

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**“DIAGNOSTICO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA POR OXIDOS
DE NITRÓGENO Y SELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA
TECNOLÓGICA PARA SU REDUCCIÓN, EN LA CENTRAL
TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO- TERMOPICHINCHA S.A.”**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención
del título de Maestría en Gestión Ambiental

María Lorena Parreño

Quito

Mayo,2006

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Graduados**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**“DIAGNOSTICO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA POR OXIDOS
DE NITRÓGENO Y SELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA
TECNOLÓGICA PARA SU REDUCCIÓN, EN LA CENTRAL
TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO- TERMOPICHINCHA S.A.”**

María Lorena Parreño Roldán

Ródney Peñafiel, Dr.Ing.

Director de Tesis

Carlos Fábara, M.S.

Miembro del Comité de Tesis

Juan Carlos López, M.A.E.

Miembro del Comité de Tesis

Stella de la Torre, Ph.D.

Directora del Programa de Maestría
en Gestión Ambiental

Hugo Valdevenito, Ph.D.

Decano del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales

Víctor Viteri, Ph.D.

Decano del Colegio de Postgrados

Quito, Mayo de 2006

© Derechos de autor

María Lorena Parreño Roldán

2006

RESUMEN

El estudio que a continuación se presenta, pretende servir de orientación para encontrar la alternativa tecnológica y financiera más adecuada para el control de emisiones de óxidos de nitrógeno emitidos como producto de la actividad de generación termoeléctrica de la Central Guangopolo de propiedad de Termopichincha S.A.

En la introducción, se señalan las razones que impulsan la realización del presente trabajo de investigación. A continuación sigue una descripción de las instalaciones y procesos de los que se compone la generación termoeléctrica, así como también de las partes fundamentales y funcionamiento de los motores de combustión interna, a fin de comprender el escenario en el que se desenvuelve el estudio.

Posteriormente se habla de las características de los óxidos de nitrógeno, su formación y los impactos que ocasionan en la salud y medio ambiente; y a fin de conocer el impacto que tendrían en el Distrito Metropolitano de Quito, se analiza la situación actual de la calidad del aire en la ciudad.

A continuación se realiza un diagnóstico de los contaminantes atmosféricos de la Central, a fin de conocer con exactitud la magnitud del problema que significan los óxidos de nitrógeno, su posible incidencia en la generación de lluvia ácida y ozono; así como también las características del combustible que actualmente se utiliza.

Se detalla un análisis de las alternativas tecnológicas disponibles en el mercado y que serían aplicables en la Central, sin dejar de mencionar otras existentes pero que no se ajustarían a nuestro caso. Este análisis incluye una comparación financiera, tanto de los costos de implementación, mantenimiento como del impacto que su adopción significaría en el costo de generación del kW-h.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos, mismos que permiten llegar a concluir que la alternativa que permitiría a la Central Guangopolo reducir sus emisiones de óxidos de nitrógeno en el nivel exigido por la regulación ambiental sería la reducción catalítica selectiva, debiéndose tomar en consideración que la adopción de esta medida implicaría un incremento de aproximadamente 40% en el costo de generación de energía.

ABSTRACT

The following research pretends to serve as a guide to find a technological and financial alternative suitable for the control of nitrogen oxide emissions, produced as a result of thermoelectrical generation activities of the Guangopolo Power Station, property of Termopichincha S.A.

Initially an introduction appears, where the reasons that impel the accomplishment of the present work of investigation are indicated. Next it follows a description of the facilities and processes of the thermoelectrical generation. The fundamental parts and operation of the internal combustion engines are shown, in order to understand the scene in which the study takes place.

Later it is spoken about the characteristics of the nitrogen oxides, its formation and the impacts that causes in health and environment. In order to know the impact that they would have in the Metropolitan District of Quito, the present situation of the air quality in the city is analyzed.

Next, a diagnosis of the atmospheric polluting agents of the power station is presented, in order to know with exactitude the magnitude of the problem that represent nitrogen oxides, its possible incidence in acid rain generation and ozone formation; as well as the characteristics of the fuel that at the moment is burned.

Then an analysis of the technological alternatives available in the market is detailed, of those technologies suitable for the power station, without letting mention other existing ones but that would not adjust to our needs. This analysis includes a financial comparison of the implementation and maintenance costs, as long as the impact that its adoption would mean in the generation cost of the kW-h.

Finally the obtained results are presented. These results allow to conclude that the alternative that will permit the Guangopolo Power Station reduce its nitrogen oxide emissions to the level demanded by the environmental regulations, would be the selective catalytic reduction, keeping in mind that the adoption of this technology would imply an increase of approximately 40% in the cost of energy generation.

TABLA DE CONTENIDO

	Tabla de Contenido	vi
	Lista de Figuras	viii
	Lista de Tablas	ix
1	Introducción	1
2	Descripción de la Central Termoeléctrica Guangopolo	3
	2.1 Instalaciones	3
	2.2 Procesos de generación	11
3	Descripción de los motores de combustión interna	22
	3.1 Partes fundamentales	22
	3.2 Funcionamiento	24
4	Formación de los Óxidos de Nitrógeno	27
	4.1 Mecanismos de generación de NO _x por causa de la contaminación	28
5	Impactos de los Óxidos de Nitrógeno sobre la Salud y el Medio Ambiente	32
	5.1 Salud	32
	5.2 Ambiente	33
	5.2.1 Lluvia Acida	33
	5.2.2 Ozono	36
	5.2.3 Smog Fotoquímico	38
	5.2.4 Eutrofización	39
6	Calidad del Aire del Distrito Metropolitano de Quito	40
7	Diagnóstico Ambiental de Contaminación Atmosférica en la Central Térmica Guangopolo	47
	7.1 Flujo de Gas Seco	50
	7.2 Temperatura	51
	7.3 Oxígeno	52
	7.4 Dióxido de Carbono	53
	7.5 Monóxido de Carbono	53
	7.6 Dióxido de Azufre	55
	7.7 Óxidos de Nitrógeno	56
	7.8 Material Particulado	57
	7.9 Número de Humo	58
8	Generación de Lluvia Acida y Ozono por actividad de la Central Térmica Guangopolo	59
	8.1 Lluvia Acida	59
	8.2 Ozono Troposférico	60
9	Caracterización del combustible y determinación de NO _x provenientes del mismo	61
10	Alternativas tecnológicas para la reducción de NO _x	64
	10.1 Medidas Primarias	64
	10.1.1 Homogenización del combustible	64
	10.1.2 Emulsificación	68
	10.1.3 Humidificación	71

10.1.4 Aditivación	77
10.2 Medidas Secundarias	83
10.2.1 Reducción Catalítica Selectiva	83
10.3 Otras Alternativas	86
10.3.1 Absorción en Húmedo	86
10.3.2 Adsorción en Seco	87
10.3.4 Irradiación	88
10.3.5 Reducción Catalítica no Selectiva	88
10.3.6 Cambio de combustible	89
10.3.7 Recirculación de gases de escape	90
10.3.8 Inyección directa de agua	91
10.3.9 Tiempo de encendido	92
11 Análisis Financiero	93
11.1 Costo de Implementación y Mantenimiento	93
11.1.1 Homogenización	93
11.1.2 Emulsificación	94
11.1.3 Humidificación	96
11.1.4 Aditivación	97
11.1.5 Reducción Catalítica Selectiva	98
11.2 Incremento en el costo del kW-h	101
12 Resultados	102
13 Conclusiones	103
14 Recomendaciones	105
Bibliografía	106
Glosario	109
Anexos	113
1. Línea Base de Contaminantes Atmosféricos	114
2. Transformación de unidades de CO, NO _x y SO ₂	144
3. Transformación de unidades de SO ₂	145
4. Toneladas de óxidos de nitrógeno producidas en 2004	146
5. Caracterización de combustible	147
6. NO _x provenientes del combustible	152
7. Energía generada en 2004 por C/T Guangopolo	153
8. Precio del kW-h de la C/T Guangopolo	154
9. Combustible consumido en 2004 por C/T Guangopolo	155
10. Costo por tonelada de agua desmineralizada	156
11. Cotización para implementación de homogenización	158
12. Cotización para implementación de emulsificación	160
13. Cotización para implementación de humidificación	162
14. Cotización para implementación de aditivación	163
15. Cotización para implementación de SCR-Wartsila	164
16. Cotización de urea	172
17. Costo del kW-h con implementación de tecnologías de reducción de NO _x	174

LISTA DE FIGURAS

1	Tanquero en balanza de pesaje	3
2	Sala de control	5
3	Chimeneas	6
4	Laboratorio Químico	7
5	Subestación Eléctrica	8
6	Tanques de almacenamiento de aceite Texaco	9
7	Oficinas Administrativas	10
8	Sistema de Combustión	13
9	Sistema de Enfriamiento	15
10	Enfriamiento de Agua Clarificada	17
11	Producción de Agua Desmineralizada	18
12	Motor de Combustión Interna	23
13	Motores de cuatro tiempos	24
14	Turbocargador	25
15	Punto muerto superior e inferior	25
16	Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire en el DMQ	42
17	Flujo de Gaso Seco	20
18	Temperatura	51
19	Oxígeno	52
20	Dióxido de Carbono	53
21	Monóxido de Carbono	54
22	Monóxido de Carbono Unidades Norma DMMA	54
23	Dióxido de Azufre	55
24	Dióxido de Azufre Norma TULAS	55
25	Óxidos de Nitrógeno	56
26	Óxidos de Nitrógeno Unidades Norma DMMA	56
27	Material Particulado	57
28	Material Particulado Unidades Norma DMMA	57
29	Número de Humo	58
30	Homogenizador Fuel Mill	65
31	Rotor Estator	66
32	Instalaciones de Tanques de Combustibles en la C/T Guangopolo- Ubicación de Homogenizador	67
33	Inyección de Combustible en la Cámara de Combustión.	68
34	Instalaciones de Tanques de Combustibles en la C/T Guangopolo- Ubicación del Emulsificador	70
35	Sistema de saturación del aire de combustión	72
36	Filtro de aire	73
37	Tubería de ingreso de aire al turbocargador	75
38	Purga de agua	76
39	Molécula de asfaltenos	78
40	Combustión con aditivación	80
41	Sistema de Reducción Catalítica Selectiva	84

LISTA DE TABLAS

1	Compuestos de Oxidos de Nitrógeno	27
2	Compuestos originarios del smog	39
3	Ubicación de las Estaciones de la REMMAQ	41
4	Equipamiento de las Estaciones de la REMMAQ	43
5	Norma Calidad del Aire Ambiente	44
6	Límites Inferiores de Contaminantes Comunes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que definen los episodios críticos de contaminación del aire	44
7	Número de días registrados que superan la Norma de Calidad del Aire	45
8	Parámetros de Control de Emisiones a la Atmósfera	48
9	Línea Base de Contaminantes Atmosféricos de la Central Térmica Guangopolo 2000-2004	49
10	Caracterización Físico-Química del Crudo Residual de Shushufindi	62
11	Caracterización Físico-Química del Diesel	63
12	Monitoreo de Emisiones Gaseosas. Prueba de Humidificación No.1	73
13	Monitoreo de Emisiones Gaseosas. Prueba de Humidificación No.2	74
14	Monitoreo de Emisiones Gaseosas. Prueba de Humidificación No.3	74
15	Monitoreo de Emisiones Gaseosas. Prueba de Humidificación No.4	75
16	Variación de la concentración de NOx	76
17	Datos de las pruebas de aditivación	81
18	Monitoreo de campo de la Prueba No.1	82
19	Monitoreo de campo de la Prueba No.2	82
20	Resultados de las pruebas de aditivación	83
21	Reducción de NOx con SCR	85
22	Monitoreo de Emisiones Gaseosas. Prueba con Diesel	89
23	Costo de Implementación de Homogenización	94
24	Costo de Implementación de Emulsificación	95
25	Costo de Operación de la Emulsificación	95
26	Costo de Implementación de la Humidificación	96
27	Costo de Operación de Humidificación	97
28	Costo de Implementación de Aditivación	97
29	Costo de Operación de Aditivación	98
30	Costo de Implementación de SCR	99
31	Costo de Implementación de SCR-Wartsila	99
32	Costo de Operación de SCR	100
33	Costo del kW-h	101
34	Comparación de las alternativas para la reducción de NOx	102