



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

MAGÍSTER EN GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

PROGRAMA INTERFACULTADES

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL
APLICADOS A LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE NO_x DEL SECTOR
ELÉCTRICO DE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y METROPOLITANA.**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental

PABLO DANIEL HIDALGO MARABOLÍ

Directora de Tesis
Prof. Dra. Margarita Prendéz

Santiago, Chile 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos en los tiempos del Coronavirus.

En primer lugar, agradezco a mi profesora guía Margarita Préndez por su motivación y sabios consejos para redactar, acotar y terminar esta tesis.

A Dora Chávez Cattebeke mi compañera de vida, por su paciencia infinita.

A mis compañeros del Magíster Alvaro, Javier, Mauricio, Max y Reif, por su apoyo e inyecciones de optimismo.

Proyecto de Grado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental.

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL APLICADOS A LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE NO_x DEL SECTOR ELÉCTRICO DE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y METROPOLITANA.

Pablo Daniel Hidalgo Marabolí

Profesor Guía

Nombre: Margarita Prendéz Bolívar

Nota: 6,8

Firma

Profesor Consejero

Nombre: Francisco Agüero Vargas

Nota: 6,0

Firma

Profesor Consejero

Nombre: Juan Antonio Garcés

Nota: 6,0

Firma

ABSTRACT

Since the sixties the energy matrix of our country is mainly governed by the use of fossil fuels in thermoelectric processes. These contribute to the atmosphere high concentrations of pollutants, among other particulate materials (PM), sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO_x). As a response to this contamination, the requirements of the legislation have provided various Environmental Management Instruments used to reduce and control variations. These instruments to be evaluated, have required technologies of the type of Continuous Emission Monitoring Systems (CEMS), which have allowed us to obtain the minute-by-minute characterization of emissions, which implies knowing how much we pollute, in response to the authentication of different fuels and the different stages of operation of thermoelectric plants.

The main objective of this work is to analyze and evaluate the Environmental Management Instruments applied to the reduction of NO_x emissions in the electricity sector of the Valparaíso and Metropolitan regions, with the proposal to propose recommendations for improvement. The emission standard for thermoelectric plants, D.S. No. 13 of the Ministry of Environment, and as an economic instrument the green tax law No. 20,780.

The working method includes the collection of data from 2014 to 2017 of the continuous monitoring required of thermoelectric plants by article No. 8, of Decree No. 13. This information includes hourly averages of the NO_x variations, the flow rate of evacuation of the chimeneas, the concentrations of O₂, the power generated and the operating states of the power generation unit (CGU).

The detailed results that weigh from the reductions achieved (approximately 19%), the emission limits, specifically coal-fired power plants, are greater than regulations of the European Community or the US EPA. It is urgent to carry out, as soon as possible, a revision of the norm, as provided in the D.S. No. 13.

The analysis of the green tax amounts calculated in the first year of application (year 2017) shows that NO_x emissions provide 2.1% of the collection and together with the particulate matter and SO₂ contribute 2.9%. In comparison, CO₂ provides a collection of 94.9%. This is a nonsense that indicates that the green tax is not an instrument that encourages the decrease of pollutants

at the local level, to the detriment of areas affected by high pollution, such as the communes of Quintero and Puchuncaví, for example.

The amount of green taxes is low in relation to OECD countries; the calculation should include variables not considered to date, which increase the amounts to those who pollute the most, thus encouraging investment in increasingly cleaner technologies. Although the Environmental Management Instruments that have been proposed by Chilean environmental legislation complied with the reduction of nitrogen oxides emissions (2014-2017 evaluation), the progress is clearly insufficient.

RESUMEN

Desde los años sesenta, la matriz energética de nuestro país está principalmente regida por la utilización de combustibles fósiles en los procesos termoeléctricos. Estos aportan a la atmósfera elevadas concentraciones de contaminantes, entre otros, material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Como una respuesta a estas emisiones las exigencias de la legislación han aportado diversos instrumentos de Gestión Ambiental utilizados para disminuir y controlar dichas emisiones. Estos instrumentos para ser evaluados, han exigido tecnologías del tipo de los Sistemas de Monitoreo Continuo de emisiones (CEMS), que han permitido obtener la caracterización minuto a minuto de las emisiones, lo que implica saber cuánto contaminamos, en respuesta a la utilización de distintos combustibles y a las distintas etapas de funcionamiento de las centrales termoeléctricas.

El objetivo principal de este trabajo es analizar y evaluar los Instrumentos de Gestión Ambiental aplicados a la disminución de emisiones de NO_x del sector eléctrico de las regiones de Valparaíso y Metropolitana, con la finalidad de proponer recomendaciones de mejora. Se identificó la norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S. N°13 del Ministerio de Medio Ambiente, y como instrumento económico, la ley de impuestos verdes N° 20.780.

El método de trabajo incluye la recopilación de los datos de los años 2014 al 2017 del monitoreo continuo exigido a las termoeléctricas por el artículo N°8, del Decreto N°13. Esta información incluye promedios horarios de las concentraciones de NO_x, el caudal de evacuación de las chimeneas, las concentraciones de O₂, la potencia generada y los estados de funcionamiento de la unidad de generación eléctrica (UGE).

Los resultados muestran que a pesar de las disminuciones logradas (cercasas al 19%), los límites de emisión, específicamente las centrales a carbón, no son mayores que la normativa de la Comunidad Europea ni de la EPA estadounidense. Es urgente realizar, a la brevedad, una revisión de la norma, según lo previsto en el D.S. N°13.

El análisis de los montos de impuestos verdes calculados en el primer año de aplicación (año 2017) demuestra que las emisiones de NO_x proporcionan un 2,1% de la recaudación y en conjunto con el material particulado y el SO₂ aportan un 2,9%. En comparación, el CO₂ aporta una recaudación del 94,9%. Esto indica que el impuesto verde no es un instrumento que incentive la disminución de contaminantes a nivel local, luego no incentiva a la descontaminación de zonas afectadas, como las comunas de Quintero y Puchuncaví.

Los montos de los impuestos verdes son bajos en relación a los países de la OCDE, el cálculo debería incluir variables no consideradas a la fecha, que aumenten los montos a quienes más contaminan, incentivando así la inversión en tecnologías cada vez más limpias.

Aunque los instrumentos de Gestión Ambiental que han sido propuestos por la legislación ambiental chilena cumplieron en lo relativo a la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno desde los años 2014 al 2017, los avances son claramente insuficientes.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	1
2. Objetivo General.....	3
2.1. Objetivos Específicos	3
3. Marco Teórico.....	4
4. Materiales y método.....	11
4.1. Recopilación de Información.....	11
4.2. Análisis de la información recopilada y validación de datos CEMs.....	12
4.2.1. Procedimiento implementado para la validación de datos y realización de los cálculos.....	13
4.3. Análisis y comparación de la norma chilenas y normas internacionales.....	16
4.4. Procedimiento de cálculo de los Impuestos Verdes	16
5. Resultados y discusión	17
5.1. Análisis del Parque de Termoeléctricas de la V región y región Metropolitana.	17
5.2 Verificación del cumplimiento de las normas de emisión D.S N°13	21
5.2.1. Termoeléctricas que utilizan carbón.	21
5.2.2. Termoeléctricas que utilizan Gas Natural	25
5.2.3. Termoeléctricas que utilizan Diésel	29
5.3. Análisis de la regulación internacional y comparación con la Norma de Emisión de Termoeléctricas en Chile.	30
5.4. Análisis de los Impuestos Verdes.....	37
5.5. Análisis final de aplicación de instrumentos de gestión ambiental a la disminución de emisiones de NOx.....	43
6. Conclusiones	46
7. Recomendaciones	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXO I Resumen Normas de Emisión	52
ANEXO II Método de Validación de Datos CEMS y cálculos utilizados.....	58
ANEXO III Cálculo de Exactitud Relativa Caudal	66
ANEXO IV Requerimiento de datos a la Superintendencia de Medio Ambiente mediante Ley de Transparencia	70
ANEXO V Centrales Termoeléctricas de la regiones de Valparaíso y Metropolitana.	75
ANEXO VI Orden de Mérito de las centrales de la regiones de Valparaíso y Metropolitana entre los años 2014 al 2017.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Tasas impositivas en las emisiones de NOx en países europeos de la OCDE, actualizados al año 2018	8
Figura 3-2: Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) adosado a una chimenea	9
Figura 3-3: Requerimientos para el aseguramiento de la calidad del funcionamiento de un CEMS	10
Figura 4-1 Procedimiento de Cálculo de los parámetros utilizados.....	15
Figura 4-2 Fórmula para el cálculo de los Impuestos Verdes	16
Figura 5-1 Ubicación geográfica de Centrales Termoeléctricas V región y Región Metropolitana.	18
Figura 5-2 Concentración de NOx, Ventanas I (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.	21
Figura 5-3 Concentración de NOx, Ventanas II (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.	22
Figura 5-4 Concentración de NOx, Nueva Ventanas (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.	23
Figura 5-5 Concentración de NOx, Central Campiche (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.	23
Figura 5-6 Concentración de NOx, Central Nueva Renca Combustible Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.....	25
Figura 5-7 Concentración de NOx, Nehuenco I Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.....	26
Figura 5-8 Concentración de NOx, Central Quintero TG1A Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.	27
Figura 5-9 Concentración de NOx, Central San Isidro II Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13	28
Figura 5-10 Porcentaje de incumplimiento de Normas de emisión, de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible carbón (2014 - 2017)	36
Figura 5-11 Porcentaje de incumplimiento de Normas de emisión de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible gas natural (2014 - 2017)	36
Figura 5-12 Porcentaje Incumplimiento Normas de emisión de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible diésel	37
Figura 5-13 Porcentaje del Impuesto recaudado por cada contaminantes de la Centrales Termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).....	40
Figura 5-14 Comparación Impuestos Verdes (US\$) versus emisión de NOx(t). Centrales Termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).....	41
Figura 5-15 Impuestos verdes por emisiones de NOx de Centrales Termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017)	42

Figura 5-16 Impuestos verdes de Países de la OCDE para emisiones de NOx año 2019.	43
Figura 5-17 Evolución de la disminución de las emisiones de NOx con la aplicación de impuestos verdes y Norma de emisión	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4-1: Clasificación de estados de funcionamiento Estados de la Unidad Generadora (UGE) y tipos de datos	13
Cuadro 4-2: Nomenclatura utilizada para los parámetros de los Informes de Monitoreo Continuo de Emisiones.	14
Cuadro 5-1 Parque de Centrales Termoeléctricas V región y Metropolitana	17
Cuadro 5-2: Estimación de Costo variables de los años 2014 al 2017	20
Cuadro 5-3 Número de horas en que se sobrepasó el valor Normativo Decreto N°13, para fuentes existentes de las Centrales a Carbón de la V región (2014 - 2017)	22
Cuadro 5-4 Promedio de concentraciones de NOx de las Centrales a Carbón de la V región (2014 - 2017).....	24
Cuadro 5-5 Emisiones de NOx de las Centrales a Carbón de la V región, años 2014 al 2017.....	25
Cuadro 5-6 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017).Central Nueva Renca a gas natural.	26
Cuadro 5-7 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017).Central Nehuenco I a gas natural... ..	27
Cuadro 5-8 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017).Central Quintero TG1A a gas natural.	28
Cuadro 5-9 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017). San Isidro II a gas natural	28
Cuadro 5-10 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017) en centrales que utilizador petróleo diesel	29
Cuadro 5-11 Incumplimiento de acuerdo al Decreto N°13 de la Norma de Emisión de NOx para fuentes existentes (2014 - 2017).....	31
Cuadro 5-12 Emisiones de NOx de las distintas Centrales Termoeléctricas y horas de funcionamiento (años 2014 al 2017)	32
Cuadro 5-13 Parámetros Año 2017 Centrales Termoeléctricas de V región y región metropolitana.	32
Cuadro 5-14 Incumplimiento Norma de Emisión NOx. Decreto N°13 para fuentes nuevas de NOx (2014 - 2017)	34
Cuadro 5-15 Incumplimiento de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana de acuerdo a la Norma de Emisión NOx de la Comunidad Europea para fuentes existentes (2014 - 2017).....	35
Cuadro 5-16 Incumplimiento de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana de acuerdo a la Norma de Emisión NOx EPA para fuentes existentes (2014 - 2017)	35
Cuadro 5-17 Impuestos verdes de Centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).....	38

Cuadro 5-18 Monto de Impuestos verdes de Centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017), de los contaminantes NO _x , SO ₂ , MP y CO ₂	39
Cuadro AI-1: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de fuentes existentes (Ref. Decreto 13)	52
Cuadro AI-2: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de fuentes nuevas(Ref. Decreto 13).....	53
Cuadro AI-3: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas.....	54
Cuadro AI-4: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado	55
Cuadro AI-5: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas.....	56
Cuadro AI-6: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado	56
Cuadro AI-7: Límites máximos de emisiones (mg/Nm ³) de NO _x de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado	57
Cuadro AI-8: Límites máximos de emisiones de NO _x de las Centrales eléctricas a partir de la generación de Vapor	57
Cuadro A.III-1 Límite del porcentaje de Exactitud Relativa para el parámetro Caudal ..	67
Cuadro A.III-2 Cálculo realizado con un caudal llevándolo a la máxima diferencia con el valor del método de referencia, usando límite inferior.	67
Cuadro A.III-3 Cálculo realizado con un caudal llevándolo a la máxima diferencia con el valor del método de referencia, usando límite superior	68
Cuadro A.III-4 Límites de caudales que es posible validar en la Central Termoeléctrica.	69
Cuadro A.III-5 Variación del valor de los impuestos verdes totales al variar el caudal a los valores que es validable el CEMS	69

1. Introducción

Una adecuada provisión de energía eléctrica es esencial para el modelo de desarrollo económico y social de los países y para la calidad de vida de las personas. En Chile, la electricidad se genera principalmente por termoeléctricas, las que representan un 53,5% de la matriz energética (Ministerio de Energía, 2018). Esta tecnología de generación eléctrica es productora de impactos ambientales a través de la descarga de contaminantes hacia los distintos ecosistemas. Sus aportes provienen de la contaminación atmosférica, la alteración de ecosistemas acuáticos, la generación de residuos sólidos y las emisiones acústicas. De acuerdo al inventario más actualizado “Informe Consolidado del Registro de Emisiones y transferencias de contaminantes del año 2014” (MMA, 2016), considerando el total de fuentes fijas de nuestro país, las termoeléctricas aportan el 46,05% de las emisiones totales de contaminantes a la atmósfera en Chile, y en particular un 60,54% del total de las emisiones de NOx.

Para controlar las emisiones de NOx, Estados Unidos y la Comunidad Europea han hecho grandes progresos a partir de los años 70 del siglo pasado. La Ley de Aire Limpio y las Directivas Europeas, respectivamente, se han encargado de definir instrumentos de política relacionados con emisiones. Para esto se han creado normas de emisión que ya han pasado sucesivas revisiones, siendo las más actualizadas:

- Norma de Estados Unidos: 40 CFR Part 60, Subpart Da, “Standards of Performance for Electric Utility Steam Generating Units”.
- Norma de Estados Unidos: 40 CFR Part 60, Subpart KKK de 60. Norma de Emisión de NOx para Turbinas a Gas para fuentes estacionarias.
- Norma de la Comunidad Europea: Directiva 2010/75 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

En nuestro país, La ley 19300, Bases Generales del medio ambiente, nos otorga el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y nos indica que para este fin existen mecanismos institucionales para la protección del medio ambiente, que son los

Instrumentos de gestión ambiental (Minsejpres, 2016). En esta década se ha dictado en nuestro país la norma de emisión para centrales termoeléctricas, D.S N°13 del Ministerio del Medio Ambiente, publicada en el diario oficial el 18 de enero de 2011 y como instrumento económico la ley de impuestos verdes N° 20.780 aprobada en septiembre de 2014, que comenzó a aplicarse el 1° de enero de 2017, en lo relativo al impuesto verde.

El objetivo de este trabajo será analizar y evaluar los mecanismos que utiliza la institucionalidad ambiental chilena, tales como los instrumentos de gestión ambiental, denominados de comando y control y los instrumentos económicos, cuya aplicación y alcance, incentiva la disminución de las emisiones de NOx a la atmósfera. Para lograr este objetivo se analizará la normativa actual y los datos de mediciones aportados por sistemas de monitoreo de emisiones continuas (CEMS), entre los años 2014 y 2017, en las termoeléctricas de la región de Valparaíso y Metropolitana. Esta elección se basa en que en estas regiones existe una alta densidad poblacional y se incluye la totalidad de tecnologías y combustibles utilizados por las termoeléctricas en el país.

2. Objetivo General

Analizar y evaluar los Instrumentos de Gestión Ambiental aplicados a la disminución de emisiones de NOx del sector eléctrico de las regiones de Valparaíso y Metropolitana, con la finalidad de proponer recomendaciones de mejora.

2.1. Objetivos Específicos

1. Verificar el cumplimiento de la norma chilena de emisión, respecto a las concentraciones de NOx emitidas por las termoeléctricas.
2. Revisar la tendencia y los enfoques de la regulación internacional y comparar con la Norma de Emisión de Termoeléctricas en Chile.
3. Analizar y evaluar el alcance de los impuestos verdes en la reducción de emisiones de NOx.
4. Analizar y evaluar la complementariedad de los instrumentos de gestión ambiental, con la finalidad de cumplir el objetivo común de reducir emisiones de NOx.

3. Marco Teórico

Pese a que el uso de combustibles fósiles en termoeléctricas genera material particulado, gases y metales pesados, ellos siguen dominando la matriz energética mundial. La participación global del petróleo, el carbón y el gas natural en el consumo mundial de energía ha sido notablemente estable en los últimos 25 años y representan el 81%. Entre los años 2014 y 2016, la participación del petróleo disminuyó, de 37% a 31%, pero la del gas natural aumentó del 19% al 21% y el carbón aumentó del 25% a 28%. La cantidad de emisiones liberadas hacia la atmósfera, se relaciona con la calidad y tipo de combustible, tecnología de generación, sistemas de control de emisiones y buenas prácticas de operación y mantenimiento de las unidades generadoras (OECD/IEA, 2016).

Los contaminantes principales que generan las termoeléctricas son: material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y los metales pesados: Mercurio, Plomo, Vanadio y Níquel (CFI, 2008).

Los óxidos de nitrógeno (NOx) corresponden a: monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxido nitroso (N₂O). El NO₂ se forma por reacciones de oxidación del NO en la atmósfera, reacciones fotoquímicas en las que interviene el ozono (O₃) troposférico y la radiación solar. Los mecanismos de formación del N₂O son poco claros, pero una posible fuente son los productos intermedios como el HCN y NH₃ formados durante el proceso de formación de NO. La formación del NO en la combustión posee tres mecanismos: (1) formación térmica, la que resulta de la fijación térmica del nitrógeno atmosférico en el aire usado como comburente; (2) formación rápida o temprana en que el N₂ del aire comburente reacciona con radicales orgánicos proveniente de los hidrocarburos del combustible y, (3) formación a partir del combustible que depende de la reacción entre las moléculas de N₂ del combustible y el O₂ del aire (Hugony, 2009).

Existen varias tecnologías para centrales termoeléctricas y cada una de ellas tiene distintas formas de operar, uso de distintos combustibles y por ende distintas cantidades de emisiones de NOx. Respecto a los combustibles, tienen mayores cantidades de emisiones aquellas que operan con carbón y petróleos residuales, ya que tienen mayor contenido de N₂ que los combustibles gas natural y petróleo diésel (SMA, 2014). En nuestro estudio se

consideran las siguientes tecnologías, ya que éstas son las que operan en las regiones de Valparaíso y Metropolitana (Di Gianfrancesco, 2017):

Central Termoeléctrica ciclo convencional

Estas centrales termoeléctricas obtienen la energía mecánica a partir del movimiento del rotor del generador con el vapor a alta presión generado por una caldera. Utilizan carbón o diesel como combustible.

Central Turbogas de ciclo abierto

Son aquéllas que se caracterizan por tener una turbina especialmente diseñada para transformar la combustión de un gas a alta presión en el movimiento de un eje solidario al rotor del generador, a través de lo cual se obtiene energía eléctrica. Utilizan gas natural o diésel como combustible.

Central Termoeléctrica de ciclo combinado

Son aquellas centrales donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de una turbina a gas y una turbina a vapor. Utilizan gas natural o diésel como combustible.

Las emisiones de NOx pueden producir impactos negativos en el ambiente y las personas, puesto que son precursores de ozono troposférico, material particulado secundario ($\leq MP_{2,5}$) y lluvia ácida, a partir de la formación de ácido nítrico (HNO₃). También el óxido nitroso (N₂O) es parte de los gases de efecto invernadero (EPA, 2015)

Para la disminución y control de las emisiones de NOx en el sector eléctrico, existen los instrumentos de gestión ambiental que son “Mecanismos legales con los que la institucionalidad ambiental cuenta para lograr sus objetivos” (MMA, 2017).

Los instrumentos para la gestión ambiental son herramientas de política pública que, mediante regulaciones, incentivos o mecanismos que motivan acciones o conductas de agentes, permiten contribuir a la protección del medio ambiente, así como prevenir, atenuar o mejorar problemas ambientales.

Los instrumentos de gestión ambiental contemplados en la ley 19.300 son la Educación e Investigación; el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental; las Normas de Calidad

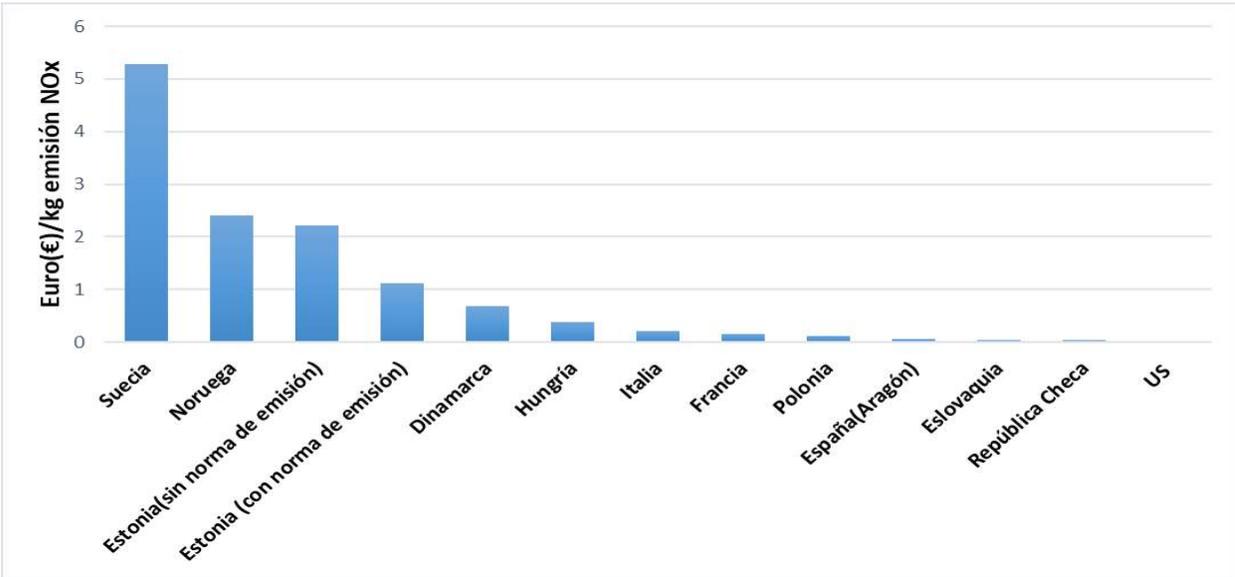
Ambiental, Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental y de Emisión; los Planes de Manejo, Prevención y Descontaminación y la Participación Ciudadana. En 2005, la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, hizo varias recomendaciones para profundizar la implementación de algunos de ellos y también para desarrollar nuevos instrumentos. Algunas de estas recomendaciones fueron plasmadas en la modificación de la ley 19.300, del año 2010. Es así como mediante la ley 20.417, se incorporan nuevos instrumentos, como la Evaluación Ambiental Estratégica y el Acceso a la Información Ambiental. Asimismo, se crea el Ministerio del Medio Ambiente, con funciones que complementan la utilidad y la labor de todos los instrumentos para la gestión ambiental. El año 2014 el Ministerio del Medio Ambiente inicio un trabajo para profundizar el marco regulatorio en materia de emisiones y calidad, e introducir nuevos instrumentos económicos que contribuyan a disminuir la contaminación tanto por emisiones al aire, como por generación de residuos. La Reforma Tributaria del año 2014 (Ley 20.780) aprobó, por primera vez en Chile, la implementación de impuestos ambientales. Estos impuestos se aplican a fuentes fijas que cuenten con calderas y turbinas (Art. 8) y sobre la primera venta de automóviles (Art. 3) y por las emisiones de contaminantes como el CO₂, MP, SO₂ y NO_x, en el caso de fuentes fijas, y sólo NO_x en el caso de vehículos livianos (MMA,2019).

Los instrumentos más utilizados para la disminución de emisiones a la atmósfera son los de comando y control y los instrumentos económicos. Los instrumentos de regulación directa o de comando y control determinan la obligación de cumplimiento de normas de emisión de acuerdo a objetivos de calidad ambiental. Las normas de emisión se refieren a la cantidad de contaminantes que se pueden verter a los ecosistemas y su coerción implica una sanción a los infractores (Rodríguez-Becerra y Espinoza, 2002). Este instrumento propone reducir la contaminación de dos maneras diferentes: la primera se basa en estándares de desempeño establecidos para la actividad emisora, como también en la consideración de las mejores técnicas disponibles uniformes para un tipo de proceso emisor de contaminantes (Bünger, 2012). Una de sus desventajas es que una vez que la fuente emisora cumple el estándar de desempeño o la mejor técnica disponible, ya no existen incentivos para el mejoramiento (Bhattacharyya, 2011); otra desventaja importante es que no se toman las condiciones particulares de una región en relación a los aspectos sociales, económicos y cantidad de población, al igual que no existen mecanismos de retroalimentación para sus ajustes (Rodríguez-Becerra y Espinoza, 2002).

Los desafíos de la regulación ambiental involucrados en lograr reducciones de emisiones profundas en sectores industriales competitivos se han basado en gran medida en evaluaciones caso por caso y en el seguimiento de los niveles de emisiones y/o las normas tecnológicas. Un ejemplo para destacar es el estudio de las aplicaciones regulatorias entre los años 1970 y 1990 en Suecia. Las regulaciones sólo se basaron en instrumentos de comando y control otorgando así flexibilidad a las empresas en cuanto a la selección de las medidas de cumplimiento adecuadas. Estas normas se aplicaron en combinación con períodos de cumplimiento ampliados. Los proyectos de I+D y los nuevos conocimientos que se avanzaban gradualmente en la interacción entre la empresa, las autoridades ambientales y las instituciones de investigación proporcionaron un catalizador directo al proceso de regulación. De esta forma, el enfoque regulador otorgó lugar a la innovación ambiental y permitió a las empresas afectadas coordinar las medidas de reducción de la contaminación con las inversiones productivas. Estos resultados también pueden ser muy importantes para los países en los que el ámbito de aplicación de instrumentos basados en el mercado, como los impuestos y los esquemas de comercio de emisiones, es limitado por razones políticas o institucionales (Bergquist et al., 2012).

Los instrumentos económicos, como los impuestos ambientales, se aplican para compensar los efectos secundarios o externalidades que se producen en el mercado entre compradores y vendedores. Como en el mercado los compradores (usuarios de electricidad) y los vendedores (termoeléctricas) no toma en cuenta la contaminación atmosférica, cuando se decide cuánto producir y consumir, se produce un fenómeno llamado falla del mercado. Esto implica una asignación deficiente de recursos entre compradores y vendedores (Mankiw, 2012). Luego el objetivo del impuesto ambiental es ayudar a corregir la falla del mercado ya que se toma en cuenta los impactos ambientales incorporándolos en los precios. Esto permite costos más bajos para el control de emisiones y proporciona incentivos para la innovación. Estos se basan en el precepto de que directa o indirectamente existe un precio que se debe pagar por cada unidad de residuos generados, pero deja a cada participante del mercado libre de decidir el nivel de emisiones contaminantes que genera. Las regulaciones del mercado como los impuestos ambientales tienen en común que, directa o indirectamente, proporcionan un incentivo económico para utilizar tecnologías limpias (Bünger, 2012).

Es destacable que el impuesto ambiental sea tan amplio como el alcance del daño ambiental, sin embargo, encontrar esta equivalencia es una de las más importantes desventajas. Las tarifas de impuestos ecológicamente relacionados en países de OCDE son típicamente bajas y en la mayoría de los casos por debajo del valor del daño relevante. La disparidad entre tasas impositivas en jurisdicciones diferentes también puede ser asombrosa (Braathen y Greene, 2011). La Figura 3-1 muestra los impuestos sobre emisiones de NOx; se puede ver la diferencia que existe entre los diferentes países de la OCDE, actualizadas al año 2018.



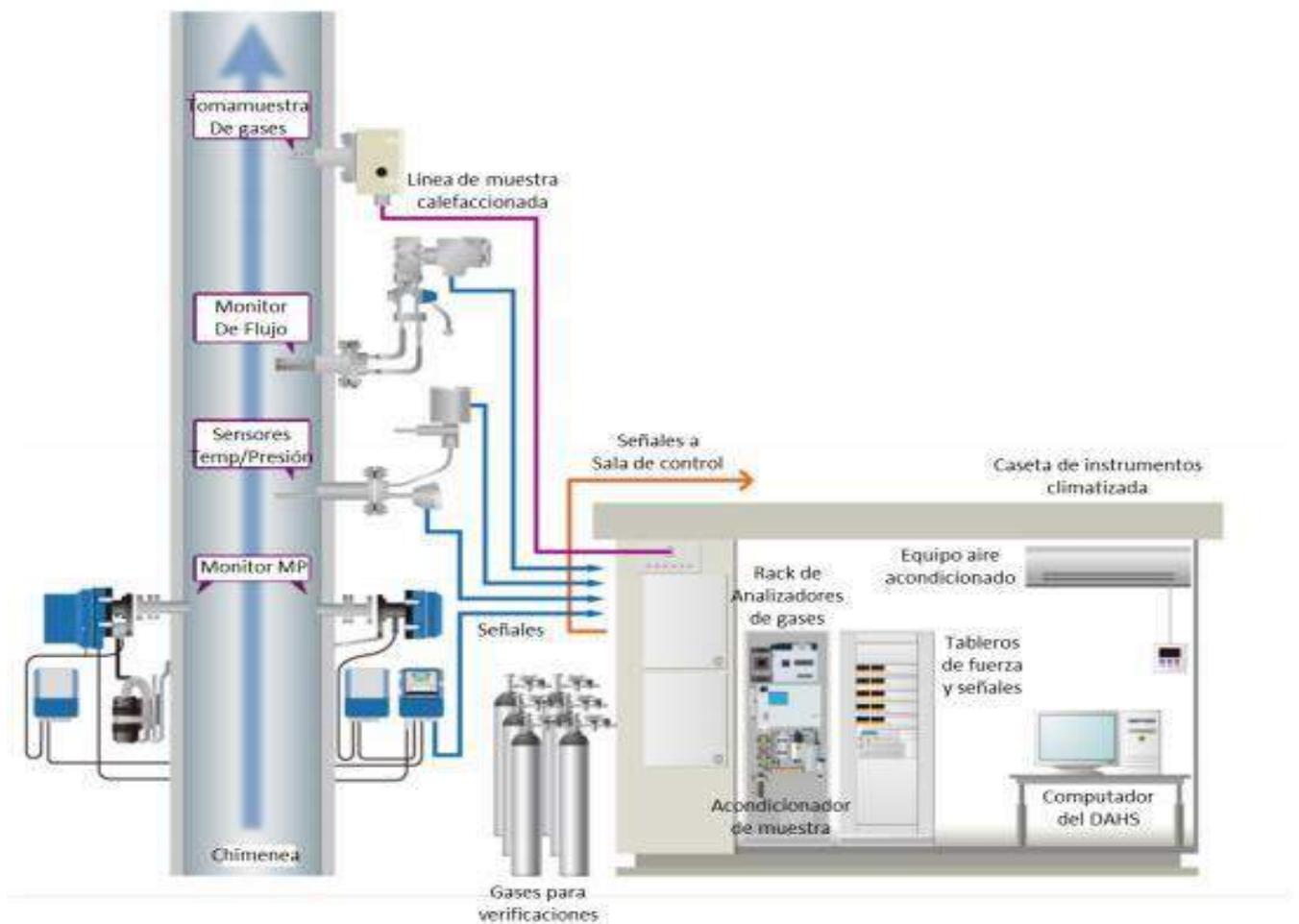
Fuente: Elaborado desde OECD, 2019.

Figura 3-1: Tasas impositivas en las emisiones de NOx en países de la OCDE, actualizadas al año 2018.

Para la buena aplicación de los instrumentos de gestión ambiental basados en las emisiones en termoeléctricas, la experiencia de Estados Unidos ha mostrado que los sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) proporcionan datos exactos y continuos que son necesarios para controlar las exigencias del control de emisiones. Un CEMS es un sistema de muestreo, acondicionamiento y componentes analíticos y software que se diseña para proporcionar las medidas directas, en tiempos reales y continuos de la concentración del contaminante, analizando las muestras representativas del gas de la chimenea; sin embargo, para cumplir sus objetivos, los CEMS deben estar bien instalados, bien diseñados y deben ser manejados e inspeccionados en forma competente, con la

finalidad de asegurar la calidad de los datos. La medida de emisión exacta es clave para evaluar la eficacia de las políticas y programa de los gobiernos (Zhang y Schreifels, 2011).

Un sistema CEMS se muestra en la figura 3-2. Las muestras de contaminantes se toman en la chimenea mediante una sonda y se llevan por una línea calefaccionada a un acondicionador de muestra, donde se limpia la muestra de material particulado y se elimina la humedad; luego se lleva a un analizador de gases que determina los NOx, a partir del principio de quimioluminiscencia. Los analizadores de gases se controlan con gases estándar fabricados mediante Protocolos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA (Instituto de Salud Pública, 1998).



Fuente (Ministerio del Medio Ambiente, 2017)

Figura 3-2: Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) adosado a una chimenea.

En nuestro país para que los CEMS puedan cumplir sus objetivos, deben seguir distintos protocolos definidos por la Superintendencia de Medio Ambiente en resoluciones y guías. En estos protocolos se establecen los distintos requerimientos de los siguientes puntos: 1. Instalación 2. Validación y certificación 3. Operación y mantención 4. Forma de recolectar y almacenar los datos 5. Emisión e informes de datos. La figura 3-3 muestra las distintas resoluciones y guías para cada una de las etapas (MMA, 2017).



Fuente (MMA, 2017)

Figura 3-3: Requerimientos para el aseguramiento de la calidad del funcionamiento de un CEMS.

4. Materiales y método

El trabajo se dividió en dos etapas: la primera corresponde al análisis de las normas de emisión de las termoeléctricas aplicadas en Chile, Estados Unidos y la Comunidad Europea, y su aplicabilidad a las termoeléctricas que están afectas y ubicadas en la V región y RM. La segunda etapa consideró el cálculo de los impuestos verdes de las termoeléctricas de las regiones de Valparaíso y Metropolitana (V región y RM), de acuerdo a la ley 20780. El desarrollo de la primera etapa consideró las siguientes actividades: 1. Recopilación de información. 2. Validación de datos de los CEMS. 3. Análisis y comparación de la norma chilena y las normas internacionales. La segunda etapa consideró el cálculo de los montos de los impuestos verdes y el análisis de los parámetros que se consideran. El método utilizado para ejecutar cada una de las actividades se presenta a continuación:

4.1. Recopilación de Información

La recopilación de la información se divide en dos etapas:

1. La información de las termoeléctricas de la V región y RM se obtiene desde la página Web de la Comisión Nacional de Energía (www.cne.cl), ver ANEXO V; luego se seleccionaron aquellas que deben cumplir la norma de emisión, es decir calderas o turbinas con una potencia térmica mayor o igual a 50 megavatios térmicos, de acuerdo a el D.S. N°13. De las elegidas, se solicitaron los datos de los CEMS de los años 2014 al 2017 a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), por la ley N°20.285 sobre transparencia y acceso a la información pública, mediante solicitud vía web (ver ANEXO IV).

2. Se hizo una revisión de las tendencias y los enfoques de la regulación de la Comunidad Europea y de Estados Unidos, y se compararon con la Norma de Emisión de Termoeléctricas en Chile.

Las Normas en estudio fueron:

- Norma Chilena: Decreto 13 “Establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas”.
- Norma de Estados Unidos: 40 CFR Part 60, Subpart Da, “Standards of Performance for Electric Utility Steam Generating Units”.

- Norma de Estados Unidos: 40 CFR Part 60, Subpart KKKK, “Nitrogen Oxide Emission Standards for Stationary Combustion Turbines”.
- Norma de la Comunidad Europea: Directiva 2010/75 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

Los puntos a considerar y comparar fueron los siguientes:

- Límite Norma de Emisión.
- Unidad de Norma de Emisión.
- Norma diferenciada por potencia de generación.
- Norma diferenciada por áreas territoriales de aplicación.
- Diferenciación entre termoeléctricas existentes y nuevas.
- Aplicación de norma por horas de funcionamiento (régimen normal, fallas, encendido, apagado).

4.2. Análisis de la información recopilada y validación de datos CEMs.

Respecto a la validación de datos y cálculos se puede indicar que el control y fiscalización del cumplimiento del decreto N°13, corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente en conformidad a lo dispuesto en el artículo segundo de la ley N° 20.417. Las termoeléctricas existentes en la V región y RM tuvieron un plazo de dos años para instalar y certificar el sistema CEMS, contado desde la fecha de la entrada en vigencia del D.S. N°13 (artículo N°9). Las termoeléctricas existentes poseen un sistema de monitoreo continuo de emisiones para: MP, SO₂, NO_x y de otros parámetros de interés. Esto se encuentra regulado mediante las siguientes resoluciones dictaminadas por la SMA:

- Resolución exenta N°57 del 22 de enero de 2013, aprueba:
“Protocolo para validación de Sistemas de Monitoreo Continuo”
- Resolución exenta N°483 del 14 de mayo de 2013, aprueba anexo II del protocolo:
“Monitoreos Alternativos y Monitoreo en fuentes comunes, By Pass y Múltiples Chimeneas”
- Resolución exenta N°583 del 03 de octubre de 2013, aprueba anexo III

Protocolo: “Aseguramiento de Calidad, reporte de datos, sustitución de datos perdidos y anómalos, auditorías y revalidaciones”

Dichos protocolos tienen su base en la Parte 75, volumen 40 del Código de Regulaciones Federales (CFR) de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).

Los titulares de las fuentes emisoras presentan a la SMA un informe del monitoreo continuo de emisiones, trimestralmente, durante un año calendario. Para facilitar este informe trimestral la SMA desarrolló un “Sistema de Información de Centrales Termoeléctricas”, cuyas instrucciones se encuentra en el documento “Guía Sistema de Información de Centrales Termoeléctricas”; la última versión se encuentra vigente desde marzo del 2015. Estos informes son la base de la información necesaria para cumplir los objetivos propuestos en este trabajo.

4.2.1. Procedimiento implementado para la validación de datos y realización de los cálculos.

La información trimestral de monitoreo continuo de emisiones que entregan los titulares de las fuentes emisoras a la SMA durante un año calendario, son los promedios horarios y se encuentran en formato Excel. La definición de los parámetros que hemos utilizado se muestran en los cuadros 4-1 y 4-2 (SMA, 2015).

Cuadro 4-1: Clasificación de estados de funcionamiento. Estados de la Unidad Generadora (UGE) y tipos de datos.

Valores emitidos	Descripción
Estado UGE:	
HE	hora de encendido
RE	en régimen
HA	hora apagado
FA	falla
DP	detención programada
DNP	detención no programada
DSD	disponible sin despacho
Tipo de dato:	
DM	dato medido mediante CEMS
DS	dato sustituido
DP	dato perdido
DE	dato estimado
MR	dato medido mediante método de referencia

Cuadro 4-2: Nomenclatura utilizada para los parámetros de los Informes de Monitoreo Continuo de Emisiones.

Columna	Definición
CONCENTRACION_NOX_PPM	Concentración de NOx en ppm
CONCENTRACION_NOX_MG/NM3	Concentración de NOx en mg/m ³ N corregido por O ₂ y en base seca
FLUJO_GASES_SALIDA_NM3/H	Flujo de gases de chimenea secos en Nm ³ /h
OXIGENO_PORCENTAJE_BASE_SECA	Concentración de O ₂ en % y base seca (B.S)
POTENCIA_BRUTA_MWH	Potencia bruta a la cual operará la fuente durante el promedio horario registrado en MWh
TIPO_DE_FUENTE_EMITORA	Fuente emisora existente y nueva
TIPO_COMBUSTIBLE	Sólido, líquido o gaseoso
COMBUSTIBLE	Combustible Ej. Carbón, petróleo, mezcla carbón + petcoke, o gas natural
ESTADO_UGE	Estado de la unidad de generación eléctrica
TIPO_DATO_NOx	Describe si el dato de óxido de nitrógeno es medido, perdido, sustituido, medido con método de referencia o estimado.

El procedimiento de validación considera las siguientes etapas (Un ejemplo de cálculo se muestra en el Anexo II):

- 1.-Filtrar desde las planillas excel la información requerida para los años 2014 al 2017.
- 2.- Los estados de UGE: DP, DNP y DSP se filtran; luego todos los datos de las filas, a excepción de la fecha, se eliminan dejando las celdas vacías. Así pueden dejarse los datos de los estados de la UGE en los cuáles se debe aplicar la norma de emisión, que son los estados en RE, HE, HA y FA.
- 3.-El tipo de datos: DP se filtra, y a excepción de las fechas y la columna POTENCIA_BRUTA_MWH se borra el contenido de las filas, dejando las celdas vacías.
- 4.-Se filtran los datos negativos y cero de la columna CONCENTRACIÓN NOx (PPM) y se eliminan. Estos son errores del sistema de medición y no se consideran.
- 5.-Se revisan los datos de OXIGENO_PORCENTAJE_BASE_SECA y se eliminan los valores 0 y negativos y los valores de CONCENTRACION_NOX_PPM que acompañan esta fila.
- 6.- Se realiza el cálculo de la CONCENTRACION_NOX_MG/NM3 en una nueva fila. Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.

7.- Se filtran los datos negativos y cero de la columna FLUJO_GASES_SALIDA_NM3/H y se eliminan dejando las celdas vacías. Estos pueden ser errores del sistema de medición y no se consideran.

8.- Se realiza el cálculo de la EMISION_NOX_K/H en una nueva fila. Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.

9.- Se filtran los datos negativos de la columna POTENCIA_BRUTA_MWH y se eliminan dejando las celdas vacías. Estos pueden ser errores del sistema de medición y no se consideran.

10.- Cálculo emisión anual (t/año) Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.

11.- Se utiliza la siguiente función Excel para contar las horas en que se sobrepasó:

- norma DS 13 carbón existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">500").
- norma DS 13 carbón nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">200").
- norma DS 13 gas natural existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">50").
- norma DS 13 gas natural nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">50").
- norma DS 13 diésel existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">200").
- norma DS 13 diésel nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">120").
- norma CE carbón nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">183,2").
- norma CE carbón existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">183,2").
- norma CE gas natural nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">45,8").
- norma CE gas natural existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">45,8").
- norma CE diésel nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">45,8").
- norma CE diésel existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">82,44").
- norma EPA gas natural existente = CONTAR.SI(Fila2:Fila8761;">28,215")
- norma EPA diésel existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">79,002").

12.- Se utiliza la siguiente función Excel para contar las horas de funcionamiento de la central anualmente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">0")

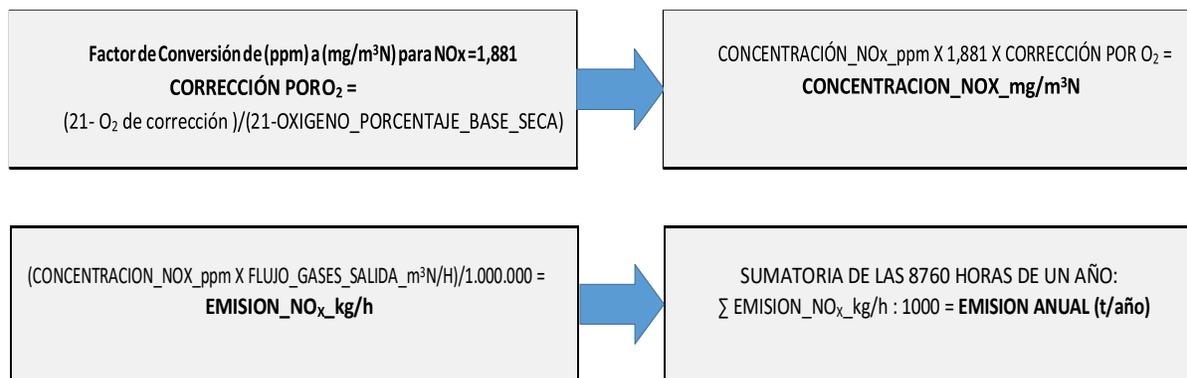


Figura 4-1 Procedimiento de cálculo de los parámetros utilizados.

4.3. Análisis y comparación de la norma chilena y las internacionales.

Los datos se graficaron y se compararon con el límite de la norma de emisión.

Ya que es posible que las normas regulen distintos aspectos, se llevaron los límites de las normas internacionales a los escenarios de los datos de CEMS de las termoeléctricas de la V región y RM, con la finalidad de realizar las comparaciones.

4.4. Procedimiento de cálculo de los Impuestos Verdes

Se recopilaron las emisiones (t/h) del año 2017, al igual que el procedimiento del punto 4.2.1; se calculó la emisión anual mediante el método entregado por el artículo 8 de la ley N° 20.780", de Resolución Exenta N°55 del 12 de enero de 2018, punto 6.4 del ANEXO I. La fórmula de cálculo del impuesto verde se muestra en la Figura 4-2.

Con los valores obtenidos se realizó la comparación en las centrales estudiadas para ver el efecto de reducción de emisiones por la aplicación de impuestos al primer año y si las tasas de impuestos aplicados eran comparables a los de otros países. También se realizó un análisis para estimar si los impuestos verdes incentivarán la reducción efectiva de emisiones a la atmósfera, así como a las empresas para que mejoren sus tecnologías y procesos productivos, o bien, que los impuestos verdes sólo se convertirán en una forma más de recaudación fiscal, pero no de mejora ambiental.



Contaminantes

Locales

MP

SO₂

NO_x

$$T_{ij} = 0,1 * CCA_j * CSC_{pci} * Pobj$$

T_{ij}

• Impuesto por tonelada del contaminante "i" emitido en la comuna "j", en US\$/Ton.

CCA_j

Zona Saturada	Zona Latente
1,2	1,1

CSC_{pci}

• Costo social per cápita de la contaminación para el contaminante "i".

Contaminante	MP	SO ₂	NO _x
Costo (US\$)	0,9	0,01	0,025

$Pobj$

• Población de la comuna "j", proyección oficial para cada año del INE

Figura 4-2 Fórmula para el cálculo de los Impuestos Verdes.

5. Resultados y discusión.

5.1. Análisis del Parque de Termoeléctricas de la V región y región Metropolitana.

El cuadro 5-1 entrega la información obtenida del parque de las Centrales termoeléctricas que se encuentran en la V región y RM. Este parque contiene todas las tecnologías que son utilizadas en Chile y dispone de toda la gama de combustibles fósiles; por lo tanto, entrega características de la totalidad del parque nacional chileno para la generación eléctrica.

La figura 5-1, muestra la ubicación geográfica de las termoeléctricas, la mayoría de las cuales se encuentra en el sector costero de la V región; sólo ubicamos la Central Renca en la Región Metropolitana, en la que se encuentran 3 unidades de generación, con sólo la Central Nueva Renca en operación.

Cuadro 5-1 Parque de Centrales Termoeléctricas V región y Metropolitana

Central	Potencia (MW)	Tecnología	Combustible	Región
Central Colmito	58	Turbina a Gas	Diésel, Gas Natural	V
Central Los Vientos	132	Turbina a Gas	Diésel	V
Nehuenco I	368,4	Ciclo combinado	Diésel, Gas Natural	V
Nehuenco II	108	Turbina a Gas	Diésel, Gas Natural	V
Nehuenco III	257,3; 398,25	Turbina a Gas, Ciclo Combinado	Diésel, Gas Natural	V
Quintero TG1A	128	Turbina a Gas	Gas Natural	V
Quintero TG1B	129	Turbina a Gas	Gas Natural	V
Nueva Renca	379	Ciclo Combinado	Diésel, Gas Natural	R.M.
San Isidro TG1	379	Ciclo Combinado	Diésel, Gas Natural	V
San Isidro TG2	244,9; 399	Turbina a Gas, Ciclo Combinado	Diésel, Gas Natural	V
Ventanas 1	120	Turbina a Vapor	Carbón	V
Ventanas 2	220	Turbina a Vapor	Carbón	V
Nueva Ventanas	272	Turbina a Vapor	Carbón	V
Central Campiche	272	Turbina a Vapor	Carbón	V

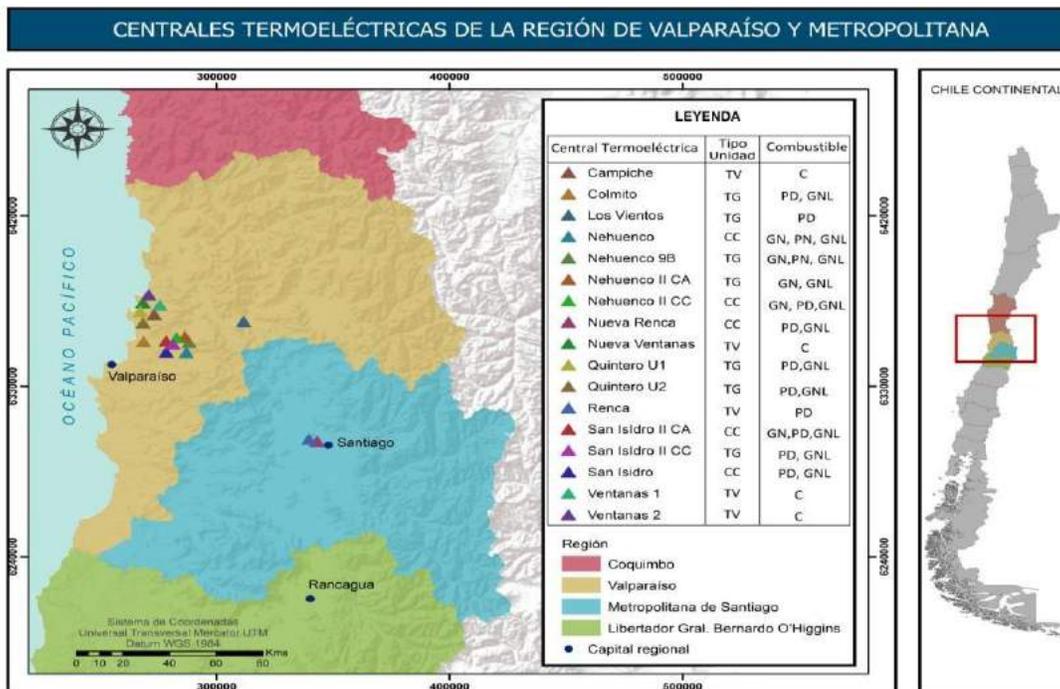


Figura 5-1 Ubicación geográfica de Centrales Termoeléctricas V región y Región Metropolitana.

Las Centrales termoeléctricas que se encuentran en la V región y RM se encuentran integradas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), donde también se encuentran conectadas todas las centrales del país. Debido a que no es posible almacenar la electricidad, es necesario coordinar todo el tiempo que la cantidad de energía generada sea equivalente al consumo. Esta función está a cargo del Coordinador Eléctrico Nacional, cuya principal función es garantizar la operación más económica para el conjunto de las instalaciones del sistema eléctrico, cómo también la seguridad del funcionamiento del sistema.

Las centrales termoeléctricas inyectan energía al sistema de acuerdo a la demanda que existe en el momento y a su vez si el costo de su entrega es económico. En una gestión centralizada, aquéllas con los costos marginales más bajos serán las primeras en ponerse en línea para satisfacer la demanda y las termoeléctricas con los costos marginales más altos serán las últimas en ponerse en línea; esto se define como el orden de mérito y está directamente relacionado con el costo variable de las Centrales. El costo variable refleja todos aquellos aspectos que presentan una variación en función de la generación eléctrica. Se distinguen aquellos costos variables de combustibles y no combustibles. Además, se consideran todos los demás costos derivados de la producción de energía que no

corresponden a costos asociados a los combustibles como, por ejemplo, insumos varios: agua, aceite, filtros, inspecciones, repuestos, entre otros, siempre que éstos se puedan considerar dependientes del nivel de generación de la central. En términos generales, se puede considerar la siguiente fórmula para determinar los costos variables por generación (CNE, 2019):

$$CE = C^{comb} * C^{esp} + CVnc \quad (\text{ecuación 5.1})$$

donde,

CE: Costos variable por generación de energía.

C^{comb}: Costo de combustible en el periodo.

C^{esp}: Consumo específico de la unidad generadora.

CVnc: Costo variable no combustible de la unidad generadora.

El cuadro 5-2 entrega una estimación de los costos variables de cada uno de los tipos de las centrales estudiadas, lo que explica la cantidad de horas de funcionamiento de cada central en nuestro estudio; a menor costo variable, mayor cantidad de horas de funcionamiento. Se puede observar que las centrales a carbón tienen menor costo variable que las que utilizan gas natural, a excepción de Central Nueva Renca. Las que utilizan diésel son las más caras, luego al inyectar energía al sistema son las últimas que entrarían a operar, luego tienen menores horas de funcionamiento anual.

Así, entre los años 2014 a 2017 se observa (Anexo VI) que las centrales que estuvieron mayor cantidad de horas en funcionamiento fueron las 4 centrales a carbón de la zona estudiada; ellas se encuentran en orden de mérito entre las 5 que más funcionaron los años 2014, 2015 y 2016, mientras que en el año 2016 fueron las 4 entre las 6 que más funcionaron. Es posible observar también que después se encuentran en orden al mérito las que utilizaron gas natural y utilizan tecnología ciclo combinado y las que menos inyectaron energía al Sistema Eléctrico fueron las que operan con combustible diésel. Una excepción es el funcionamiento de la Central Colmito, que actúa sólo como una termoeléctrica de respaldo.

Cuadro 5-2: Estimación de Costo variables de los años 2014 al 2017

Central - Unidad	Combustible	Unidad costo de comb.	Costo de comb.	Unidad Consumo E.	Consumo Especifico	C. Var.NC [US\$/MWh]	C. Var. [US\$/MWh]
Colmito GNL TP	GNL	[US\$/MMBTU]	0	[MMBTU/MWh]	9,72	10,2	10,2
Ventanas II	Carbón	[US\$/Ton]	85,17	[Ton/MWh]	0,4	1,38	35,19
Ventanas I	Carbón	[US\$/Ton]	85,65	[Ton/MWh]	0,42	2,18	37,73
Nueva Renca GNL	GNL	[US\$/dam3]	91,93	[dam3/MWh]	0,38	5,55	40,48
Nueva Ventanas	Carbón	[US\$/Ton]	91,93	[Ton/MWh]	0,38	5,55	40,48
Campiche	Carbón	[US\$/Ton]	95,48	[Ton/MWh]	0,38	5,55	41,83
San Isidro 02 GNL	GNL	[US\$/dam3]	226,89	[dam3/MWh]	0,2	8,3	52,54
San Isidro GNL	GNL	[US\$/dam3]	226,89	[dam3/MWh]	0,2	10,21	56,24
Nehuenco 02 GNL	GNL	[US\$/MMBTU]	10,76	[MMBTU/MWh]	6,69	2,4	74,38
Quintero 01 GNL	GNL	[US\$/dam3]	225,46	[dam3/MWh]	0,32	3,8	75,37
Quintero 02 GNL	GNL	[US\$/dam3]	225,46	[dam3/MWh]	0,32	3,8	75,37
San Isidro FA GNL	GNL	[US\$/dam3]	226,89	[dam3/MWh]	0,34	2,82	79,17
San Isidro 02 FA GNL	GNL	[US\$/dam3]	226,89	[dam3/MWh]	0,34	2,82	79,17
Nehuenco 01 GNL	GNL	[US\$/MMBTU]	10,76	[MMBTU/MWh]	7,28	2,9	81,28
Nehuenco 02 Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	481,06	[Ton/MWh]	0,16	5,21	83,36
Nehuenco 01 Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	481,06	[Ton/MWh]	0,16	5,21	83,47
Nueva Renca Diesel	Diésel	[US\$/Ton]	538,96	[Ton/MWh]	0,17	7,47	99,64
San Isidro 02 CC Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	519,91	[Ton/MWh]	0,18	11,32	106,25
San Isidro Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	519,91	[Ton/MWh]	0,19	13,91	110,31
Nueva Renca Int GNL	GNL	[US\$/Ton]	561,66	[Ton/MWh]	0,2	0,06	110,71
Quintero 01 Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	519,52	[Ton/MWh]	0,24	5,14	130,71
Quintero 02 Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	519,52	[Ton/MWh]	0,24	5,14	130,71
Nehuenco 9B 01 Diésel	Diésel	[US\$/Ton]	481,06	[Ton/MWh]	0,28	4,3	139,39
Los Vientos	Diésel	[US\$/Ton]	562,67	[Ton/MWh]	0,27	2,95	153,18
Nehuenco 01 FA GNL	GNL	[US\$/MMBTU]	17,8	[MMBTU/MWh]	9,14	0	162,66
Renca	Diésel	[US\$/Ton]	538,95	[Ton/MWh]	0,37	3,64	200,36
Nehuenco 9B 02 Diesel	Diésel	[US\$/Ton]	564,84	[Ton/MWh]	0,34	21,5	213,08

Fuente: CNE, 2017.

5.2 Verificación del cumplimiento de las normas de emisión D.S N°13.

5.2.1. Termoeléctricas que utilizan carbón.

La figura 5.2 muestra las emisiones de NOx de la termoeléctrica Ventanas I. Se observa un cambio importante de comportamiento a partir de junio de 2015, que es precisamente cuando se empieza a exigir el cumplimiento de la Norma del D.S N°13. Este es un punto importante de destacar en la línea de responsabilidad empresarial de las empresas eléctricas, debido a que el artículo 5 del Decreto N°13 indica que el cumplimiento de la Norma debe ser a partir de los 4 años posteriores a la publicación del decreto, lo que se cumple en el último mes, priorizando temas de índole económico, por sobre los temas ambientales y de salud, puesto que implican una disminución de emisiones de NOx, lo cual se confirma con la información entregada en el cuadro 5-3. En el año 2014 el nivel 500 mg/m³N de NOx se sobrepasó 7.281 horas, en cambio el año 2017 sólo se sobrepasó en 53 horas.

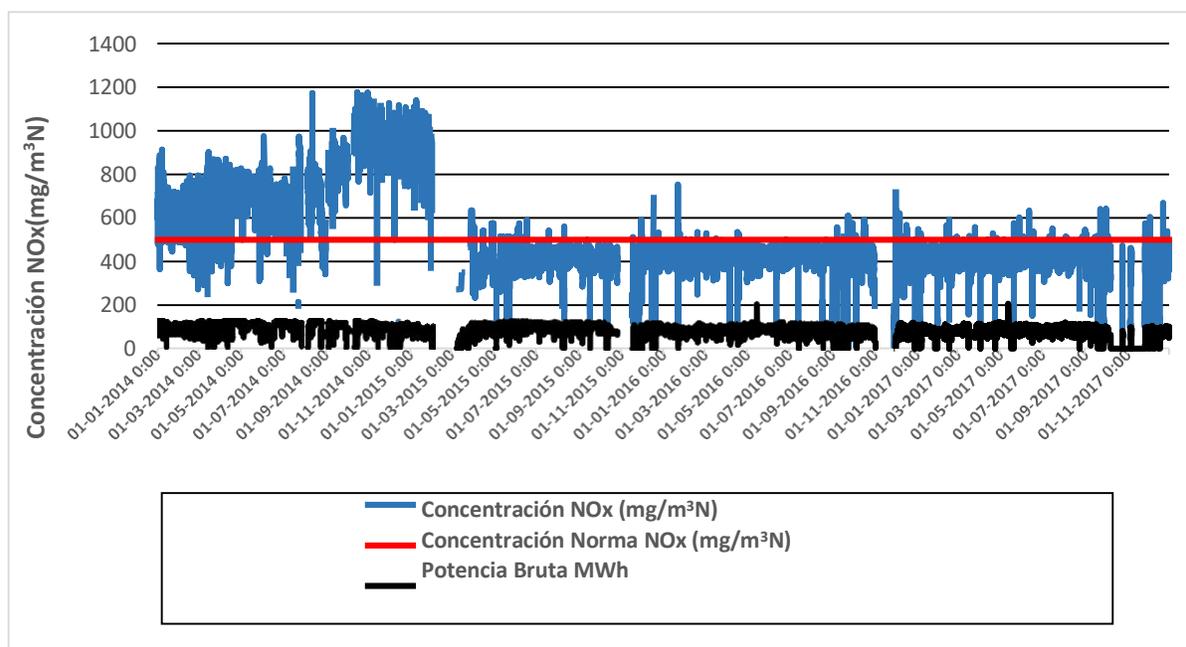


Figura 5-2 Concentración de NOx, Ventanas I (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Cuadro 5-3 Número de horas en que se sobrepasó el valor Normativo Decreto N°13, para fuentes existentes de las Centrales a Carbón de la V región (2014 - 2017).

Horas de superación de la Norma Decreto N°13 UGE existentes a Carbón				
Año	2014	2015	2016	2017
Ventanas I	7.281	838	52	53
Ventanas II	4.248	1.730	40	59
Nueva Ventanas	83	29	21	29
Central Campiche	261	4	45	56
Horas Anuales de Funcionamiento	31.169	30.095	32.549	28.741

La Figura 5-3 muestra para la Central Ventanas II un comportamiento similar al de Ventanas I; sólo es posible ver cambios favorables en la disminución de la concentración de las emisiones de NOx en el último mes, a partir del 23 de junio de 2015, cuatro años después de publicada la Norma de emisión. Se observa una disminución de las concentraciones de NOx en que se sobrepasó el nivel de 500 mg/m³N durante 4248 horas en el año 2014, a sólo 59 horas en el año 2017 (ver cuadro 5-3).

El cuadro 5-3 muestra que se sobrepasaron horas desde el día 23 de junio de 2015 (nivel 500 mg/m³N de NOx), en las 4 termoeléctricas a carbón del sector estudiado, ninguna incumplió o fue sancionada, debido a que la norma indica que los valores límites de emisión para fuentes emisoras existentes se evalúan sobre la base de promedios horarios, para el 70% de las horas de funcionamiento. Ello significa que las horas que se encuentran por sobre el límite normativo no pueden exceder el 30% de las horas de funcionamiento para un año calendario (SMA, 2016).

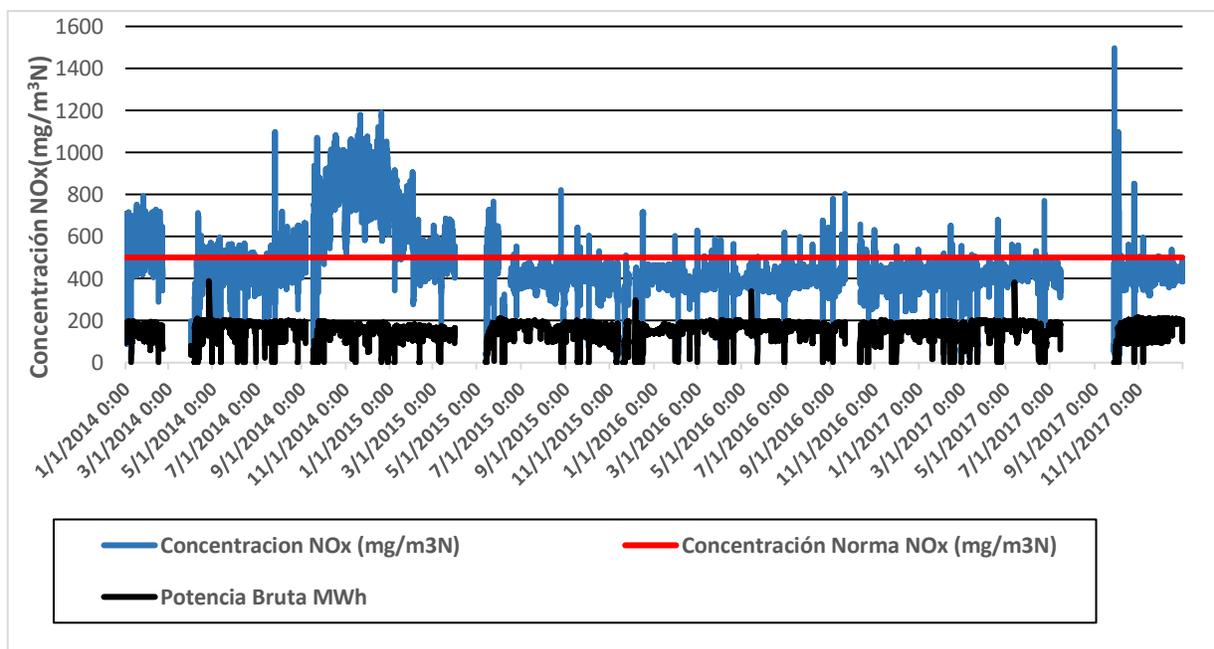


Figura 5-3 Concentración de NOx, Ventanas II (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto 13.

La Figura 5-4 muestra el comportamiento de la Central Nueva Ventanas. En ella no se observa influencia de la norma de emisiones de las concentraciones de NOx. Algo similar se observa en la Figura 5-5 que corresponde a la Central Campiche.

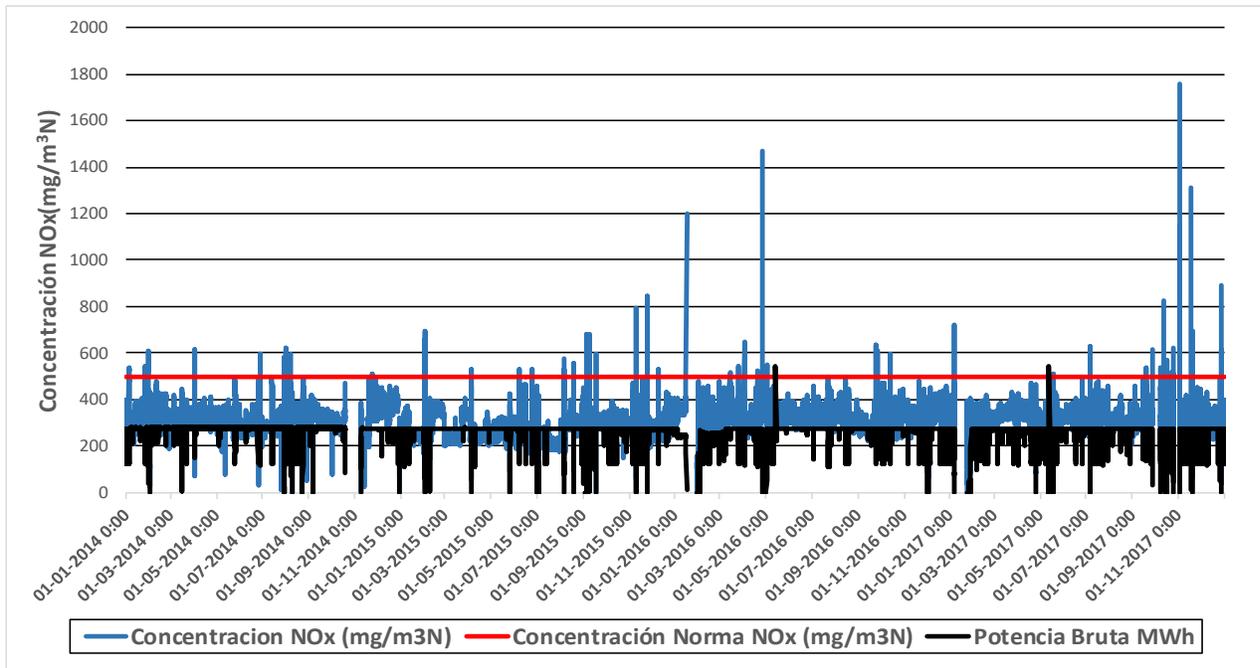


Figura 5-4 Concentración de NOx, Nueva Ventanas (2014 - 2017) respecto a Decreto 13.

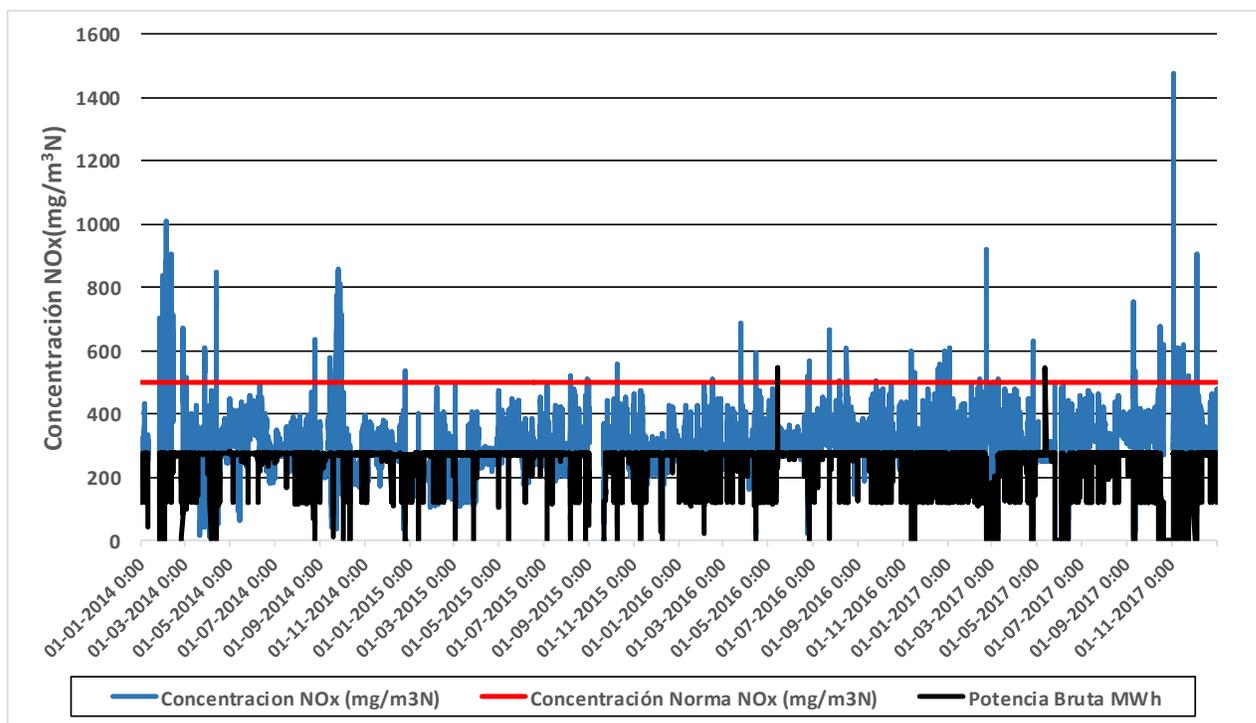


Figura 5-5 Concentración de NOx, Central Campiche (2014 - 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Las Centrales Nueva Ventanas y Central Campiche son de nueva generación; se pusieron en servicio en los años 2010 y 2013, respectivamente; el cuadro 5-4 muestra que sus concentraciones de NOx son inferiores a las de las Centrales Ventanas I y Ventanas II, las que fueron puestas en servicio durante los años 1964 y 1977, respectivamente. Nueva Ventanas y Campiche cumplían con las Normas de emisión para fuentes existentes del DS N°13, luego no debieron bajar sus emisiones. La Central Campiche aunque se puso en servicio el año 2013, 2 años después de publicado el Decreto 13. Campiche no entró como fuente nueva, ya que la denominación de fuente existente corresponde a unidades de generación eléctrica que se encuentran operando o declaradas en construcción antes del 30 de noviembre de 2010. Ello inclusive, siempre y cuando sea puesta en servicio a más tardar un año después de la fecha establecida en el cuadro N°4 “Programa de obras del SIC (construcción)” (MMA, 2011), como era el caso de Central Campiche.

Cuadro 5-4 Promedio de concentraciones de NOx de las Centrales a Carbón de la V región (2014 - 2017).

Promedio Concentración de NOx (mg/m³N)				
Año	2014	2015	2016	2017
Ventanas I	757	458	424	450
Ventanas II	616	672	387	413
Nueva Ventanas	320	277	326	325
Central Campiche	304	282	310	325

Aunque las concentraciones de NOx de las centrales eléctricas Nueva Ventanas y Campiche son inferiores a Ventanas I y Ventanas II, el cuadro 5-5 indica claramente que sus emisiones son mayores cuando empieza el cumplimiento de la norma de emisión (años 2016 y 2017). Una comparación porcentual del año 2017 muestra que el promedio de las concentraciones de ambas centrales Ventanas I y Ventanas II son 32,8% mayores y sus emisiones 29,2 % inferiores que las de las centrales Nueva Ventanas y Campiche. Este es el caso en que la norma del decreto 13 no hace diferenciación. Esto no ocurre con las normas de la comunidad europea Directiva 2010/75 y la norma de la USEPA Subparte kkk “Nitrogen Oxide Emission Standars for Stationary Combustion Turbines”, cuyos límites normativos se diferencian por la potencia térmica (ver cuadros de norma Anexo I). En estas normas, en las que mayor potencia térmica implica mayor caudal, los límites normativos son inferiores, luego diferenciados. Por ejemplo, normas de la comunidad europea Directiva 2010/75, en el cuadro AI-3 del Anexo I para una central termoeléctrica que utiliza combustible sólido (carbón) y tiene una potencia nominal de generación entre 50 y 100 MW,

el límite de concentración de NO_x es 274,8 (mg/m³N), mientras que para una potencia nominal de generación entre 100 y 300 MW, el límite de concentración es 183,2 (mg/m³N).

Cuadro 5-5 Emisiones de NO_x de las Centrales a Carbón de la V región, años 2014 al 2017.

Emisiones de NO _x (t/año)				
Año	2014	2015	2016	2017
Ventanas I	2.683	1.267	1.356	1.170
Ventanas II	2.560	2.371	2.024	1.697
Nueva Ventanas	2.417	2.106	2.338	2.074
Central Campiche	2.021	2.115	2.432	1.973
Toneladas Anuales	9.681	7.860	8.150	6.914

5.2.2. Termoeléctricas que utilizan Gas Natural.

La figura 5-6 muestra las concentraciones de las emisiones de NO_x de la Central Termoeléctrica Renca cuando utiliza gas natural. Se observa que no hubo un cambio significativo debido a la aplicación de la exigencia de la norma de 50 mg/m³N desde el 23 de junio de 2015. Sin embargo, existen promedios horarios que sobrepasan la norma, los que pueden verse enumerados en el cuadro 5-6, donde se indica además que estos no superan el 6,4% de las horas totales de funcionamiento para el año 2014 y los restantes años no superan el 2%, luego no incumplen la Norma, la que permite excluir del cumplimiento a lo más un 30% de las horas de funcionamiento.

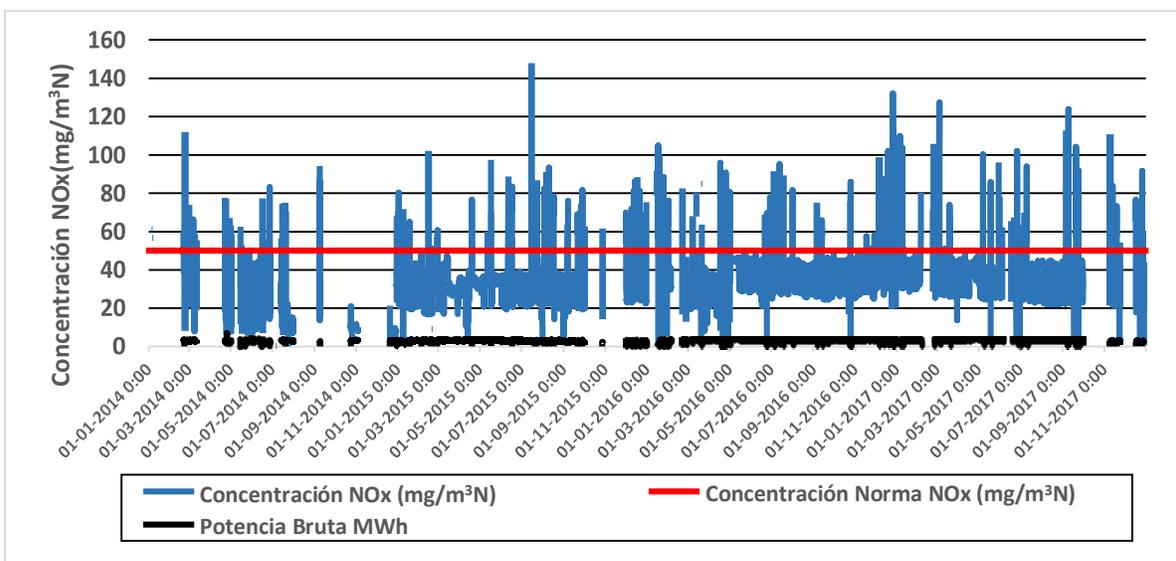


Figura 5-6 Concentración de NO_x, Central Nueva Renca Combustible Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Cuadro 5-6 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017). Central Nueva Renca a gas natural.

Horas Incumplimiento Norma Decreto 13 Central Nueva Renca				
Año	2014	2015	2016	2017
Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	95	93	139	114
Horas Totales de funcionamiento	1.479	5.859	6.787	5.648
% Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/M3n	6	2	2	2

La figura 5-7 muestra las concentraciones de las emisiones de NOx de la Central Termoeléctrica Nehuenco I cuando utiliza gas natural. Se observa que no hubo un cambio significativo debido a la aplicación de la exigencia de la norma de 50 mg/m³N desde el 23 de junio de 2015, más bien se mantienen entre 1,7 y 2,3 %. Los promedios horarios que sobrepasan la norma, que pueden verse enumerados en el cuadro 5-7, son principalmente originados en los periodos de encendido y apagado de la central.

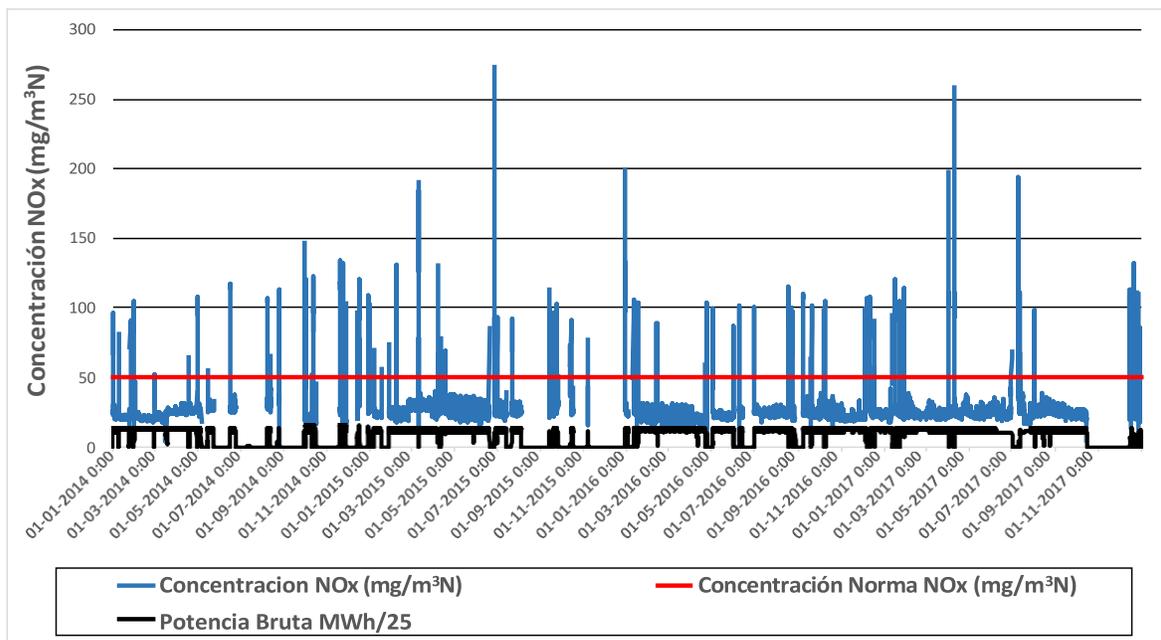


Figura 5-7 Concentración de NOx, Nehuenco I Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Cuadro 5-7 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014-2017). Central Nehuenco I a gas natural.

Horas Incumplimiento Norma Decreto 13 Central Nehuenco I				
Año	2014	2015	2016	2017
Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	69	103	151	123
Horas Totales de funcionamiento	3.944	4.567	7.348	6.652
% Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	1,7	2,3	2,1	1,8

La figura 5-8 muestra las concentraciones de las emisiones de NOx de la Central Quintero Unidad TG1A, que utiliza gas natural como combustible. Se observa que no hubo un cambio significativo debido a la aplicación de la exigencia de la norma de 50 mg/m³N desde el 23 de junio de 2015, es decir el límite de emisión no significó una exigencia. Los promedios horarios que sobrepasan la norma, que pueden verse enumerados en el cuadro 5-8, son despreciables, a excepción del 11,2% de incumplimiento del año 2014 que corresponde a pruebas que realizó la Central y corresponden a encendidos y apagados, con promedios horario mayores de 300 mg/m³N.

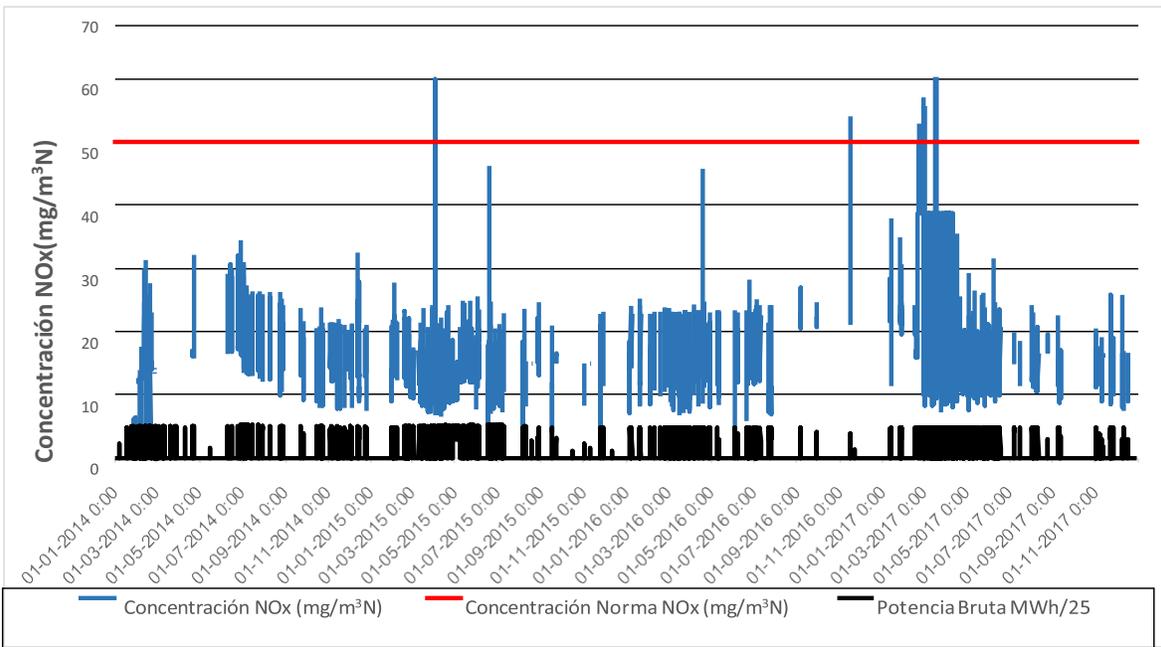


Figura 5-8 Concentración de NOx, Central Quintero TG1A Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Cuadro 5-8 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017). Central Quintero TG1A a gas natural.

Horas Incumplimiento Norma Decreto 13 Central Quintero TG1A				
Año	2014	2015	2016	2017
Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	109	1	1	18
Horas Totales de funcionamiento	975	2.323	1.021	2.071
% Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	11,18	0,04	0,10	0,87

La figura 5-9 muestra las concentraciones de las emisiones de NOx de la Central San Isidro II, que utiliza gas natural como combustible. Se observa que no hubo un cambio significativo debido a la aplicación de la exigencia de la norma de 50 mg/m³N desde el 23 de junio de 2015, de un 9% del año 2014 a valores de 0,8% el año 2017. Los promedios horarios que sobrepasan la norma están enumerados en el cuadro 5-9.

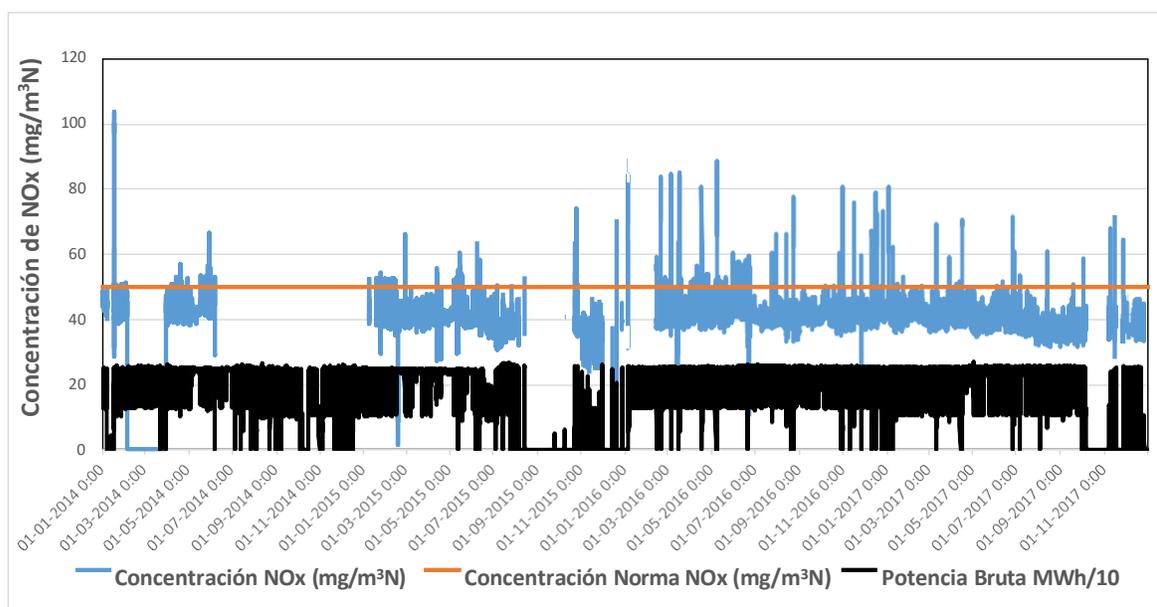


Figura 5-9 Concentración de NOx, Central San Isidro II Gas Natural (años 2014 al 2017) respecto a Norma Decreto N°13.

Cuadro 5-9 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017). San Isidro II a gas natural.

Horas Incumplimiento Norma Decreto 13 Central San Isidro II				
Año	2014	2015	2016	2017
Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	663	85	339	57
Horas Totales de funcionamiento	7.348	5.058	8.189	6.983
% Horas en que se sobrepasa la Norma de 50 mg/m ³ N	9,02	1,68	4,14	0,82

En la figura 5-7 y 5-9 es posible observar (ver cambios de la potencia generada) que durante los períodos de inicio y apagado tienen un efecto particular de gran impacto en las emisiones de NOx, sin embargo están excluidos en el cumplimiento de los límites de emisión del D.S. N°13, tanto para las fuentes existentes como para las fuentes nuevas. Es preciso indicar que un valor de encendido o apagado que sobrepasa la norma, puede tener un período de tiempo de hasta 4 horas continuas, luego tiene efectos en la calidad del aire. La aplicación de la norma en un 70% de funcionamiento de las centrales hace inmune a estas centrales respecto al incumplimiento y castiga a la población afectada.

De todo lo anterior fue posible observar que las centrales termoeléctricas a gas natural y con tecnología turbo a gas de ciclo abierto, como la Central Quintero TG1 A, son las más amigables con el ambiente.

5.2.3. Termoeléctricas qué utilizan Diésel.

El cuadro 5-10 muestra las horas de funcionamiento durante el período 2014 y 2017 de las centrales que utilizaron petróleo diésel. Claramente la mayoría de las termoeléctricas cumplen la norma de emisión para fuentes existentes que es de 200 mg/m³N. El bajo número de horas de funcionamiento se debe principalmente al orden de mérito, debido al costo variable del petróleo diésel que puede observarse en el cuadro 5-2.

Cuadro 5-10 Número y porcentajes de horas en que las concentraciones de NOx sobrepasaron la Norma de emisión (2014 - 2017) en centrales que utilizador petróleo diésel.

Horas de incumplimiento de Norma D.S. N°13 en Centrales que utilizan Diésel cuando sobrepasan los 200 mg/m ³ N				
	2014	2015	2016	2017
Central Colmito	0	0	0	0
Horas totales de funcionamiento	126	63	15	159
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0	0	0	0
Central Los Vientos	0	0	0	0
Horas totales de funcionamiento	118	809	330	214
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0	0	0	0
Nehuenco I	1	2	0	0
Horas totales de funcionamiento	865	204	450	40
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0,12	0,98	0	0
Nehuenco II	20	0	0	11
Horas totales de funcionamiento	406	5	138	140
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	4,9	0	0	7,86
Nehuenco III	0	0	0	0
Horas totales de funcionamiento	85	9	77	9
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0	0	0	0

Continuación Cuadro 5-10

Nueva Renca	4	0	0	0
Horas totales de funcionamiento	4.108	303	405	485
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0,097	0	0	0
San Isidro TG1	0	1	0	3
Horas totales de funcionamiento	91	8	4	32
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	0	12,5	0	9,4
San Isidro TG2	36	1	0	0
Horas totales de funcionamiento	166	86	52	16
% que se sobrepasa el límite 200 mg/m ³ N	21,7	1,16	0	0

5.3. Análisis de la regulación internacional y comparación con la Norma de Emisión de Termoeléctricas en Chile.

El anexo I muestra los aspectos más importantes de las normas estudiadas. La norma chilena es más permisiva que las normas de la comunidad europea (CE) y de la EPA. Además, las normas internacionales están diferenciadas por el tamaño de la Central; por ejemplo, para la EPA: una central con tecnología turbina a gas o de ciclo combinado que utilizan gas natural, si su potencia térmica nominal es > 15 MW tiene un límite de emisión de 47 mg/m³N, mientras que si su potencia térmica nominal es > 250 MW su límite de emisión es 28 mg/m³N, porque la central de mayor tamaño siempre generará mayor cantidad de contaminantes por hora. Esto sería importante considerarlo en el D.S. N°13. Por ejemplo: la Central Nueva Renca (Cuadro 5.13), de tamaño 379 MW y la Central Quintero TG1A, de tamaño 128 MW, ambas deben cumplir el límite de 50 mg/m³N, sin embargo, el caudal de la Central Nueva Renca es un 62% mayor y por tanto también lo es la cantidad de contaminantes por hora.

La norma de la CE también es diferenciada en tres rangos de la potencia nominal: 50-100 MW, 100-300 MW y >300 MW.

Las normas utilizadas D.S. N°13 y CE no difieren en la unidad de concentración que es mg/m³N, sin embargo, la normalización de este valor en Chile se efectúa a 25°C, mientras que lo hace a 20°C para la CE.

Las normas EPA para Carbón (Anexo I, Cuadro AI-8) difieren de las normas chilena y europea; la norma EPA no se expresa en concentración, sino por emisión de contaminante según generación (ng/Joule y Lb/MMBtu) y no se calcula con promedio horario, sino con promedios móviles de 30 días de funcionamiento.

Los siguientes análisis de los datos del incumplimiento del Decreto 13 no consideran las exclusiones respecto a las horas de funcionamiento debido a que las normas extranjeras, tanto la de la CE como la norma EPA no las contienen. Esto es, en las fuentes existentes la norma se debe cumplir durante el 70 % de las horas de funcionamiento y en las fuentes nuevas el 95% de las horas de funcionamiento y el 5% restante se debe justificar como períodos de encendido, apagado o fallas (MMA, 2013).

A esta fecha (diciembre 2019) no se encuentran fuentes nuevas en el inventario de las termoeléctricas en el sector de estudio. El artículo 5 del D.S. N°13 determina que en la primera revisión de esta norma para termoeléctricas, se analizará la factibilidad de establecer un plazo para que las fuentes existentes se ajusten a los valores límites dispuestos para las fuentes nuevas.

El cuadro 5-11 muestra la evolución en el incumplimiento de la norma, respecto a los tres combustibles utilizados. Se observa un cambio fundamental del 38,09% al 0,69% en las termoeléctricas que usan carbón como combustible y de un 18,56% a 1,85% en las que usan gas natural. El petróleo diésel no muestra cambios debido a que las horas de funcionamiento bajaron notablemente durante el período 2015-2017 debidoprincipalmente al mayor costo variable de las termoeléctricas a diésel (ver cuadro 5.2) lo que implica por parte del Coordinador Eléctrico dar prioridad de funcionamiento a las centrales a carbón y a gas natural.

Cuadro 5-11 Incumplimiento de acuerdo al Decreto N°13 de la Norma de Emisión de NOx para fuentes existentes (2014 - 2017).

Incumplimiento Norma de Emisión NOx Decreto N°13 para fuentes existentes				
Combustible/año	2014	2015	2016	2017
Carbón				
Horas de funcionamiento	31.169	30.095	32.549	28.741
Horas de incumplimiento norma	11.873	2.601	158	197
% Incumplimiento Norma	38,09	8,64	0,49	0,69
Gas Natural				
Horas de funcionamiento	26.717	31.368	34.130	34.642
Horas de incumplimiento norma	4959	3501	1148	640
% Incumplimiento Norma	18,56	11,16	3,36	1,85
Petróleo Diésel				
Horas de funcionamiento	5.965	1.487	1.471	1.095
Horas de incumplimiento norma	61	4	0	14
% Incumplimiento Norma	1,02	0,27	0,00	1,28

Aunque podemos observar que la norma produjo el efecto de mayor cumplimiento en las concentraciones de las centrales a carbón y gas natural (cuadro 5.10), el cuadro 5-11 muestra que hubo un aumento de las emisiones anuales de las Centrales que utilizaron Gas Natural. Esto se debe a que aumentaron las horas en funcionamiento, debido probablemente a la disminución del costo variable del gas natural en un 35% aproximadamente durante los años 2015 al 2017. Luego, como efecto acumulativo de las emisiones, la norma no toma en cuentas estas situaciones, como tampoco el caudal de cada fuente fija, es decir no están diferenciadas, ya que centrales de mayor potencia tienen mayor caudal y contaminan más que las centrales pequeñas.

Cuadro 5-12 Emisiones de NOx de las distintas Centrales Termoeléctricas y horas de funcionamiento (años 2014 al 2017).

Combustible	Carbón		Gas Natural		Diésel	
	Horas de funcionamiento	Emisión NOx(t/año)	Horas de funcionamiento	Emisión NOx (t/año)	Horas de funcionamiento	Emisión NOx (t/año)
2014	31.169	9.681	26.717	1.768	5.965	328
2015	30.095	7.860	31.368	1.925	1.487	115
2016	32.546	8.150	34.130	2.236	1.471	194
2017	28.741	6.914	34.642	2.084	1.095	149

El cuadro 5-13 que representa al año 2017, muestra que las centrales más contaminantes son las de mayor caudal, lo que no coincide siempre con el nivel de mayores concentraciones.

Se observa que Central Ventanas I, con el mayor promedio de concentración de NOx de las centrales en estudio durante el año 2017 (449,9 mg/m³N y caudal 405.338 m³N/h) emite 182,4 k/h, lo que es menor a la emisión de Central Nueva Ventanas con una concentración de NOx de 324,8 mg/m³N y caudal de 827.587 m³N/h, emitiendo 268,8 k/h hacia la atmósfera. Otro ejemplo resulta de comparar la Central Ventanas I con la Central Nehuenco I, cuando esta última utiliza petróleo diésel con el mayor caudal de las centrales en estudio 2.059.813 m³N/h; su concentración es de 112,9 mg/m³N y su emisión a la atmósfera de 232,5 k/h.

Cuadro 5-13 Parámetros Año 2017 Centrales Termoeléctricas de V región y región metropolitana.

Centrales	Combustibles	Promedios año 2017		
		Concentración NOx (mg/m3N)	Caudal (m3N/h)	Emisión(k/h)
Termoeléctrica Colmito	Gas Natural	22,3	324.680	7,2
	Diésel	32,4	336.421	10,9
Central Los Vientos	Diésel	79,0	1.014.312	80,1
Turbina Gas Nehuenco I	Gas Natural	25,7	1.659.216	42,6
	Diésel	112,9	2.059.813	232,5
Turbina Gas Nehuenco II	Gas Natural	24,2	1.765.245	42,7
	Diésel	101,5	1.688.336	171,4
Turbina Gas Nehuenco III	Gas Natural	38,9	611.004	23,8
	Diésel	81,2	1.060.347	86,2
Quintero TG1A	Gas Natural	16,4	1.034.609	16,9
Quintero TG1B	Gas Natural	18,0	1.033.009	18,6
Nueva Renca	Gas Natural	37,1	1.671.777	62,0
	Diésel	90,2	1.686.539	152,1
San Isidro TG1	Gas Natural	43,8	1.746.148	76,5
	by pass Gas Natural	51,1	1.196.554	61,1
	Diésel	56,6	1.496.024	84,7
	By pass Diésel	134,8	897.438	121,0
San Isidro TG2	Gas Natural	39,6	1.732.154	68,6
	by pass Gas Natural	43,9	1.079.239	47,4
	Diésel	38,6	1.456.379	56,2
	by pass Diésel	47,6	1.070.109	50,9
VENTANAS II	Carbón	413,0	631.690	260,9
Central Campiche	Carbón	324,7	809.460	262,8
Ventanas I	Carbón	449,9	405.338	182,4
Nueva Ventanas	Carbón	324,8	827.587	268,8

De acuerdo al D.S. N°13 la revisión de la norma se rige por el inciso 4° del artículo 32, de la ley 19300; la ley indica que toda Norma de Calidad Ambiental será revisada por lo menos cada cinco años. Por lo tanto, es importante indicar que si hubiera existido una revisión de la norma y se hubieran utilizado los límites de la norma para las fuentes nuevas, como indica el D.S. N°13, las fuentes existentes (cuadro 5-14), habría habido un incumplimiento del 95,20% en el año 2014, 96,33% en el año 2015, 99,73% en el año 2016 y de un 98,84%

en el año 2017 para las termoeléctricas a carbón. Respecto al gas natural, no existe cambio debido a que para fuentes existentes y nuevas el límite de la norma es el mismo, 50 mg/m³N. El incumplimiento de las termoeléctricas que utilizan diésel, si aumenta del 1,28% (cuadro 5.11) al 6,03% el año 2017 (cuadro 5-14).

Cuadro 5-14 Incumplimiento Norma de Emisión NOx. Decreto N°13 para fuentes nuevas de NOx (2014 - 2017).

Incumplimiento Norma de Emisión NOx Decreto N°13 para fuentes nuevas				
Combustible/año	2014	2015	2016	2017
Carbón				
Horas de funcionamiento	31.169	30.095	32.549	28.741
Horas de incumplimiento norma	29.673	28.990	32.462	28.408
% Incumplimiento Norma	95,20	96,33	99,73	98,84
Gas Natural				
Horas de funcionamiento	26.717	31.368	34.130	34.642
Horas de incumplimiento norma	4.959	3.501	1.148	640
% Incumplimiento Norma	18,56	11,16	3,36	1,85
Petróleo Diésel				
Horas de funcionamiento	5.965	1.487	1.471	1.095
Horas de incumplimiento norma	104	34	71	66
% Incumplimiento Norma	1,74	2,29	4,83	6,03

La norma de emisión de la CE aplicada a los datos procesados del CEMS en las centrales termoeléctricas de la V región y RM, nos indica claramente que las termoeléctricas que utilizan carbón no podrían funcionar ni en Europa, ni en Estados Unidos, ya que constantemente estarían incumpliendo la norma de emisión, como podemos observar en los cuadros 5-15 y 5-16 respectivamente, alcanzando porcentajes de incumplimiento entre 96,46 y 100%. Respecto al cumplimiento de las Centrales que utilizan gas natural es importante destacar el cumplimiento respecto a la norma EPA entre 45,54% y 58,11%, entre los años 2014 al 2017.

Cuadro 5-15 Incumplimiento de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana de acuerdo a la Norma de Emisión NOx de la Comunidad Europea para fuentes existentes (2014 - 2017).

Incumplimiento Norma de Emisión NOx Comunidad Europea para fuentes existentes				
Combustible/año	2014	2015	2016	2017
Carbón				
Horas de funcionamiento	31.169	30.095	32.549	28.741
Horas de incumplimiento norma	30.066	29.543	32.491	28.428
% Incumplimiento Norma	96,46	98,17	99,82	98,91
Gas Natural				
Horas de funcionamiento	26.717	31.368	34.130	34.642
Horas de incumplimiento norma	6.666	3.841	2.921	2.825
% Incumplimiento Norma	24,95	12,24	8,56	8,15
Petróleo Diesel				
Horas de funcionamiento	5.965	1.487	1.471	1.095
Horas de incumplimiento norma	405	394	446	606
% Incumplimiento Norma	6,79	26,50	30,32	55,34

Cuadro 5-16 Incumplimiento de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana de acuerdo a la Norma de Emisión NOx EPA para fuentes existentes (2014 - 2017).

Incumplimiento Norma de Emisión NOx EPA para fuentes existentes				
Combustible/año	2014	2015	2016	2017
Carbón				
Horas de funcionamiento	31.169	30.095	32.549	28.741
Horas de incumplimiento norma	31.169	30.095	32.549	28.741
% Incumplimiento Norma	100	100	100	100
Gas Natural				
Horas de funcionamiento	26.717	31.368	34.130	34.642
Horas de incumplimiento norma	13.845	14.284	19.832	18.400
% Incumplimiento Norma	51,82	45,54	58,11	53,11
Petróleo Diesel				
Horas de funcionamiento	5.965	1.487	1.471	1.095
Horas de incumplimiento norma	237	65	131	469
% Incumplimiento Norma	3,97	4,37	8,91	42,83

La figura 5-10 compara los porcentajes de incumplimiento entre la norma chilena, la de la CE y la de la EPA para centrales a carbón. Se observa claramente que la Norma del Decreto 13 para fuentes existentes que se aplica a las centrales termoeléctricas de la V región y RM, está lejos de los estándares internacionales y debiera ser revisada para aplicarse la norma del D.S. 13 para fuentes nuevas.

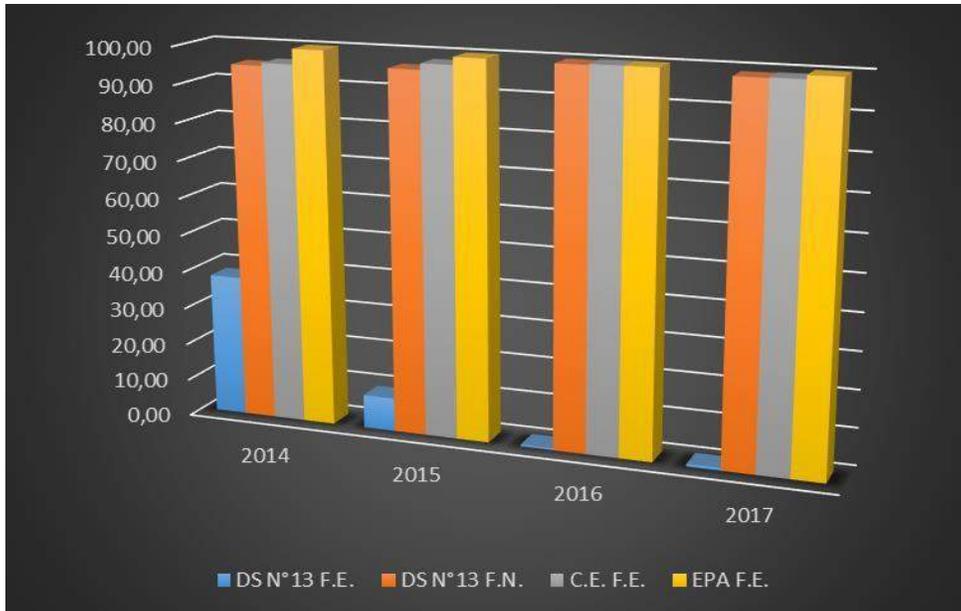


Figura 5-10 Porcentaje de incumplimiento de Normas de emisión, de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible carbón (2014-2017).

La figura 5-11 muestra la comparación de los porcentajes de incumplimiento entre la norma chilena, la de la CE y la de la EPA para centrales a gas natural. Se observa claramente que la Norma del decreto 13 para fuentes existentes, que tiene los mismos límites que para las fuentes nuevas, se puede comparar con la norma de la CE, pero no con la norma EPA, que es mucho más exigente. En una revisión de la norma chilena del D.S. N° 13, deberían considerarse los límites de la norma EPA.

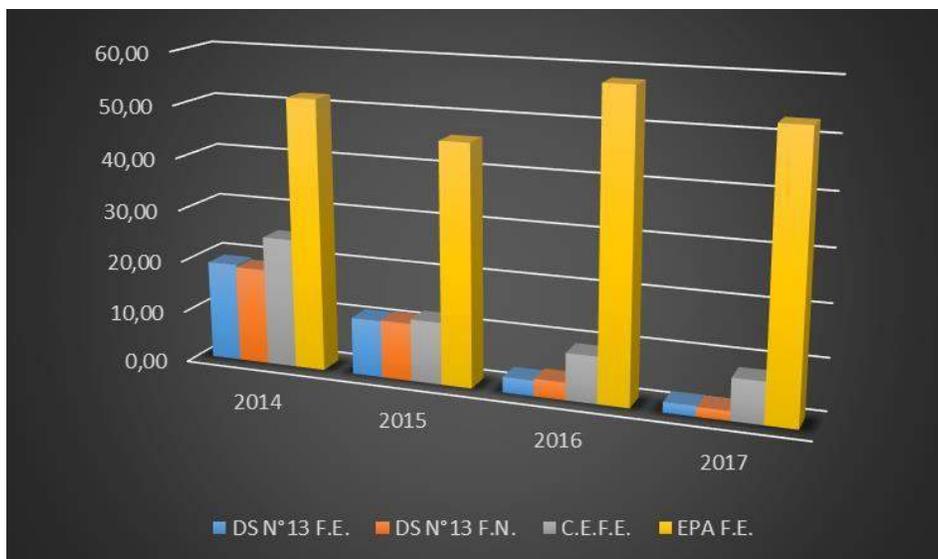


Figura 5-11 Porcentaje de incumplimiento de Normas de emisión de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible gas natural (2014 - 2017).

La figura 5-12 muestra la comparación de los porcentajes de incumplimiento de la norma chilena, la de la CE y la de la EPA para centrales a petróleo diésel. Se muestra claramente que la norma del D.S. N° 13 para fuentes existentes, no es comparable ni con la norma de la CE ni con la norma EPA y ni siquiera con el D.S. N°13 para fuentes nuevas.



Figura 5-12 Porcentaje Incumplimiento Normas de emisión de las centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana para combustible diésel (2014 - 2017).

5.4. Análisis para los Impuestos Verdes

La ecuación de la figura 4-2 permite calcular el valor de los impuestos verdes que debe pagar cada central termoeléctrica por concepto de emisión de NOx; considera los parámetros del tipo de zona según la calidad del aire, costo social per cápita y población. El factor población beneficia a las centrales que se instalaron en lugares con poca población y desincentiva en el futuro a instalar centrales en lugares poblados y en zonas donde ya se encuentran importantes niveles de contaminación; sin embargo es ciego respecto a las zonas donde realmente se produce el máximo impacto de las sustancias emitidas, ya que estas son transportadas y dispersadas de acuerdo al comportamiento de parámetros meteorológicos, y no es posible establecer territorios definidos. Un ejemplo claro es la Central Nueva Renca que considera la población de la comuna de Renca, sin embargo, no está claro si el impacto de la contaminación afecta también a las comunas aledañas. Este es un punto de discusión importante debido a que un impuesto verde es un instrumento

económico que se relaciona con las externalidades negativas producidas en las personas debido a la generación de electricidad por combustibles fósiles, y si afecta a mayor población produce mayor costo social.

El cuadro 5-17 muestra los valores que debieron pagar cada una de las centrales, siendo Nueva Renca la que tuvo que pagar más, US\$ 229.591 y Central Colmito la que pagó menos una cifra absurda de US\$ 65. Dichos valores no están en concordancia con el objetivo de los impuestos verdes a las fuentes fijas de la ley N°20780, que es estimular el cambio hacia tecnología limpias (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2015).

Cuadro 5-17 Impuestos verdes de Centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).

Central Termoeléctrica	Habitantes	Tipo de Zona	Emisiones NOx (t/año)	Impuesto verde por NOx (USD)	Generación(MW)
Termoeléctrica Colmito	42.152	1,2	0,51	65	12.647
Central Los Vientos	24.608	1,2	1,1	82	19.088
Turbina Gas Nehuenco III	90.517	1	2,7	618	2.824
Quintero TG1B	31.923	1,2	33,6	3.215	196.442
Quintero TG1A	31.923	1,2	34,32	3.287	215.868
Ventanas I	18.546	1,2	1.170	65.113	614.181
Turbina Gas Nehuenco II	90.517	1	298,4	67.524	1.791.017
Turbina Gas Nehuenco I	90.517	1	306,9	69.444	1.920.460
VENTANAS II	18.546	1,2	1.697	94.403	1.066.709
San Isidro TG1	90.517	1	468,3	105.980	1.107.265
Central Campiche	18.546	1,2	1.972	109.733	1.824.764
Nueva Ventanas	18.546	1,2	2.074	115.418	1.927.101
San Isidro TG2	90.517	1	549,0	124.241	109.629
Nueva Renca	147.151	1,2	520,1	229.591	1.833.239

En abril de 2017, por primera vez, ingresaron los montos de los impuestos verdes a las arcas fiscales. Considerando todo el país, los impuestos a las emisiones de fuentes estacionarias alcanzaron los US\$ 191,3 millones, pagados por las empresas afectadas, por sus emisiones de CO₂, MP, NOx y SO₂. De este valor las centrales termoeléctricas aportaron US\$ 179,8 millones (MMA, 2018).

Para tener una conclusión respecto a los valores bajos de impuestos de NOx del cuadro 5-17, se calcularon los aportes de impuestos de MP, SO₂ y CO₂ para la V región y RM, lo que se muestra en el cuadro 5-18. La figura 5-17 muestra que los impuestos verdes para el contaminante NOx sólo representa el 2% del total pagado en impuestos el año 2017 y en conjunto, el SO₂ y MP, representan el 2,9%. El 94,9% lo aporta el impuesto verde al CO₂, que es un gas de efecto invernadero, esto es de impacto a nivel global, no local.

Nuestro país genera, comparativamente, pocas emisiones de CO₂ a nivel global, sólo el 0,24% del total de las emisiones mundiales, pero tiene importantes desafíos en materia de contaminación ambiental local que no fueron claramente considerados en la implementación de pagos de impuestos a las emisiones de la generación eléctrica. Esto es algo que hay corregir considerando, por ejemplo, la zona de Quintero-Puchuncaví que es una zona afectada, donde viven casi 50.000 personas y contienen más del 50% de las centrales del sector estudiado, que junto a otras compañías dan cuenta de una serie de episodios de contaminación atmosférica.

Cuadro 5-18 Monto de Impuestos verdes de Centrales termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017), de los contaminantes NOx, SO₂, MP y CO₂.

Central Termoeléctrica	Impuesto Verde año 2017 (US\$)			
	NOx	SO2	MP	CO2
Termoelectrica Colmito	65	2	144	39.062
Central Los Vientos	82	0	62	88.017
Turbina Gas Nehuenco I	69.444	262	62.238	3.750.675
Turbina Gas Nehuenco II	67.524	282	102.178	3.769.620
Turbina Gas Nehuenco III	618	25	264	8.408
Quintero TG1A	3.287	5	0	679.475
Quintero TG1B	3.215	0	0	618.798
Nueva Renca	229.591	801	354.578	3.986.401
San Isidro TG1 Chimenea By Pass	1.862	14	3.130	48.357
San Isidro TG1 Chimenea	104.118	538	355.117	3.231.420
San Isidro TG2 Chimenea By Pass	1.465	2	2.745	39.838
San Isidro TG2 Chimenea	122.776	111	39.221	4.217.007
VENTANAS II	94.403	16.487	44.606	4.860.115
Central Campiche	109.733	39.097	67.912	7.382.623
Ventanas I	65.113	11.645	48.202	3.337.262
Nueva Ventanas	115.418	44.539	165.789	7.768.653
Total	988.713	113.810	1.246.187	43.825.732
Porcentajes	2,1	0,2	2,7	94,9

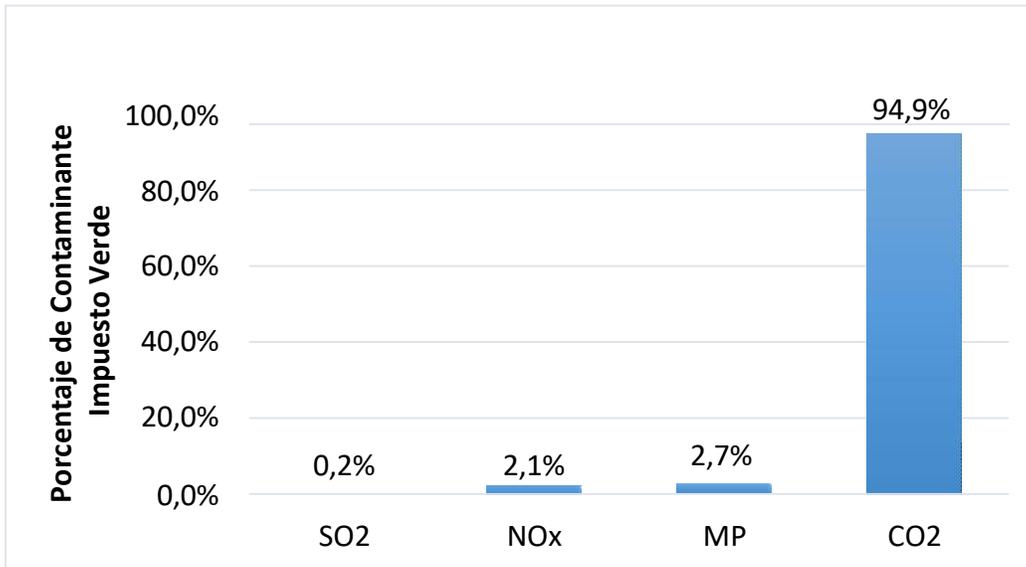


Figura 5-13 Porcentaje del Impuesto recaudado por cada contaminante de la Centrales Termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).

Más allá del tema de la recaudación, hay un tema que cruza la discusión y es saber si los impuestos verdes logran un efecto disuasivo, aunque es cierto que uno de los efectos importantes es que la ley obliga a monitorear adecuadamente las emisiones y ya no sólo son importantes las mediciones de los contaminantes, sino que otros parámetros de operación de las centrales.

A diferencia de la norma del D.S. N°13, cuyos límites se fijan de acuerdo a las concentraciones emitidas, los impuestos verdes dependen de la emisión, por lo tanto, directamente del caudal o flujo volumétrico que soportan los ductos de evacuación. Este parámetro está relacionado con la potencia de generación eléctrica de cada central. Luego el parámetro “Caudal” que definen los sistemas de monitoreo continuo cobran una gran importancia, y es así que su validación debe considerar mayor pulcritud. Por lo tanto, es muy recomendable revisar los límites aceptables para el ensayo de exactitud relativa, tabla N°4, resolución N°57 Protocolos Termoeléctricas (SMA, 2013), puesto que los cálculos se realizan con valores absolutos y también porque los límites aceptables de la exactitud relativa varían entre un 15 y un 20%. Es decir, el margen de diferencia del caudal verdadero es muy amplio, lo que en el caso de que se encuentre por debajo del valor patrón en el proceso de validación, puede hacer disminuir un 20% el valor del impuesto verde. El anexo III muestra que el caudal de la Central Nueva Renca al compararlo con el caudal de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), puede variar en 20% límite inferior o

20% límite superior, por lo tanto, el caudal calculado se puede manejar, y con ello la cifra a pagar como impuesto. En el ejemplo, el caudal fluctúa entre 1.341.667 (m³N/h) y 2.004.695(m³N/h), lo que implica una recaudación tributaria por las emisiones de NOx, entre US\$ 134.401 y US\$ 200.820. Si consideramos los US\$ 4.571.371 que debió pagar la Central Termoeléctrica Nueva Renca en impuesto verde, utilizando el límite inferior del caudal, se habría pagado sólo US\$ 3.668.129 (aprox. 20% menos).

La Figura 5-14 muestra que más toneladas anuales emitidas de NOx no implican mayores montos de impuestos verdes, debido a que la variable población es muy importante. Por ejemplo, los mayores montos de impuestos de central Nueva Renca, ubicada en Renca, son mayores que las centrales a carbón, ubicadas en la V región.

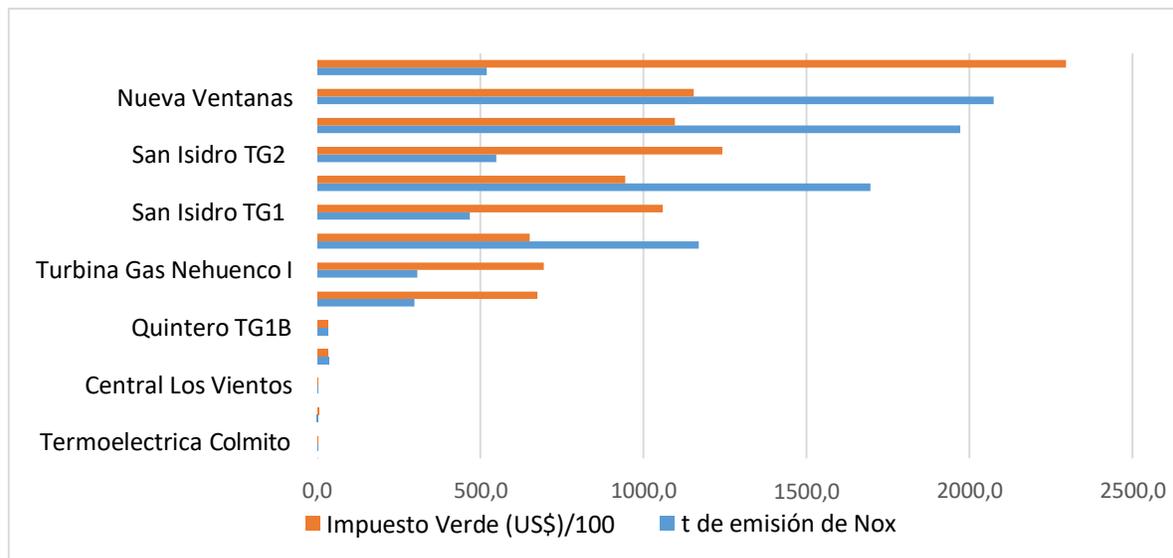
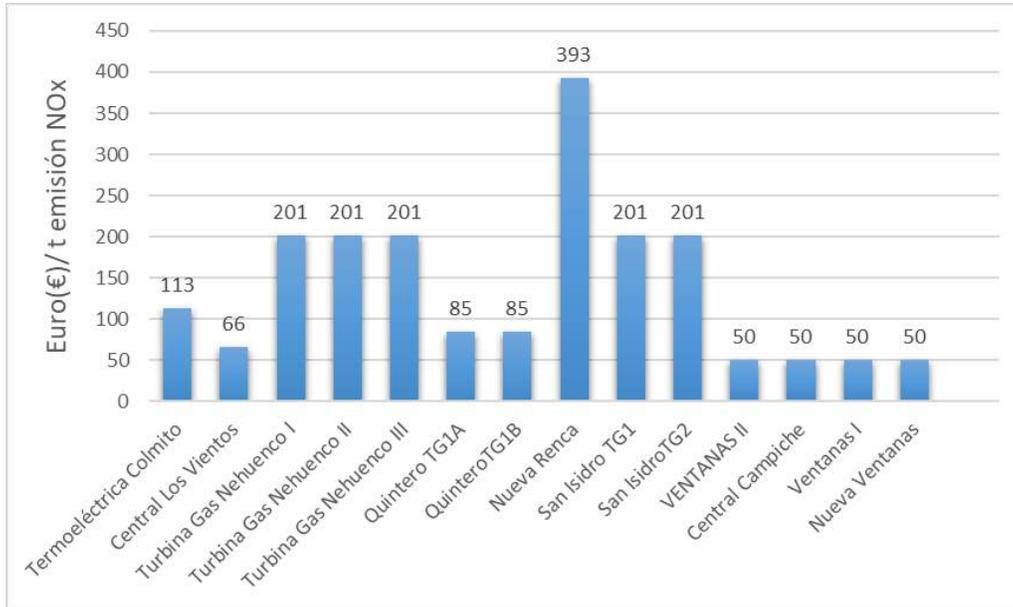


Figura 5-14 Comparación Impuestos Verdes (US\$) versus emisión de NOx(t). Centrales Termoeléctricas de la V región y región metropolitana (año 2017).

La figura 5-15 muestra los resultados de impuestos verdes en la moneda euro por tonelada de emisión de NOx, emitidas por las Centrales Termoeléctricas en la zona de estudio. Se puede observar que las Centrales que utilizan como combustible gas natural, debido a su localización y acercamiento en zonas pobladas, pagan impuestos más altos que las carboneras de Ventanas que se encuentran en la zona de Puchuncaví. Esto es un incentivo para utilizar carbón y además en zonas de baja población, disminuyendo así los impuestos que generan las emisiones de NOx. De esta forma no se consigue estimular el cambio hacia tecnologías limpias, que implicarían el cambio de combustible. Luego, la fórmula del cálculo

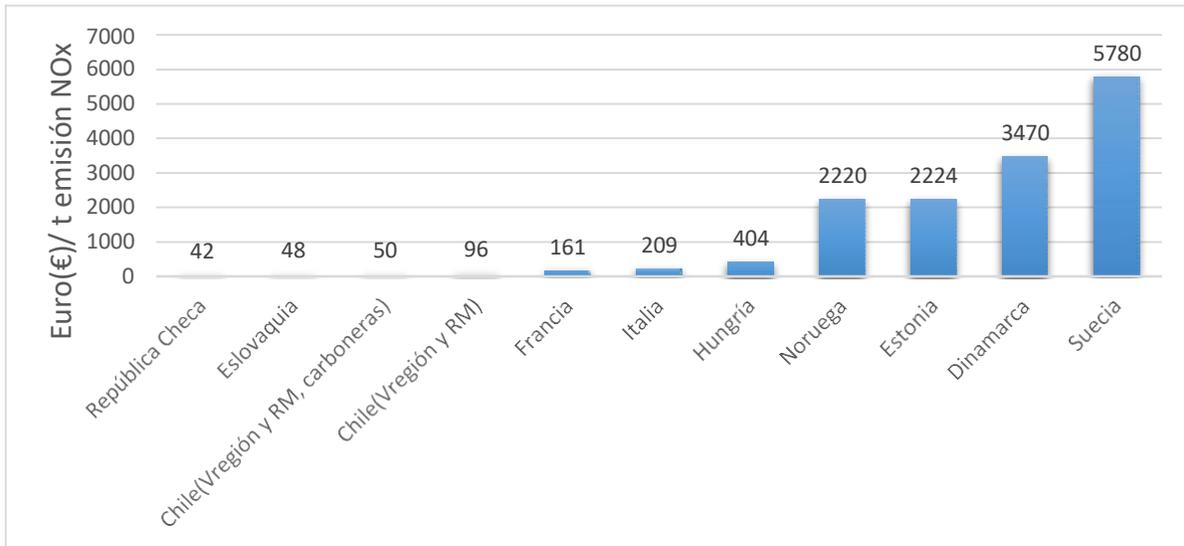
del impuesto debería reconocer el uso de los distintos combustibles. Además, esta consideración integraría a otros receptores de la contaminación como los animales, plantas, materiales y otras características del ambiente, que no fueron considerados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15 Impuestos verdes por emisiones de NOx de Centrales Termoelectricas de la V región y región metropolitana (año 2017).

Durante el año 2017 el valor medio de los impuestos verdes en la zona de la V región y RM fue de 96 euros por tonelada de emisión de NOx. La figura 5-16 muestra una comparación de los impuestos que se pagan en países de la OCDE. Los impuestos aplicados en Chile para la zona de estudio respecto a los NOx, son los más bajos en relación a los países de OCDE, sólo superados por la República Checa y Eslovaquia. Podemos observar que los impuestos aplicados a las carboneras, están entre los más bajos en la comparación realizada.



Fuente: Elaboración desde OECD, 2019.

Figura 5-16 Impuestos verdes de Países de la OCDE para emisiones de NOx año 2019.

5.5. Análisis final de aplicación de instrumentos de gestión ambiental a la disminución de emisiones de NOx.

Según los cálculos realizados, a partir de los datos validados del sistema de monitoreo continuo, la emisión en toneladas de NOx por MW de generación de las termoeléctricas de la V región y RM se redujeron en un 18,9%, de 817 t NOx/MW en el 2014 a 649 t NOx/MW en el 2017. La figura 5-17 muestra la evolución de la reducción.

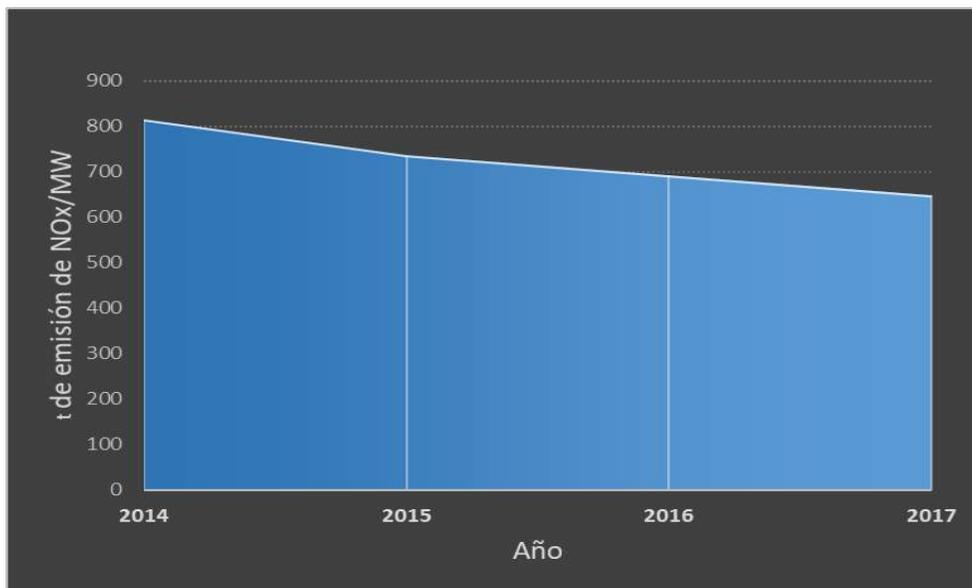


Figura 5-17 Evolución de la disminución de las emisiones de NOx con la aplicación de impuestos verdes y Norma de emisión.

Es preciso destacar que la Norma de emisión se aplica al régimen normal de funcionamiento de la Central, no cuando la central está en régimen de falla, apagado o encendido lo que implica que la evaluación de los límites de emisión debe cumplirse durante el 70% de las horas de funcionamiento; es decir, a lo más el 30% de funcionamiento se excluye del cumplimiento, mientras que el impuesto verde considera todas las horas de funcionamiento y excluye cuando la central está detenida, es decir sin consumo de combustible y sin generación de electricidad (SMA, 2018). Es importante también indicar que la Norma de emisiones no considera el tamaño de la central termoeléctrica, no individualiza las distintas generaciones, no así el impuesto verde, que al considerar la emisión total, está considerando el caudal de la central, el que está relacionado directamente con el tamaño de la central, en términos de la potencia nominal.

Es importante indicar que la norma de emisión D.S. N°13 para fuentes existentes se cumplió por todas las centrales del sector estudiado, sin embargo, no solucionaron el problema de la contaminación debido a que no hubo una disminución importante de las emisiones de NOx. Luego de cumplir, las empresas no tuvieron ningún incentivo para disminuir sus emisiones, y los impuestos tan bajos tampoco incentivan el uso de mejores tecnologías de abatimiento.

En particular, ambos instrumentos de gestión ambiental, no han dado solución a los problemas de zonas como las comunas de Quintero y Puchuncaví, donde se encuentran 6 termoeléctricas, 4 a carbón (Ventanas 1 y 2, Nueva Ventanas y Campiche) y 2 a gas natural (Quintero TG1 A y TG1B), que sumados a las más de 14 industrias que operan en el parque industrial Ventanas han producido graves daños a la población; tampoco la norma de emisión ni los impuestos verdes hacen una diferenciación de zonas altamente contaminadas y concentradas de emisiones; por lo tanto, los factores de la ecuación de la figura 4.2 (cálculo de impuesto verde) relacionado con el tipo de zona debería tener una consideración más audaz al respecto.

Debido a la ineficacia de los instrumentos estudiados, ha sido necesario recurrir a otro tipo de instrumentos de gestión ambiental, los cuáles están contemplados en la normativa chilena. Estos son los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental. El 30 de marzo de 2019, se publicó en el diario oficial el Plan de Prevención y descontaminación atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. El artículo 12 se refiere

a los límites de emisión para MP, SO₂ y NOx y específicamente al complejo termoeléctrico Ventanas, que está conformado por las centrales Ventanas I, Ventanas II, Central Nueva Ventanas y Central Campiche. El límite será el correspondiente al promedio de sus emisiones informadas los años 2016 y 2017, que representan su condición de operación después de implementadas las exigencias del D.S. N°13, y que luego contado desde la publicación en un plazo de 3 años, los límites de emisión será de 7.532 t/año para NOx (MMA, 2018). Estas nuevas exigencias no deberían ser recibidas con optimismo para la reducción de emisiones de NOx. De acuerdo a los cálculos tenemos que las emisiones promedio de los años 2016 fueron de 8.150 t/año y el 2017 fue de 6.914 t/año, luego el promedio del límite de emisión durante los próximos 3 años es de 7.032 t/año. La diferencia de toneladas de los años 2016 y 2017 se produce principalmente por la diferencia de horas de funcionamiento de las 4 centrales. El año 2016 fueron 35.549 en cambio el año 2017 las horas de funcionamiento bajaron a 28.741. En conclusión, los límites propuestos son fáciles de cumplir, puesto que ya se cumplieron durante el año 2017.

6. Conclusiones

Las aplicaciones de los instrumentos de gestión ambiental produjeron una disminución del 18,9% en las emisiones de NOx provenientes de las centrales termoeléctricas que se encuentran en la V región y RM en el período 2014 a 2017.

Las centrales a carbón contaminan más que las centrales que utilizan gas natural, respecto de sus emisiones de NOx; sin embargo, pagan menos impuesto, debido a que se encuentran físicamente en sectores menos poblados.

Las termoeléctricas que utilizan carbón en Chile, no se podrían utilizar en los países pertenecientes a la Unión Europea, ni tampoco en los Estados Unidos, ya que no cumplirían la norma de emisión de NOx. Esto debido a que la norma chilena es más permisiva que la normas de la Unión Europea y la de Estados Unidos.

Habiéndose cumplido 8 años desde su entrada en vigencia del D.S. N°13/2011, éste debe someterse a un proceso de revisión de acuerdo al Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión (D.S. N°93 de 1995). Este plazo está vencido, se cumplió en 2016, no obstante, aún no existe un expediente que confirme la iniciación del proceso.

El instrumento económico de impuestos verdes no ha sido efectivo para reducir las emisiones de NOx, que es un contaminante a nivel local, sólo representa un 2% del monto recaudado en la zona de estudio, mientras que el contaminante global CO₂ representa un 93% (año 2017).

Los impuestos verdes aplicados a las emisiones de NOx del año 2017 no corresponden a montos de importancia, no cumplen el objetivo de incentivar la innovación tecnológica y la utilización de tecnologías limpias y no consideran los importantes desafíos en contaminación del ambiental local.

En la fórmula que se utiliza para el cálculo de impuestos verdes, la cantidad de población es determinante. Por ello, las centrales a carbón, frecuentemente situadas en sitios alejados o con poca población, pagan menos impuesto por emisiones de NOx y se utilizan más.

Los impuestos verdes y las normas de emisión aplicados en Chile se complementan. Las normas de emisión para fuentes existentes se aplican sólo al 70% de horas en funcionamiento, mientras que los impuestos verdes se aplican en todas las horas de funcionamiento y sólo se excluyen cuando la central está detenida, es decir, sin consumo de combustible y sin generación de electricidad.

Los instrumentos de gestión ambiental estudiados, tal y como están aprobados y aplicados no permiten dar solución a zonas como las comunas de Quintero y Puchuncaví, donde funcionan 4 unidades de generación eléctrica a carbón y 2 unidades de generación eléctrica a gas natural. Por ello, para el caso fue necesario recurrir a un Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental específico.

7. Recomendaciones

.- Se recomienda realizar una revisión de las normas de las termoeléctricas atribuyendo esta revisión a las posibilidades que entrega la legislación vigente, de acuerdo al siguiente párrafo del decreto N°13 “Sin perjuicio de los plazos señalados, en la primera revisión de la norma que se realice de conformidad al inciso 4º, del artículo 32, de la ley N° 19.300, se analizará la factibilidad de establecer un plazo para que las fuentes existentes se ajusten a los valores límites dispuestos para las fuentes nuevas” (Artículo N°5). Habiéndose cumplido 8 años desde su entrada en vigencia, debe exigirse el proceso de revisión, más aun tratándose de un plazo vencido, ya que se cumplió en 2016, y aún no tiene un expediente que confirme la iniciación de dicho proceso.

.- Se recomienda un cambio en la legislación vigente para ajustar la Norma no solamente a los valores límites dispuestos para las fuentes nuevas, sino que tomar también como base la gran cantidad de datos que entregan los CEMS.

.- Los períodos de encendido y apagado pueden durar hasta 4 horas y tienen un efecto de gran impacto en las emisiones. El D.S. N°13 excluye dichos períodos para las fuentes existentes, y nuevas, por lo tanto, es recomendable incluir dichos períodos en la revisión de la Norma.

.- Se recomienda realizar una diferenciación de normas respecto a la potencia térmica nominal o caudal, ya que esto influye en las emisiones de cada central. Una central con menor concentración y mayor potencia o caudal, puede contaminar más que una central con mayores concentraciones emitidas y menor potencia o caudal.

.- Se recomienda que el cálculo de los impuestos no solamente considere los factores de zona, tales como zona saturada o zona latente, sino también debería considerar zonas de alta concentración industrial.

.- Se recomienda agregar el parámetro “Caudal” de las chimeneas de las termoeléctricas y revisar los límites aceptables para el ensayo de exactitud relativa (tabla N°4, resolución N°57 Protocolos Termoeléctricas), ya que se trabaja con una aceptación de hasta el 20% del valor verdadero, en términos absolutos.

8. Bibliografía

- Bergquist, A; Söderholm, K; Kinneryd, H; Lindmark, M; Söderholm, P. 2012. Command and Control revisited: Environmental compliance and technological change in Swedish industry 1970-1990. ELSEVIER. Journal Ecological Economics 85(2.013).6-19
- Bhattacharyya, S.C .2011. The Economics of Environment Protection. Springer. England. London. 544
- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE, 2015. Historia de la Ley N° 20.780, Reforma Tributaria que modifica el Sistema de Tributación de la Renta e introduce diversos ajustes en el Sistema Tributario, [en línea], <www.leychile.cl/Navegar/scripts/obtienearchivo?id=recursoslegales/10221.3/44975/2/HL20780.pdf> [consulta: 04 agosto 2019]. 15 -16.
- Braathen, N; Greene, J. 2011. Environmental Taxation: A guide for policy Makers.OECD. 1-12
- Bünger, D.2012. Deficits in EU and US Mandatory Environmental Information Disclosure. Springer. Berlín. Germany. 15-156
- CFI,2008. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad: Plantas de energía térmica. Corporación Financiera Internacional (CFI),Grupo del Banco Mundial.pág.<Consulta:10/06/2016>Disponible:<<http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/6876178048855a0b84f4d66a6515bb18/0000360593ESes.pdf?MOD=AJPERES>>
- Comisión Nacional de Energía, 2017. Resolución exenta N°444 del 16 de agosto de 2017.Fijación de precios de nudo de corto plazo. Informe técnico definitivo, julio 2017.10-16.
- Comisión Nacional de Energía, 2019. Resolución Exenta N°207 del 12 de marzo de 2019. Informe Costos de tecnología de generación, pág.38
- Di Gianfrancesco, A. 2017. Materials for Ultra-Supercritical and Advanced Ultra-Supercritical Power Plants, Elsevier, Duxford, United Kingdon. 1-49
- Environmental Protection Agency, 2015, How nitrogen oxides affect the way we live and breathe.<Consulta: 13/06/2016>Disponible en:<http://www.nchh.org/Portals/0/Contents/EPA_Nitrogen_Oxides.pdf>
- Hugoni, F. 2009. Emisiioni di NOx di Processi di Combustione. La Rivista dei Combustibili e dell' Industria Chimica, volume 63.25-29

- Instituto de Salud Pública, 1998. Libro de Metodologías Aplicadas. Método CH-7E “Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno desde fuentes estacionarias(Procedimiento con Analizador Instrumental).1-6
- Mankiw, Gregory. Principios de Economía 6ª Ed. México. Cengage Learning Editores, S.A. 2012 pág 151
- Ministerio de Energía, 2018. Anuario Estadístico de Energía 2018.pág 35.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2011. Decreto 13. Establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas. Publicado el 23/06/2011. Artículo 3, letra c.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2013. Circular IN. AD. N°2. Sobre la aplicación de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas establecidas por el DS N°3, de 2011.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2016. Registro de Emisiones de transferencia y emisiones de contaminantes. Informe Consolidado del Registro de Emisiones y Transferencias del año 2014.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Guía técnica de Monitoreo para establecimientos afectos al impuesto al carbono. Págs 15 y 16.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2017. Sistema Nacional de Información Ambiental, Glosario (en línea). .<Consulta: 17/08/2017>Disponible:<http://www.sinia.cl/1292/w3-propertyname-2022.html>
- Ministerio de Medio Ambiente, 2018. Decreto N°105, Aprueba Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, Artículo 12
- Ministerio de Medio Ambiente, 2019. Sistema Nacional de Información Ambiental, Glosario (en línea).<Consulta: 02/12/2019>Disponible: <https://sinia.mma.gob.cl/temas-ambientales/instrumentos-para-la-gestion-ambiental/>
- Ministerio Medio Ambiente, 2017. Guía técnica de monitoreo para establecimientos afectos al impuesto al carbono. Pág. 26
- Ministerio Secretaría General de la República, 2016. Ley sobre bases generales del Medio Ambiente. Junio 2016. Artículos1° y 2°.
- OECD y IEA, 2016. Energy and Air Pollution Outlook 2106 Special Report. Parte B, pág.39.

- OECD, 2019. Database on Policy Instruments for the Environment. Tax bases of environmentally Related Taxes. En línea: <https://pinedatabase.oecd.org/> (consulta:6/12/2018) [consulta: 06 julio 2019]
- Rodríguez-Becerra, M. y Espinoza, G. 2002. Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano del Desarrollo. Washington DC. EUA. 177-179
- Superintendencia de Medio Ambiente, 2015. Guía de información Centrales Termoeléctricas. Versión 2. 28-32.
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Gobierno de Chile. 2014. Guía de aspectos ambientales relevantes para centrales termoeléctricas. Versión 1, 15
- Superintendencia del Medio Ambiente, 2013. Resolución Exenta N°57 del 22 de enero de 2013. Aprueba "Protocolo para validación de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) en centrales termoeléctricas". pág.17.
- Superintendencia del Medio Ambiente, 2016. Resolución Exenta N°1174 del 20 de diciembre de 2016. "Aprueba Protocolo técnico para la fiscalización del D.S. MMA 13/2011 Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas.
- Superintendencia del Medio Ambiente, 2018. Resolución exenta N°55 del 12 de enero de 2018. Aprueba instructivo para el monitoreo, reporte y verificación de las emisiones de fuentes fijas afectas al impuesto del artículo 8° de la ley 20780.pág. 5
- Zhang, X. y Schreifels, J. 2011. Continuous emission monitoring systems at power plants in China: Improving SO₂ emission measurement. Energy Policy 39(2011) 7432-7438

ANEXO I Resumen Normas de Emisión

Decreto N°13 Establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas.

Fecha de Publicación: 23/06/2011

Valores límite de emisión

Para establecer los valores de emisión el decreto posee 2 definiciones respecto las unidades de generación eléctrica:

Fuente emisora existente: Unidad de generación eléctrica que se encuentra operando o declarada en construcción, de conformidad a lo dispuesto por el artículo 272, del Reglamento de la Ley Eléctrica, DS N° 327, de 1997, del Ministerio de Minería, con anterioridad al 30 de noviembre de 2010, inclusive, siempre y cuando sea puesta en servicio a más tardar un año después de la fecha establecida en el Cuadro N° 4 "Programa de obras del SIC (Construcción)", respecto de las obras de generación en construcción, y Cuadro N° 2 "Proyectos de Generación en Construcción y Recomendados", respecto de los proyectos en construcción, contenidos en los Informes Técnicos Definitivos de la Fijación de Precios de Nudo del mes de octubre de 2010, del Sistema Interconectado Central y del Sistema Interconectado del Norte Grande, respectivamente. Este plazo podrá ampliarse por una sola vez para cada fuente y por el plazo máximo de un año, previo informe fundado del Ministerio de Energía, mediante decreto dictado por orden del Presidente de la República y expedido por el Ministerio del Medio Ambiente.

Fuente emisora nueva: Unidad de generación eléctrica que no cumple con los requisitos para ser considerada fuente emisora existente.

Cuadro AI-1: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NO_x de fuentes existentes:

Combustibles	Óxidos de Nitrógenos
Sólido	500
Líquido	200
Gas	50

Cuadro AI-2: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NOx de fuentes nuevas:

Combustibles	Óxidos de Nitrógenos
Sólido	200
Líquido	120
Gas	50

Excepciones:

Aquellas fuentes emisoras existentes correspondientes a turbinas, con potencia entre 50 MWt y 150 MWt, que utilizan diésel o gas y que operen menos de 876 horas en un año calendario, es decir, menos de un 10% del tiempo en base anual, se eximen de dar cumplimiento al valor límite de emisión de óxidos de nitrógeno.

**Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo.
(Sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). Fecha de Publicación: 24/11/2010**

1.-Unidades de Generación eléctrica que se haya concedido permiso antes del 7 de enero de 2013, o que los titulares hayan presentado una solicitud de permiso completa antes de dicha fecha, a condición de que dichas instalaciones entren en funcionamiento a más tardar el 7 de enero de 2014. (Fuentes existentes)

Valores Límites de Emisión (parte 1 del anexo V)

Cuadro AI-3: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NOx de instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas.

Potencia térmica Nominal total (MW)	Normalizado a 20°C NOx(mg/m ³ N)	Normalizado a 25°C NOx(mg/m ³ N)
50-100	300	274,8
100-300	200	183,2
>300	200	183,2

Excepciones:

Las instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos o líquidos con una potencia térmica nominal total no superior a 500 MW que hayan recibido su permiso antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares presentaron una solicitud completa de permiso antes de esa fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tardar del 27 de noviembre de 2003, y que no rebasen más de 1500 horas anuales de funcionamiento en media móvil calculada en un período de 5 años , deberán cumplir con el valor límite de emisiones de NOx de 450 mg/m³N.

Cuadro AI-4: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NOx de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado.

Combustibles	Normalizado a 20°C NOx(mg/m ³ N)	Normalizado a 25°C NOx(mg/m ³ N)
Líquido (1)	90	82,44
Gas(2)	50	45,8

Excepciones:

(1) No se aplicarán los valores límite de emisión establecidos en el presente punto a las turbinas de gas combustible líquido, destinadas a un uso de emergencia que funcionen menos de 500 horas anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas.

(2) Para las turbinas que utilizan gas, este valor de emisión se aplicará únicamente para una carga por encima del 70%.

(2) En cuanto a las turbinas (incluidas las TGCC), con permiso obtenido antes del 27 de noviembre de 2002 o cuyos titulares hubieran presentado una solicitud completa de permiso antes de dicha fecha, siempre que la instalación se haya puesto en funcionamiento no más tardar del 27 de noviembre de 2003, y que no estén en funcionamiento más de 1500 horas de funcionamiento por año como media móvil durante un período de 5 años, el valor límite de emisión será de 150 mg/Nm³ cuando estén alimentadas por gas natural o 200 mg/Nm³ cuando lo estén por otros gases o combustibles líquidos.

(2) No se aplicarán los valores límites de emisión establecidos en el presente punto a las turbinas de gas destinados a un uso de emergencia que operen menos de 500 horas de funcionamiento anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas.

2.-Unidades de Generación eléctrica que estén en funcionamiento después del 01 de enero de 2016 (Fuentes nuevas) (Ver excepciones artículo 4, apartado 4 directiva 2001/80/CE)

Valores Límites de Emisión (parte 2 del anexo V)

Cuadro AI-5: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NOx de instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas.

Potencia térmica Nominal total (MW)	Normalizado a 20°C NOx(mg/m ³ N)	Normalizado a 25°C NOx(mg/m ³ N)
50-100	300	274,8
100-300	200	183,2
>300	150	137,4

Cuadro AI-6: Límites máximos de emisiones (mg/Nm³) de NOx de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado.

Combustibles	Normalizado a 20°C NOx(mg/m ³ N)	Normalizado a 25°C NOx(mg/m ³ N)
Líquido(1)	50	45,8
Gas(2)	50	45,8

Excepciones:

(1) No se aplicarán los valores límite de emisión establecidos en el presente punto a las turbinas de gas combustible líquido, destinadas a un uso de emergencia que funcionen menos de 500 horas anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas.

(2) Para las turbinas de gas que utilizan combustible gaseoso se aplica el valor de límite de emisión únicamente para una carga por encima del 70%.

(2) No se aplicarán los valores límites de emisión establecidos en el presente punto a las turbinas de gas destinados a un uso de emergencia que operen menos de 500 horas de funcionamiento anuales. El titular de dichas instalaciones llevará un registro de las horas de funcionamiento utilizadas.

**Norma EPA Federal Register, Vol77
PARTE III 40 CFR Part 60**

Subpart KKK : Standars of Performance for Stationary Gas Turbines; Standars of Performance for Stationary Combustion turbines Proposed Rule

Cuadro AI-7: Límites máximos de emisiones (mg/m³N) de NOx de las turbinas de gas incluidas las turbinas de gas de ciclo combinado.

Tipo de Turbina	Potencia Térmica Nominal (MW)	Límite de emisión (ppm)	Límite de emisión (mg/m ³ N), normalizado a 25 °C
Nueva a gas natural	>15	25	47(47,025)
Nueva, modificada o reconstruida a gas natural	>250	15	28(28,215)
Nueva a otro combustible distinto al gas natural	>15	74	139(139,194)
Nueva, modificada o reconstruida con combustible distinto al gas natural	>250	42	79(79,002)

**Subpart Da: Standars of Performance for electric Utility Steam Generating Units.
Fecha desde que es exigida: 10/07/1997**

Esta norma es aplicada para termoeléctricas que poseen turbinas a vapor, cuyo vapor es generado por una caldera. El propietario u operador no hará que se descarguen a la atmósfera ningún gas que contenga NOX en exceso del límite de emisiones indicado en la tabla AI-8 , según corresponda al tipo de combustible quemado y según lo determinado en base al promedio móvil de 30 días de funcionamiento de calderas.

Cuadro AI-8: Límites máximos de emisiones de NOx de las Centrales eléctricas a partir de la generación de Vapor .

Tipo de combustible	Límite de Emisiones	
	ng /J	Lb/MMBtu
Carbón Subbituminoso	210	0,50
Carbón Bituminoso	260	0,60

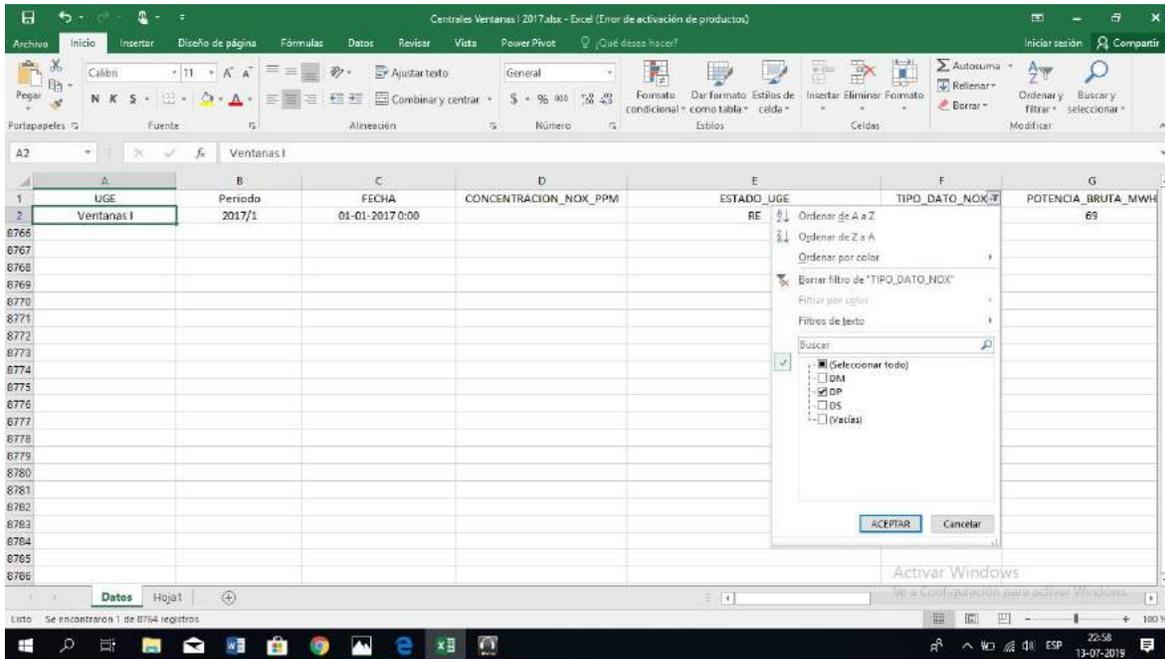
ANEXO II Método de Validación de Datos CEMS y cálculos utilizados.

1.- Filtrar de las planillas excel la información requerida para los años 2014 al 2017.

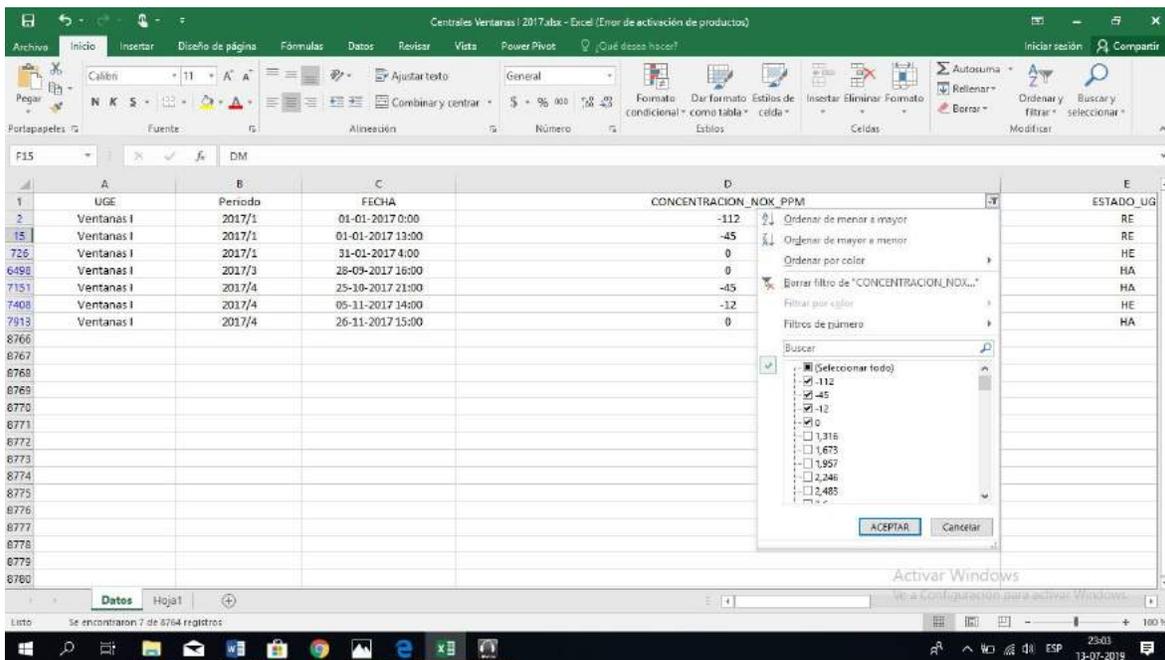
2.- Los estados de UGE: DP, DNP y DSP se filtran, luego todos los datos de las filas a excepción de la fecha se eliminan, dejando las celdas vacías. Así pueden dejarse los datos de los estados de la UGE en los cuáles se debe aplicar la normas de emisión, que son los estados en RE, HE, HA y FA .

	A	B	C	D	E	F	G
	UGE	Periodo	FECHA	CONCENTRACION_NOX_PPM	ESTADO_UGE	TIPO_DATO_NOX	POTENCIA_BRUTA_MWH
15	Ventanas I	2017/1	01-01-2017 13:00			DM	0
75	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 1:00			DM	0
76	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 2:00			DM	0
77	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 3:00			DM	0
78	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 4:00			DM	0
79	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 5:00			DM	0
80	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 6:00			DM	0
81	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 7:00			DM	0
82	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 8:00			DM	0
83	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 9:00			DM	0
84	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 10:00			DM	0
85	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 11:00			DM	0
86	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 12:00			DM	0
87	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 13:00			DM	0
88	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 14:00			DM	0
89	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 15:00			DM	0
90	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 16:00			DM	0
91	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 17:00			DM	0
92	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 18:00			DM	0
93	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 19:00			DM	0
94	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 20:00			DM	0
95	Ventanas I	2017/1	04-01-2017 21:00			DM	0

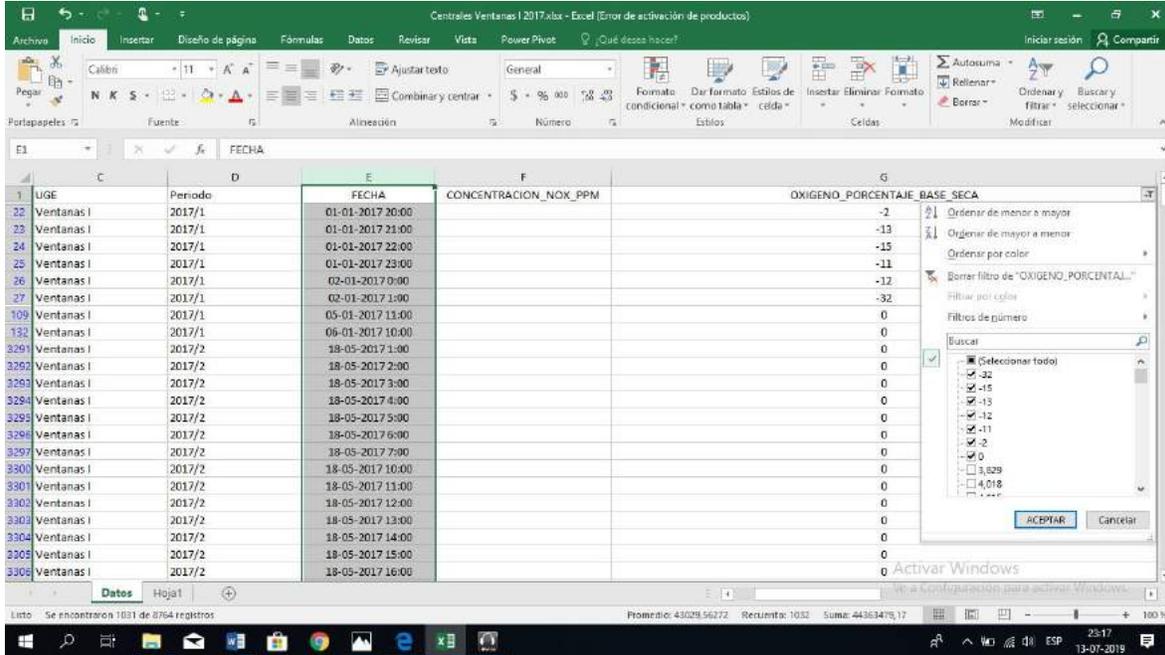
3.- El tipo de datos: DP se filtra, y a excepción de las fechas y la columna POTENCIA_BRUTA_MWH se borra el contenido de las filas, dejando las celdas vacías.



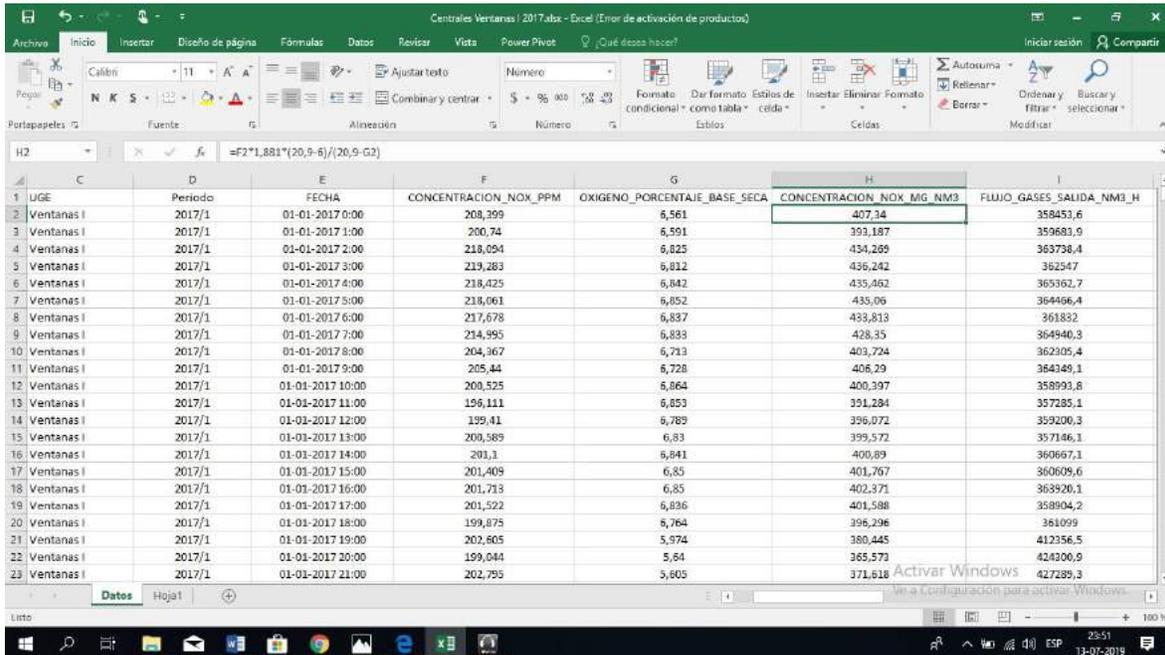
4.-Se filtran los datos negativos y cero de la columna CONCENTRACION NOx (PPM) y se eliminan. Estos son errores del sistema de medición y no se consideran.



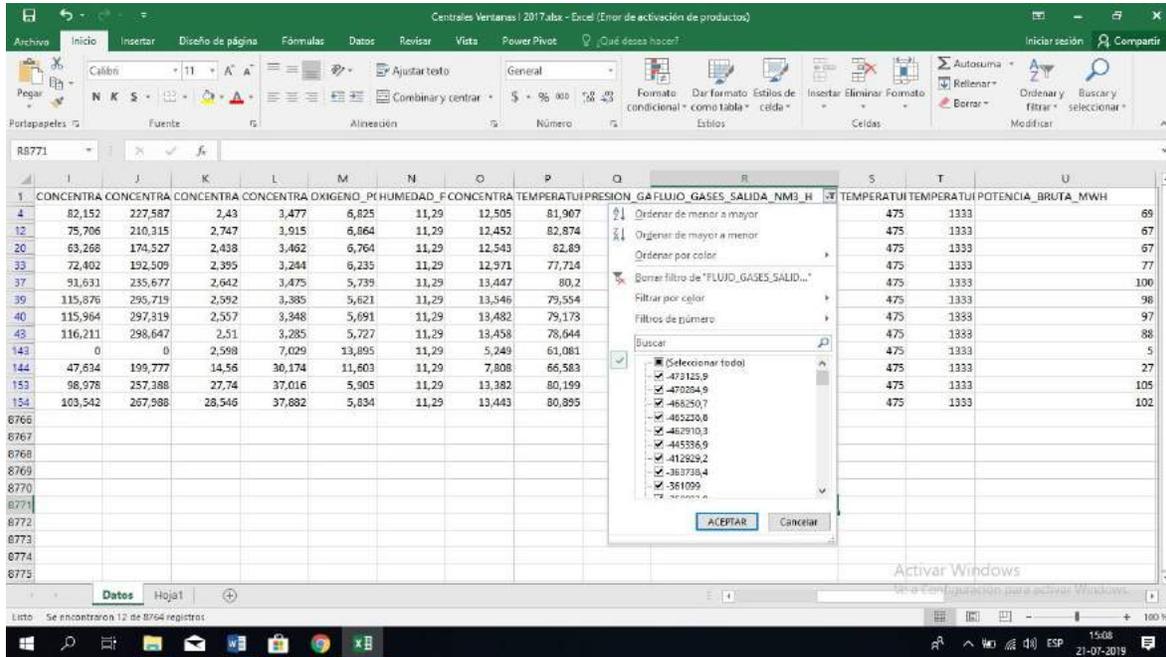
5.- Se revisan los datos de OXIGENO_PORCENTAJE_BASE_SECA y se eliminan los valores 0 y negativos, y los valores de CONCENTRACION_NOX_PPM que acompañan esta fila.



6.- Se realiza el cálculo de la CONCENTRACION_NOX_MG/NM3 en una nueva fila. Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.



7.- Se filtran los datos negativos y cero de la columna FLUJO_GASES_SALIDA_NM3/H y se eliminan dejando las celdas vacías. Estos pueden ser errores del sistema de medición y no se consideran.



8.- Se realiza el cálculo de la EMISION_NOX_K/H en una nueva fila. Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.

UGE	CONCENTRACION_NOX_PPM	OXIGENO_PORCENTAJE_BASE_SECA	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	FLUJO_GASES_SALIDA_NM3_H	EMISION_NOX (k/h)	CONCENTRACION_SO2
Ventanas I	208,399	6,581	407,34	358453,6	140,513	105,10
Ventanas I	200,74	6,591	393,187	359683,9	135,814	78,7
Ventanas I	218,094	6,825	434,269	363738,4	149,218	82,15
Ventanas I	219,283	6,812	436,242	362547	149,540	82,62
Ventanas I	218,425	6,842	435,462	365362,7	150,112	79,5
Ventanas I	218,061	6,852	435,06	364466,4	149,494	81,87
Ventanas I	217,678	6,837	433,813	361832	148,153	87,74
Ventanas I	214,995	6,833	428,35	364940,3	147,584	71,55
Ventanas I	204,367	6,713	403,724	362305,4	139,275	68,04
Ventanas I	205,44	6,728	406,29	364349,1	140,796	73,08
Ventanas I	200,525	6,864	400,397	358993,8	135,408	75,70
Ventanas I	196,111	6,853	391,284	357285,1	131,797	69,05
Ventanas I	199,41	6,789	396,072	359200,3	134,733	88,66
Ventanas I	200,589	6,83	399,572	357146,1	134,754	95,45
Ventanas I	201,1	6,841	400,89	360667,1	136,429	81,27
Ventanas I	201,409	6,85	401,767	360609,6	136,617	76,73
Ventanas I	201,713	6,85	402,371	363920,1	138,079	77,20
Ventanas I	201,522	6,836	401,588	358904,2	136,047	73,56
Ventanas I	199,875	6,784	396,296	361099	135,761	63,28
Ventanas I	202,605	5,974	380,445	412356,5	157,149	63,96
Ventanas I	199,044	5,64	365,573	421300,9	159,859	40,02
Ventanas I	202,795	5,605	371,618	427289,3	162,999	61,79

9.- Se filtran los datos negativos de la columna POTENCIA_BRUTA_MWH y se eliminan dejando las celdas vacías. Estos pueden ser errores del sistema de medición y no se consideran.

Chimenea	Periodo	UGE	CONCENTRACION_NOX_PPM	POTENCIA_BRUTA_MWH
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-123
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-123
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-5
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-4,34
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-4,12
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-413
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-34
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-33
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-82
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-23
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-5
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-45
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-43
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-233
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-86
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-53
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-222
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-86
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-44
Ventanas 1	2017/1	Ventanas I		-53

10.- Cálculo emisión anual (t/año) Para este propósito se utiliza el procedimiento de la Figura 4-1.

	F	G	H	I	J	K	L	M
	CONCENTRACION_NOX_PPM	EMISIÓN_NOX (k/h)	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	POTENCIA_BRUTA_MWH	FLUJO_GASES_SAUDA_NM3_H	CONCENTRA	CONCENTRA	CONCENTRA CON
8745	211,25	134,352	475,216	56	338110	27,1	84,816	3,663
8746	196,02	100,283	440,875	50	271981,8	13,312	41,656	3,684
8747	198,8	155,131	357,786	88	414852,8	42,232	105,746	5,348
8748	216,616	178,080	402,383	96	438526,2	2,735	7,069	5,742
8749	220,695	181,697	416,028	93	437689,1	8,732	22,902	5,92
8750	223,642	184,884	428,601	90	439497,6	11,756	31,346	5,981
8751	242,913	198,157	489,757	86	438679,4	7,142	20,033	5,893
8752	232,201	179,648	464,971	80	411310,3	16,938	47,189	5,557
8753	232,835	178,619	465,29	80	407840,1	23,616	65,66	5,572
8754	245,446	194,822	496,501	82	421981,9	20,147	56,702	5,807
8755	246,429	204,837	492,445	89	441903,7	12,877	35,802	6,233
8756	223,24	183,735	433,271	87	437554,6	8,564	23,124	5,99
8757	219,229	181,613	425,528	90	440413,8	17,899	48,337	5,677
8758	200,978	165,720	363,656	101	438366,9	23,519	59,208	5,674
8759	197,839	161,181	355,097	96	433125,9	6,904	17,241	5,621
8760	198,427	161,833	356,133	98	438587,8	10,143	25,329	5,39
8761	212,37	174,255	397,39	82	436217,3	15,93	41,471	5,451
8762		1170,302	53	7037	405338			
8763			7014	614181,497				
8764			450					
8765		Comunidad europea	7016	1723				
8766								

11.- Se utilizan la siguientes funciones Excel para contar las horas en que se sobrepasó:

- norma DS 13 carbón existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761,">500").

	F	G	H	I	J	K	L	M
	CONCENTRACION_NOX_PPM	EMISIÓN_NOX (k/h)	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	POTENCIA_BRUTA_MWH	FLUJO_GASES_SAUDA_NM3_H	CONCENTRA	CONCENTRA	CONCENTRA CON
8745	211,25	134,352	475,216	56	338110	27,1	84,816	3,663
8746	196,02	100,283	440,875	50	271981,8	13,312	41,656	3,684
8747	198,8	155,131	357,786	88	414852,8	42,232	105,746	5,348
8748	216,616	178,080	402,383	96	438526,2	2,735	7,069	5,742
8749	220,695	181,697	416,028	93	437689,1	8,732	22,902	5,92
8750	223,642	184,884	428,601	90	439497,6	11,756	31,346	5,981
8751	242,913	198,157	489,757	86	438679,4	7,142	20,033	5,893
8752	232,201	179,648	464,971	80	411310,3	16,938	47,189	5,557
8753	232,835	178,619	465,29	80	407840,1	23,616	65,66	5,572
8754	245,446	194,822	496,501	82	421981,9	20,147	56,702	5,807
8755	246,429	204,837	492,445	89	441903,7	12,877	35,802	6,233
8756	223,24	183,735	433,271	87	437554,6	8,564	23,124	5,99
8757	219,229	181,613	425,528	90	440413,8	17,899	48,337	5,677
8758	200,978	165,720	363,656	101	438366,9	23,519	59,208	5,674
8759	197,839	161,181	355,097	96	433125,9	6,904	17,241	5,621
8760	198,427	161,833	356,133	98	438587,8	10,143	25,329	5,39
8761	212,37	174,255	397,39	82	436217,3	15,93	41,471	5,451
8762		1170,302	53	7037	405338			
8763			7014	614181,497				
8764			450					
8765		Comunidad europea	7016	1723				
8766								

- norma DS 13 carbón nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">200").

Centrales Ventanas | 2017.xlsx - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Power Pivot Qué desea hacer? Iniciar sesión Compartir

Regla Barra de fórmulas Líneas de cuadrícula Encabezados Zoom 100% Ampliar selección Nueva ventana Organizar Inmovilizar Dividir Ocultar Ver en paralelo Desplazamiento sincrónico Restablecer posición de la ventana Cambiar ventanas Macros

H8763 =CONTAR.SI(H2:H8761;">200")

	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CONCENTRACION_NOX_PPM	EMISIÓN_NOX (k/h)	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	POTENCIA_BRUTA_MWH	FLUJO_GASES_SAUDA_NM3_H	CONCENTRA	CONCENTRA	CONCENTRA
8745	211,25	134,352	475,216	56	338110	27,1	84,816	3,663
8746	196,02	100,283	440,875	50	271981,8	13,312	41,656	3,684
8747	198,8	155,131	357,786	88	414852,8	42,232	105,746	5,348
8748	216,616	178,680	402,383	96	438526,2	2,735	7,069	5,742
8749	220,695	181,697	416,028	93	437689,1	8,732	22,902	5,92
8750	223,642	184,884	428,601	90	439497,6	11,756	31,346	5,961
8751	242,913	198,157	489,757	86	438679,4	7,142	20,033	5,893
8752	232,201	179,648	464,971	80	411310,3	16,938	47,189	5,557
8753	232,835	178,619	465,29	80	407840,1	23,616	65,66	5,572
8754	245,446	194,822	496,501	82	421981,9	20,147	56,702	5,807
8755	246,429	204,837	492,445	89	441903,7	12,877	35,802	6,233
8756	223,24	183,735	433,271	87	437554,6	8,564	23,124	5,99
8757	219,229	181,613	425,528	90	440413,8	17,899	48,337	5,677
8758	200,978	165,720	363,656	101	438366,9	23,519	59,208	5,674
8759	197,839	161,181	358,097	96	433125,9	6,904	17,241	5,621
8760	198,427	161,833	356,133	98	433587,8	10,143	25,329	5,39
8761	212,37	174,255	397,39	82	436217,3	15,93	41,471	5,451
8762		1170,302	53	7037	405338			
8763			7014	614181,497				
8764			450					
8765		Comunidad europea	7016	1723				
8766								

- norma CE carbón nueva = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">183,2").
- norma CE carbón existente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">183,2").

Centrales Ventanas | 2017.xlsx - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Power Pivot Qué desea hacer? Iniciar sesión Compartir

Regla Barra de fórmulas Líneas de cuadrícula Encabezados Zoom 100% Ampliar selección Nueva ventana Organizar Inmovilizar Dividir Ocultar Ver en paralelo Desplazamiento sincrónico Restablecer posición de la ventana Cambiar ventanas Macros

H8765 =CONTAR.SI(H2:H8761;">183,2")

	F	G	H	I	J	K	L	M
1	CONCENTRACION_NOX_PPM	EMISIÓN_NOX (k/h)	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	POTENCIA_BRUTA_MWH	FLUJO_GASES_SAUDA_NM3_H	CONCENTRA	CONCENTRA	CONCENTRA
8745	211,25	134,352	475,216	56	338110	27,1	84,816	3,663
8746	196,02	100,283	440,875	50	271981,8	13,312	41,656	3,684
8747	198,8	155,131	357,786	88	414852,8	42,232	105,746	5,348
8748	216,616	178,680	402,383	96	438526,2	2,735	7,069	5,742
8749	220,695	181,697	416,028	93	437689,1	8,732	22,902	5,92
8750	223,642	184,884	428,601	90	439497,6	11,756	31,346	5,961
8751	242,913	198,157	489,757	86	438679,4	7,142	20,033	5,893
8752	232,201	179,648	464,971	80	411310,3	16,938	47,189	5,557
8753	232,835	178,619	465,29	80	407840,1	23,616	65,66	5,572
8754	245,446	194,822	496,501	82	421981,9	20,147	56,702	5,807
8755	246,429	204,837	492,445	89	441903,7	12,877	35,802	6,233
8756	223,24	183,735	433,271	87	437554,6	8,564	23,124	5,99
8757	219,229	181,613	425,528	90	440413,8	17,899	48,337	5,677
8758	200,978	165,720	363,656	101	438366,9	23,519	59,208	5,674
8759	197,839	161,181	358,097	96	433125,9	6,904	17,241	5,621
8760	198,427	161,833	356,133	98	433587,8	10,143	25,329	5,39
8761	212,37	174,255	397,39	82	436217,3	15,93	41,471	5,451
8762		1170,302	53	7037	405338			
8763			7014	614181,497				
8764			450					
8765		Comunidad europea	7016	1723				
8766								

12.- Se utiliza la siguiente función Excel para contar las horas de funcionamiento de la central anualmente = CONTAR.SI (Fila2:Fila8761;">0")

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

	F	G	H	I	J	K	L	M
	CONCENTRACION_NOX_PPM	EMISION_NOX (k/h)	CONCENTRACION_NOX_MG_NM3	POTENCIA_BRUTA_MWH	FLUJO_GASES_SALIDA_NM3_H	CONCENTRA	CONCENTRA	CONCENTRA
8745	211,25	134,352	475,216	56	338110	27,1	84,816	3,663
8746	196,02	100,283	440,875	50	271981,8	13,312	41,656	3,684
8747	198,8	155,131	357,786	88	414852,8	42,232	105,746	5,348
8748	216,616	178,080	402,383	96	438526,2	2,735	7,069	5,742
8749	220,695	181,697	418,028	93	437689,1	8,732	22,902	5,92
8750	223,642	184,884	428,601	90	439497,6	11,756	31,346	5,361
8751	242,913	198,157	489,757	86	433679,4	7,142	20,033	5,893
8752	232,201	179,648	464,971	80	411310,3	16,938	47,189	5,557
8753	232,835	178,619	465,29	80	407840,1	23,616	65,66	5,572
8754	245,446	194,822	496,501	82	421981,9	20,147	56,702	5,807
8755	246,429	204,837	492,445	89	441903,7	12,877	35,802	6,233
8756	223,24	183,735	433,271	87	437554,6	8,564	23,124	5,99
8757	219,229	181,613	425,528	90	440413,8	17,899	48,337	5,677
8758	200,978	165,720	363,656	101	438366,9	23,519	59,208	5,674
8759	197,839	161,181	358,097	96	433125,9	6,904	17,241	5,621
8760	198,427	161,833	356,133	98	435587,8	10,143	25,329	5,39
8761	212,37	174,255	397,39	82	436217,3	15,83	41,471	5,451
8762		1170,302	53	7037	405338			
8763			7014	614161,497				
8764			450					
8765		Comunidad europea	7016	1723				
8766								

The formula bar shows: `=CONTAR.SI(I2:I8761;>0)`

ANEXO III Cálculo de Exactitud Relativa Caudal

Uno de los ensayos para validar un CEMS, es el ensayo denominado Exactitud Relativa, éste se encuentra desarrollado y explicado en el Protocolo para validación de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones “CEMS” en Centrales Termoeléctricas. El ensayo de Exactitud Relativa consiste en comparar valores entregados por el CEMS y valores obtenidos por medio de la aplicación de métodos de referencia. Para el caudal se aplica el método CH-2 “Determinación de la velocidad y del flujo volumétrico de gases en chimenea” Esta comparación consiste en comparar un mínimo de 9 corridas de muestras de datos, pudiendo eliminar un máximo de 3 corridas, siempre que la determinación de la Exactitud Relativa se realice con un número de muestras igual o mayor que 9 corridas. El método de referencia es realizado por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, que es supervisada y autorizada por la Superintendencia de Medio Ambiente, y actualmente acreditada por la norma 17020 ó 17025, para organismos de inspección u organismos de ensayo.

Los resultados del Ensayo de Exactitud Relativa deben cumplir con los límites de Exactitud Relativa obtenidos, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Exactitud Relativa} = \frac{|d_{\text{promedio}}| + |CC|}{\text{Valor promedio método de referencia}} \times 100 \text{ ecuación III-1}$$

Donde:

- d_{promedio} = Promedio aritmético de las diferencias d_i
 d_i = (Valor método de referencia) $_i$ – (Valor CEMS) $_i$
CC = 0,76867 x Sd

$$CC = t_{0,025} \frac{Sd}{\sqrt{n}}$$

- CC = Coeficiente de confianza. Considera la probabilidad que el valor medido tenga un 95% de nivel de confianza para $n = 9$ corridas. (Para 9 corridas la constante en la ecuación es 2,306 según tabla del protocolo respecto al coeficiente de confianza para $t_{0,0025}$).

Cuadro A.III-1 Límite del porcentaje de Exactitud Relativa para el parámetro Caudal.

Parámetro	Exactitud Relativa	Método de Referencia
Flujo o Caudal	➤ ≤20% utilizando el MR en ecuación III-1	CH-2

1/2

$$S_d = \left[\frac{\sum d_i^2 - \frac{1}{n}(\sum d_i)^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

Donde:

Sd = Desviación estándar

n = número de corridas

En el cuadro A.III-1 es posible observar el límite de la diferencia del caudal CEMS con el método de referencia CH-2, que mide la ETFA.

En el Cuadro A.III-2 es posible observar el límite inferior de caudal que pudiera tener la termoeléctrica Renca, para que su medición CEMS de caudal sea validado.

Cuadro A.III-2 Cálculo realizado con un caudal llevándolo a la máxima diferencia con el valor del método de referencia, usando límite inferior.

Corrida	Fecha	Caudal (m³N/h) ETFA	Caudal (m³N/h) Nueva Renca	di	di²
1	xx-xx-xxxx	1671777	1345000	326777	106783207729
2	xx-xx-xxxx	1672000	1345000	327000	106929000000
4	xx-xx-xxxx	1671886	1345000	326886	106854456996
7	xx-xx-xxxx	1671000	1345000	326000	106276000000
8	xx-xx-xxxx	1672443	1345000	327443	107218918249
9	xx-xx-xxxx	1671454	1345000	326454	106572214116
10	xx-xx-xxxx	1673453	1335000	338453	114550433209
11	xx-xx-xxxx	1671222	1335000	336222	113045233284
12	xx-xx-xxxx	1673124	1335000	338124	114327839376
Promedio		1672040			
Promedio			1341667	330373	---
Suma				2973359,0	982557302959
Desviación Estándar				5467,1	---
CC				4202,3	---
Exactitud Relativa Flujo (%)				20,0	---

En el cuadro A.III-3 es posible observar el límite superior de caudal que pudiera tener la termoeléctrica Renca, para que su medición CEMS de caudal sea validado.

Cuadro A.III-3 Cálculo realizado con un caudal llevándolo a la máxima diferencia con el valor del método de referencia, usando límite superior.

Corrida	Fecha	Caudal (m ³ N/h) ETFA	Caudal (m ³ N/h) Nueva Renca	di	di ²
1	xx-xx-xxxx	1671777	2004001	-332224	110372786176
2	xx-xx-xxxx	1672000	2005978	-333978	111541304484
4	xx-xx-xxxx	1671886	2004888	-333002	110890332004
7	xx-xx-xxxx	1671000	2003678	-332678	110674651684
8	xx-xx-xxxx	1672443	2006678	-334235	111713035225
9	xx-xx-xxxx	1671454	2003866	-332412	110497737744
10	xx-xx-xxxx	1673453	2003879	-330426	109181341476
11	xx-xx-xxxx	1671222	2004789	-333567	111266943489
12	xx-xx-xxxx	1673124	2004499	-331375	109809390625
	Promedio	1672040			
		Promedio	2004695	-332655,2	---
		Suma	---	-2993897,0	995947522907
		Desviación Estándar	---	1227,3	---
		CC	---	943,4	---
		Exactitud Relativa Flujo (%)		20,0	---

En el cuadro A.III-4 es posible observar la variación de los impuestos que es posible tener al variar la medición entre un límite superior o inferior de caudal, para lo cual un medidor CEMS de caudal se valida. Es decir, podría pagarse en impuesto verde por emisiones de NOx a un valor superior de 33.323 US\$ o un valor inferior de 33.096 US\$, del valor de impuesto que genera el caudal verdadero, que es el entregado por el método de referencia. Si consideramos el total de los impuestos, ver cuadro A.III-5, considerando todos los contaminantes, sin duda esta es una diferencia relevante. En nuestro cálculo del total de impuesto verde que pago la Central Nueva Renca el año 2017, es posible ahorrarse 914.274 US\$ de impuestos al funcionar con un caudal en el límite inferior.

Cuadro A.III-4 Límites de caudales que es posible validar en la Central Termoeléctrica.

Caudal (m ³ N/h)	Límite Menor	Valor CEMs	Límite Mayor
		1.341.667	1.672.040
Concentración (mg/m ³ N)	37	37	37
Emisión (t/año)	304,45	379,42	454,91
Impuesto Verde (US\$)	134.401	167.497	200.820

Cuadro A.III-5 Variación del valor de los impuestos verdes totales al variar el caudal a los valores que es validable el CEMS.

Impuesto año 2017 Central Termoeléctrica	Caudal		
	Límite Inferior	Método de Referencia	Límite Superior
Nueva Renca (US\$)	3.657.097	4.571.371	5.485.645

**ANEXO IV Requerimiento de datos a la Superintendencia de Medio Ambiente
mediante Ley de Transparencia**



ORD N° 1254

ANT.: 1. Solicitud N° AW003T0001426
Superintendencia del Medio Ambiente.

2.- Correo de subsanación de fecha 3
de mayo de 2017.

MAT.: Responde parcialmente solicitud de
Información.

Santiago,

22 MAY 2017

A: SR. PABLO HIDALGO MARABOLÍ

DE: MIRELLA MARÍN
ENCARGADA OFICINA DE TRANSPARENCIA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Con fecha 19 de abril de 2017, esta Superintendencia recibió su requerimiento de información pública, el que conforme a lo dispuesto en la Ley N° 20.285 Sobre Acceso a la Información Pública, fue registrado con el Folio N° AW003T0001426, el que además fue subsanado mediante correo electrónico de fecha 3 de mayo de 2017. En este, se expresa lo siguiente:

"Solicito informes trimestrales de emisiones de contaminantes atmosféricos de Centrales Termoeléctricas de la Quinta Región y Región Metropolitana. Estos informes tienen la finalidad de vigilar el cumplimiento de la Norma de Emisión, de acuerdo al Decreto 13 " Establece Norma de Emisión para termoeléctricas" (año 2011). Estos datos serían desde que la Superintendencia tomo el control de esta información.

Empresa Eléctrica Campiche S.A. 76.008.306-2 Campiche

Termoeléctrica Colmito S.A. 76.326.949-3 Colmito

Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Los Vientos

Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco

Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco 9B

Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco II CA

Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco II CC

SOCIEDAD ELECTRICA SANTIAGO 96.717.620-6 Nueva Renca

Empresa Eléctrica Ventanas S.A. 96.814.370-0 Nueva Ventanas

Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 Quintero U1

Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 Quintero U2

SOCIEDAD ELECTRICA SANTIAGO SpA 96.717.620-6 Renca

Compañía Eléctrica Tarapacá S.A. 96.770.940-9 San Isidro

Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 San Isidro II CA

Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 San Isidro II CC

Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Ventanas 1

Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Ventanas 2."



Rectificación

"Mi solicitud son las mediciones horarias o minuto a minuto que reportan los CEMS instalados".

De acuerdo a lo señalado en el texto transcrito, y en relación a las mediciones horarias que reportan los Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) instalados en las empresas que indica, se informa que podrá encontrar adjunto al presente oficio una planilla Excel que contiene los datos disponibles. Cabe hacer presente que los antecedentes correspondientes al año 2013, corresponden a pruebas de validaciones de CEMS, según lo dispuesto en el artículo 9 del Decreto Supremo N° 13, que Establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas.

En complementación de lo anterior, es preciso señalar que dentro de la planilla observará las columnas "Estado Uge" y "Tipo Dato". Para una mayor comprensión del significado de los valores de estas columnas, se adjunta al presente oficio, la Guía sobre el Sistema de Información para Centrales Termoeléctricas, aprobada por Resolución Exenta N° 1093 de fecha 25 de noviembre de 2015.

Sin otro particular, le saluda atentamente,



MIRELLA MARÍN
ENCARGADA OFICINA DE TRANSPARENCIA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE


LMS/LMS/COC

Distribución por correo electrónico:

- Pablo Hidalgo Maraboli.

Adjunto:

- Planilla Excel con información indicada.
- Guía sobre el Sistema de Información para Centrales Termoeléctricas.

C.C.:

- Fiscalía, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Oficina de Transparencia y Participación Ciudadana, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Oficina de Partes, Superintendencia del Medio Ambiente.

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)

ACUSE DE RECIBO DE SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN

LEY DE TRANSPARENCIA

AW003T0001426

Fecha: 19/04/2017 Hora: 11:19:20



1. Contenido de la Solicitud

Nombre y apellidos o razón social: Pablo Hidalgo Marabolí
Tipo de persona: Natural
Dirección postal y/o correo electrónico: pdhidalgo@gmail.com
Región Metropolitana, PUENTE ALTO,

Nombre de apoderado (si corresponde):

Solicitud realizada: Estimados Señores:

Solicito informes trimestrales de emisiones de contaminantes atmosféricos de Centrales Termoelectricas de la Quinta Región y Región Metropolitana. Estos informes tienen la finalidad de vigilar el cumplimiento de la Norma de Emisión, de acuerdo al Decreto 13 " Establece Norma de Emisión para termoelectricas" (año 2011). Estos datos serian desde que la Superintendencia tomo el control de esta información.

Empresa Eléctrica Campiche S.A. 76.008.306-2 Campiche
Termoelectrica Colmito S.A. 76.326.949-3 Colmito
Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Los Vientos
Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco
Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco 9B
Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco II CA
Colbún S.A. 96.505.760-9 Nehuenco II CC
SOCIEDAD ELECTRICA SANTIAGO 96.717.620-6 Nueva Renca
Empresa Eléctrica Ventanas S.A. 96.814.370-0 Nueva Ventanas
Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 Quintero U1
Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 Quintero U2
SOCIEDAD ELECTRICA SANTIAGO SpA 96.717.620-6 Renca
Compañía Eléctrica Tarapacá S.A. 96.770.940-9 San Isidro
Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 San Isidro II CA
Empresa Nacional de Electricidad S.A. 91.081.000-6 San Isidro II CC
Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Ventanas 1
Aes Gener S.A. 94.272.000-9 Ventanas 2

Esta información es necesaria debido a que estoy trabajando en una Tesis de un Magister de la Universidad de Chile.

Muchas Gracias

Observaciones:
Archivos adjuntos: blob.
Medio de envío o retiro de la información: Recogida en Oficina de Partes
Formato de entrega de la información: CDROM
Sesión Iniciada en Portal: SI
Via de ingreso en el organismo: Vía electrónica

De acuerdo a su requerimiento, este organismo procederá a verificar lo siguiente:

- a) Si su presentación constituye una solicitud de información.
- b) Si nuestra institución es competente para dar respuesta a ésta.
- c) Si su solicitud cumple con los requisitos obligatorios establecidos en el artículo 12 de la Ley de Transparencia.

2. Fecha de entrega vence el: 19/05/2017

El plazo máximo para responder una solicitud de información es de veinte (20) días hábiles. De acuerdo a su presentación la fecha máxima de entrega de la respuesta es el día 19/05/2017. Se informa además que excepcionalmente el plazo referido podrá ser prorrogado por otros 10 días hábiles, cuando existan circunstancias que hagan difícil reunir la información solicitada, conforme lo dispone el artículo 14 de la Ley de Transparencia.

Teatinos 280, piso 8 y 9

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)

Informamos además que la entrega de información eventualmente podrá estar condicionada al cobro de los costos directos de reproducción. Por su parte, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 18 de la Ley de Transparencia, el no pago de tales costos suspende la entrega de la información requerida.

En caso que su solicitud de información no sea respondida en el plazo de veinte (20) días hábiles, o sea ésta denegada o bien la respuesta sea incompleta o no corresponda a lo solicitado, en aquellos casos que la ley lo permite usted podrá interponer un reclamo por denegación de información ante el Consejo para la Transparencia www.consejotransparencia.cl dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la notificación de la denegación de acceso a la información, o desde que haya expirado el plazo definido para dar respuesta.

3. Seguimiento de la solicitud

Con este código de solicitud: AW003T0001426, podrá hacer seguimiento a su solicitud de acceso a través de los siguientes medios:

- a) Directamente llamando al teléfono del organismo: 56 2 2617 1860
- b) Consultando presencialmente, en oficinas del organismo "Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)", ubicadas en Teatinos 280, piso 8 y 9, en el horario De lunes a viernes de 9.00 a 13.00 hrs
- c) Digitando código de solicitud en www.portaltransparencia.cl opción 'Hacer seguimiento a solicitudes'

4. Eventual subsanación

Si su solicitud de información no cumple con todos los requisitos señalados en el artículo 12 de la Ley de Transparencia, se le solicitará la subsanación o corrección de la misma, para lo cual tendrá un plazo máximo de cinco (5) días hábiles contados desde la notificación del requerimiento de subsanación. En caso que usted no responda a esta subsanación dentro del plazo señalado, se le tendrá por desistido de su petición.

**ANEXO V Centrales Termoeléctricas de la regiones de Valparaíso y
Metropolitana.**

Central	Fec ha P uesta en Servic io Central	Región	Comuna	Tipo Unidad	Unidades	Tipo de Energía	Potenc ia Neta [MW]	Combustible 1	Combustible 2
Campiche	2013	Valparaíso	Puchuncaví	TV	1	Carbón	248,99	Carbón	
Colmito	2008	Valparaíso	Concón	TG	1	Petróleo Diesel	57,71	Petróleo Diesel	GNL
Los Vientos	2007	Valparaíso	Llaillay	TG	1	Petróleo Diesel	131,34	Petróleo Diesel	
Nehuenco	1998	Valparaíso	Quillota	CC	1	Gas Natural	361,40	Gas Natural	Petróleo Diesel
Nehuenco 9B	2002	Valparaíso	Quillota	TG	1	Petróleo Diesel	106,92	Gas Natural	Petróleo Diesel
Nehuenco II CA	2003	Valparaíso	Quillota	TG	1	Gas Natural	252,15	Gas Natural	GNL
Nehuenco II CC	2004	Valparaíso	Quillota	CC	1	Gas Natural	390,29	Gas Natural	Petróleo Diesel
Nueva Renca	1997	Metropolitana	Renca	CC	1	Gas Natural	369,90	Petróleo Diesel	GNL
Nueva Ventanas	2010	Valparaíso	Puchuncaví	TV	1	Carbón	248,99	Carbón	
Quintero U1	2009	Valparaíso	Quintero	TG	1	Petróleo Diesel	127,10	Petróleo	GNL
Quintero U2	2009	Valparaíso	Quintero	TG	1	Petróleo Diesel	128,10	Petróleo	GNL
Renca	1962	Metropolitana	Renca	TV	2	Petróleo Diesel	92,00	Petróleo Diesel A-1	
San Isidro	1998	Valparaíso	Quillota	CC	1	Gas Natural	367,63	Gas Natural	Petróleo Diesel
San Isidro II CA	2007	Valparaíso	Quillota	TG	1	Gas Natural	235,89	Petróleo Diesel	GNL
San Isidro II CC	2008	Valparaíso	Quillota	CC	1	Gas Natural	393,37	Petróleo Diesel	GNL
Ventanas 1	1964	Valparaíso	Puchuncaví	TV	1	Carbón	113,40	Carbón	
Ventanas 2	1977	Valparaíso	Puchuncaví	TV	1	Carbón	208,56	Carbón	

**ANEXO VI Orden de Mérito de las centrales de la regiones de Valparaíso y
Metropolitana entre los años 2014 al 2017.**

Centrales	Año	Combustibles	Potencia Nominal(MW)	Potencia Bruta	Horas de funcionamiento	Orden de mérito
Central Campiche	2014	Carbón	272	2159241,00	8279,00	1
Nueva Ventanas	2014	Carbón	272	2182964,00	8076,00	2
Ventanas I	2014	Carbón	120	748070,10	7882,00	3
San Isidro TG2	2014	Gas Natural	244,4; 399	1552307,18	7348,00	4
VENTANAS II	2014	Carbón	220	1176298,00	6932,00	5
San Isidro TG1	2014	Gas Natural	379	1190538,58	5822,00	6
Turbina Gas Nehuenco II	2014	Gas Natural	108	1921146,67	5699,00	7
Nueva Renca	2014	Diesel	379	1176671,00	4108,00	8
Turbina Gas Nehuenco I	2014	Gas Natural	368,4	1222369,37	3944,00	9
Nueva Renca	2014	Gas Natural	379	437920,00	1479,00	10
Quintero TG1B	2014	Gas Natural	129	144756,22	1431,00	11
Quintero TG1A	2014	Gas Natural	128	97622,21	975,00	12
Turbina Gas Nehuenco I	2014	Diesel	368,4	233878,10	865,00	13
Turbina Gas Nehuenco II	2014	Diesel	108	104332,00	406,00	14
San Isidro TG2	2014	Diesel	244,4; 399	31820,29	166,00	15
Termoelectrica Colmito	2014	Diesel	58	5885,40	126,00	16
Central Los Vientos	2014	Diesel	132	10450,47	118,00	17
San Isidro TG1	2014	Diesel	379	16286,97	91,00	18
Turbina Gas Nehuenco III	2014	Diesel	257,3; 398,25	5308,23	85,00	19
Turbina Gas Nehuenco III	2014	Gas Natural	257,3; 398,25	1389,66	19,00	20
Central Renca (U1)	2014	Diesel	100	0,00	0,00	21
Central Renca (U2)	2014	Diesel	100	0,00	0,00	22

Centrales	Año	Combustibles	Potencia Nominal(MW)	Potencia Bruta	Horas de funcionamiento	Orden de mérito
Nueva Ventanas	2015	Carbón	272	2263102,00	8577,00	1
Central Campiche	2015	Carbón	272	2123385,00	8186,00	2
Turbina Gas Nehuenco II	2015	Gas Natural	108	2112146,55	6875,00	3
Ventanas I	2015	Carbón	120	620171,00	6743,00	4
VENTANAS II	2015	Carbón	220	1034808,45	6589,00	5
Nueva Renca	2015	Gas Natural	379	1761223,00	5859,00	6
San Isidro TG2	2015	Gas Natural	244,4; 399	1105066,95	5058,00	7
Turbina Gas Nehuenco I	2015	Gas Natural	368,4	1315949,77	4567,00	8
San Isidro TG1	2015	Gas Natural	379	792251,50	3747,00	9
Quintero TG1A	2015	Gas Natural	128	257380,60	2323,00	10
Quintero TG1B	2015	Gas Natural	129	256242,08	2319,00	11
Central Los Vientos	2015	Diesel	132	77021,58	809,00	12
Termoelectrica Colmito	2015	Gas Natural	58	24682,13	544,00	13
Nueva Renca	2015	Diesel	379	79003,00	303,00	14
Turbina Gas Nehuenco I	2015	Diesel	368,4	51000,77	204,00	15
San Isidro TG2	2015	Diesel	244,4; 399	15602,12	86,00	16
Termoelectrica Colmito	2015	Diesel	58	1946,02	63,00	17
San Isidro TG1	2015	y pass Gas Natural	379	7233,56	54,00	18
Turbina Gas Nehuenco III	2015	Gas Natural	257,3; 398,25	1616,36	22,00	19
Turbina Gas Nehuenco III	2015	Diesel	257,3; 398,25	327,73	9,00	20
San Isidro TG1	2015	Diesel	379	1159,64	8,00	21
Turbina Gas Nehuenco II	2015	Diesel	108	1401,00	5,00	22
Central Renca (U1)	2015	Diesel	100	0,00	0,00	23
Central Renca (U2)	2015	Diesel	100	0,00	0,00	24

Centrales	Año	Combustibles	Potencia Nominal(MW)	Potencia Bruta	Horas de funcionamiento	Orden de mérito
Central Campiche	2016	Carbón	272	2269453,00	8736,00	1
Nueva Ventanas	2016	Carbón	272	2166487,00	8266,00	2
San Isidro TG2	2016	Gas Natural	244,4; 399	1803217,32	8189,00	3
VENTANAS II	2016	Carbón	220	1335300,00	7796,00	4
Ventanas I	2016	Carbón	120	682068,00	7751,00	5
Turbina Gas Nehuenco I	2016	Gas Natural	368,4	2187015,65	7348,00	6
Nueva Renca	2016	Gas Natural	379	2016860,40	6787,00	7
San Isidro TG1	2016	Gas Natural	379	970638,29	4902,00	8
Turbina Gas Nehuenco II	2016	Gas Natural	108	1288439,28	4196,00	9
Quintero TG1B	2016	Gas Natural	129	152960,09	1460,00	10
Quintero TG1A	2016	Gas Natural	128	104120,17	1021,00	11
Turbina Gas Nehuenco I	2016	Diesel	368,4	123035,18	450,00	12
Nueva Renca	2016	Diesel	379	100169,00	405,00	13
Central Los Vientos	2016	diesel	132	32713,82	330,00	14
Termoelectrica Colmito	2016	Gas Natural	58	7955,08	177,00	15
Turbina Gas Nehuenco II	2016	Diesel	108	21329,11	138,00	16
Turbina Gas Nehuenco III	2016	Diesel	257,3; 398,25	5471,28	77,00	17
San Isidro TG2	2016	Diesel	244,4; 399	9907,53	52,00	18
Turbina Gas Nehuenco III	2016	Gas Natural	257,3; 398,25	3434,33	50,00	19
Termoelectrica Colmito	2016	Diesel	58	456,24	15,00	20
San Isidro TG1	2016	Diesel	379	532,35	4,00	21
Central Renca (U1)	2016	Diesel	100	0,00	0,00	22
Central Renca (U2)	2016	Diesel	100	0,00	0,00	23

Centrales	Año	Combustibles	Potencia Nominal(MW)	Potencia Bruta	Horas de funcionamiento	Orden de mérito
Nueva Ventanas	2017	Carbón	272	1927101,22	7708,00	1
Central Campiche	2017	Carbón	272	1824764,01	7666,00	2
Ventanas I	2017	Carbón	120	614181,50	7037,00	3
San Isidro TG2	2017	Gas Natural	244,4; 399	1530516,01	6983,00	4
Turbina Gas Nehuenco I	2017	Gas Natural	368,4	1917331,97	6652,00	5
VENTANAS II	2017	Carbón	220	1066708,78	6330,00	6
Nueva Renca	2017	Gas Natural	379	1695420,00	5648,00	7
Turbina Gas Nehuenco II	2017	Gas Natural	108	1775363,73	5483,00	8
San Isidro TG1	2017	Gas Natural	379	1102914,44	5466,00	9
Quintero TG1A	2017	Gas Natural	128	215867,84	2071,00	10
Quintero TG1B	2017	Gas Natural	129	196441,83	1897,00	11
Nueva Renca	2017	Diesel	379	137819,00	485,00	12
Central Los Vientos	2017	Diesel	132	19088,38	214,00	13
Termoelectrica Colmito	2017	Diesel	58	6630,90	159,00	14
San Isidro TG2	2017	by pass Gas Natura	244,4; 399	14388,62	142,00	15
Turbina Gas Nehuenco II	2017	Diesel	108	15652,93	140,00	16
San Isidro TG1	2017	by pass Gas Natura	379	18769,10	139,00	17
Termoelectrica Colmito	2017	Gas Natural	58	6015,61	127,00	18
Turbina Gas Nehuenco I	2017	Diesel	368,4	3128,00	40,00	19
Central Renca (U1)	2017	Diesel	100	1048,56	40,00	20
Central Renca (U2)	2017	Diesel	100	952,05	36,00	21
Turbina Gas Nehuenco III	2017	Gas Natural	257,3; 398,25	2145,39	34,00	22
San Isidro TG1	2017	Diesel	379	4350,17	28,00	23
San Isidro TG2	2017	Diesel	244,4; 399	2214,33	14,00	24
Turbina Gas Nehuenco III	2017	Diesel	257,3; 398,25	678,95	9,00	25
San Isidro TG1	2017	By pass Diesel	379	406,48	4,00	26
San Isidro TG2	2017	by pass Diesel	244,4; 399	176,52	2,00	27