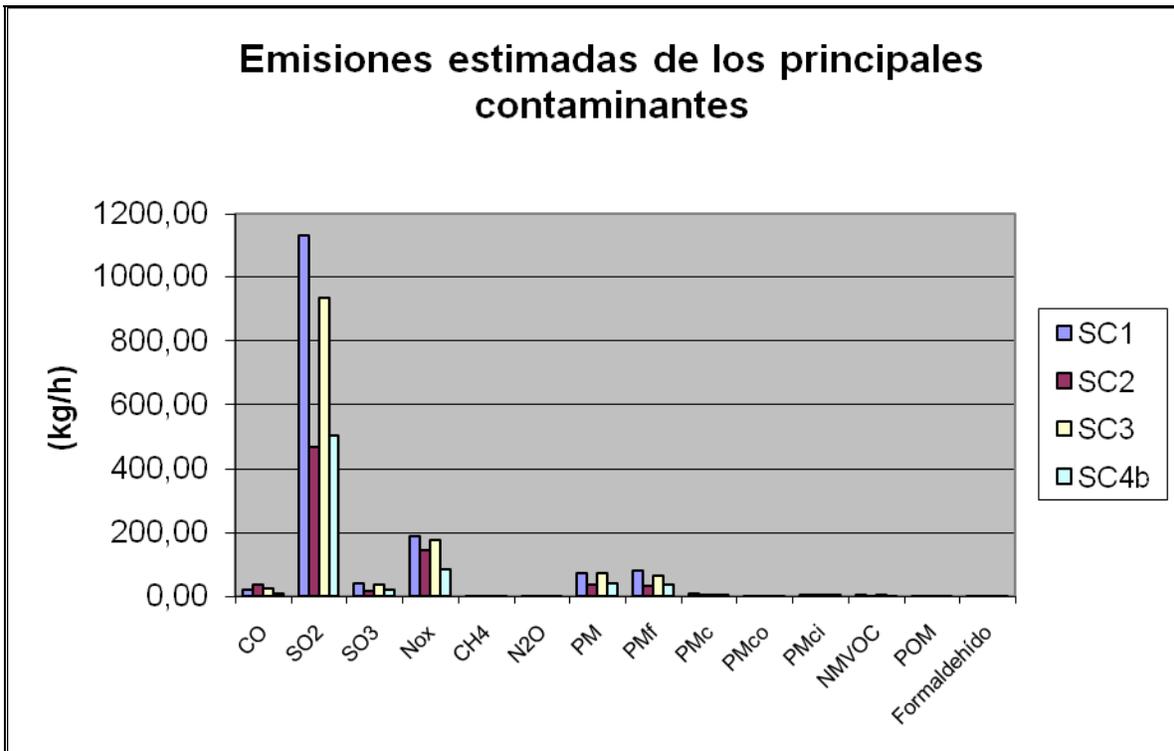


- CO *Monóxido de Carbono*
- SO2 *Dióxido de Azufre*
- SO3 *Trióxido de Azufre*
- NOx *Oxidos de Nitrógeno*
- CH4 *Metano*
- N2O *Oxido Nitroso*
- PM *Material Particulado*
- PMf *PM filtrable*
- PMc *PM condensable*

<i>PMco</i>	<i>PM condensable orgánico</i>
<i>PMci</i>	<i>PM condensable inorgánico</i>
	<i>Compuestos Orgánicos No</i>
<i>NMVOC</i>	<i>Metánicos</i>
<i>POM</i>	<i>Materia Orgánica Policíclica</i>

Como puede verse, las emisiones de Dióxido de Carbono en caso de una generación similar a los niveles actuales (45% de la capacidad nominal), son ligeramente inferiores cuando se usa el Gas Natural, sobretodo cuando la Unidad 3 quema este combustible. Sin embargo, si prevemos una generación del 100% o cercana de la capacidad instalada, los niveles de emisión de CO2 prácticamente se duplican. Esto es por concepto, precisamente de aumento de la capacidad de generación (ver escenarios SC2 y SC3 en el gráfico).

Figura 4.3.3. Emisiones estimadas para los principales contaminantes en los diferentes escenarios y en la línea base (SC4b a plena capacidad de carga).



<i>CO</i>	<i>Monóxido de Carbono</i>
<i>SO2</i>	<i>Dióxido de Azufre</i>
<i>SO3</i>	<i>Trióxido de Azufre</i>
<i>Nox</i>	<i>Oxidos de Nitrógeno</i>
<i>CH4</i>	<i>Metano</i>
<i>N2O</i>	<i>Oxido Nitroso</i>
<i>PM</i>	<i>Material Particulado</i>
<i>PMf</i>	<i>PM filtrable</i>
<i>PMc</i>	<i>PM condensable</i>
<i>PMco</i>	<i>PM condensable orgánico</i>
<i>PMci</i>	<i>PM condensable inorgánico</i>
<i>NMVOC</i>	<i>Compuestos Orgánicos No Metánicos</i>
<i>POM</i>	<i>Materia Orgánica Policíclica</i>

Entre los contaminantes tóxicos, la emisión más importante es la de dióxido de Azufre. La emisión de este contaminante; así como las de partículas y las de metales, disminuyen con la introducción del Gas Natural, si las calderas se operan a la misma carga que el promedio de los últimos años. Sin embargo, si se genera a mayor capacidad, las emisiones de estos contaminantes aumentan en general y con mucho, si la Unidad 3 quema fuel oil.

Las emisiones de Monóxido de Carbono y de Óxidos de Nitrógeno aumentan en todos los escenarios evaluados.

Se espera además que aumenten la composición de compuestos orgánicos en las partículas, resultante estos de los inquemados de la combustión del Gas Natural.

Figura 4.3.4. Emisiones estimadas de elementos metálicos, excepto Cloro, que por ser mucho más alta no se grafica, para un trabajo al 45% de la capacidad nominal.

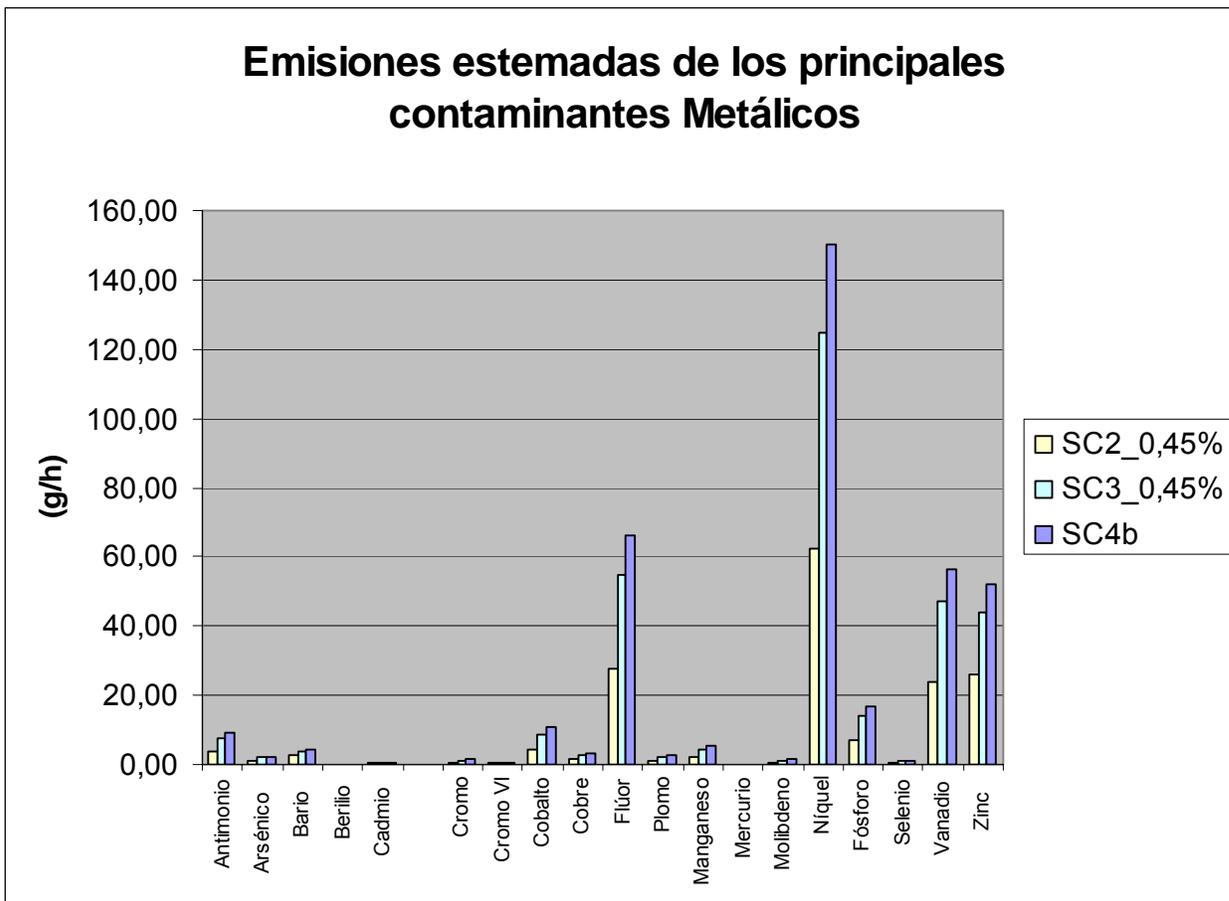
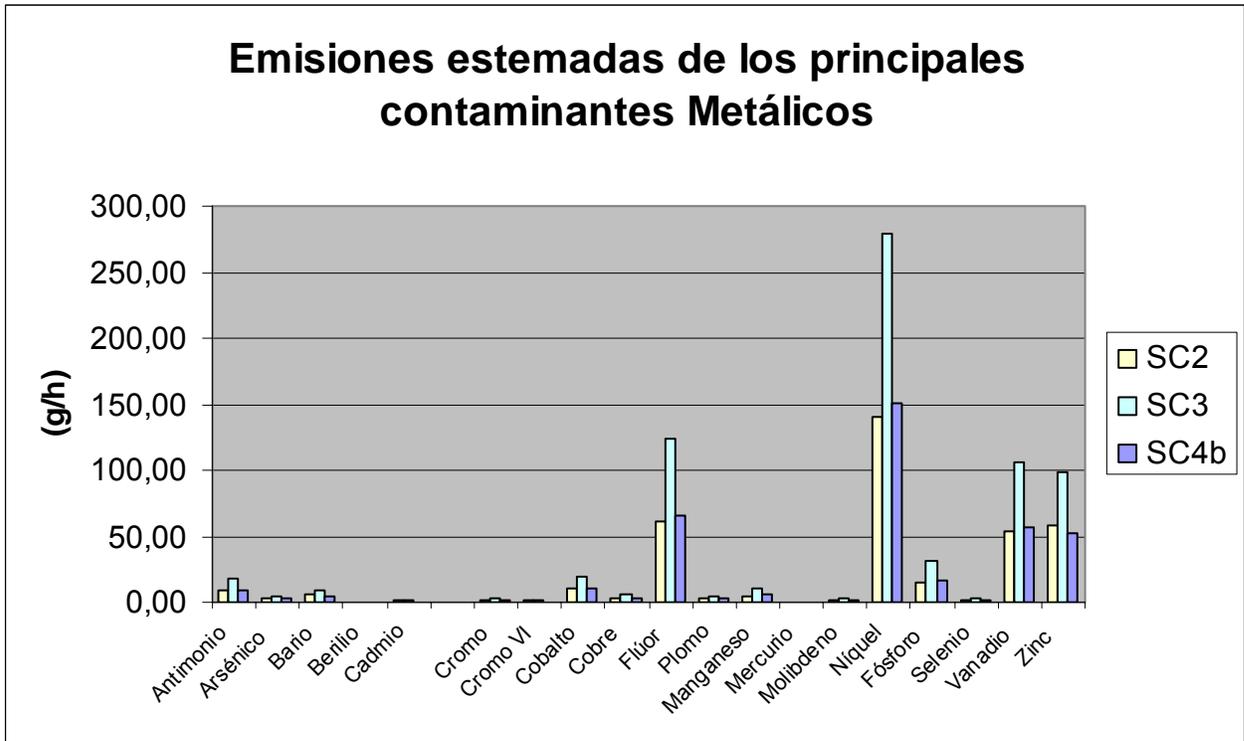


Figura 4.3.5. Emisiones estimadas de elementos metálicos, excepto Cloro, que por ser mucho más alta no se grafica, para un trabajo al 100% de la capacidad nominal.



Como puede verse de las figuras anteriores, las emisiones de metales en general aumentan, mucho más cuando se quema fuel oil en la Unidad 3. Para igual régimen de trabajo que el actual las emisiones de metales disminuyen.

4.4. Conclusiones del capítulo.

Después de analizado el contenido del capítulo se pueden hacer las siguientes conclusiones:

1. Las emisiones de Dióxido de Carbono en caso de una generación similar a los niveles actuales (45% de la capacidad nominal), son ligeramente inferiores cuando se usa el Gas Natural, sobretodo cuando la Unidad 3 quema este combustible.
2. Entre los contaminantes tóxicos, la emisión más importante es la de dióxido de Azufre.
3. Las emisiones de Monóxido de Carbono y de Óxidos de Nitrógeno aumentan en todos los escenarios evaluados.
4. Se espera además que aumenten la composición de compuestos orgánicos en las partículas, resultante estos de los inquemados de la combustión del Gas Natural.
5. Las emisiones de metales en general aumentan, mucho más cuando se quema fuel oil en la Unidad 3.
6. Para igual régimen de trabajo que el actual las emisiones de metales disminuyen.
7. De forma general, si se genera a mayor capacidad, las emisiones de los contaminantes aumentan y con mucho, si la Unidad 3 quema fuel oil.

Conclusiones Generales

1. Se rechaza la hipótesis del presente trabajo : “El cambio previsto, consistente en la rehabilitación de las instalaciones y la sustitución parcial del combustible en la generación eléctrica en la CTE Carlos M de Céspedes, hará posible la disminución de las emisiones de contaminantes a la atmósfera”.
2. Las emisiones de gases y partículas después del cambio se estiman cuantitativamente superiores a las emisiones actuales, a causa de un aumento esperado de la capacidad de generación.
3. Se espera que las partículas emitidas por la termoeléctrica después del cambio tengan superiores contenidos de compuestos orgánicos en comparación con el contenido de las que se emiten actualmente.

Recomendaciones

1. Los resultados de este trabajo podrán y deberán utilizarse para la valoración del desempeño ambiental de la termoeléctrica y la gestión ambiental de la provincia, por cuanto reflejan las emisiones actuales de la termoeléctrica. Esto, a su vez, constituye la “línea” base para la evaluación de futuras inversiones y/o modificaciones desde el punto de vista ambiental.
2. Utilizar la herramienta “análisis del campo de fuerzas” para valorar el cambio propuesto e incluir en la misma la componente ambiental evaluada en el presente trabajo.

Bibliografía.

Anonymous Supplier. Project: Conversion to Natural Gas for Unit No. 3. Anticipated Boiler Performance After Fuel Gas Conversion. Technical Information. 2009. Ref Type: Unpublished Work

ANPPRC. L-08-92. Constitución de la República de Cuba. 1976, Reformada en 1992. 1992. Sala de Sesiones de la Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, Palacio de las Convenciones, La Habana., Gaceta Oficial de la República de Cuba. Ref Type: Generic

ANPPRC. Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo. 1-122. 1993. C. Habana, Gobierno de la República de Cuba. Ref Type: Generic

ANPPRC. Ley No. 81 DEL MEDIO AMBIENTE. [7], 47-89. 1997. Sala de Sesiones de la Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, Palacio de las Convenciones, La Habana., Gaceta Oficial de la República de Cuba. Ref Type: Generic

ASTM. 1980. Annual book of ASTM standards 1980. American Society for Testing and Materials, Part 23, Petroleum products and lubricants (I), D 56 - D 1660, Philadelphia..

CITMA. Estrategia Ambiental Provincial. 1-147. 1998. Cienfuegos, CITMA Delegación Provincial. Ref Type: Generic

De Faria Mello and Fernando Achilles. Desarrollo Organizacional: Enfoque integral. 1995. México D. F., Ed. Limusa. Ref Type: Generic

EA. National Pollutant Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Combustion in Boilers. Version 1.2. ISBN: 06425 46975. 2003. Environment Australia, GPO Box 787, Canberra, ACT 2601, Australia. Commonwealth Scientific Industrial Research Organization. Ref Type: Generic

Francisco Ernesto Berroa Borrell. 2003. EL MANTENIMIENTO Y SU IMPACTO EN MEDIO AMBIENTE EN LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE CIENFUEGOS: UNA ESTRATEGIA PARA PRODUCIR Y SOBREVIVIR. Tesis para opción del título de Ingeniero Industrial Universidad de Cienfuegos. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

French L, W. y. H. B. C. Jr. *Desarrollo Organizacional*. 1996. México D. F., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana. Ref Type: Generic

Henry Sykes. Entrevista exclusiva a Henry Sykes, experto internacional en el área del petróleo y gas natural, el CEO de MGM Energy Resources en noviembre de 2008: ¿A dónde va el precio del petróleo? Centralciberlink.com, /en línea/
<http://www.centralamericalink.com/es/entrevista/24-link/324-adonde-va-el-precio-del-petroleo> . 2008. Ref Type: Generic

IPCC. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. 2006. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). IGES, Japón.
Ref Type: Generic

IPCC. Guías IPPC para la elaboración de los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. 2009. /on line/<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>. Ref Type: Generic

José Gpe.Vargas Hernandez and Patricia Moreno. Cambio: condición básica de supervivencia en las organizaciones. Revista Electrónica PsicologíaCientífica.com.ISSN: 2011-2521. 2004. /en línea/ <http://www.psicologiacientifica.com>. Ref Type: Generic

Leonort Turtós Carbonell, Elieza Meneses Ruiz, and Norberto Díaz Rivero. Dispersión local de contaminantes atmosféricos producto de la generación eléctrica. Caso de Estudio: Central Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes de Cienfuegos. 2004. /en línea/www.iga.cu/CD1/Temas/Percepcion%20R%20y%20SIG/Norberto%20Diaz/DispersiónContaminantesAtmosféricosCfgos.pdf. Cubaenergía. C. Habana. Ref Type: Generic

NC 39. Calidad del Aire.Requisitos higiénico-Sanitarios. 1999. La Habana, Cuba., Comité Estatal de Normalización. Unidad Impresora. Ref Type: Generic

NC 93-02-202. Sistema de Normas para la protección del Medio Ambiente. Atmósfera. Requisitos higiénicos sanitarios: Concentraciones Máximas Admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitarias. 1987. La Habana, Cuba., Comité Estatal de Normalización. Unidad Impresora. Ref Type: Generic

Pemex. 2007. Diccionario de Términos de Pemex Refinación. Pemex. Pemex Refinación.C México.

Rafael Calderas. Normas sobre Calidad del Aire y control de la Contaminación Atmosférica. Decreto No. 638 de Presidente de la República de Venezuela de 26 de abril de 1995. 1995. Caracas. Ref Type: Generic

SEMANART. Norma Oficial Mexicana.NOM-085-SEMANART-1994. Contaminación Atmosférica- Fuentes fijas- Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. 1994. Ciudad de México, Diario Oficial de la Federación (DOF). Ref Type: Generic

USEPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Fifth edition, AP-42. 1995. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, USA. Ref Type: Generic

USEPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth edition, AP-42. Chapter 1- External Combustion Sources. 1996. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards.

Research Triangle Park, NC, USA. Ref Type: Generic

USEPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth edition, AP-42. Chapter 1- External Combustion Sources. Section 1.3 - Fuel oil combustion. 1998a. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, USA. Ref Type: Generic

USEPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth edition, AP-42. Chapter 1- External Combustion Sources. Section 1.3. - Fuel oil combustion. 1998b. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, USA. Ref Type: Generic

USEPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth edition, AP-42. Chapter 1- External Combustion Sources. Section 1.4 - Gas Natural combustion. 1998c. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, USA. Ref Type: Generic

USEPA. Factor Information Retrieval System (FIRE), Version 6.25. 2004. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, North Carolina. Ref Type: Generic

Referencias Bibliográficas

1. Cuba. Consejo de Estado. Constitución de la República de Cuba. – La Habana; Ed. Ciencias Sociales, 2 001. -- p26.
2. Cuba. MINED. Introducción al conocimiento del Medio Ambiente. Universidad para Todos. -- La Habana: Pueblo y Educación, 2 002. – p2.
3. Gonzáles Novo, Teresita. Su Medio Ambiente después de Medio Milenio. – Cuba: Pueblo y Educación, 1 998. – p242
4. Fernández Cuevas, José R. Los Recursos Naturales y su Conservación. - - Cuba: Pueblo y Educación, 1 992. – p224.

ANEXO 1. La combustión y sus efectos sobre la salud

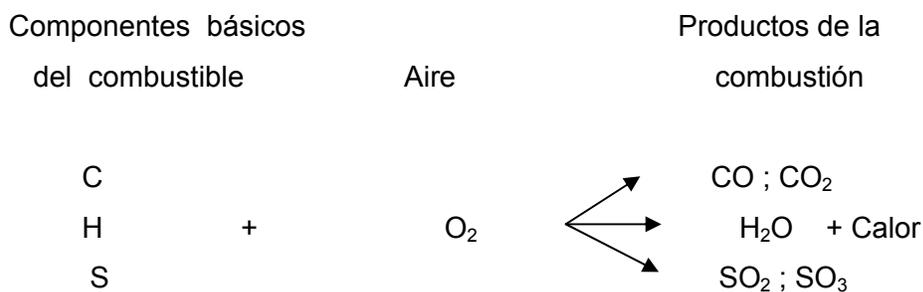
La **combustión** se describe como la reacción química del oxígeno con los elementos químicos básicos de la sustancia combustible, originando la subsiguiente liberación de calor, (reacción exotérmica).

Los combustibles fósiles son los residuos petrificados y licuados de la acumulación durante millones de años de organismos vegetales en descomposición. Cuando se quema el combustible fósil, su energía química se convierte en calórico, la cual se transforma en energía mecánica o eléctrica mediante máquinas como motores o turbinas.

Combustión del petróleo

El proceso específico de combustión del petróleo comúnmente llamado, ó Fuel Oil, en nuestras calderas es un proceso complejo donde intervienen no solo aspectos químicos sino también físicos, estando muy relacionados con la cinética de la transformación y las propiedades que presente en cada momento el material combustible. Dicho esto, *afirmamos entonces que todo cambio de propiedades en la fuente primaria, o sea en la antes mencionada sustancia combustible origina cambios sustanciales en el proceso tecnológico que obligan a tomar medidas adicionales para poder lograr el fenómeno de la combustión.*

Gases y partículas que se emiten en la combustión



Con el combustible existen además impurezas definidas como cenizas, estas se combinan con el oxígeno en la llama, pero sus oxidaciones no son consideradas para el proceso de combustión.

Durante el proceso de combustión se libera a la atmósfera el azufre contenido en el combustible en forma de anhídrido sulfuroso. Junto con otros contaminantes como óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, metales pesados y una gran variedad de sustancias.

Las emisiones de la combustión de fuel oil depende de (USEPA, 1998b; USEPA, 1998c):

- La composición del combustible
- El tipo y tamaño de la caldera
- Los procesos de encendido de la caldera
- Los procesos de manejo de la carga
- El grado de mantenimiento de la caldera

Combustión del Gas Natural

Características típicas de la combustión del gas natural:

Llama del quemador no luminosa.

La superficie de calentamiento puede ser mantenida limpia.

El Hidrogeno contenido en el fuel es relativamente alto.

Los contenidos de Vanadio y Azufre son despreciables.

La combustión de gas natural tiene las siguientes características comparada con la del fuel oil (Anonymous Supplier, 2009).

La llama no luminosa disminuye la tasa de absorción del calor en el horno y la temperatura de salida de los gases aumenta.

La recirculación del flujo del gas disminuye.

La temperatura del metal del Sobrecalentador y del Recalentador se incrementa.

Un alto contenido de agua en el flujo del gas resulta en una gran pérdida de calor desde el calentador de aire (pérdidas por humedad) con la consecuente pérdida de eficiencia de la caldera.

Un alto contenido de agua en el flujo de los gases incrementa la transmisión de calor por radiación.

Combustión del carbón y de combustibles líquidos

Cuando se utiliza como combustible el carbón, se emiten abundantes partículas finas que pueden ser trasladadas a grandes distancias. En el caso del carbón los principales contaminantes producidos son: anhídrido sulfuroso, cenizas volantes, hollines, metales pesados y óxidos de nitrógeno. Cuando el combustible empleado es líquido (gasóleo o gasoil), los principales contaminantes emitidos son: SO₂, SO₃, NO_x, hidrocarburos volátiles no quemados y partículas carbonosas.

Combustión en general

La combustión de carbón, petróleo y gasolina es el origen de buena parte de los contaminantes atmosféricos. Más de un 80% del dióxido de azufre, un 50% de los óxidos de nitrógeno, y de un 30 a un 40% de las partículas en suspensión emitidos a la atmósfera en Estados Unidos proceden de las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles, las calderas industriales y las calefacciones.

Efectos sobre la salud de los gases y partículas productos de la combustión.

El hombre se ve directamente afectado por todo aquello que atente contra el medio ambiente del cual es parte fundamental y con el que interactúa para subsistir. Los gases y partículas producto de la combustión producen un impacto negativo sobre el medio ambiente y por tanto sobre la salud del hombre. Existen evidencias de que la contaminación del aire está asociada con enfermedades de tipo respiratorio, incluyendo bronquitis crónica, asma bronquial, etc., afectaciones al sistema inmunológico; alergias; cáncer y tumores, y otras.

A menudo los primeros efectos perceptibles de la contaminación son de naturaleza estética y no son necesariamente peligrosos. Estos efectos incluyen la disminución de la visibilidad debido a la presencia de partículas diminutas suspendidas en el aire, y los malos olores, como la pestilencia a huevos podridos producida por el sulfuro de hidrógeno que emana de las fábricas de papel y celulosa.

La concentración de los contaminantes se reduce al dispersarse éstos en la atmósfera, proceso que depende de factores climatológicos como la temperatura, la velocidad del viento, el

movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de éstos con la topografía local, por ejemplo las montañas y valles. La temperatura suele decrecer con la altitud, pero cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente produciendo una inversión térmica, la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se acumulan cerca del suelo. Las inversiones pueden ser duraderas bajo un sistema estacionario de altas presiones unido a una baja velocidad del viento.

Un periodo de tan sólo tres días de escasa mezcla atmosférica puede llevar a concentraciones elevadas de productos peligrosos en áreas de alta contaminación y, en casos extremos, producir enfermedades e incluso la muerte. En 1948 una inversión térmica sobre Donora, Pennsylvania, produjo enfermedades respiratorias en más de 6.000 personas, ocasionando la muerte de veinte de ellas. En Londres, la contaminación segó entre 3.500 y 4.000 vidas en 1952, y otras 700 en 1962. La liberación, como consecuencia de un accidente ocurrido en una fábrica de pesticidas, de unas 40 toneladas de isocianato de metilo a la atmósfera (junto con otras sustancias químicas como cianuro de hidrógeno), durante una inversión térmica, fue la causa del desastre de Bhopāl, India, en diciembre de 1984, que produjo, durante las primeras semanas, al menos 6.000 muertes (aunque posteriormente la cifra ascendió a más de 16.000 víctimas mortales) y más de 500.000 afectados. Los efectos de la exposición a largo plazo a bajas concentraciones de contaminantes no están bien definidos; no obstante, los grupos de riesgo son los niños, los ancianos, los fumadores, los trabajadores expuestos al contacto con materiales tóxicos y quienes padecen enfermedades pulmonares o cardíacas.

Glosario:

Ambiente: Condiciones o circunstancias de un lugar que parecen favorables o no para las personas, animales o cosas que en él están.

Calentamiento Global: Proceso por el cual está aumentando la temperatura del planeta producido por el incremento de gases de efecto invernadero que el hombre en su actividad productiva ha estado liberando a la atmósfera.

Calidad del Aire: Conjunto de propiedades del aire determinada por la influencia de sustancias químicas, agentes biológicos y factores físicos que influyan sobre las personas, plantas y animales y sobre los estados del agua, los suelos los materiales y las construcciones.

Capa de Ozono: franja protectora en la atmósfera constituida por un gas llamado ozono, que limita el paso de los rayos ultravioletas que provienen del sol y que pueden ser perjudiciales para la salud, las plantas y los animales.

Combustibles fósiles; sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos enterrados durante mucho tiempo.

Contaminación: Alteración o trastorno de los distintos medios o ambientes naturales (Atmósfera, aguas, suelos, etc.) por la presencia de sustancias o formas de energía extrañas, que rompen el equilibrio ecológico y destruyen o dañan a las especies naturales o vegetales.

Daño Ambiental: Toda pérdida, disminución, deterioro o menoscabo significativo, inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes, que se produce contraviniendo una norma o disposición jurídica

Desarrollo Sostenible: Proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las futuras generaciones.

Efecto Invernadero: Proceso natural de la atmósfera en el que intervienen el dióxido de carbono y el agua, entre otras sustancias, reteniendo el calor en la tierra. Sin este efecto la temperatura de la tierra aumentaría notablemente haciéndola inhabitable.

Estrategia Ambiental Nacional: Expresión de la política ambiental cubana, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales.

Estudio de Impacto Ambiental descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo, incluyendo su tecnología, y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del

impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se efectuará.

Evaluación de Impacto Ambiental: Proceso que tiene por objetivo evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables, que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades, y según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento.

Fuel Oil: Denominación que comprende fracciones del petróleo crudo desde las querosinas hasta los combustibles pesados.

Impacto Ambiental: La modificación o alteración tanto positiva como negativa del medio ambiente, producida por la acción del hombre o por algún evento natural.

Lluvia Ácida: Lluvia que contiene ácido sulfúrico en suspensión procedente de los vertidos de dióxido y trióxido de azufre de centrales térmicas y fábricas de productos químicos que reaccionan con el agua de lluvia. Es muy perjudicial para la vegetación natural y los cultivos.

Medio Ambiente: Sistema de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire), bióticos (organismos vivos) y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

Naturaleza: Conjunto, orden y disposición de todas las entidades que componen el universo.

Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo Proyección concreta de la política ambiental de Cuba, que tiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente y el logro del desarrollo sostenible. Constituye la adecuación cubana de la Agenda 21.

Recursos Naturales todos los componentes del medio ambiente, renovables o no, que satisfacen necesidades económicas, sociales, espirituales, culturales y de la defensa nacional, garantizando el equilibrio de los ecosistemas y de la continuidad de la vida en la tierra.