

Por el presente se indica los estudios que se anexan al presente expediente y que fueron utilizados en el Estudio de la empresa Consultora DSS Ambiente, 2009.

1) Bordado y Gomes, 2003. Emission and Odour control in Kraft pulp mill Emission and V. 11, pag 797-801.

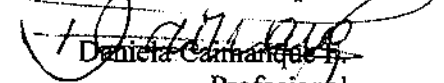
Método de cuantificación de beneficios: Basado en la disposición a pagar de los residentes por disminuir los malos olores. Estudios:

- a) Campos et. al 2001. Estimaciones paramétricas, semiparamétricas y no paramétricas en valorización contingente: Ampliación de un problema de calidad del aire.
- b) Batalhone et. al 2002. Economic of Air Pollution: Hedonic price model and shell consequences of Sewage treatment Plant in Urban Areas.

Método de cuantificación de beneficios: Precios hedónicos. Impacto del olor –precio vivienda. Estudios:

- c) Mardones et. al 2006. “Impacto de la Percepción de la Calidad del Aire Sobre el Precio de las Viviendas en Concepción-Talcahuano”, Chile.
- d) Kontogianni et. Al 2001 Social preferences for improving water quality: an economic analysis of benefits from wastewater treatment. Grecia

Información incluida por:



Daniela Camarero

Profesional

Área Control de la Contaminación Atmosférica

Depto. Control de la Contaminación

CONAMA

Fecha:

Diciembre 2009



Emission and odour control in Kraft pulp mills

João C.M. Bordado ^a, João F.P. Gomes ^{b,*}

^a *Chemical Engineering Department, Technical University of Lisbon, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex, Portugal*

^b *Environmental Technologies Center, Instituto de Soldadura e Qualidade, Apartado 119, 2781 Oeiras Codex, Portugal*

Received 8 October 2001; accepted 29 July 2002

Abstract

This paper describes systematic work done in the field of atmospheric emissions from Portuguese Kraft pulp mills, focused mainly on the gaseous emissions responsible for its characteristic odour. These mal-odorous gases, which were identified as hydrogen sulphide, methyl mercaptan, dimethyl mercaptan and dimethyl-disulphide, were experimentally quantified and classified into groups so that alternatives for abatement could be devised. The considered abatement techniques were evaluated economically and it was concluded that the costs to be incurred by pulp mills for an efficient abatement of TRS gases are not dramatic and could be easily covered by this industry, resulting in an evident reduction of an important and noticeable environmental impact.

© 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Odours; Air emissions; Kraft pulp mills; Reduced sulphur compounds

1. Introduction

One of the most sensitive environmental impacts of the actual Kraft (sulphate) pulp mills associated with atmospheric pollution is due to the emissions of reduced sulphur compounds in addition to particulates [1].

A study covering the Portuguese pulp mills was performed designed to attain the following objectives:

- to quantify the atmospheric emissions from Kraft pulp mills and,
- to evaluate the advanced technologies used in Portugal for the reduction of atmospheric pollution, as a first step to the design of efficient collection of non-condensable gases and abatement of the reduced sulphur gases.

Also, the typical odour associated with chemical pulp production is due to the generation of reduced sulphur compounds such as hydrogen sulphide, methyl-mercaptan, dimethyl-mercaptan and dimethyl-disulphide [2] which were quantified in Portuguese mills producing

eucalyptus bleached pulp by two different process routes which are elemental chlorine free (ECF) and totally chlorine free (TCF).

2. Quantification of stationary emission sources

The three main stationary sources of particulate emission are: **recovery boiler stack, limestone kiln stack and the stack from the smelt-dissolving tank**. These stacks are specific to this production process. Other sources include other existing boilers, not specific of the Kraft process, such as auxiliary boilers and bark-fired boilers.

The particulate emissions from recovery boiler and smelt tank stacks consist mainly of sodium salts. The limestone kiln stack also produces calcium salts. In both cases the emissions result primarily from the entrainment of ashes and other solids carried by turbulent fumes [3].

The emissions from these main stationary sources were experimentally measured from each individual source (after existing treatment units) for all the 6 Portuguese mills producing pulp by the Kraft process [4] and are presented in Table 1, and the percentage contribution of each source for each pollutant emissions is presented in Table 2.

The emission data, from these mills, combined with the respective production data, permit the calculation of

* Corresponding author. Tel.: +351-1914-9107; fax: +351-1913-7618.

E-mail address: jpgomes@isq.pt (J.F.P. Gomes).

Table 1
Total emissions from the Portuguese Kraft pulp mills (ton/year)

Pollutant	Kraft Mills
Particulate	4399 tons of particulates
SO ₂	1879 ton SO ₂
NO _x	2512 ton NO _x
H ₂ S	206 ton H ₂ S

Table 2
Percentage distribution of emissions from Kraft process pulp mills in Portugal

Source	TSP	SO ₂	NO _x	H ₂ S
% Recovery boiler	65.1	35.7	69.4	97.0
% Smelt	4.9	1.0	5.5	1.9
% Limestone kiln	9.4	44.1	4.8	1.0
% Auxiliary boiler	20.5	19.2	9.7	0
% Incinerator	0.1	0.02	10.5	0

the [redacted] for the stationary sources of two of the largest Portuguese Kraft pulp mills as shown in Table 3, where "A" is the largest plant producing bleached eucalyptus ECF pulp, 430,000 ton/year. "B" is a somewhat smaller plant producing bleached eucalyptus TCF pulp, 260,000 ton/year.

This data are important in order to assess the compliance of these sources within the accepted values for the best available technologies for this particular process, and allowed for comparison with accepted BAT (Best Available Techniques) for these types of mills [5,6]. For instance, it can be noticed that, as a whole, the situation of both mills A and B is better than average, referring to the typical values for best available technologies [7]. An exception occurs for limestone kiln emissions of mill A in terms of nitrogen oxides and hydrogen sulphide. Also, particulates emitted from smelt dissolving tank of mill A are outside of the interval described as the one for best available technologies.

Table 3
Emission factors for two Portuguese Kraft pulp mills (kg/ton)

Source	Particulate		SO ₂		NO _x		H ₂ S	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Recovery boiler	1.18	0.90	0.21	0.45	2.01	1.08	0.003	–
Smelt	0.39	0.13	0.03	–	0.01	–	0.009	–
Lime kiln	0.02	0.05	0.55	0.09	0.33	0.15	0.045	0.0008
Auxiliary boiler	0.33	0.30	0.14	0.72	0.29	0.77	0	0
Incinerator	–	0.03	–	0.002	–	0.10	–	0

3. Quantification of diffuse emission sources

The second step of this study was the sampling and analysis of mercaptans, as a whole and also as individual compounds, both from stationary sources and diffuse sources such as retention tanks, evaporators and digestors. This latter study is also important to assess the viability of collection of gases containing mercaptans and/or hydrogen sulphide and its burning in boilers or lime kilns.

The identified compounds have very low olfactive detection levels that explains their detection by humans even in small quantities and at great distances from emission sources. At these detection levels, the toxicity of the compounds is negligible. However, being a nuisance, they are subjected to particular attention as the pulp and paper industry is continuously faced with more stringent air emission limits concerning gaseous pollutants. These reduced sulphur compounds were found in several waste streams from various processes within the pulp mill, such as: recovery boiler gases, foul condensate tank off-gases and underflows, black liquor retention tanks, sludge de-watering operations, brown stock washer hoods, digester blow vents, chip bin vents, waste treatment areas and non-condensable gases from the lime kiln. These non-oxidised sulphur compounds are typically referred to as TRS (Total Reduced Sulphur) that is usually comprised of high levels of hydrogen sulphide along with variable levels of the mercaptans. It was noticed that the TRS levels and composition vary considerably at different locations within the Kraft pulp mill.

Thus, a specific method was developed for collection and analysis of these emissions: samples were collected from both stationary and diffuse sources using a vacuum pump into glass bottles and PTFE bags. The analytical detection is then made using a gas chromatograph equipped with a flame photometric detector where the injection circuit was modified by the introduction of a manual gas valve and a loop to allow injection of samples directly from the collection bag. The chromatographic column used was a column packed with *Pora-*

pak, a porous polymer composed of ethyl-vinyl benzene cross-linked with divinyl-benzene to form a uniform structure, and proved to be effective to attain the separation of sulphur compounds present in Kraft pulp mill waste gases [8].

This system allowed for a quantitative identification of TRS emission sources throughout the Kraft mill production process, where gas flow rates were also measured. Thus, sources were divided in three groups, according to their emission rate: group 1, which included emissions of TRS > 1 kg/h, accounted for about 80% of all plant emissions and therefore, formed the most important group of sources where abatement could be more effective, as presented in Table 4 [9].

A simplified flow sheet of the process is presented in Fig. 1.

4. Derivation of process strategies for abatement of TRS emissions

These “critical” sources and related flow circuits where studied in detail in order to derive simple process strategies that could lead to abatement of TRS emissions. In sources such as black liquor retention tanks, emissions are greatly reduced if the level inside tanks is kept constant; this can be efficiently achieved by installing some additional instrumentation and control elements. In other

sources, such as chip bin, emissions can be avoided by operating the unit at a high level of chips inside the bin, using a rotary valve system and by feeding live steam for pre-heating instead of waste steam from the digesting section [10]. These process modifications are estimated to have costs in the range of **US\$100,000** (alternative 1).

Apart from these simple process modifications, other alternatives for abatement of TRS emissions were also considered and evaluated. A feasible alternative consisted in the installation of a gas collection system from the most significant sources, a gas scrubber and heat exchangers for washing and cooling the gases, flame arresters for safe operation and blowers to send the gases to the boilers where gases are to be burned [11,12]. This installation has an estimated cost of about **US\$430,000 to US\$575,000** (alternative 2).

A third alternative was also studied which represents a more global approach to the problem and includes, apart from the collection of gases from specific sources, an installation to separate sulphur compounds also present in contaminated liquid effluents which are returned to the digester after cleaning. Sulphur compounds and methanol are separated in a stripping column and then in a distillation column. Afterwards, these products are fed to a dedicated incinerating unit producing steam that is used for pulping. The reduced sulphur compounds are destroyed by the oxidation processes that occur in the incinerator. The resulting gases are

Table 4
TRS measured and calculated emission factors

Source	TRS (mg/Nm ³)	Q (m ³ /h)	Emission (kg/h)	Group
Evaporation section				
Conical liquor tank	90632	100	9.06	G1
Liquor tank 1	983.2	100	0.10	G3
Liquor tank 2	1492.8	100	0.15	G2
Weak liquor tank 1	636.4	107.7	0.07	G3
Weak liquor tank 2	1649.1	107.7	0.18	G2
Stationary sources				
Scrubber of recovery boiler	<90.2	183,100	<16.5	G1
Smelt tank	150.8	5000	0.75	G2
Incinerator	135.8	5000	0.68	G2
Scrubber of incinerator	69.1	5000	0.35	G2
Lime kiln	24.5	21,200	0.52	G2
Caustification section				
Green liquor tank	128.3	169.9	0.02	G3
Green liquor clarifier	27.4	356.6	0.01	G3
Scrubber of caustification	44.6	2409	0.11	G2
White liquor tank 1	87.5	200	0.02	G3
White liquor tank 4	90.2	200	<0.02	G3
White weak liquor tank	388.2	200.8	0.08	G3
Oxidised liquor tank	<90.2	200	<0.02	G3
Pulp cooking and washing				
Chip bin	1998.2	3900	7.79	G1
LD tank 1	1236.4	300	0.37	G2
LD tank 2	<90.2	300	<0.03	G3
Pulp bleaching				
Oxygen reactor	<90.2	2662.9	<0.24	G2

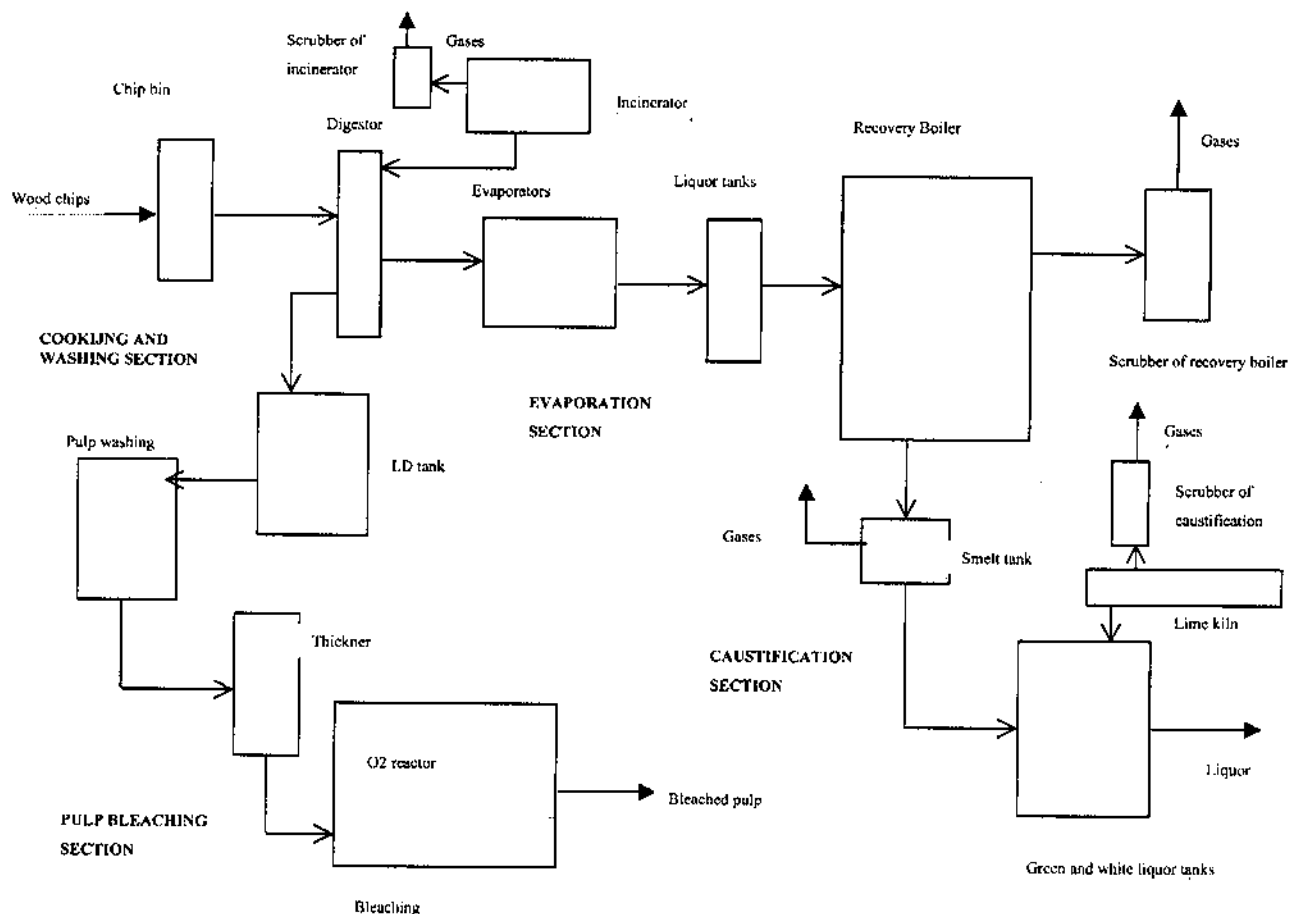


Fig. 1. Flowsheet.

efficiently washed prior to their release. The operation of an installation of this type, existing in a Portuguese pulp mill, was studied in detail, and a computer model describing its operation was developed. The equipment cost of this installation amounted to US\$950,000 (alternative 3).

5. Conclusions

A comparative evaluation of alternatives 1 to 3 for abatement of mal-odorous gases emissions indicated that even if the cost of alternative 3 (which is the most expensive one) appears to be fairly elevated, and considering a depreciation period of 10 years, it only represents about 1% per year of the actual cost of pulp on the international marketplace.

This shows that the costs to be incurred by pulp mills for an efficient abatement of TRS gases and also sulphur compounds present in contaminated liquid effluents are not dramatic and could be easily covered by this industry, resulting in an evident reduction of an important and noticeable environmental impact.

Another conclusion is that this detailed study of the

gaseous emissions to the atmosphere from these pulp mills allowed for the identification and quantification of the main pollutants. While doing this, it was noticed that the technologies actually used for abatement of the atmospheric pollutants make some of the Portuguese pulp mills among the ones using the Best Available Techniques.

References

- [1] USEPA. *Guidelines for estimating emissions from the pulp and paper manufacturing industry*. EPA-450/1-73-002. Research Triangle Park: USEPA, 1973.
- [2] Someshwar AV, Pinkerton JE. Wood processing industry. In: Buonicore AD, Davis WT, editors. *Air pollution engineering manual*. New York: Van Nostrand Reinhold; 1992.
- [3] Borg A, Teder A, Warnqvist B. Inside a Kraft recovery furnace—studies on the origins of sulphur and sodium emission. *Tappi Journal* 1974;57(1):126.
- [4] Bordado JCM, Gomes JFP. Pollutant atmospheric emissions from Portuguese Kraft pulp mills. *Science of Total Environment* 1997;208(1):139.
- [5] Pinkerton JE. Emissions of SO₂ and NO_x from pulp and paper mills. *Air & Waste* 1993;43:1404.
- [6] USEPA. *Compilation of air pollutant emission factors, vol. I*. Research Triangle Park: USEPA, 1986.

- [7] Virtanen Y, Mietlinen P, Juntilla V. Emission factors and development in emission reduction technology. In: UETP/VTT, editor. *Energy issues in life cycle assessment*, Comett II. Helsinki, 1995.
- [8] Bordado JCM, Gomes JFP. Characterisation of non-condensable sulphur containing gases from Kraft pulp mills. *Chemosphere* 1998;37(7):1235.
- [9] Bordado JCM, Gomes JFP. Characterisation of non-condensable sulphur containing gases from Kraft pulp mills - 2. *Chemosphere* 2000;39(10):1.
- [10] Trauffer EA. A new high efficiency, low cost TRS scavenging system. In: *Proceedings of the 1994 TAPPI International Environmental Conference*, vol. 2, pp. 979–82.
- [11] Pu Q, Messmer R, Smith L, Caron A. Steam stripping of Kraft foul condensates to reduce TRS and BOD. In: *Proceedings of the 1994 TAPPI International Environmental Conference*, vol. 2, pp. 863–72.
- [12] Giarde DK, Crenshaw M. Collection and Incineration of high volume-low concentration pulp mill noncondensable gases. In: *Proceedings of the 1994 TAPPI International Environmental Conference*, vol. 1, pp. 295–302.

ESTIMACIONES PARAMÉTRICAS, SEMIPARAMÉTRICAS Y NO PARAMÉTRICAS EN VALORACIÓN CONTINGENTE: APLICACIÓN A UN PROBLEMA DE CALIDAD DEL AIRE.

NÉLYDA CAMPOS REQUEÑA¹, FELIPE VÁSQUEZ LAVÍN² y ARCADIO CERDA URRUTIA³.

RESUMEN

El presente artículo estima y compara mediante el uso de intervalos de confianza, las medidas de bienestar obtenidas a partir de las formas Paramétrica, No Paramétrica y Semiparamétrica, de una aplicación del método de Valoración Contingente. El estudio empírico estimó la disposición a pagar de los residentes de la ciudad de Talcahuano por la reducción en los niveles de olores molestos en la zona. Para el caso particular de este estudio se concluye que no existen diferencias significativas entre los tres tipos de estimaciones.

1. INTRODUCCIÓN

El método de Valoración Contingente (VC) crea un mercado hipotético para un determinado bien, en el cual se le consulta a las personas por su disposición a pagar (DAP), o alternativamente por su disposición a aceptar (DAA), alguna cantidad de dinero ante algún cambio en la cantidad o calidad del bien y que influya en su bienestar. Con esto se puede obtener las medidas de bienestar para un bien público particular.

Para la obtención de estas medidas, generalmente se utilizan estimaciones Paramétricas, siendo algunos de sus principales exponentes los trabajos de Hanemann (1984), Cameron y James (1987) y Cameron (1988). En los casos anteriores se obtienen las medidas de bienestar hicksianas (variación compensada o equivalente) a partir de la función indirecta de utilidad o de la función de gasto, a las cuales se les asigna alguna forma funcional, y una distribución de probabilidad para los errores.

Dado que el investigador no conoce la forma funcional más correcta ni la distribución de probabilidad asociada a la DAP, es posible que se cometan sesgos importantes al momento de

1. Ensayador Magister en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Universidad de Concepción, Chile.

2. Académico del Departamento de Economía de la Universidad de Concepción, Chile.

3. Académico del Departamento de Economía y Finanzas de la Universidad de Talca, Chile.

4. Para mayor detalle sobre el tema, ver Azoquea (1994) y Freeman III (1993).

estimar las medidas de bienestar. Con el fin de evitar este tipo de problemas, ha surgido en la literatura la sugerencia de usar estimaciones No Paramétricas, las cuales no necesitan de dichos supuestos. En este tipo de estimación se encuentran los trabajos de Kristófn (1990) y Haab y McConnell (1997). A partir de estos modelos se calculan directamente la media y mediana de la DAP, utilizando solamente las respuestas a la pregunta dicotómica planteada a los individuos encuestados.

Una tercera alternativa de estimación corresponde a las estimaciones Semiparamétricas. Aquí encontramos los trabajos de Creel y Loomis (1997) y Li (1996), donde al igual que en el caso paramétrico se intenta obtener parámetros, pero en este caso se pretende estimar consistentemente la probabilidad de aceptar una cantidad ofrecida, sin estimar individualmente la forma de la función de diferencias de utilidad indirecta ni la distribución de los errores. Esto es posible a través del método de máxima verosimilitud de libre distribución.

En cuanto a la literatura que aborda la comparación de estas tres formas de estimación, se encuentra el trabajo de Creel y Loomis (1997), donde junto con presentarnos su modelo, compara los resultados obtenidos de éste con el modelo de Hanemann y Kristófn para un caso de aplicación en un país desarrollado. Los resultados mostraron que no existían diferencias significativas entre los tres modelos.

Para el caso de un país en desarrollo, la comparación de los tres tipos de estimación no ha sido abordada. Sin embargo, en Cerda *et al.* (1999) se hace una comparación entre el modelo de Hanemann y los modelos de Kristófn y Haab y McConnell, para llegar a la conclusión de que no existen diferencias significativas entre los dos primeros, y que el resultado entregado por el último representa una cota inferior de la medida de bienestar.

El propósito de este artículo es hacer una estimación de las medidas de bienestar utilizando los tres tipos de metodologías propuestas en la literatura y luego compararnos, aplicadas a un caso particular. Para esto, se procederá a la construcción de intervalos de confianza para cada una de las medidas que arroja cada método y luego ver si se produce un traslape entre éstos. Los resultados obtenidos de dicha comparación pueden ser de gran ayuda para el tomador de decisiones, ya que le permitiría reducir la incertidumbre que enfrenta a la hora de valorar un determinado bien ambiental.

Junto con lo anterior, se intenta hacer una discusión sobre las implicancias de los resultados obtenidos para el caso particular de aplicación.

El artículo se enfoca al análisis de los resultados obtenidos, y lo que busca es mostrar si existen diferencias sustanciales a la hora de hacer una u otra estimación a partir de ciertos datos. Para su realización se utilizará una encuesta aplicada a los residentes de la ciudad de Talcahuano, la cual luego de ser depurada quedó en 1011 observaciones.

En la próxima sección se hará un breve análisis de los modelos aplicados, para continuar en la sección 3 con la forma de comparación de las estimaciones de medidas de bienestar. En la sección 4 se hará una presentación del caso particular de aplicación, para luego ver los

3. Una comparación entre los modelos de Hanemann y Cameron son presentados en Vásquez (1998).

4. Los datos son resultado del proyecto N° 06-0001-011-A, CONADUA 1999. Para mayor detalle sobre el diseño y la encuesta misma, ver Cerda y Vásquez (1999-2000).

resultados y sus implicancias en la sección 5. En la sección 6 se presentan las principales conclusiones.

11. METODOLOGÍA

En esta sección se describen brevemente los modelos de Hanemann para la estimación *Previdé* ⁷ *la* *trica*, los modelos de Kristrom y Hesho y McConnell para las estimaciones *Previdé* ⁸ *la* *trica* y el modelo de Creel y Loomis para la estimación *Previdé* ⁹ *la* *trica*.

Lo que nos interesa obtener de cada modelo son las medidas de bienestar. Las cuales según la literatura se pueden calcular como la media $E(C)$ y/o mediana C^* de la DAP, en donde C representa la verdadera DAP del individuo. La media es la esperanza matemática de la suma de dinero que el individuo estaría dispuesto a pagar para que se produjera la mejora, o sea, que se lleve a cabo el proyecto, y así quedar "en bien" como antes, mientras que la mediana se define como la cantidad de dinero necesaria para que la persona esté justo en el punto de indiferencia entre mantener el uso del bien o renunciar a éste.

11.1. Modelo de Hanemann

Este modelo es conocido como "diferencia en la función de utilidad indirecta". Aquí se centra principalmente en la obtención de medidas de bienestar hicksianas a partir de los datos obtenidos de las respuestas binarias mediante la función de utilidad indirecta.

La función de utilidad indirecta es del tipo $v_j = v_j(P, Y, q_j) + \epsilon_j$, donde $j = 0$ para la situación inicial y $j = 1$ para la situación luego de la mejora ambiental. P es el precio de los bienes, Y es el ingreso, q es la calidad ambiental y ϵ_j es un error aleatorio de media 0.

Los individuos pueden optar a una mejora en la calidad ambiental, por la cual deben pagar una cierta cantidad A_i , donde el subíndice i indica las distintas cantidades que se encuentran dentro del vector de pagos. Pero se debe tener presente que A_i no es necesariamente la verdadera DAP del individuo (a cual se designa por C_i), por ello, la probabilidad de obtener una respuesta afirmativa por parte del encuestado será la probabilidad de que su verdadera DAP sea mayor o igual a la cantidad que se le está ofreciendo. De igual forma esto se puede expresar como:

$$Pr\{v_1(S) \geq v_0(S)\} = Pr\{v_1(P, Y - A_i, q_1) + \epsilon_1 \geq v_0(P, Y, q_0) + \epsilon_0\}$$

Si se agrupan los errores, $\eta \equiv \epsilon_0 - \epsilon_1$, y se define $\Delta v \equiv v_1(P, Y - A_i, q_1) - v_0(P, Y, q_0)$, entonces:

$$Pr\{v_1(S) \geq v_0(S)\} = Pr\{\Delta v > \eta\} = F_{\eta}(\Delta v) \tag{1}$$

donde F_{η} es la función de distribución acumulada de η .

Estradaones Pararáblicas, Semparámblicas, Campos N, Vázquez F, Cerdá A

Para la obtención de las medidas de bienestar, el nivel de indiferencia entre pagar o no la cantidad ofrecida, se da cuando A_i es igual a la verdadera valoración C . Para el caso de una función de utilidad indirecta lineal $v = \alpha + \beta Y + \epsilon$, la diferencia de la función de utilidad estará dada por:

$$\Delta = \alpha - \beta A_i$$

La media y mediana de la disposición a pagar coinciden y están dadas por:

$$E(C) = C^* = \alpha / \beta$$

11.2. Modelo de Kristrom

Este modelo se basa en la construcción de una *Función de Soberanía de la DAP*. Para ello se trabaja directamente con las respuestas dicotómicas, especificando las distintas cantidades ofrecidas (A_i) y sus respuestas afirmativas (k) del total de encuestas realizadas (n_i). Luego se construye una secuencia de proporciones de aceptación (π_i) la cual, si es monótona no creciente, provee un estimador de máxima verosimilitud de libre distribución de las probabilidades de aceptación (Ayer et al 1955).

$$\pi_i = \frac{k_i}{n_i} \tag{2}$$

Junto a las cantidades ofrecidas se añaden los valores umbrales, o sea $A_i = 0$ lo que implicaría una proporción $\pi_i = 1$, y un valor arbitrario $A_i = T$ de tal forma que la función de sobrevivencia de la DAP corte el eje horizontal, o sea $\pi_i = 0$.

Para este modelo, la media se puede calcular, de acuerdo a lo propuesto por Duffield y Patterson (1991), como sigue:

$$E(C) = \sum \Delta A_i \pi_i \tag{3}$$

donde:

$$\Delta A_i = \frac{(A_{i+1} - A_{i-1})}{2}, \text{ si } i = 2, \dots, k - 1$$

$$\Delta A_1 = A_1 + \frac{(A_2 - A_1)}{2},$$

$$\Delta A_k = \frac{(A_k - A_{k-1})}{2} + (T - A_k), \text{ donde } k \text{ es la última cantidad ofrecida.}$$

⁷ Una completa descripción de las medidas de bienestar se encuentra en los trabajos de Cerdá et al (1997) y Vázquez et al. (2000).

Para el caso de la mediana, ésta se obtiene mediante un proceso de interpolación lineal en que se busca el valor en que el individuo está indiferente entre aceptar o no la cantidad ofrecida, o sea, cuando $\pi_i = 0.5$. Esta forma de obtener la mediana es la misma para los dos modelos No Paramétricos.

II.3. Modelo de Haab & McConnell

En este modelo se hace un análisis con las respuestas negativas (h_i) frente a las cantidades ofrecidas A_i . Aquí β_i es la probabilidad de que la verdadera $DAP(C)$ esté en el intervalo (A_{i-1}, A_i) , y F_i es la función de distribución acumulada la cual debe cumplir la condición de ser monótona creciente.

$$F_i = \frac{h_i}{h_1 + h_i} \tag{4}$$

$$\beta_i = F_i - F_{i-1}, \text{ con } F_0 = 0 \tag{5}$$

La media encontrada en este tipo de estimación es una cota inferior de la DAP del individuo y está dada por:

$$E[\text{Lim. inf DAP}] = \sum_{i=1}^{I+1} A_{i-1} \beta_i \tag{6}$$

II.4. Modelo de Creel & Loomis

El estimador Semiparamétrico obtenido de la aplicación del modelo fue propuesto por Creel (1995).

La probabilidad de aceptar una determinada cantidad ofrecida es:

$$P(x, A) = F_i(\Delta v) \tag{7}$$

dónde:

- z = variables exógenas, como ingreso y otras variables socioeconómicas.
- A = cantidad ofrecida.

$F_i(\Delta v)$ y Δv son de forma desconocida, por ello este modelo asume que $F_i(\Delta v)$ debe ser estrictamente continua y creciente, y Δv debilmente diferenciable y continua en todos sus argumentos. Entonces, lo que se busca es estimar $P(x, A)$ consistentemente, lo que permitirá obtener las medidas de bienestar, sin la necesidad de estimar F_i y Δv individualmente.

Lo que se hace es considerar una función de distribución logit, $\Lambda(\epsilon) = [1 + \exp(-\epsilon)]^{-1}$, la cual cumple la condición de ser continua y creciente, y por lo tanto invertible. Si se define $h(x, A) \equiv \Lambda^{-1}[F_i(\Delta v)]$, se tiene que:

$$P(x, A) = \Lambda(h) = F_i(\Delta v) \tag{8}$$

Por su construcción, el par $(F_i, \Delta v)$ es equivalente a (Λ, h) , en donde es posible seleccionar arbitrariamente Λ e intentar determinar $h(x, A)$.

La ventaja de esto es que como la función $h(x, A)$ es desconocida, pero la especificación estocástica es conocida (logit), se puede realizar la estimación mediante máxima verosimilitud.

La función desconocida $h(x, A)$ se puede aproximar usando el modelo de forma funcional flexible Fourier⁸.

Si se agrupan las variables en X , tal que $X = \{x, A\}$, la diferencia de utilidad Semiparamétrica se especifica como:

$$\Delta V = \sum_{\alpha=-i+1}^i \beta_\alpha \ln \alpha + \sum_{\alpha=-i+1}^i \gamma_\alpha \cos[\alpha \ln \alpha] + \sum_{\alpha=-i+1}^i u_\alpha \sin[\alpha \ln \alpha] \tag{9}$$

dónde: $s_\alpha(\ln \alpha)$ se obtiene restando a cada variable (luego de tomar logaritmo natural) el mínimo valor, luego dividiendo por el máximo, tal que la variable se encuentre entre [0, 1]. Luego se multiplica por $2\pi - 0.00001$, tal que el resultado final se encuentre en el intervalo $[0, 2\pi - 0.00001]$.

Creel (1995) muestra que $h(X, \theta)$ converge uniformemente a $h(x, A)$, donde θ es el estimador de máxima verosimilitud obtenido usando un proceso de estimación logit.

Como se obtiene consistencia sin supuestos sobre la forma funcional y la distribución, se puede hablar de un estimador Semiparamétrico.

La ventaja de este estimador semiparamétrico es que restringe la probabilidad estimada al intervalo [0, 1] durante la estimación.

Una vez estimados los θ 's, es posible calcular $\Lambda[h(X, \theta)]$ que es igual a $P(x, A)$ y con ello obtener las medidas de bienestar, en donde la media se obtuvo aplicando la Regla de Simpson de integración y para la mediana se buscó el valor que hacía a la ecuación (9) igual a cero.

$$\text{Media } (E(C)) : E(C) = \int P(X, A) dA$$

$$\text{Mediana}(C^*) : P(x, C^*) = 0.5$$

⁸ Para mayor detalle, ver Gallant (1982).

III. METODO DE COMPARACION

La comparación entre las medidas de bienestar obtenidas a partir de las distintas estimaciones se realizará a través de una prueba de hipótesis, la cual consiste en la construcción de intervalos de confianza y ver si éstos se interceptan. Para que las medidas sean consideradas significativamente iguales, bastaría con que los intervalos se crucen o toquen. Si los intervalos no se tocan, entonces las medidas no son significativamente iguales.

En el caso de la estimación Paramétrica y Semiparamétrica, si bien las medidas de bienestar son variables aleatorias, no es posible conocer sus varianzas a través de la estimación. Para estimarlas se utiliza un proceso de simulación sugerido por Kinsley y Robby (1986) en que se genera una muestra aleatoria de los coeficientes del modelo. Como los parámetros estimados se distribuyen asintóticamente normal con matriz de varianzas-covarianza V y media b , se genera los muestreos aleatorios para los coeficientes a partir de una distribución normal multivariada. Luego para cada muestra se calcula una nueva medida de bienestar, formando así una distribución "empírica". La muestra es ordenada de forma ascendente y el intervalo de confianza se obtiene eliminando un porcentaje igual a $\alpha/2$ (con α nivel de significancia) de las colas de la distribución.

Para las estimaciones No Paramétricas este problema no se da, ya que las varianzas necesarias para la construcción de los intervalos de confianza se obtienen directamente. En el caso del modelo de Kristófn se puede calcular la varianza de C (estimada según el planteamiento de Dufield y Paterson) directamente, la cual estaría dada por la siguiente relación funcional:

$$Var(C) = \sum \frac{(\Delta A_i)^2 \pi_i (1 - \pi_i)}{n_i} \tag{10}$$

En el caso del modelo de Habb y McConnell la varianza de la medida de bienestar sería:

$$Var(\sum A_i - 1) = \sum A_i^2 Var(F_i) + Var(F_{i+1}) - 2 \sum A_i A_{i-1} Var(F_i) \tag{11}$$

donde:

$$Var(F_i) = \frac{F_i(1 - F_i)}{h_i + k_i}$$

IV. CASO DE APLICACION

El estudio de las condiciones de vida de los habitantes de la zona de Chile Dato que vez con el agua potable en la zona de Talcahuano, en donde producido de las emisiones de la industria pesquera derivadas de su proceso productivo (plantas procesadoras de harina de pescado principalmente), se generan malos olores que deterioran la calidad de vida de los residentes del lugar.

* Este estudio de simulación fue aplicado en "Medición Composita por País, Círculo y Localidad (1991) to En la Metodología, los indicadores asociados con el principal índice de emisión de malos olores a las plantas pesqueras (Índice del 80%)."

En 1994 el Servicio de Salud de Talcahuano (SSIT) estableció un convenio con las empresas procesadoras de harina de pescado para reducir continua y paulatinamente los olores molestos que generaban dichas empresas. En 1999 se realizó una encuesta en la zona para poder determinar el valor que otorgaban los residentes de la zona a la calidad del aire, para lo cual se les planteó la creación de un fondo de dinero que financiaría proyectos que tendieran a la reducción de los índices de olores molestos, por un período de cinco años. A dicho fondo contribuirían la Municipalidad, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), empresas procesadoras y la población de Talcahuano.¹¹

El tamaño de la muestra fue inicialmente de 1445 observaciones, y luego de depurar los datos quedó en 1411 observaciones. En la encuesta se les consultaba a las personas si estaban dispuestas a pagar una determinada cantidad mensual durante un período de cinco años para así mejorar el índice de olores molestos en Talcahuano. En general se omitieron las encuestas con respuestas del tipo "no sé" o "no responde", y aquellas en que los individuos mostraban un completo rechazo a la situación planteada, o sea, en las que decían no tener una DAP, ya sea porque creían que el proyecto no se llevaría a cabo, o porque creían que no eran ellos los que debían pagar.

Además, luego de realizar algunos estudios preliminares, se llegó a cuatro cantidades a ofrecer aleatoriamente en la muestra: \$200, \$2800, \$3100 y \$9000 pesos chilenos.

Según la encuesta, previa presentación del problema, a cada entrevistado se le ofrecía aleatoriamente una de las cantidades, y así éste podía manifestar si estaba o no dispuesto a pagarla. A partir de las respuestas de los encuestados, se podía obtener la medida de bienestar, y con ello la autoridad podrá contar con una medida aproximada del valor que otorgan los individuos al bien ambiental.

V. RESULTADOS E IMPLICANCIAS

En el Cuadro N°1 se presenta un resumen de las respuestas de los individuos frente a una determinada cantidad a pagar ofrecida.

CUADRO N°1

RESUMEN DE DATOS

Cantidad ofrecida (\$ mensual)	Total de respuestas	Respuestas SI	Respuestas No
200	206 (27%)	116 (60%)	53 (20%)
2800	237 (23%)	125 (53%)	112 (47%)
5300	257 (25%)	69 (27%)	188 (73%)
7900	251 (25%)	64 (25%)	187 (75%)

Fuente: Encuesta propia en base a encuestas de esta investigación

11 Mayores detalles del caso se encuentran en Cerdá y Vázquez (1999-2000).

12 Ver Cerdá y Vázquez (1999-2000).

los tres tipos de estimación analizados en este artículo. Sin embargo, la pregunta que surge ahora es qué valor usar y cómo influirá éste en la toma de decisiones.

Lo primero que se debe notar es que para los proyectos que tengan que ver con bienes y/o servicios ambientales que no poseen un mercado, (como es el caso de un proyecto de reducción de la contaminación del aire) el tomador de decisiones conoce los costos que implicará la puesta en marcha de éste, pero no tiene un claro valor de los beneficios obtenidos de él.

Por lo anterior es que la utilización de los métodos planteados aquí pueden dar una aproximación de tales beneficios económicos y así poder hacer un balance entre costos y beneficios. Lo que se debe tener presente es que, si bien para la obtención de las medidas de bienestar se les consultó a los individuos por una **DAMA** no necesariamente se llevará a cabo dicho cobro.

Debido a la incertidumbre generada por la aleatoriedad de las medidas de bienestar es razonable sugerir que el tomador de decisiones considere un intervalo de valores estimados que permitan dar cuenta de los resultados más probables en la evaluación del proyecto. O bien, si se requiere un valor puntual, se recomienda usar una medida conservadora. Se puede tomar un intervalo de 2000 y 3000 pesos al mes, que corresponde a los límites aproximados en que se encuentran las medidas de bienestar, o un valor puntual de 2837 pesos al mes, que corresponde a la medida más conservadora (la mediana Semiparamétrica).

Para el año en que se aplicó la encuesta (1999), se habían gastado cerca de 20 millones de dólares en los últimos 5 años con el fin de reducir la contaminación del aire por malos olores en Toluca, lo que representó una cifra alrededor de 9600 millones de pesos (a un tipo de cambio de 480 pesos por dólar del año 1999).

Si se desea agregar los resultados obtenidos, primero se debe definir sobre quién hacerlo. Al no existir un patrón determinado al respecto, la elección de la población relevante será arbitraria. Como la muestra que fue objeto de estudio fue tomada de las áreas más afectadas de la zona, será ésta población la relevante para la agregación de los datos. Las áreas más afectadas alcanzan a 188 573 personas, en donde si se considera un promedio de cuatro personas por hogar se tiene a 47 143 hogares, sobre quienes se agregarán los resultados.

Entonces, agregando las medidas obtenidas a la población relevante, se observa que la medida de bienestar se encuentra en un rango de 304200.400 a 3111 143.400 pesos al mes para el intervalo de valores elegido. Para el valor puntual la medida de bienestar será de 103374691 pesos al mes.

Si se proyectan estos valores a cinco años (sin hacer corrección monetaria) se obtiene valores que van desde los 1521002.000 pesos aproximadamente. Si se comparan estos valores con los costos en que han incurrido las empresas procesadoras estos últimos cinco años, es posible apreciar que los beneficios reportados por las mejoras en la calidad del aire son cercanos a los costos en que se ha incurrido para ello. Hay que notar, que si bien la cifra de costos es superior a la de beneficios, estos últimos pueden ser mucho mayores debido a que la población considerada relevante puede ser no tan sólo la población más afectada de Toluca, sino que puede ser toda su población, e incluso la de sectores cercanos. También se debe considerar que existen individuos que no viviendo en Toluca se desplazan a esta ciudad por motivos de trabajo, por lo que una mejora en los índices de olores también les reportará beneficios. Además, se debe tener en cuenta

Para la aplicación de los modelos se ha considerado como única variable explicativa el vector de pagos, esto principalmente con el fin de comparar los tres tipos de estimación bajo el mismo set de variables explicativas (recordemos que los modelos No Paramétricos utilizan solamente ésta variable para la obtención de las medidas de bienestar).

Los resultados de las estimaciones de los modelos se presentan en el Cuadro N°7, para lo cual se utilizó el paquete computacional Lindog en su versión 7.0.

Para la estimación Paramétrica se utilizó la forma funcional lineal y una distribución logística. Los coeficientes obtenidos son estadísticamente significativos al 1% y tienen los signos esperados. Para la forma funcional descrita se debe recordar que la media y mediana coinciden, entregando un valor de 3518 pesos mensuales. El intervalo de confianza, estimado en (3091 - 3914) pesos por mes, se obtuvo del proceso de simulación de los coeficientes, con un nivel de significancia del 5%.

En los resultados de la estimación No Paramétrica se puede ver cómo el modelo de Haab y McConnell representa una cosa inferior de la media con un valor de 2866 pesos al mes. Para el modelo de Kristórn se incluyeron los valores umbrales 0 y 9500, con lo cual la media obtenida fue de 3786 pesos al mes. La mediana para ambos modelos No Paramétricos es la misma y toma el valor de 3065 pesos al mes.

Para el modelo Semiparamétrico los coeficientes son estadísticamente significativos al 1% para β_1 , 1.21% para β_2 y al 13.87% para β_3 , presentando los signos esperados.

CUADRO N°7
RESULTADO DE ESTIMACIONES

Modelo	Media (valor en pesos al mes)	Mediana (valores en \$ por mes)
Paramétrico: Hausman (lineal)	3518	3518
No Paramétrico: Kristórn	(3091 - 3914)	(3091 - 3914)
No Paramétrico: Haab y McConnell	3786	3065
No Paramétrico: Haab y McConnell	(3535 - 4037)	(2900 - 5300)
Semiparamétrico: Cuel y Looná	2866	3065
Semiparamétrico: Cuel y Looná	(2232 - 3490)	(2900 - 5300)
Semiparamétrico: Cuel y Looná	(3115 - 3661)	2837
Semiparamétrico: Cuel y Looná		(2763 - 3316)

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones de esta investigación

Las medidas no son estadísticamente diferentes entre los distintos modelos, a excepción de la media de Haab y McConnell, cuyo intervalo de confianza no se traslapa con el de Kristórn, pero ello podría ser explicado porque la media de Haab & McConnell representa una cosa inferior de la medida de bienestar. Respecto a la mediana se aprecia que no es estadísticamente distinta para los tres tipos de estimación.

Como se observa, las medidas de bienestar no difieren significativamente una de otra para

que tampoco se están considerando a generaciones futuras que se verán beneficiadas por las inversiones realizadas para reducir este tipo de contaminación.

VI. CONCLUSIONES

Aun el crecimiento invertido en el uso de bienes y servicios que nos provee el medio ambiente, surgen distintas metodologías que buscan estimar, de la forma más confiable posible, las medidas de bienestar asociadas a dichos bienes, lo cual puede entorpecer paulatinamente la toma de decisiones respecto a la implementación de algún tipo de política ambiental. Estos tipos de metodologías han sido implementadas como una fuente importante de información para la toma de decisiones, de ahí que la entrega de resultados más confiables se hace cada día más necesaria.

El objetivo del presente estudio era aplicar las distintas metodologías existentes para la obtención de medidas de bienestar y luego compararnos para ver si difieren significativamente una de otra en un caso particular de estudio. Con esto, los tomadores de decisiones podrían contar con distintas formas de estimación del valor económico del bien ambiental, pudiendo emplearlas en forma complementaria para los distintos estudios de política ambiental.

Como generalmente se han utilizado estimaciones Paramétricas, se intentó ver cómo se comparaban sus resultados con los obtenidos a partir de estimaciones No Paramétricas y Semiparamétricas, en una aplicación a un bien ambiental particular de un país en vías de desarrollo. Los resultados arrojan que las medidas de bienestar obtenidas a partir de los tres enfoques no difieren significativamente una de la otra.

Si se considera la media de cada modelo, se aprecia que todos los indicadores de confianza se trasladaron a excepción de la media de Kristrom con la de Hanb & McConbill, pero su explicación podría ser que la segunda está representando una cosa interior de la medida de bienestar. Estos resultados nos dan una gran confianza en la medida obtenida.

Por otro lado, la mediana obtenida a partir de los distintos enfoques, nos muestran que no difieren en forma significativa entre ellas, ya que todos los intervalos de confianza se trasladaron. La mediana nos aporta un valor económico menor a los entregados por la media, de ahí que muchas veces sea preferible trabajar con ésta, ya que nos da una medida conservadora, lo cual es importante para países en vías de desarrollo.

Si el tomador de decisiones debe optar por alguna medida, siempre es recomendable trabajar con un intervalo de valores, como el 90% y 95% por mes, pero de necesitar una medida puntual se recomienda utilizar una medida conservadora como la mediana Semiparamétrica.

Con estos resultados, se puede sugerir a los tomadores de decisiones, trabajar con la medida más conservadora, ya que para países como el nuestro, aun el gasto que las familias están dispuestas a realizar para mejoras de bienes ambientales es baja.

Al agregar los valores de las medidas encontradas a la población más afectada de Toluca y proyectarlas a cinco años, se ha podido ver que los costos en que han incurrido las empresas procesadoras para mejorar los niveles de olores en la zona, son cercanos a los beneficios económicos percibidos por los residentes a través del valor económico que otorgan

17

Estimaciones Paramétricas, Semiparamétricas, Campos N, Vásquez F, Cerda A.

a una mejora en la calidad del aire.

Respecto a qué enfoque utilizar no existe consenso, pero se podría seguir utilizando las estimaciones Paramétricas, principalmente, por su fácil aplicación y porque nos otorga medidas eficientes bajo los siguientes correctos. Sin embargo, se sugiere complementarla con las Semiparamétricas, ya que con ellas se puede reafirmar los resultados obtenidos. Además, para ambas metodologías se puede incorporar otras variables que puedan ser importantes que pueden influir directamente en las medidas obtenidas como son el ingreso familiar, educación del jefe de hogar, edad, etc., y que bajo el enfoque No Paramétrico no es posible incorporar, por lo que el uso de este método se restringiría únicamente a los casos en que se busquen medidas no condicionales.

En resumen, se pudo ver que los resultados obtenidos en este estudio, reafirman lo encontrado en el artículo de Cerda *et al* (1999), al no encontrar diferencias significativas entre los modelos de Hausman y Kristrom, además de mostrar que el valor de la medida de bienestar de Hanb y McConbill representa una cosa interior. Junto a esto se agregó la medida de bienestar obtenida a partir de un modelo Semiparamétrico, el que a pesar de requerir mayor trabajo es más flexible que los anteriores, al darnos mayor libertad respecto a los supuestos utilizados. Se pudo ver que los resultados obtenidos de este último modelo no difieren significativamente de los anteriores, lo cual puede ser considerado como una ayuda complementaria a la hora de encontrar el valor económico de un bien ambiental.

REFERENCIAS

- AZUETA, D. 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill, Madrid, España.
- CAMBERON, T. 1988. A New Paradigma for Valuing Non-Market Goods Using Referendum Data. *Journal of Environmental Economics and Management*, 15: 353-379.
- CAMBERON, T. y JAMES, M. 1987. Efficient Estimation Methods for "Closed-Ended" Contingent Valuation Surveys. *The Review of Economics and Statistics*, 69: 269-276.
- CERDA, A. y VÁSQUEZ, F. 1999-2000. Diagnóstico de requerimientos de información económica ambiental como apoyo a los análisis generales del impacto económico y social de los planes de prevención y descontaminación y de las normas de calidad ambiental y de emisiones. Parte I. Contrato 06-0001-013-A. Comisión Nacional del Medio Ambiente, (CONAMA).
- CERDA, A., VÁSQUEZ, F. y ORRIBO, S. 1997. Valoración Contingente y estimación económica de los beneficios recreacionales de la playa de Diabolo (Toná-Chilé). *Revista Economía y Administración*, Vol. 48:75-88.
- CERDA, A., VÁSQUEZ, F. y ORRIBO, S. 1999. Diferencias entre estimaciones Paramétricas y No Paramétricas de medidas de bienestar: Aplicación para países en desar-

18

- rollo. Documento de Trabajo en Economía N°4, Deplo. de Economía, Universidad de Concepción, Chile.
- CREEL, M. 1995. A Semi-nonparametric Distribution-Free Estimator for Binary Discrete Responses. Revision of Working Paper 267/94, Dept. of Ec. Hlsl, Univ. Autónoma de Barcelona, España.
- CREEL, M. y LOOMIS, J. 1997. Semi-nonparametric Distribution-Free Dichotomous Choice Contingent Valuation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 32: 341-358.
- DUFFIELD, J. y PATTERSON, D. 1991. Inference and Optimal Design for Welfare Measure in Dichotomous Choice Contingent Valuation. *Land Economics*, 67(2):225-239.
- FREEMAN III, M. 1993. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods. Resource for the Future, Washington D.C.
- GALLANT, A.R. 1982. Unbiased Determination of Production Technologies. *J. Econometrics*, 20: 285-323.
- HAAAR, T. y MCCONNELL, K. 1997. Referendum Models and Negative Willingness to Pay: Alternative Solutions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 32: 251-270.
- HANEMANN, M. 1984. Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66: 322-341.
- KRINSKY, I. y ROBB, I. 1986. On Approximating the Statistical Properties of Elasticities. *The Review of Economics and Statistics*, 68:715-719.
- KRISTRÖM, B. (1990). A non-parametric approach to the estimation of welfare measures in discrete response valuation studies. *Land Economics*, 66:135-139.
- LI, CHUAN-ZHONG. 1996. Semiparametric Estimation of the Binary Choice Model for Contingent Valuation. *Land Economics*, 72 (4): 462-473.
- PARK, T., LOOMIS, J. y CREEL, M. 1991. Confidence Intervals for Evaluations Benefit Estimates from Dichotomous Choice Contingent Valuation Studies. *Land Economics*, 67 (1): 64-73.
- VÁSQUEZ, F. 1998. Comparación de Interpretaciones Teóricas para el Formato de Pregunta Binaria en Valoración Contingente. Tesis de grado, Magister de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Concepción.
- VÁSQUEZ, F., CERDA, A. y ORRIGO, S. 2000. Evidencia Empírica de Dualidad en Valoración Contingente con Formato Binario. *Lecturas de Economía*, 53:7-31.



**Economics of Air Pollution:
Hedonic Price Model and Smell Consequences of
Sewage Treatment Plants in Urban Areas**

Sérgio Batalhone
Universidade de Brasília

Jorge Nogueira
Universidade de Brasília

Bernardo Mueller
Universidade de Brasília

**Economics of Air Pollution:
Hedonic Price Model and Smell Consequences of
Sewage Treatment Plants in Urban Areas**

Sérgio A. Batalhone
Universidade de Brasília

Jorge M. Nogueira
Universidade de Brasília

Bernardo P. M. Mueller
Universidade de Brasília

Texto nº 234
Brasília, Agosto de 2002

Brasília, 30 de agosto de 2002

000695

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Instituto Central de Ciências
Caixa Postal 04302, 70910-900 Brasília, DF, Brasil
Tel.: (55-61) 3072498, 2723548
Fax: (55-61) 3402311
E-mail: econ@unb.br
http://www.unb.br/ibeeco

Chefe do Departamento

Prof. Flávio Rabelo Versiani

Sub-Chefe do Departamento

Prof. Jorge Madeira Nogueira

Coordenador de Pós-Graduação

Prof. André Rossi de Oliveira

Coordenador de Pesquisa e Extensão

Prof. Maurício Soares Bugarin

Coordenador de Graduação

Prof. Jorge Madeira Nogueira

SÉRIE DE TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Comissão Editorial, mandato Junho de 2001 a setembro de 2002

André Rossi de Oliveira

Bernardo Mueller

Flávio Versiani

Jorge Nogueira

Maurício Bugarin (editor)

Mauro Boianovsky

Apoio: CESPE UnB

695 VTA

**Economics of air pollution:
hedonic price model and smell consequences of sewage treatment
plants in urban areas**

Sérgio A Batalhons,
Jorge M Nogueira
and
Bernardo P M Mueller¹
(University of Brasília, Brazil)

Abstract

Several environmental goods and services are not traded in markets. This has serious consequences for private decision making. A main outcome has been an growing distance between private and social costs of environment use [Nogueira, Medeiros e Arruda (1998)]. In this context, economists have used methods for valuing goods and services provided by the environment. In this paper we have applied one method for valuing environmental assets: the hedonic price method (HPM) in order to estimate the social cost of air pollution. The HPM is used to estimate the economic impact of a strong smell originated from a sewage treatment plant, located in the north portion of the city of Brasília, Brazil. We show that there is a considerable reduction in property market values due to the presence of that environmental bad.

Key words:

Economics of air pollution, valuing environmental goods and services, hedonic price model.

JEL Classification:

Q25, R52, C31.

¹Sérgio Augusto Batalhons is Lecturer at the Catholic University of Brasília and Associated Researcher of the Centre of Studies on Environmental and Agricultural Policy (NEPAMA), Department of Economics, University of Brasília (ECO/UnB). Jorge Madeira Nogueira and Bernardo Mueller are Professors in the NEPAMA/ECO/UnB. PRONEX/CNPq/ACCT support and translation work from Portuguese to English done by Jorge Madeira Nogueira Junior are gratefully acknowledged.

The Economy of Urban Air Pollution

Most environmental goods and services do not have substitutes and the inexistence of market prices for them has been provoking a distortion in the perception of economic agents (Nogueira, Medeiros and Arnuda (1998)). This has led to inefficiency in market allocation of these resources, showing divergences between private and social costs. Within this perspective, economists have tried to estimate "prices for natural resources"; using methods for economic valuation environmental goods and services. These methods are based upon the neo-classical welfare theory.

Attempts of measuring, in monetary terms, environmental goods and services are pretty recent. Being so, economic valuation of the environment is formed by a group of methods and techniques that aims to estimate the value of environmental attributes that are considered "public goods". Research efforts have focused on the development of alternative procedures that permits valuation through individual preferences for the environment. These preferences will allow the estimation of how much individuals are willing to pay for such goods and services; under an hypothesis of the existence of a market.

According to Nogueira and Medeiros (1997, pg. 862), the utility function of an individual is not restricted to goods and services that he or she can consume. An individual utility function is also related to variable characteristics of certain environmental resources. In this context, consumers are willing to pay some monetary value for recognizing a physical and social function, including the existence of environmental resources. This article presents an application of one method of economic valuation of the environment: the Hedonic Price Method - HPM. This method was used to analyse differences in prices of residential property located near the sewage treatment unit in Asa Norte, Brasilia, Federal District, Brazil.

It is our working hypothesis that negative environmental externalities affect market prices of residential properties. These externalities may be poor air quality, due to emission of pollution from industrial plants, or bad odour caused by sanitary landfills and sewage treatment units. Because of this, in deciding to buy a residence in the

neighbourhood of these polluted locations, consumers "evaluate" these adverse conditions. *A priori* valuation by consumers will be reflected on lower residence prices when compared to the price of similar residence located in another non polluted area.

This difference between the value of residences - those located near a polluted area and those far from this area - makes economists, based upon economic rationing, analyse economic losses caused by changes in the environmental quality and that are valued by individuals. Hufschmidt *et alii* (1983, pg. 196) justifies the use of HPM in valuation studies of economical losses saying that "the environmental quality is a space phenomenon and the basic hypothesis of the property value method is that environmental quality affects the future benefits of a property, resulting that, other things remaining constant, market price of the property will change. Being so, a negative effect on property values would be expected in polluted areas"².

The Hedonic Price Method (HPM)

The HPM is one of the oldest techniques for economic valuation. The basic idea is that when an individual goes to the housing market to buy a residence, he or she makes his/her decision based on environmental and location characteristics. Being so, when making his choice, the individual is, in a way, valuing not only the intrinsic particularities of the property - type of construction, number of rooms, size, years of construction, etc., but also location aspects - neighbourhood characteristics, easy access to shopping areas, schools, hospitals, parks, distance to work and, in particular, environmental quality.

This individual behaviour has allowed economists³ to use data of residential property to estimate positive and negative aspects due to changes on parameters of environmental quality. This was the beginning of what would lately be called *hedonic prices*. Initially

²According to Moita (1998, pg. 35-36), property prices are the closest association to economic valuation of environmental assets. In his opinion different properties will have different levels of attributes - air quality, proximity to a natural siege, etc. - and if these attributes are valued by consumers, differences in prices of residences due to different environmental attributes should reflect on his or her disposition to pay for these attribute variations.

³According to Freeman (1993, pg. 369), initial empirical evidences of the relation between air pollution and property values were published in works written by economists such as Ridker (1967) and Ridker and Henning (1967).

used to study the relationship between reduction of air pollution and impacts on property value, the HPM became an important research tool during the second half of the 1970s and all 1980s. In this period, the hedonic price method was transformed in a very important tool for academic research, used in theoretical and empirical studies of monetary valuation of non-market goods related to environmental and location characteristics.

In this context, the fundamental hypothesis of this approach is that environmental changes, as a result of a program for environment improvement, affect the flow of future benefits and consequently property values. In other words, environmental improvements alter property prices. Nowadays, it is well accepted the idea that property price differential reflects differences in the intensity of many of its many characteristics. Also, these differences are relevant to welfare analyses.

The HPM is derived from the theory of value developed by Lancaster (1966), Griliches (1971) and Rosen (1974) (*opud* Hanley and Spash, 1993). The theory of hedonic prices assumes that the utility of each individual is a function of the individual consumption of a composite good - X ; a localization vector of specific environmental amenities - Q ; a vector of structural characteristics of the residential occupied by the individual - such as size, number of rooms, year and type of construction - named S ; and a vector of characteristics of the neighbourhood where the residence is located - some examples are the quality of local schools, access to parks, stores, place of work and the criminality rate - N .

According to Hufschmidt *et alii* (1983) and Freeman (1993), houses correspond to a class of products differentiated by certain characteristics. These characteristics include the type of construction, the number of rooms, as well as the size and location of the property. Whenever is the urban area located, there will always be a certain number of residences that differentiate from one another by location, size, neighbourhood, access to the neighbourhood's local commerce, quality level of public areas, level of local

property tax and fees paid and also environmental characteristics, - air pollution, the level of traffic noise of airplanes and cars and the access to parks and water facilities*.

Those authors argue that for using HPM two important hypotheses should be formulated. The first hypothesis is that the whole urban area should be considered a single housing market. Individuals should have all information about alternatives and should also be free to choose a residence located in any place in the urban market. One can imagine that the urban area is an enormous supermarket offering a great variety of the same kind of product. The second hypothesis is that the housing market should be at or near the equilibrium. In other words, all individual should maximize their utilities of their residential choice, given alternative prices due to their location. These prices should be compatible with the stock of residences and their characteristics.

According to these hypothesis, the residential price can be written as a function of its structure, neighbourhood and characteristics of environmental quality of its location. If P_i is the price of the residence, a function can be written as such:

$$P_i = P_i(S_i, N_i, Q_i) \quad (1)$$

As mentioned before, S_i represents various characteristics of the i th residential unit. These characteristics are size, number of rooms, availability of garage and/or garden, year and type of construction. N_i represents a group of neighbourhood characteristics of the i th residence, including ethnical composition, quality and number of schools in the area, access to parks, stores or working place and criminality rate; and Q_i represents environmental characteristics, for example air quality of the i th residential area.

According to Freeman (1993), this relation will be linear² only if consumers can "re-package". As Rosen (*opud* Hanley and Spash, 1993) observed, this is unlikely to happen: families cannot buy characteristics of a residence - the size of the garden, for

²Many authors, such as Palmquist (1991, pg. 78 - 120) and Pearce and Turner (1990, pg. 143 - 148), also discuss the importance related to different residential characteristics. If observations on prices and on characteristics are available, the function can be estimated by multivariate analyses. For example, if the function is linear, you have (Hufschmidt *et alii*, 1983, p.198): Linear $P_i = a_0 + a_1 C_{i1} + a_2 C_{i2} + \dots + a_n C_{in} + a_{n+1} Q_i$, where C is different individual characteristics of residences, neighbourhood or location and Q represents environmental characteristics related to the residence.

example τ , and combine it with a different characteristic of a second house -- number of rooms - when they buy in the housing market. Being so, wherever the "re-package" is not possible, Equation 1 is non-linear.

On the other hand, the utility of an individual that occupies a residence is given by the following function:

$$u = u(X, Q_i, S_i, N_i) \quad (2)$$

where, as mentioned before, X represents a composed good.

According to Freeman (1993), to explicit the utility function, we assume that preferences are weakly separated in housing and its characteristics. This supposition makes the demand for housing characteristics independent of other good prices. This is a convenient property for empirical studies. Individuals, then, maximize their utilities $u(\cdot)$ subject to budget constraint⁶:

$$M - P_h - X = 0 \quad (3)$$

where M is the monetary income.

The first order condition for environmental well-being having chosen q_i is given by:

$$\frac{\partial u / \partial q_i}{\partial u / \partial X} = \partial P_h / \partial q_i \quad (4)$$

Assuming that the hedonic price function, $P_h(\cdot)$, was estimated for an urban area, its partial derivative in relation to any argument, for example q_i , gives the implicit marginal price of that characteristic. This is the additional quantity that should be paid by any family to move to a group with a higher level of that characteristic. If the function is not linear, the implicit marginal price of a characteristic is not constant but

⁶According to Freeman (1993, pg. 372), for an urban area where most of working places are located downtown, the distance of downtown is one of the most important characteristic of a residence. The budget constraint is $M - P_h - X = 0$, where $t(d_i)$ is the cost of dislocation to work.

depends on its level and possibly on the level of other characteristics (Freeman, 1993). An individual maximizes utility moving along the marginal price curve until it gets to the point where the marginal disposition to pay for an extra unit of that characteristic equals the marginal implicit price of the same characteristic. For Palmquist (1991), if the market reaches equilibrium, then each individual will have a position where the marginal disposition to pay is equal the implicit price -- that is, marginal cost -- of that characteristic.

An Hedonic Price Model for Urban Air Pollution

As mentioned before, the main goal of this article is to evaluate the possible effects of a "bad smell" emitted by a sewage treatment plant (called ETE/North) in Brasilia (Brazilian capital city) have on the value of residential property located nearby them. Within this perspective, we look to define a MHP model that, according to the specialised literature, contemplates: a) a group of variables that outlines the main characteristics -- structures, location and neighbourhood -- of the residential property; and b) these selected variables, together with an environmental variable "bad smell", are the ones that best explain the values of these properties.

Due to the arguments presented, the economic model defined in the present study for the application of MHP can be expressed as follow:

$$P_h = f(\text{CHEIRO, RPC, AREA, ANO, DT, Q1, Q2, Q3, Q4, GAR, ELEV, FARM, PAD, AÇOUG, MERC, LIVR, REST, PG, BAR, SERP})$$

Each variable has the following meaning:

Ph	Hedonic prices
CHEIRO	Environmental variable "bad smell"
RPC	Income per capita of the population living in the area of study
AREA	Total area of apartment/house, in m ²
ANO	Year of authorisation for apartment occupation ("habite-se")

DI	Distance, in meters, from the building where an apartment is located to the ETE/North
Q1	One bed room apartment
Q2	Two bed room apartment
Q3	Three bed room apartment
Q4	Four bed room apartment
GAR	Apartments with garage
ELEV	Building has elevator
FARM	A drugstore is located in the apartment neighbourhood
PAD	A bakery is located in the apartment neighbourhood
ACOUG	A butcher shop is located in the apartment neighbourhood
MERC	A fruit and vegetable market is located in the apartment neighbourhood
LIVR	A bookstore is located in the apartment neighbourhood
REST	A restaurant is located in the apartment neighbourhood
PG	A gas station is located in the apartment neighbourhood
BAR	A bar with music is located in the apartment neighbourhood
SERP	Public service facilities (schools, police offices, health centres, post offices and religious temples) are located in the apartment neighbourhood

Property values (variable Ph) were obtained from two different sources: 1) the value of the urban territorial tax (IPTU/GDF/2000) and 2) an evaluation made by the Urban Development Managing Support Unit (GIDUR/BR) of the Caixa Econõmica Federal (public bank responsible for most mortgage loans in the country). We decided to work with four different economic models. Each model has a dependent variable defined as hedonic price and twenty independent variables. Eight of these independent variables are related to structural characteristics of the property; nine refer to attributes and qualities of services available to residents; one variable is related to the distance of each residence from ETE/North; one environmental variable related to air characteristics and one economic variable related to the population income. The basic difference among these four models is four distinct measurements for the dependent variables:

1. Model I : Hedonic Price as a value of the Urban Territorial Tax – IPTU/GDF/2000

694 VTA

2. Model II: Hedonic Price as a value of the Evaluation of GIDUR/BR/CEF, expressed in Current American Dollars

3. Model III: Hedonic Price as the Evaluation of GIDUR/BR/CEF, corrected by the Brasilia Construction Index – ICC/BSB from the Getulio Vargas Foundation (FGV)

4. Model IV: Price as the Value of Evaluation of GIDUR/BR/CEF, corrected by the Exchange Rate Index of the Central Bank

In more details, we have:

Ph1 Price of the apartment corresponding to the value used by the Secretary of Agriculture Division of Residential Property Evaluation of the Government of the Federal District (GDF) to calculate the IPTU/2000. The sample used was of 9,522 residential properties.

Ph2 Evaluation of the apartment made by the value of the Evaluation of GIDUR/BR/CEF expressed in Current American Dollars. The sample used was 959 residential properties.

Ph3 Value of the apartment made by the GIDUR/BR/ Caixa Econõmica Federal (CEF), corrected by the Brasilia Construction Index with prices of may of 2000 – ICC/BSB from the Getulio Vargas Foundation (FGV). The sample used was 959 residential properties. Value of the apartment made by the GIDUR/BR/CEF, corrected by the Exchange Rate Index calculated by the economic department of the Central Bank with prices of may of 2000. The sample used was 959 residential properties.

Variables Q1, Q2, Q3, Q4, GAR and ELEV, that are related to structural characteristics for each apartment, were estimated through a survey using a questionnaire answered by owners and/or residents of these apartments. Variables FARM, PAD, ACOUG, MER, LIVR, REST, PG, BAR and SERP, that are related to the quality of the services

available to residents, were estimated through field work in each different neighbourhood. Details on how each variable was estimated, on sample size and expected signals are presented in the appendix to this paper.

Analyses of Main Results

Once selected the group of explanatory variables for apartment prices and defined models to estimate the HPM, these models were statistically estimated, a structural form that best fits the behaviour of the independent and dependant variables was selected, as well as the best econometric results. In this context, this section has two goals. First to discuss results of regressions. Second discuss the economic logic of obtained results.

Statistical Results

Among various forms specified of the hedonic price function, the best result was achieved with the linear form. In Table 1, we have results of econometric models estimated for the different models discussed. Initially, for methodological reasons, it is worth mentioning that two of the twenty independent variables were taken out of the regression models. These variables are *per capita* income and *dummy* variable Q4, representing apartments with four rooms. The former presented little variation because it is expressed as an aggregate value, in the sense that it represents the average income of resident population of groups of buildings, not of individual apartments. From an econometric perspective, the ideal would be that the *per capita* income represented the average income of residents of each residential unit or, at least, individual building. The *dummy* variable Q4 presented perfect multicollinearity in the estimated models. This means that it presented high explainable power and insignificant coefficients. Being so, Q4 was used as a *benchmark*, this is as a reference variable to allowing the interpretation of the remaining dummies.⁷

⁷Coefficients of *dummy* variables Q1, Q2, Q3 indicate, respectively, how much the price of a one, two and three-room apartment is lower than the price of a four-room apartment. In other words, the coefficient of each of these variables indicates the marginal effect in the price of reduction of each room in an apartment.

Another important point refers to the distance variable DT and DT². Two functional forms were used to consider the distance effect of each apartment from the ETE/North. First, only the variable DT was included. As mentioned in the Appendix, the expected signal for it is positive, indicating that the bigger the distance from ETE/North, the higher the price of the residence.

On the other hand, considering that in two of the estimated models coefficients found were statistically insignificant, we concluded that the relation between distance and price is not linear. Because of such, it is reasonable to suppose that the bigger the distance, the effects of the "bad smell" will be smaller. But we cannot guarantee that the smell effect goes down linearly according to the distance. Another possibility that should be considered is the fact that after a certain distance the "bad smell" effects disappear. This means that the distance becomes irrelevant in relation to this variable.

Considering all these points, it is clear that the most used function to measure such effects is the square function⁸, such as $y_i = b_0 + b_1d_i + b_2d_i^2$. We, then, expect that the linear term has a positive sign, allowing that the variable distance variable to have a positive influence on the price up to the highest point of the function. We also expect that the square term should present a negative sign, allowing the function to have a point of maximum. The marginal effect of distance upon price is $\partial y_i / \partial d_i = b_1 + 2b_2d_i$. We can clearly see that the distance effect grows in decreasing rates if $b_1 > 0$ and $b_2 < 0$ until the maximum point.

As mentioned before, due to the fact that property values were obtained from two different sources, four economic models were defined for the application of the HPM. Table 1 presents all statistical results of each estimated regression for each one of those four models. The main points to highlight are follows:

⁸See, for example, Greene (1997).

Table I
Results of Estimated Models
Hedonic Prices as Dependent Variable

Variable	Model I Price - Ph1 ¹⁰	Model II Price - Ph2 ¹⁰	Model III Price - Ph3 ¹⁰	Model IV Price - Ph4 ¹⁰
CONSTANT	-2459273.409 *** (-3.119)	-629329.962 *** (-2.817)	-253482.691 *** (-2.714)	-260124.904 *** (-2.410)
CHERO	-4624.486 *** (-6.292)	-9907.641 *** (-3.017)	-7363.831 * (-1.773)	-5915.166 ** (-2.339)
AREA	591.010 *** (150.904)	245.097 *** (11.043)	409.310 *** (13.992)	312.327 *** (13.209)
ANO	120.818 *** (5.083)	339.381 *** (16873.768 * (2.822)	313.206 *** (9.140)	1265.190 *** (8.811)
DT	14818.305 *** (4.151)	16873.768 * (1.822)	18028.429 (1.573)	16822.814 (1.488)
DT ²	-295.790 *** (-2.407)	-3768.840 * (-1.912)	-4637.333 * (-1.747)	-4076.103 (-1.592)
Q1	10417.537 *** (4.356)	-29846.772 *** (-2.773)	-4781.060 *** (-9.243)	-5549.582 *** (-2.133)
Q2	-401.699 *** (-14.093)	-12002.310 *** (-2.700)	18445.145 *** (5.210)	-17938.246 *** (-4.848)
Q3	-2303.232 *** (-14.484)	-5041.910 *** (-6.177)	2397.963 *** (6.971)	-7669.242 *** (-2.131)
GAR	18.674 (1.383)	5947.998 *** (3.013)	7985.712 *** (3.139)	10012.545 *** (3.933)
ELEV	28098.850 *** (6.299)	15305.718 *** (6.270)	18034.466 *** (5.993)	16978.621 *** (5.641)
PARK	-968.681 *** (-3.380)	-5133.932 *** (-1.524)	-3460.232 (-1.324)	-4327.157 * (-1.490)
PAID	-11795.826 *** (-28.364)	-798.374 *** (-3.124)	-3183.355 (-1.320)	-3655.77 (-1.416)
ACQUG	176.831 (0.318)	-7830.608 *** (-3.073)	-3915.432 (-1.170)	-4128.151 (-1.206)
MEBC	4505.966 *** (9.480)	11604.113 *** (3.270)	13499.686 *** (4.720)	14143.990 *** (3.014)
LIVR	-16508.601 *** (-21.541)	-24466.001 *** (-7.318)	-22302.108 *** (-5.273)	-22082.901 *** (-5.094)
REST	4304.370 *** (6.097)	-1394.630 (-0.412)	-2647.717 (-0.610)	-5090.804 (-1.171)
PG	6144.738 *** (16.801)	7641.950 *** (4.247)	3764.169 (1.610)	4278.685 * (1.830)
BAR	9937.091 *** (16.260)	-642.111 (-0.222)	-11693.331 *** (-3.109)	-725.619 * (-1.828)
SERP	1701.164 *** (13.199)	1142.919 (0.476)	3723.563 (1.195)	5943.978 * (1.906)
R ²	0.952	0.766	0.831	0.818
Adjusted R ²	0.951	0.761	0.827	0.814
Observations	9322	959	959	959
F test	9769.05 ***	162.04 ***	242.90 ***	222.07 ***

Notes:
 (a) The value used by the Secretary of Finance for the IPTU/2000
 (b) Evaluation value of GIDUR/BR/CEF, expressed in US\$ current dollars
 (c) Evaluation value of GIDUR/RR/CEF, expressed by FCV's Brasília construction index
 (d) Evaluation value of GIDUR/CEF, corrected by the central bank's real exchange rate.
 In the parenthesis are the values related to the t - test. All models presented heteroscedasticity, being corrected by the Method of Least Squares Method mediated by DT.
 *** Significant with less than 1% of probability
 ** Significant with 5% of probability
 * Significant with 10% of probability

a) Model I: Price as Related Value of the Urban Territorial Tax - IPTU/GDF 2000

With a sample of 9,522 apartments and considering as hedonic price - Ph1 - the value used by the Secretary of Finance, Division of Residential Property Evaluation of the Federal District Government to calculate the IPTU/2000 for those apartments, the Model I presented the best results from a statistical point of view. With the exception of variables GAR and ACQUG, that were not significant, all remaining independent variables were significant at a less than 1% significance level. The coefficient of determination - R² - was 0,952, while the adjusted R², by sample size and number of degrees of freedom, was 0,951. This indicates that the variation of the dependent variables, Ph1, is highly explained by variations of the independent variables. As far as the F test is concerned, it was equal to 9,769,05, suggesting a highly significant regression model at less than 1% level of probability. This allows us to conclude that the group of independent variables influences the dependent variable (Ph1).

b) Model II: Price as the Value obtained through the Evaluation of GIDUR/BR/CEF, expressed in current American Dollars

Among all four estimated models, Model II presented, statistically speaking, the less significant results. The value used as hedonic price - Ph2 - was estimated upon evaluation of 959 apartments made by the GIDUR/RR/CEF and was expressed upon current American Dollars, for the period from July of 1994 until May of 2000. Among all independent variables, REST, BAR and SERP were not statistically significant. DT and DT² presented significance at the 10% level and other remaining variables were significant at the less than 1% level of probability. The test F presented, at the less than 1% level of probability, a value of 162.04, indicating that the model is highly significant. On the other hand, the coefficient of determination (R²) and the adjusted R² presented, respectively, the results 0.766 and 0.761, which demonstrates that the variations in Ph2 can be explained, in average, by 76% of the variations of the independent variables.

c) Model III: Price as the Evaluation of GIDUR/BR/CEF, corrected by the Brasilia Construction Index - ICC/BSB from the Getulio Vargas Foundation (FGV)

Using as hedonic price - Ph3 - the same estimative of the previous Model II. However, this value presented by GIDUR/BR/CEF was, in this model, corrected by the Construction Index for Brasilia - ICC/BSB - from the Getulio Vargas Foundation (FGV), having as base prices of May of 2000. The present Model III was the best after Model I, statistically speaking. With a R² of 0.831 and adjusted R² of 0.827, one can say that the variation of Ph3 is mainly explained by the variation of the explicative variables (in average, 83%). The significance of the estimated model, given by the F test, was equal to 242,90. This means that it was very significant, at the less than 1% level of probability, showing the relevance of independent variables that were chosen to explain the hedonic price Ph3. The influence of each explanatory variable upon the dependent variable, in this case, we have: ÁREA, ANO, Q1, Q2, Q3, GAR, ELEV, MERC, LIVR e BAR being significant at the less than 1% level of probability, while variables CHEIRO and DT² had significance at the 10% level of probability. Other variables - DT, FARM, PAD, AÇOUG, REST, PG and SERP - were not statistically significant.

d) Model IV: Price as the Value of Evaluation of GIDUR/BR/CEF, corrected by the Exchange Rate Index of the Central Bank

Model IV was the third best model. The sample size was 959 apartments. Price of each one of them was estimated by the Caixa Econômica Federal through its GIDUR/BR/CEF. The behaviour of the explanatory variables, according to their individual influences, was as follows: (i) variables ÁREA, ANO, Q1, Q2, Q3, GAR, ELEV, MERC and LIVR were significant at the less than 1% level of probability; (ii) the environmental variable CHEIRO was significant at the 5% level; (iii) variables FARM, PG, BAR e SERP were significant at the 10% level of probability; and (iv) variables DT, DT², PAD, AÇOUG e REST were not statistically significant. Coefficients of determination R² and adjusted R² were equal to 0.818 and 0.814, respectively, indicating that the variation of the dependent variable is 81% explained, in average, by variation of independent variables in the model. The regression model

presented significance at the less than 1% level of probability, according to a F value of 222.07.

An important aspect yet to be mentioned is that, in spite of the quality of our econometric results, data on the value of apartments were obtained from secondary sources. This fact rises the possibility of intercorrelation between this variable and explanatory variables. All adjusted models have a group of binary variables that eventually could be contemplated in the definition of price values in the data provided by the GIDUR/BR/CEF. On the other hand, the data from the Secretary of Finance, Division of Residential Property Evaluation of the Federal District Government, even using the criteria mentioned before, cannot be contemplated, by political reasons, in most of the binary variables considered in the present study. In this context, we may have "ambiguities" in relation to results obtained with GIDUR/BR/CEF prices. However, we can infer that given the similarities of coefficients obtained in all different regressions that were tested, such possibility were not characterized in this study.

Economic Results

All regression models presented in Table 1 have two different types of independent variables: (1) quantitative variables represented by ÁREA, ANO, DISTÂNCIA(DT e DT²) and (2) binary variables or dummy variables represented by CHEIRO, Q1, Q2, Q3, GAR, ELEV, FARM, PAD, AÇOUG, MERC, LIVR, REST, PG, BAR e SERP. Therefore, our economic analysis of achieved results of HPM regression models will be developed specifically for each of those group of variables as follows:

Quantitative Variables

According to Table 1, in all four hedonic prices regression models, the coefficient of quantitative variables have the expected signs. We may infer: (a) the positive sign of the coefficient variable ÁREA indicates that the value of an apartment is directly related to its size; (b) the variable ANO has a positive incidence on the price of an apartment; more recent the document, higher is the value of the property; and (c) the variable DISTÂNCIA, referring to the term DT, keeps a direct relation with the price of a

property. This means that the bigger the distance of an apartment from ETE/North, the higher its value is. On the other hand, DT² presented in all regression models, coefficients with negative signs. The economic meaning of this result is that as much closer an apartment is located to ETE/North the lower its value is.

Another manner to interpret the results of estimated regression models from an economic point of view is analysing elasticity coefficients of each quantitative variables in the formation of hedonic prices. These elasticities are given by: $E = \frac{\partial \text{Preço}}{\partial X} \cdot \frac{X}{\text{Preço}}$, where the variable PREÇO corresponds to the hedonic price and X is the quantitative variable. Table 2 presents the elasticity coefficient for variables ÁREA, ANO e DISTÂNCIA, for each of the estimated regression models.

Table 2
Elasticity of the Quantitative Variables of the Hedonic Price Model

Variable	Model I	Model II	Model III	Model IV
ÁREA	0,8471	0,4617	0,5024	0,5037
ANO	2,3989	9,5439	24,3998	24,8814
DISTÂNCIA	0,0658	0,0456	0,0171	0,0238

Source: Own estimations.

According to Table 2, we have:

- (a) the elasticity coefficients of variable ÁREA have inelastic characteristics for all four models, i.e. $E < 1$. This means that a positive/negative variation of 1% in the total area of an apartment will cause rise/reduction in the property price, respectively, and this variation will be less than 1%. The most inelastic result was presented in Model II, while the less inelastic was Model I;
- (b) the variable ANO presented, for all regression models, elastic coefficients, this is $E > 1$. In particular, the coefficients of Models III and IV were highly significant, comparing to the others. The economic interpretation of these

coefficients is: given a certain percent variation, positive/negative, in the variable ANO⁹ it will happen a proportionally bigger percent variation, positive/negative, in the price of an apartment. The magnitude of coefficients, mainly of Models III and IV, can be explained by many factors. The most important ones are: a) the newer the authorisation, the newer the property construction; b) in our regression models, the average age of an apartment was 22 years; considering inflationary process that took place in Brazil during the last two decades, there has been a clear valorisation of residential properties in the period; c) there are some imperfections in the residential market of Brasília, due to: demand pressure in the Plano Piloto area; high average income of residents; lack of construction of new apartments; speculative movements keeping in mind that properties are real assets of very high liquidity; and d) the fact that Brasília is considered by the United Nations, "Humanity Inheritance", and

(c) as in the case of ÁREA, the variable DISTÂNCIA presented, in all regression models inelastic coefficients, this is $E < 1$. Economically speaking, this means that any percent variation, positive or negative, in the DIST variable will provoke a smaller percent variation to prices of residential properties, reflecting rise or reduction in their values, respectively. On the other hand, from all the 9,522 residences in our sample, the apartment closer to ETE/North is at 610 meters of distance. The most distant of all is at 3,375 meters. As mentioned above, the marginal effect of the distance in the prices is given by $\partial y_i / \partial d_i = b_1 + 2b_2 d_i$. This allows us to conclude that the distance effect grows in diminishing rates if $b_1 > 0$ e $b_2 < 0$, until the maximum point. This point represents the maximum distance between ETE/North and the apartment location, where the "bad smell" no longer influences the property value.

Binary Variables

⁹It is important to mention that the year of authorization to occupy the apartment ("habite-se") should not be taken as reference to the analysis of the effect of price variation of the property. The years 1978/79 were considered as the average for the sample of 9,522 properties.

All binary independent variables (*dummies*) – SMELL, Q1; Q2, Q3, GAR, ELEV, FARM, PAD, AÇOUG, MERC, LIVR, REST, PG, BAR and SERP – used in regression models in this study are characterized as variables that change only the autonomous term of each model. In other words, a *dummy* is added to the model and its impact is given in the form of a displacement in the intercept of the estimate function (Vasconcelos and Alves, 2000, p.93). The displacement of the intercept – positive or negative –, under an economic perspective, represents under the condition “*coeteris paribus*” a change – increase or reduction – in the apartment price.

Data showed in Table 1, suggest the following economic analysis for each one of the *dummy* variables:

(i) the environmental variable SMELL, which represents the main variable of the hedonic model, has the expected negative sign in all models. This empiric evidence ratifies the basic hypothesis of this study: that the air quality, in this specific case the “bad smell” from ETE/North, really influences the value of apartments. Given this result, it can be concluded that apartments located nearby the sewage treatment plant have relative smaller prices, in relation to those located in more distant areas. Therefore, analysing this result under the perspective of the real state market, one can say that in determining the value of an apartment a key variable, the air quality, should be taken into consideration and not only standard or kind of construction; built area; unitary value of the square meter; conservation status; existing public services in the vicinity of the building; valorisation index of neighbourhood; sector in which the building is located; income level of the population; and so on.

(ii) variables Q1, Q2 and Q3, representing number of bedrooms in the apartment, had in all four regression models the expected negative sign. Thus, from an economic point of view coefficients of variables Q1, Q2 and Q3 indicate, respectively, the magnitude of price reduction of an apartment of one, two and three bedrooms in relation to a four bedroom flat, “*coeteris paribus*”. Similarly, the coefficient of each one of these variables indicates the marginal effect on apartment price when there is a “reduction” of a room. This confirms that apartments with a smaller number of bedrooms are sold in

the real state market at inferior prices, relatively to apartments with larger number of bedrooms;

(iii) variables GAR and ELEV are related with structural characteristics of buildings; they have in all regressions, as expected, positive coefficients. Economically, this means that buildings with garage and elevators have apartments more valorised in the real state market than those without garage and elevators;

(iv) variables MERC, PG and SERP are related to attributes and quality of available services for residents; they have positive signal in all econometric models; analysing these coefficients from an economic perspective, one can say that the existence of these facilities influences positively the apartment value;

(v) FARM, PAD, LIVR and REST, differently from the expected, had negative signs in all four estimated models. This empiric evidence indicates that the availability of these services, instead of having a positive influence upon the price of apartments, contributes to the reduction of their values. This is different from one would expect from an economic and an urban planning perspectives. However, results obtained in our regression models suggest that other factors could have contributed to the sign of estimate coefficients, different than expected, such as: (a) resident consumption pattern, like consumption habits, place of purchase and purchase capacity; (b) differentiated relative prices, practiced by local retailer shops in residential blocks and those practiced by “*shopping centres*” and supermarkets; and (c) utilisation by residents of facilities in other blocks, due to some specificity of services, such as bookstore and restaurants. Similar reasoning can be applied for the variable AÇOUG that, except for the Model I, has coefficients with negative signal; and

(vi) finally, variable BAR, except for Model I, has coefficients with negative signals. This confirms what we expected, confirming that apartments suffer a devaluation in their prices when located in residential blocks nearby bars with music.

The Hedonic Price Method (HPM) is one of the oldest economic valuation method and one of the most used to analyse changes in the value of residential and commercial properties due to some environmental externality. According to the specialised literature, an individual when goes to the real state market to acquire a residence, he or she is not only buying a quantity of square meters of a certain quality; but also in doing his or her choice, he or she takes into consideration location and environmental characteristics of the asset. Thus in making his or her decision, perception of these characteristics means that the individual is somehow valuing these particularities of a residence.

In this context, changes in parameters of environmental quality, such as the bad quality of air due to pollutant emissions by industrial units or to bad smell exhaled from landfills or sewage treatment plants, are captured by the real state market through property prices. The main goal of this paper was to evaluate possible effects that air quality has upon values of residential apartments located in the North District of Brasília, Brazil, through the application of the HPM. These effects were consequence of the bad smell exhaled by the operation of a sewage treatment station – ETE/Norte.

As argued before, several functional forms were used to specify the hedonic price functions. The best econometric results were achieved using the linear form. Model 1 had the best statistical results, with a R^2 of 0,9512; a F of 9769,05 indicating a highly significant regression model; and with a significance level of all variables of less than 1% by the test t, except for the variables GAR and AÇOUG who statistically were not significant. The variable SMEL_L, the main variable of our hedonic regression, had the expected sign in all models: negative. This empiric evidence ratifies the main hypothesis of this paper: the quality of the air has influence on the apartment value. Apartments located in the proximities of that sewage treatment station have relatively smaller prices, in relation to similar ones located in more distant areas.

Bibliography

- BATEMAN, I. e TURNER, R. Kerry. Valuation of the Environmental, Methods and Techniques: The Contingent Valuation Method. In: Turner R. Kerry. Sustainable Environmental Economics and Management. Principles and Practice. London: Belhaven Press, 1992.
- CAESB. Companhia de Água e Esgoto de Brasília. Folhetos e Manuais Técnicos sobre a Estação de Tratamento de Esgoto da Asa Norte – ETE/Norte.
- FREEMAN, III A. Myrick. Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues. Scandinavian Journal of Economics, vol. 81 n° 2, 1979, p.154-173.
- FREEMAN, III A. Myrick. The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1979b.
- FREEMAN, III A. Myrick. The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods. Washington, D. C.: Resources for The Future, 1993. 516 p.
- GARROD, G. E. e WILLIS, K. The Environmental Economic Impact of Woodland: a Two-Stage Hedonic Price Model of The Amenity Value of Forestry in Britain. Applied Economics, v. 24, 1992, p.715-728.
- GOODMAN, Allen C. Hedonic Prices, Price Indices and Housing Markets. Journal of Urban Economics, vol. 5, n° 4, 1978, p.471-484.
- GREENE, W. Econometric Analysis. 3. ed. Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall, 1997.
- GRILICHES, Zvi. Price, Indexes and Quality Change. Cambridge. Mass.: Harvard University Press, 1971.

- HANLEY, Nick e SPASH, Clive L. **Cost and Benefit Analysis and the Environment**. England and USA: Edward Elgar, 1993, 278 p.
- HUFSCHMIDT, M. M. *et alii*. **Environment, Natural Systems and Development. An Economic Valuation Guide**. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London, 1983, 338 p.
- LANCASTER, H. J. **A New Approach to Consumer Theory**. *Journal of Political Economy*, nº 74, 1966, p.132-157.
- MEYER, J. e LEONE, R. **The Urban Disamenity Revisited**. In: *Public Economics and Quality of Life*, ed. L. Wingo e A. Evans. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.
- NOGUEIRA, Jorge Madeira e MEDEIROS, Marcelino Antônio Assano de. **Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente**. Proceedings, XXV Encontro Nacional de Economia. Recife: vol. 2, dezembro/1997, p.861-879.
- NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antônio Assano de e ARRUDA Flávia Silva Tavares de. **Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo? Caderno de Pesquisa em Desenvolvimento Agrícola e Economia do Meio Ambiente Nº 002**. Brasília: Departamento de Economia, Universidade de Brasília, NEPAMA, July, 1998.
- PALMQUIST, Raymond B. **Estimating The Demand for The Characteristics of Housing**. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 64, nº3, 1984, p.394-404.
- PALMQUIST, Raymond B. **Hedonic Methods**. In: BRADEN, John B. e KOLSTAD, Charles, D. (Editors). **Measuring the Demand for Environmental Quality**. Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland), 1991, p.77-120.
- PEARCE, David W. e TURNER, R. Kerry. **Economics of Natural Resources and The Environment**. Johns Hopkins University Press. Baltimore, 1990, 378 p.
- RIDKER, Ronald G. **Economic Costs of Air Pollution: Studies in Measurement**. New York: Praeger, 1967.
- RIDKER, Ronald G. e HENNING, John A. **The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution**. *Review of Economics and Statistics*, vol. 49, nº 2, 1967, p.246-257.
- ROSEN, Sherwin. **Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition**. *Journal of Political Economy*, nº82, 1974, p.34-55.

Appendix

Hedonic Price Function
Estimative of independent variables, sample size and expected signals.

CHERO	<i>Dummy</i> environmental variable, it is 1 if there is "bad smell" and 0 otherwise. The expected sign in the econometric models is negative, not forgetting that the main hypothesis is that nearer to ETE/North the apartment is, the lower is its price. This happens because of the highest incidence of "bad smell" coming from the sewage treatment plant.
RPC	Per capita income, with price of may of 2000, of the population living the area of study. Calculated with data provides by the Research of Social and Economic Information of the Federal District families, done in 1997 by the Coordination of Social and Economic Research (CODEPLAN/GDF). It is expected that in the regression models that the sign of this variable is positive. Keeping in mind the logical perspective of the economic theory: the income level is a main variable explaining the value of the apartment.
AREA	Total area of the apartment, in m ² , obtained in the Secretary of Finance, Division of Residential Property. Evaluation of the Government of the Federal District (GDF). The expected sign is positive because in the residential market, the value of the property is directly related with its total area.
ANO	Year of authorization to occupy the apartment ("habite-se"), obtained with the Secretary of Finance, Division of Residential Property. Evaluation of the Government of the Federal District (GDF). Considering that the year of construction has direct influence on the price level, due to its physical depreciation, the expected signal is positive. This demonstrates that the more recent the authorization, higher is the apartment's value.
DT	Distance, in meters, from the apartment building to the ETE/North, calculation based on the cartographic map of Asa North district in a 1:5.000 scale, elaborated by the cartographic division of CODEPLAN/GDF. For this variable we expect a positive sign indicating that the further the apartment is from the sewage station, the less it will be affected by the "bad smell", in terms of its price.
Q1	<i>Dummy</i> variable, being 1 if it is an one bedroom apartment. The expected sign is negative, keeping in mind that in the residential property market, the value of an one bedroom apartment is lower than of a four bedroom apartment, which is our reference value.
Q2	<i>Dummy</i> variable, being 2 if it is a two bedroom apartment. The analysis is similar to that for Q1: the expected sign is negative, keeping in mind that in the residential property market, the value of a two bedroom apartment is lower than a four bedroom apartment, which is our reference value.
Q3	<i>Dummy</i> variable, being 3 if it is a three bedroom apartment. Using the same arguments as in Q1 and Q2: the expected sign is negative, keeping in mind that in the residential property market, the value of a three bedroom apartment is lower than a four bedroom apartment, which is our reference value.
Q4	<i>Dummy</i> variable, being 4 if the apartment has four bedrooms. Taking into account that more bedrooms an apartment has the higher its value is. This variable is the reference for variables Q1, Q2 and Q3.
GAR	<i>Dummy</i> variable, being 1 if the apartment building has an underground garage. Having a garage is a sign of valorisation of the apartment. The expected sign is positive.

ELEV

FARM

PAD

ACQUG

MERC

LIVR

REST

PG

BAR

SERP

Dummy variable, being 1 if the apartment building has elevators. The expected sign is positive, because prices of apartments with elevator are higher than of those without it.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a drugstore. Variety of commercial activities may be an item property valorisation, according to a criteria established in the NBR 5.676, "Evaluation of Urban Residential Properties" of the Brazilian Association of Technical Rules - ABNT. The expected sign is positive.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a drugstore. Using the same reasoning as in FARM, the expected sign is positive.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a butcher shop. As analysed in FARM and PAD, the expected sign is positive.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has fruit and vegetable market. The expected sign is positive.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a bookstore. The expected sign is positive, for reasons presented in previous variables.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a restaurant. For the same arguments used in any commercial activity, the expected sign is positive.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has a gas station. Due to the convenience given by the presence of one, the expected sign is positive.

Dummy variable, 1 if the neighbourhood has a bar with music. If this bar brings any kind of discomfort, as loud music, the use of parking space outside residential buildings and the possibility of physical fights among consumers and residents, the expected sign is negative, meaning in a lower value for the apartment.

Dummy variable, being 1 if the neighbourhood has public services, such as schools, police offices, health centres, post offices and religious temples. The expected sign is positive because the presence of such services make the well-being of residents higher, making the value of the apartment higher.

The ECO/UnB Working Paper Series

The Department of Economics of the University of Brasilia publishes its Working Papers Series since April 1972. On August 30, 2002 the series was renewed with the on-line publication of the papers. All Working Papers may be freely downloaded from the Department site: <http://www.unb.br/iegeco>.

Working papers published since August 2002:

- 231 Posse de escravos e estrutura da riqueza no agreste e sertão de Pernambuco: 1777-1887. Flávio Rabelo Versiani and José Raimundo O. Vergolino, 30 August 2002, 29p.
- 232 On the natural rates of unemployment and interest: the Robertson connection. Mauro Botanovsky and John R. Presley, 30 August 2002, 34p.
- 233 Contas Nacionais e o meio ambiente: reflexões em torno de uma abordagem para o Brasil. Charles C. Mueller, 30 August 2002, 25p.
- 234 Economics of air pollution: hedonic price model and small consequences of sewage treatment plants in urban areas. Sérgio A. Bataihone, Jorge M. Nogueira and Bernardo P. M. Mueller, 30 August 2002, 25p.
- 235 The Brazilian depression of the 80s and 90s, Mirra Bugarin, Roberto de G. Ellery Jr., Victor Gomes and Arilton Teixeira, 30 August 2002, 30p.
- 236 Informal employment in Brazil – A choice at the top and segmentation at the bottom: a quantile regression approach. Maria Tamuri-Pianto and Donald M. Pianto, 30 August 2002, 23p.
- 237 False contagion and false convergence clubs in stochastic growth theory. Stephen de Castro and Flávio Gonçalves, 30 August 2002, 20p.
- 238 Spot and contract markets in the Brazilian wholesale energy market. Paulo C. Coutinho and André Rossi de Oliveira, 30 August 2002, 19p.
- 239 Tributação da renda e do consumo no Brasil: uma abordagem macroeconômica. Valtter Borges de Araujo Neto e Maria da C. S. de Sousa, 6 September 2002, 31p.
- 240 Vote splitting, reelection and electoral control: towards a unified model. Maurício S. Bugarin, 30 August 2002, 26p.
- 241 Shadow-prices in payment systems. Rodrigo Peñalosa, 30 August 2002, 30p.
- 242 Welfare implications of the Brazilian social security system. Roberto de G. Ellery Jr. and Mirra N. S. Bugarin, 13 September 2002, 28p.
- 243 Os agentes econômicos em processo de integração regional – Inferências para avaliar os efeitos da ALCA. Renato Baumann and Francisco Galvão Carneiro, 20 September 2002, 33p.
- 244 Leading by example: a simple evolutionary approach. André Rossi de Oliveira and João R. O. de Faria, 27 September 2002, 24p.
- 245 The role of institutions in sustainable development. Bernardo Mueller and Charles Mueller, 4 October 2002, 23p.
- 246 Consórcios intermunicipais de saúde: uma análise à luz da teoria dos jogos. Luciana Teixeira, Maria Cristina MacDowell and Maurício Bugarin, 11 October 2002, 30p.
- 247 Liquidity constraints and the behavior of aggregate consumption over the Brazilian business cycle. Mirra Bugarin and Roberto de G. Ellery Jr, 18 October 2002, 19p.
- 248 Pricing water and sewage services in urban areas: Evidences of low level equilibrium in a developing economy. Ricardo Coelho de Faria, Jorge M. Nogueira and Bernardo Mueller, 25 October 2002.
- 249 Wrong incentives for growth in the transition from modern slavery to labor markets: Babilon before, Babilon after. Stephen de Castro, 1 November 2002, 23p.
- 250 Vintage capital, distortions and development. Samuel Pessoa and Rafael Rob, 8 November 2002, 40p.
- 251 A note on Armstrong's optimality of exclusion property. Maurício Bugarin, 15 November 2002, 20p.
- 252 Preços de escravos em Pernambuco no século XIX. Flávio R. Versiani and José Raimundo O. Vergolino, 22 November 2002, 20p.
- 253 A model of capital accumulation and rent seeking. Paulo Borelli and Samuel de Abreu Pessoa, 29 November 2002, 40p.
- 254 Anchors away: the cost and benefits of Brazil's devaluation. Edmund Amann and Werner Baer, 6 December 2002, 19p.

Forthcoming working papers:

(Subject to change)

- 241 Shadow-prices in payment systems. Rodrigo Peñalosa, 30 August 2002, 30p.
- 242 Welfare implications of the Brazilian social security system. Roberto de G. Ellery Jr. and Mirra N. S. Bugarin, 13 September 2002, 28p.
- 243 Os agentes econômicos em processo de integração regional – Inferências para avaliar os efeitos da ALCA. Renato Baumann and Francisco Galvão Carneiro, 20 September 2002, 33p.
- 244 Leading by example: a simple evolutionary approach. André Rossi de Oliveira and João R. O. de Faria, 27 September 2002, 24p.
- 245 The role of institutions in sustainable development. Bernardo Mueller and Charles Mueller, 4 October 2002, 23p.
- 246 Consórcios intermunicipais de saúde: uma análise à luz da teoria dos jogos. Luciana Teixeira, Maria Cristina MacDowell and Maurício Bugarin, 11 October 2002, 30p.

IMPACTO DE LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE SOBRE EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS EN CONCEPCIÓN-TALCAHUANO, CHILE

CRISTIAN MARDONES
 Universidad de Chile

This paper provides an empirical assessment on the impact of air pollution, specifically the bad scents produced by heavy industries and industries associated to the production of fish flour on the population's economic welfare of Concepción-Talcahuano, Chile.

The paper applies an indirect method of environmental valuation known as the model of hedonics prices (Rosen, 1974). This approach has been broadly used in urban and environmental economics. The results from this paper reveal that there is a negative effect from bad scents on the price of housing and goes further by carrying out an exercise on the economic effect in a representative housing.

JEL: Q25

Keywords: Hedonics Prices, Air Pollution, Price of Housing

1. INTRODUCCIÓN

La valoración de los bienes ambientales, tales como un aire limpio, es difícil porque los bienes ambientales no tienen mercado. Sin embargo, en el mercado de bienes raíces se comercia la calidad ambiental de manera implícita.

Si el bien ambiental "calidad del aire" varía a través de una zona urbana y los individuos pueden escoger su exposición a la contaminación mediante sus decisiones sobre localización residencial, los precios de las viviendas pueden incorporar premios por localización en áreas no contaminadas y castigos en áreas

*Deseo agradecer a los doctores académicos Mauricio Villena, Carlos Clabrez, Iván Araya, Jorge Drescher y Andrea Repetto por sus valiosos comentarios y sugerencias, así como también a Rosa Poblete y Humberto Suberola por su valiosa colaboración.
 E-mail: cmardone@facsa.uchile.cl, mardonescristian@bolmail.com

contaminadas. De este modo, puede ser posible estimar la demanda por ese bien público de los precios revelados en el mercado de viviendas (Palomquist, 2003).

La técnica de precios hedónicos se ha aplicado a una amplia variedad de bienes y se ha usado en diferentes campos. La mayoría de los modelos de valor de propiedad se han aplicado a bienes raíces residenciales.

La vivienda es un producto diferenciado, ya que aunque existieran diferencias estructurales, de ubicación y del entorno, todas las viviendas son transadas en un solo mercado. Debido a que cada unidad difiere de las otras, no existe un precio único en el mercado, aun cuando el mercado es competitivo. El precio al cual la propiedad se vende también dependerá del costo de producir una casa con ciertas características y las decisiones de maximización de beneficio de las firmas. Sin embargo, el stock de casas existentes domina el mercado en la mayoría de las áreas; por tal motivo, gran parte de los investigadores generalmente asumen que la demanda individual es fija en el corto plazo, así los precios de las viviendas son determinados por la demanda.

Dado que los modelos hedónicos de valor de propiedad están basados sobre la elección residencial de los individuos, ellos no capturan disponibilidad a pagar por mejoras en amenidades ambientales en otros puntos del área urbana, por ejemplo, en el lugar de trabajo, área de compras, parques o áreas recreacionales. Además, ellos sólo capturan disponibilidad a pagar por diferencias en amenidades y sus consecuencias; por ejemplo, si existe un efecto de salud de largo plazo asociado con una baja calidad ambiental en el sector de la ciudad donde está ubicada la vivienda, pero las personas no están conscientes del vínculo causal entre salud y calidad ambiental, no se reflejarán diferencias en los precios de las viviendas.

La escasez de estudios hedónicos sobre calidad ambiental en Chile es sorprendente, considerando los niveles de contaminación del aire en importantes ciudades como Santiago, Temuco, Talcahuano¹, Chillán, entre otras, y el enorme gasto público y privado en medidas de mitigación para cumplir con la normativa vigente. A mi conocimiento existe sólo un trabajo previo que mide el valor económico de mejoras en la calidad del aire en Chile, que fue realizado para valorar económicamente las mejoras en el programa de calidad del aire en Santiago (Figueroa et al. (1996)).

La presente investigación plantea la hipótesis nula de que no existen efectos de la contaminación del aire (percepción de malos olores) sobre el precio de las propiedades en la intercomuna Concepción-Talcahuano.

El impacto de los malos olores es muy importante para la población que vive cerca de pesqueras e industrias que los percibe diariamente, y sus efectos en el bienestar son diversos, como por ejemplo: impregnación de mal olor en la

¹Las emisiones de la industria de harina de pescado generan concentraciones de trimetilamina y ácido sulfhídrico que son percibidas por la población. Las plantas de celulosa emiten principalmente partículas, como óxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y anhídrido sulfúrico (SO₂). Por otra parte, otras industrias, como refinerías de petróleo, siderúrgicas, plantas de asfalto y cemento, etc., también contribuyen en forma importante a la contaminación atmosférica.

ropa, dolor de cabeza, irritación de ojos, mareos, alergia, efectos en la propiedad, ahogos, vómitos, pérdida de apetito, etc.

Este estudio es el primer paso en el intento de iniciar un proceso de discusión e investigación, ya que la aplicación de esta metodología puede resultar muy útil en los análisis costo-beneficio de proyectos destinados a la descontaminación ambiental, debido a que la metodología es fácilmente aplicable a otras ciudades y escenarios ambientales.

Desde el punto de vista metodológico, la limitación principal de este trabajo es la medición de la variable ambiental "malos olores", que se realizó mediante una encuesta en la cual se consultó a los entrevistados sobre su percepción subjetiva de los malos olores en diversos sectores de la intercomuna, todo esto por la falta de variables objetivas de contaminación para la ciudad de Concepción y las pocas estaciones de monitoreo en la ciudad de Talcahuano². Debido a que la restricción de recursos no permitió realizar un diseño muestral aleatorio, se decidió realizar un muestreo no probabilístico. La misma restricción explica por qué no se contrastaron los resultados del sondeo y la opinión de las personas que efectivamente realizaron las transacciones de las propiedades.

Si bien es cierto que la medida subjetiva utilizada puede no considerarse la mejor alternativa, este enfoque permite realizar un interesante análisis de la situación en la intercomuna Concepción-Talcahuano, que al menos puede considerarse como el primer intento de investigar en esta área de la economía ambiental. Debemos notar, además, que para muchas personas una medida objetiva de algún contaminante medido en partes por millón por centímetro cúbico no tiene mucho que ver con su toma de decisiones en la vida diaria. Estos motivos llevaron a la sugerencia de utilizar una mezcla de medidas subjetivas y objetivas para medir la variable ambiental, tal como lo señala Palmquist (2003).

Otra limitación es la estimación de solamente la primera etapa del modelo hedónico (cálculo de la función de precio hedónico) y no la segunda etapa (el cálculo de la función de precio hedónico, y no de las demandas individuales. El cálculo de la función de precio hedónico, y no de las demandas individuales por las características, implica que el efecto en el bienestar de cambios en la variable ambiental no es medido de forma exacta. Sin embargo, el precio marginal de la característica j -ésima en la función de precio hedónico puede ser interpretado como la disposición marginal a pagar o beneficio marginal por cambios pequeños en la característica j para cada individuo. Este es un supuesto simplificador bastante fuerte, aunque no por ello menos utilizado en las aplicaciones empíricas.

Existen varias técnicas para estudiar los efectos de la calidad ambiental en los valores de las propiedades e inferir disponibilidad marginal a pagar por mejoras. Sin embargo, el método más normalmente usado es la primera etapa del modelo hedónico, por su simplicidad de aplicación y datos requeridos.

²Dos estaciones de monitoreo para SO_2 y dos estaciones para PM_{10} .

³Para estimar la segunda etapa del modelo hedónico se requiere información de ingresos y características de las familias dueñas de las propiedades consideradas.

El documento se organiza de esta forma. A continuación se presenta el marco teórico del modelo hedónico. En la sección siguiente se describen los datos y fuentes de información que se utilizaron, asimismo como el cálculo de las variables empleadas en el análisis. Posteriormente se presentan los supuestos necesarios para la aplicación práctica del método hedónico. Finalmente se comparan los resultados de diversas formas funcionales utilizadas y se extraen las principales conclusiones y recomendaciones de política económica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Modelo Teórico

A continuación se presenta el modelo teórico hedónico siguiendo a Freeman (1993).

Sea Y un producto (vivienda en este caso). Algún modelo de Y puede ser descrito completamente por un vector de parámetros y sus características, donde $i = 1, \dots, I$, es cada modelo de Y . Sea $Z_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{in})$ el vector de características de Y . Entonces algún modelo de Y , digamos Y_j , puede ser descrito por sus características, esto es $Y_j = Y_j(z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jn})$, donde z_{ij} es la cantidad de la j -ésima característica proporcionada por el modelo i del bien Y . La función de precio hedónico por Y da el precio de algún modelo, como una función de sus características. Específicamente, para Y_j

$$(1) \quad P_j = P_j(z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jn}, z_{nj})$$

Si la función $P_j(\cdot)$ puede ser estimada de observaciones en los precios y características de modelos diferentes, el precio de algún modelo puede ser calculado al conocer sus características.

Asumimos que cada individuo adquiere sólo una unidad de Y en el periodo relevante. La utilidad de un individuo (2) depende del consumo de un bien numerario compuesto no-vivienda, X , y el vector de características Z , proporcionadas por la unidad adquirida de Y , siendo M el ingreso. El problema del individuo, por tanto, es maximizar su función de utilidad sujeto a su restricción presupuestaria.

$$(2) \quad u = u(X, Z)$$

Si el individuo adquiere el modelo i del bien Y a un precio P_i . Con el objetivo de maximizar (2) sujeto a la restricción presupuestaria $M - P_i - X = 0$ (P_i es normalizado igualándolo a 1), el individuo debe escoger niveles de cada característica para satisfacer:

$$(3) \quad \frac{\partial u}{\partial X} = \frac{\partial P_i}{\partial z_j} = \frac{\partial u}{\partial z_j}$$

000704

Alternativamente, la disponibilidad marginal a pagar por z_j debería ser igual al costo marginal de adquirir más de z_j , todo lo demás constante.

Invirtiéndose (2) y manteniendo todas las características j constantes, nosotros obtenemos una curva de indiferencia o una curva bid que da la máxima cantidad que el individuo pagaría para obtener un modelo como una función de z_j manteniendo otras cosas constantes, básicamente $\partial P_j / \partial z_j$.

$$(4) \quad B_j = B_j(z_j, Z^*, u^*)$$

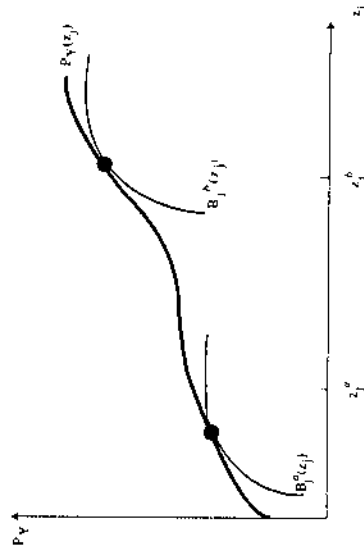
donde, u^* es la solución para el problema de maximización de utilidad restringida y Z' representa las cantidades óptimamente escogidas de las otras características.

Debido a las diferencias en preferencias y/o ingresos, los individuos pueden tener funciones bid diferentes. Dos de tales funciones para individuos a y b son mostradas en el Gráfico 1. Ellos muestran disposición a pagar decreciente por z_j , o una tasa marginal de sustitución decreciente entre z_j y X . Estos individuos escogen z_j^a y z_j^b respectivamente evaluadas en la función de precio hedónico.

Volviendo al lado de la oferta de mercado, los costos de producción de las firmas dependen de los niveles de las características de los modelos que ellos producen. Asumamos que las firmas son heterogéneas, así que sus funciones de costos son diferentes. Invertiendo la función de beneficio de la firma se produce una curva de oferta para las características de la forma:

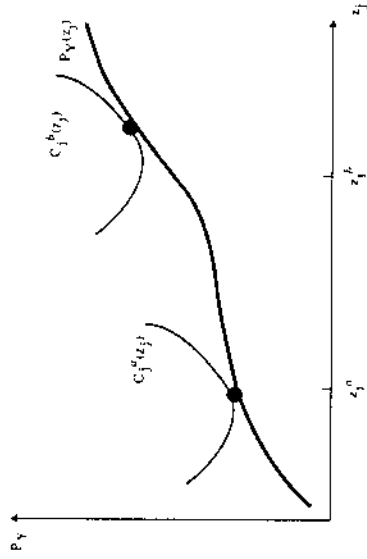
$$(5) \quad C_j = C_j(z_j, Z^*, \pi^*)$$

GRÁFICO 1



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 2



Fuente: Elaboración propia.

donde π^* es el máximo beneficio obtenible. Las curvas de oferta y las cantidades óptimas de z_j ofrecidas por las firmas a y b son mostradas el Gráfico 2.

La función de precio hedónico es una doble envolvente de las familias de curvas bids y de las curvas de ofertas, de todas las familias y las empresas respectivamente (Rosen, 1974). Como una doble envolvente, la función de precio hedónico depende de los determinantes del lado de la oferta, y demanda de las características del mercado.

Para que todas las firmas e individuos estén en equilibrio, todas las curvas bids y de ofertas por las características, de cada participante en el mercado, deben ser tangentes a la función de precios hedónicos.

El precio marginal implícito de una característica puede ser encontrado al diferenciar la función del precio hedónico con respecto a esa característica.

$$(6) \quad \frac{\partial P}{\partial z_j} = P_j(z_1, \dots, z_j, \dots, z_n)$$

Esto da el incremento del gasto en Y que es requerido para obtener un modelo con una unidad adicional de z_j , dado todo lo demás constante. Si la ecuación (1) es lineal en las características, entonces los precios implícitos son constantes para los individuos. Pero si (1) es no lineal, entonces el precio implícito de una unidad adicional de una característica depende de la cantidad de la característica adquirida.

000705

Si la función implícita marginal es lineal en z , entonces no es posible identificar una curva de demanda por z . La observación del precio es la misma para todos los individuos. Sin embargo, P_d puede ser interpretado como la disposición marginal a pagar (DMP) o beneficio marginal por cambios pequeños en z , para cada individuo. Si la función de precios hedónicos es no lineal, diferentes individuos seleccionan diferentes cantidades de características, por lo que tendrían distintos precios marginales implícitos por z .

En el caso donde diferencias en el ingreso, preferencias, u otras variables resultan en individuos que tienen diferentes funciones de demanda inversa, Rosen (1974) argumentó que los datos de precios implícitos y cantidades de un único mercado podrían ser usados para estimar esta función de demanda inversa, dado que el problema de identificación de econometría podría ser resuelto. Este análisis fue incorrecto; el problema es que los datos de un único mercado hedónico son insuficientes para identificar cómo los mismos individuos responden a diferentes precios implícitos e ingreso.

Por consiguiente, para encontrar las demandas individuales hay que realizar una segunda etapa de estimación. La primera etapa del procedimiento en dos etapas de Rosen involucra la especificación de la forma de la función precio hedónica P_d y la estimación econométrica de sus parámetros. La DMP por un atributo es determinada al tomar la derivada de la función de precio hedónica con respecto al atributo en cuestión. Medir el cambio exacto en el bienestar por un cambio no marginal en el atributo involucra moverse a lo largo de la curva de demanda inversa del consumidor, lejos de la tangencia de la función hedónica. En este caso, la segunda etapa de la estimación, la cual identifica la función de demanda inversa, debe ser llevada a cabo para medir el cambio exacto en el bienestar. Existen al menos dos maneras en las cuales pueden ser obtenidas estimaciones de demanda inversa por el atributo z : La primera es incrementar la cantidad de información proveniente de los precios marginales implícitos al estimar funciones de precios hedónicos para varios mercados separados, y entonces hacer un pooling con los datos haciendo el supuesto de que la estructura fundamental de la demanda es la misma en todos los mercados (Freeman, 1974; Brown y Rosen, 1982; Palmquist, 1984). El segundo enfoque involucra especificar una forma de función de utilidad para las familias (Chattopadhyay, 1998 y 2000).

La meta de la mayoría de las estimaciones hedónicas en economía ambiental es la medida del bienestar cuando hay cambios en las cantidades de algunas de las características ambientales. Sin embargo, las técnicas que deben usarse difieren notablemente dependiendo del tipo de cambio ambiental, los costos de transacción en el mercado de la vivienda y el período de tiempo considerado. El cambio ambiental podría afectar sólo a un número pequeño de propiedades relativo al tamaño del mercado. Este es el caso de un externalidad focalizada (Palmquist, 1992a), y la función de precio hedónico no cambia. Por otro lado, el cambio ambiental puede afectar una gran parte del mercado, produciendo un cambio en la función de precio hedónico.

La otra dimensión en la cual las técnicas de la medida del bienestar difieren es si las familias se mueven o no en respuesta al cambio ambiental. Ellas

pueden no moverse debido a los costos involucrados en la mudanza o el corto período de tiempo considerado. Bajo tales circunstancias, la medida de bienestar debe estar basada en la estructura de preferencias de los consumidores y tratar con cambios en las cantidades.

Finalmente, el cálculo de cambio en el bienestar para cambios marginales en la variable ambiental, utilizando solamente la función de precio hedónico, está dado en (6). Cabe señalar que ésta es una medida aproximada (que depende de las verdaderas estructuras de las funciones de demanda por las características y del ingreso de las distintas familias), pero frecuentemente utilizada en los estudios hedónicos.

2.2. Extensiones al Modelo Básico

La función de precio hedónico puede proporcionar algo de información sobre la valoración de bienes ambientales públicos. Sin embargo, a menudo es necesario ir más allá y conocer la conducta individual en el mercado, esto es posible al realizar la segunda etapa del modelo hedónico, la cual es estimada en muy pocos estudios.

Desde otra perspectiva, surgen dos modelos alternativos (*hedding aleatorio* y modelo de utilidad aleatoria) que postulan que las elecciones de los consumidores son discretas entre casas, en lugar de continuas en las características como en el modelo hedónico. Estos modelos de elección discreta se han aplicado para estimar las preferencias del consumidor principalmente mediante modelos logit multinomial y logit anidado. Han existido estudios simultáneos de los modelos de elección discreta y hedónico para la comparación de sus medidas de bienestar ambientales, ver Chattopadhyay (1998 y 2000). Sin embargo, los modelos de elección discreta y segunda etapa del modelo hedónico necesitan información sobre características de las propiedades y características socioeconómicas. Las últimas no siempre están disponibles, por lo cual la mayoría de las investigaciones se circunscriben a la primera etapa del modelo hedónico, como ocurre también en esta investigación.

3. APLICACIÓN EMPÍRICA

3.1. Contraparte Empírica del Modelo Teórico

Al decidir comprar una casa, las familias consideran diversos factores, los cuales pueden ser divididos en tres categorías principales: los atributos estructurales de la propiedad, su localización en relación a servicios urbanos y atributos ambientales o del entorno. Las variables incluidas en este estudio son

⁴Desarrollado por Elickson (1981) y modificado por Lerman y Kern (1983).

000706

presentadas en el Cuadro 1 y la ecuación del precio hedónico puede ser escrita de la siguiente manera general:

$$(7) \quad P = p_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j + \sum_{k=1}^k \gamma_k Z_k$$

donde P son atributos estructurales ($j = 1, \dots, k$), X_j son atributos de localización ($j = 1, \dots, j$) y Z_k son atributos ambientales ($k = 1, \dots, k$). Siendo i, j y k la i -ésima,

CUADRO 1
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES Y FUENTES

Variable	Signo Esperado	Definición y Fuentes
Dependiente		
Precio		Precio de compra-venta de la propiedad.
Independientes		
Áreaa	Positivo	Tamaño del terreno en m ² .
Áreaint	Positivo	Área interior de la vivienda en m ² .
Tiempo	Negativo	Distancia en metros desde la propiedad al centro de Talcahuano.
Conce	Negativo	Distancia en metros desde la propiedad al centro de Concepción.
Áreaverde	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de un área verde natural.
Parque	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de un parque.
Plaza	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de una plaza.
Seguridad	Positivo	Variable subjetiva de nivel de seguridad en el sector.
Olor	Negativo	Variable subjetiva de la percepción de malos olores en el sector.

Fuente: Elaboración propia

j -ésima y k -ésima característica estructural, de localización y ambiental, respectivamente.

Atributos Estructurales

Los atributos estructurales son desde luego muy importantes, pero ¿cuáles de ellos son típicamente usados en estudios hedónicos? En una revisión de todos los artículos relacionados con precios hedónicos (28 en total) en el *Journal of Real Estate Research* y el *Journal of Urban Economics* durante los años 1990-95, Wilhelmsson (2000) determinó que los atributos estructurales más usados son área interior, número de baños, años de la propiedad, garaje y tamaño del área exterior. La calidad es un atributo que es difícil de medir, por lo cual no es comúnmente usado.

En la presente investigación se utilizan: ~~Área Interior~~, ~~Área Exterior~~, Área total del terreno). La variable años no pudo ser utilizada por la falta de este dato en la mayoría de las observaciones.

Atributos de Localización

Los atributos de localización se refieren a la posición de la propiedad en relación a facilidades urbanas tales como proximidad a transporte público, centros comerciales, educacionales y atributos del vecindario. En este estudio son analizados la distancia a centros urbanos y comerciales (centro de Concepción y centro de Talcahuano), como también cercanía a plazas, parques y áreas verdes naturales.

Atributos Ambientales y de Seguridad

El atributo ambiental corresponde a una variable de percepción subjetiva de malos olores en cada uno de los sectores en que fue dividida el área de estudio. La variable seguridad también corresponde a la percepción subjetiva de la seguridad ciudadana de cada sector de la intercomuna Concepción-Talcahuano.

Al incluir los tres tipos de características, la función de precio hedónico a estimar es la siguiente:

$$Precio = f(\text{área exterior, área interior, distancia a Concepción, distancia a Talcahuano, plaza, parque, área verde, mal olor, seguridad})$$

3.2. Descripción de Datos y Fuentes

Los datos de precios de bienes raíces corresponden a compraventas realizadas en las ciudades de Concepción y Talcahuano, datos que fueron proporcionados por los Conservadores de Bienes Raíces de ambas ciudades, durante el primer semestre del año 2003. La información que se puede obtener de los registros de los Conservadores de Bienes Raíces son compraventas, traspaños, heren-

000707

cias, cesión de derechos y acciones de todos los bienes raíces ubicados en estas ciudades. Sólo se utilizaron los datos de compraventas realizadas entre vendedores personas naturales y/o personas jurídicas, y compradores sólo personas naturales. El motivo de esto es que interesan en esta investigación sólo las propiedades con **límites residenciales** y no las compras de propiedades con fines comerciales.

La investigación, como se mencionó anteriormente, sólo comprende la primera etapa del modelo hedónico, o sea, la **estimación de la función de precio hedónico y el cálculo de los precios marginales implícitos**, lo cual es una limitación para obtener medidas de cambio en el bienestar. Si se quisiera ampliar la investigación a la estimación de la segunda etapa del modelo hedónico se requeriría información adicional sobre características socioeconómicas, especialmente el ingreso, el cual es muy difícil de conseguir mediante encuestas directas. La solución sería obtener esta información del SII (Servicio de Impuestos Internos), al cruzar la base de datos de este estudio en el cual se registra el RUT del comprador de la propiedad.

Los registros de los Conservadores de Bienes Raíces tienen información sobre el precio de venta, profesión y estado civil del comprador, dimensiones del lote, dirección de la propiedad y el tipo de bien raíz (sitio, departamento o casa). En total, se obtuvieron 360 compraventas de propiedades; sin embargo, en algunas observaciones existieron problemas para obtener todas las variables relevantes como área del lote o dirección, por lo cual la muestra se redujo a 239 observaciones. En una primera versión del estudio se utilizaron datos de casas y departamentos; en esta versión corregida se utilizan solamente datos de casas, ya que es común que casas y departamentos sean vistos como mercados separados y las observaciones no son suficientes para correr dos regresiones separadas para cada mercado y obtener conclusiones sobre el aspecto ambiental (existen muy pocas observaciones de compraventa de departamentos en la ciudad Talcahuano). Para concluir, se utilizan 138 observaciones de casas de las cuales 88 corresponden a transacciones realizadas en la ciudad de Concepción y 70 a la ciudad de Talcahuano⁵.

Las dimensiones de cada propiedad son incorporadas en las variables área exterior (superficie total del terreno) y área interior (superficie construida), cada una expresada en metros cuadrados.

Dentro de las variables de localización existen dos variables de distancia. Ellas fueron calculadas en centímetros desde la vivienda hacia los centros urbanos de las ciudades de Concepción y Talcahuano, mediante los planos de la guía telefónica, siguiendo la dirección de tránsito de las calles y escalados mediante la relación que cada centímetro del plano corresponde a 210 metros aproximadamente. Cada variable de distancia está expresada en metros. Las características del entorno son incluidas en las variables dicotómicas plaza, área verde natural y parque.

⁵Para un mayor detalle de la distribución de las compraventas en los sectores considerados ver Anexo 2.

Para la variable ambiental y de seguridad se realizó un muestreo no aleatorio a 292 personas en 32 sectores en los cuales se dividió la intercomuna⁶, en el que se le consultó a los entrevistados por la seguridad con respecto a la delincuencia en los sectores conocidos y representativos en los que fue dividida la intercomuna. Las personas calificaron los sectores que ellos conocían (no solamente en el cual vivían, entregando de este modo una comparación relativa) en una escala de seguridad (muy inseguro, inseguro, regular, seguro, muy seguro), donde el índice va de 1 a 5, y a medida que crece aumenta la seguridad, utilizándose la media y la mediana de las respuestas correspondientes a cada sector como indicadores de seguridad.

En relación a la variable ambiental, podemos decir que los datos de calidad del aire, índices de PM_{10} y SO_2 , son escasos ya que sólo existen dos estaciones de monitoreo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) en Talcahuano para cada uno de estos contaminantes, y en la ciudad de Concepción estas estaciones actualmente no existen.

El serio problema que implica el pequeño número de estaciones de monitoreo y, por ende, la poca variabilidad de la contaminación en cada sector llevó al autor a realizar una encuesta sobre los sectores de la intercomuna que se veían afectados por la contaminación del aire. A falta de una medida objetiva se creó un índice subjetivo en el cual cada encuestado respondía qué sectores eran afectados por los malos olores de las emisiones de las industrias pesadas y de la harina de pescado. La escala de los malos olores de la contaminación del aire fue clasificada en seis categorías (sin efectos, muy leve, leve, moderado, fuerte, y muy fuerte). Esta escala es muy similar al procedimiento utilizado en la refinería de petróleo PETROX, que evalúa los malos olores en la población cercana a la refinería también mediante encuestas.⁷

Para la variable olor, la tabulación fue la siguiente: si la persona encuestada contestó que en un sector determinado y conocido por ella no existían efectos se le asignó el valor 0, si contestó que existían efectos muy leves el valor 1, efectos leves el valor 2, efectos moderados el valor 3, efectos fuertes el valor 4 o efectos muy fuertes el valor 5. Por tanto, cada sector en el cual fue dividida la intercomuna obtuvo una serie de valores según la percepción de cada persona. Sin embargo, el sector debe tener un valor único al ingresar los datos en las regresiones, este valor único fue el promedio (si la persona no conocía la realidad de un sector esa observación no fue considerada en el cálculo de la media).

Cabe señalar que las variables subjetivas olor y seguridad son aleatorias debido a que fueron obtenidas mediante encuestas, por lo tanto, los valores de estas variables cambiarían si se hubiese tomado otra muestra. Si pensamos en la variable subjetiva como una proxy de la verdadera medida de contaminación (o de seguridad) más un error aleatorio, tenemos un problema si el error aleatorio de la verdadera medida (contaminación ambiental o seguridad) está correlacionado con el error de la función de precios hedónicos. Pero también podríamos

⁶Ver detalle de las encuestas en Anexo 3.

Pensar que lo que interesa medir es simplemente la percepción subjetiva y no el verdadero nivel de contaminación o seguridad. De todos modos, una posible solución a este problema sería la utilización de variables instrumentales, lo cual ya no es posible hacer en este estudio a menos que se realizase otra encuesta con preguntas adicionales que sirvan como instrumentos válidos.

Para concluir con el análisis de los datos, a modo de resumen se presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas en el Cuadro 2.

4. SUPUESTOS NECESARIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO HEDÓNICO

A continuación se enumera una serie de supuestos necesarios para la estimación del modelo hedónico siguiendo la revisión de Palmquist (2003). Se plantean test estadísticos realizados y las soluciones adoptadas para la presente investigación.

4.1. La Magnitud del Mercado

El precio hedónico es el precio de equilibrio en un mercado. Pero se debe estar seguro de que las observaciones vienen de un único mercado. Es difícil determinar el tamaño apropiado del mercado usando test estadísticos o pruebas econométricas. Los usuales test *F* asumen que las ecuaciones estimadas se especifican correctamente y la teoría no proporciona casi ninguna guía acerca de la especificación de la ecuación hedónica. Si se estimaran ecuaciones hedónicas separadas para dos sectores en una ciudad y un test *F* rechaza la hipótesis de que

CUADRO 2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES

	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Est.	Observ.
Precio	20432952	16475029	90180000	1400000	16479410	158
Arcalmi	91.99487	80.5	426	38.22	49.67405	158
Areas	203.446	162.21	799	63.7	127.5427	158
Conce	7278.511	6494	20354.67	736.6667	4213.317	158
THNO	12386.1	13543.33	20649.33	589.3333	5367.674	158
Arcavde	0.025316	0	1	0	0.157584	158
Puque	0.037075	0	1	0	0.191743	158
Plaza	0.006329	0	1	0	0.079556	158
Mediasq	3.470506	3.52	4.54	2.12	0.592332	158
Oliv	1.066266	0	-4.33	0	1.343195	158

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes son iguales, esto podría ser porque existían dos mercados separados, o bien, también podría deberse a que las formas funcionales no eran apropiadas o las ecuaciones estaban mal especificadas. Dados los grandes matices de muestra que son típicos en los estudios hedónicos hoy, los test *F* rechazarán casi siempre áreas combinadas en las regresiones hedónicas.

Por esta razón, es más apropiado pensar sobre los tipos de transacciones que están tomando lugar en el área. Si hay un número razonable de consumidores, que considerarían áreas alternativas, entonces esas áreas pueden tratarse como un solo mercado, aun cuando muchas personas solo consideren uno u otro. Si casi no existieran consumidores, quienes considerarían las dos áreas sustitutos viables, ellas pueden tratarse como mercados separados.

La mayoría de los investigadores hoy toman un área urbana como un solo mercado. Aun cuando uno considere un área urbana como un único mercado, esto no evita estudiar simplemente un subconjunto de ese mercado si eso es apropiado para responder la pregunta bajo investigación. Los problemas solo surgen cuando se tratan los mercados separados como uno. Hay a menudo, de hecho, ventajas al usar áreas menores si el problema ambiental puede dirigirse dentro de esa área (por ejemplo, sitios con residuos peligrosos, ruido, etc.). Con áreas más limitadas, uno puede evitar la complejidad de especificar totalmente todas las características importantes que varían a través de un área urbana, pero no dentro de un vecindario.

Considerando todos los argumentos anteriores, esta investigación testeó la posibilidad de que existiesen mercados separados, uno en cada ciudad de la intercomuna.

Para obtener la suma cuadrática de residuos no restringida, se estima cada ecuación por separado, hallando la suma cuadrática de residuos para cada una de ellas. Para obtener la suma cuadrática de residuos restringida, se incluyen todos los datos y se estima una sola ecuación. Los test *F* realizados rechazan que los datos provengan de un solo mercado. Sin embargo, cabe señalar que no se pudieron utilizar todas las variables explicativas, ya que al dividir los datos en dos grupos, algunas variables resultaron ser prácticamente colineales con otras. La solución fue realizar los test eliminando las variables problemáticas. Los resultados se observan en el Cuadro 3.

A pesar de este resultado y dando más peso a los argumentos señalados en los párrafos anteriores se utilizaron todas las casas, ya que debido a la interconexión de la intercomuna existen viviendas ubicadas en sectores de ambas ciudades que pueden ser considerados sustitutos cercanos por las familias.

4.2. La Forma Funcional

La forma funcional de la ecuación hedónica tiene que ser determinada de los datos. Los primeros estudios hedónicos escogieron entre las formas funcionales simples como la *lineal*, *semilog*, *log-lineal* y *log-log*. Con los avances computacionales se introdujo mayor flexibilidad a través de la forma funcional Box-Cox cuadrática. Esto permitió una flexibilidad considerable, aunque flexibilidad

local. La mayoría de las formas funcionales normalmente usadas se anidan dentro de la Box-Cox cuadrática. Sin embargo, las limitaciones de la computadora normalmente obligan a tener la misma transformación Box-Cox aplicada a todas las características. Si el interés estuviera en una característica menor como la calidad del aire, la transformación podría determinarse enormemente por otras características más importantes. La inadecuada transformación de la variable ambiental tendría un gran impacto en las medidas de bienestar ambientales. Debido a esta preocupación, Cassel y Mendelsohn (1985) defendieron el uso de formas funcionales más simples.

Otro problema potencial con la Box-Cox cuadrática es la posibilidad de que variables omitidas o mal especificadas en la ecuación hedónica podrían reducir la deseabilidad de introducir mayor flexibilidad local. Esto es exactamente lo que Cropper *et al.* (1988) encontraron en estudios de simulaciones sobre la adecuación de varias formas funcionales al predecir los precios marginales. La forma Box-Cox cuadrática lo hizo bien cuando la ecuación estimada contenía todas las características, aunque no particularmente mejor que la Box-Cox lineal. Sin embargo, cuando existieron variables omitidas o incorrectamente medidas, la Box-Cox cuadrática funcionó pobremente. La Box-Cox lineal e incluso las formas más simples (*linear, semilog*) lo hicieron mejor. Por el momento, la Box-Cox lineal parece ser la mejor comportada. En esta investigación se estimaron las formas funcionales sencillas y la Box-Cox lineal.

4.3. La Medida de las Variables Ambientales

La medición de cambios en la calidad ambiental es difícil cuando existen indicadores de contaminantes en una única variable (PM_{10} , SO_2 , NO_2 , etc.). Si se toman medidas múltiples, surge el problema de la correlación entre ellas y pueden distorsionar la estimación. Por otro lado, si se toma una medida única como representativa de la contaminación, tiene el inconveniente de que no recoge la existencia de fuentes diversas, que se traducen en distintos efectos. Otro problema importante es que las variables ambientales son típicamente medidas objetivas (microgramos por centímetro cúbico, partes por millón, etc.). Sin embargo, si los valores de las propiedades están siendo afectados, los contaminantes tienen que ser percibidos por los residentes. En algunos casos (por ejemplo, ciertos contaminantes aéreos), las medidas objetivo pueden estar altamente correlacionadas con lo que se percibe.

Una alternativa prometedora es conseguir percepciones subjetivas de los niveles de calidad ambiental (Palmquist, 2003), que es justamente el procedimiento utilizado en esta investigación empírica. El precio de una casa individual no dependería mucho de las percepciones específicas del residente de esa casa porque el precio es el resultado de un equilibrio del mercado determinado por las interacciones de todos los potenciales compradores, no sólo el de la oferta ganadora. Sin embargo, el conocimiento de la relación entre percepción media de residentes y las medidas objetivas podría ser bastante útil. El estudio no tiene que ser de los mismos individuos o incluso de la misma área del estudio hedónico (Palmquist, 2003).

La comparación de los resultados arrojados entre variables que midan la contaminación de una manera objetiva y subjetiva se encuentra ausente, en este trabajo, por la falta de estaciones de monitoreo en la intercomuna. Concepción-Talcahuano que entreguen una variabilidad suficiente para realizar la estimación.

4.4. Problemas de Multicolinealidad

El problema de la multicolinealidad frecuentemente surge en los estudios hedónicos y se usa a menudo para explicar problemas encontrados.

Sin embargo, la pregunta que permanece es si la multicolinealidad es un problema significativo al estimar regresiones hedónicas. Ha existido alguna investigación en este tema. Palmquist (1983) estimó regresiones hedónicas para 14 ciudades con un conjunto extenso de variables incluyendo cuatro contaminantes del aire. Sólo en una de las ciudades existía colinealidad entre un par de contaminantes (uno de 39 posibles pares). Existió colinealidad entre una variable contaminante y una no-contaminante en tres casos (de 53 posibles casos). Había colinealidad más frecuente entre las variables del vecindario, los cuales eran datos censo, pero las variables ambientales no estaban involucradas.

En esta investigación existe sólo una variable que mide efectos ambientales (*color*), por lo cual no existe el problema de multicolinealidad entre múltiples variables ambientales (por ej.: dióxido de azufre, PM_{10} , dióxido de carbono, ozono, etc.), lo cual no significa que no exista multicolinealidad entre todas las variables utilizadas en las regresiones, como son la distancia a centros urbanos, área interior, exterior, tipo de propiedad, etc. Se analizó la existencia de multicolinealidad entre todas las variables explicativas con *Variance Inflation Factors* (VIF).

Si la variable explicativa X_j está altamente correlacionada con las otras variables X_i , entonces R^2 será grande, haciendo que el valor de VIF sea grande. Típicamente se utiliza el valor mayor a 10 como umbral, para considerar la multicolinealidad como un problema serio según este criterio. Ninguno de los VIF obtenidos para las variables supera el umbral, los resultados son presentados en el Cuadro 4.

4.5. Precio de Arriendo vs. Precios de la Vivienda

La mayoría de los modelos hedónicos se abstraen del papel de las casas como un activo con una vida relativamente larga. Todavía la mayoría de los estudios hedónicos ambientales que se han realizado usan los precios de las ventas en lugar de los precios de arriendo, tal como ocurre en el presente estudio. Es importante tener en cuenta esto cuando se interpreta el significado de los coeficientes en las variables ambientales.

Los precios de venta (el precio del activo) es el valor capitalizado de los servicios futuros anticipados proporcionados por la casa. El precio del arriendo es el valor de esos servicios a través del mes u otro período de contrato de arriendo. Sin embargo, la diferencia entre los dos puede ser más que simplemente el

CUADRO 3
TEST F PARA LA EXISTENCIA DE UN ÚNICO MERCADO

	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog inv
SSRCConc	1.84 E + 16	36.01388	31.70747	1.82 E + 16
SSRTHNO	3.74 E + 15	17.28425	17.80605	3.55 E + 15
SSRTotol	2.60 E + 16	59.84913	56.54205	2.56 E + 16
K	5	5	5	5
N-2K	148	148	148	148
F(K,N-2K)	5.16	3.64	4.20	5.24
FCALC 5%	2.28	2.28	2.28	2.28
FCALC 1%	3.14	3.14	3.14	3.14

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4
TEST PARA MULTICOLINEALIDAD

Variable	Vif	1/Vif
Ojtr	5.72	0.174774
Thno	4.84	0.206496
Concc	3.97	0.251978
Areatri	1.84	0.544218
Arcaax	1.8	0.556511
Arcaverde	1.17	0.856417
Mediasq	1.12	0.899745
Parque	1.08	0.923990
Plaza	1.04	0.961855
Vif promedio		2.51

Fuente: Elaboración propia.

cálculo financiero. Si se espera que se produzca un cambio en las condiciones ambientales en el futuro, esta expectativa se reflejará en el precio de las ventas, pero no el precio del arriendo. Por lo anterior, calcular el impacto que tiene la contaminación del aire sobre el precio de los arriendos podría ser una extensión a este trabajo.

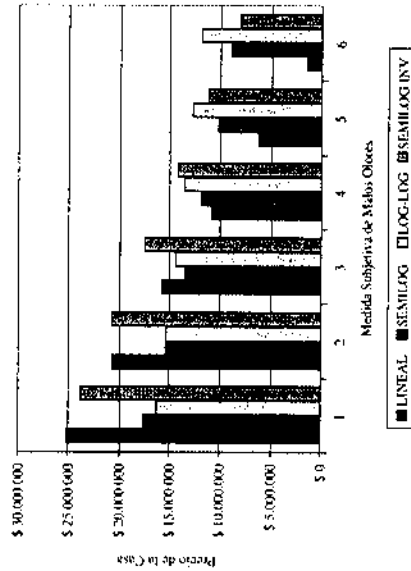
4.6. Los Costos de Búsqueda y Tiempo en el Mercado

El modelo hedónico básico asume que hay un mercado absolutamente competitivo sin costos de transacciones significativos. En la realidad, los mercados de los bienes raíces están sujetos a una variedad de costos de transacciones y de mudanza. Los costos de búsqueda en los mercados de bienes raíces son parti-

cularmente pertinentes en determinar si las condiciones ambientales son capturadas completamente en los precios de los bienes raíces.

En esta investigación los resultados arrojan que los beneficios ambientales son significativos y bastante mayores que los costos que se podrían presumir de una búsqueda en el mercado de propiedades y costos de mudanza por parte de una familia (ver, por ejemplo, el Gráfico 3, en el cual se presentan los efectos monetarios de los malos olores en una vivienda representativa). Esto lleva a la conclusión de que aun cuando estos costos a veces pueden ser considerados un límite superior para el cálculo de las medidas de cambio en el bienestar, no es el caso en esta investigación.

GRÁFICO 3
EFECTOS DE MALOS OLORES SOBRE EL PRECIO DE LAS CASAS



5. ESTIMACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En el primer apartado se presentan los resultados de las estimaciones de formas funcionales sencillas (lineal, semilog, semilog inversa, log-log). Debido a que en algunas especificaciones no se pudo eliminar la heteroscedasticidad con mínimos cuadrados ponderados, se decidió finalmente utilizar la estimación con la matriz de varianzas y covarianzas robusta de White. Finalmente, en el segun-

000711

do apartado se presentan los resultados con el modelo Box-Cox lineal, que es mucho más flexible y anida las especificaciones funcionales sencillas.

5.1. Comparación de Formas Funcionales Sencillas

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de las formas funcionales más sencillas⁷. Las variables en paréntesis están expresadas en logaritmo cuando se emplean las formas funcionales *semilog*, *semilog invertida* y *log-log*.

El mejor ajuste se logra con una función *lineal*, la cual tiene un R² ajustado de 0,4845, es decir, un 48,45% de la variación en la variable dependiente, *precio*, es explicada por las variables independientes. El ajuste más bajo lo obtiene la función *semilog* con un 42,58%.

Con respecto al número de variables estadísticamente significativas las especificaciones funcionales sencillas tienen entre 6 y 9 variables estadísticamente distintas de cero, ya sea al 1%, 5% o 10%.

Las variables tienen el signo esperado, salvo el estimador de la variable área exterior de la propiedad, que adopta dos valores negativos y dos positivos, resultando estadística y significativamente negativa al 5% en una de las cuatro formas funcionales. Este resultado puede considerarse extraño, pero una posible explicación para ello es que en las zonas menos urbanas típicamente los terrenos son más extensos y también más baratos. Otra explicación es que por falta de información no se pudieron incluir otras variables explicativas importantes, como,

por ejemplo, el año de construcción de la propiedad, lo cual puede sesgar las estimaciones de los parámetros. En un estudio de Figueroa y Lever (1992) los datos arrojaron también un signo negativo para la variable superficie de terreno (al explicar el precio por metro cuadrado) en el área urbana de Santiago.

La variable de seguridad en el sector de la intercomuna es positiva y estadísticamente significativa de cero al 1% en las cuatro especificaciones.

El resultado más importante desde el punto de vista ambiental es que el efecto de malos olores resulta ser negativo en todas las formas funcionales utilizadas, aunque significativamente estadísticamente al 1% y 5% solamente en tres de los cuatro modelos, el *lineal*, *semilog* y *semilog inverso*.

Adicionalmente, la existencia de áreas verdes naturales cerca de las propiedades tiene un efecto positivo y significativo en los cuatro modelos.

Para realizar una comparación de los efectos se presenta el Cuadro 6 con las elasticidades para cada forma funcional.

Después de observar los Cuadros 5 y 6, la pregunta más lógica para responder es cuál es el efecto en términos monetarios sobre el precio de una vivienda que está ubicada en un sector en el cual se perciben malos olores de las emisiones industriales.

Para responder a esta cuestión sería interesante realizar un ejercicio evaluando los efectos de un aumento (disminución) de la percepción de malos olores sobre el precio de una vivienda representativa. Antes que todo se calcula el efecto conjunto de las otras variables que asumiremos adoptan el valor del promedio, para ejemplificar el caso de una propiedad con características representativas.

Como se puede apreciar en el Gráfico 3 y en el Cuadro 7, la caída en el precio de las viviendas, debido al efecto malos olores, depende de la forma funcio-

CUADRO 5
ESTIMACIONES DE PARÁMETROS CON FORMAS FUNCIONALES SIMPLES

Variable	Lineal		Semilog		Log-log		Semilog Inverso	
	Coefficiente	t-est	Coefficiente	t-est	Coefficiente	t-est	Coefficiente	t-est
C	-6,697545	-0,7203	15,13978***	27,2363	11,69966***	7,9179	51,9426	0,0012
Área A	41,73170	1,4451	6,04210**	2,4418	0,84919***	4,4189	1,05193***	2,4654
Área B	16,37454	1,4605	0,06035	-0,4164	-0,31654*	-2,3076	4,84106	0,1556
Coser	-6,11224	-1,2884	-8,99640**	-2,3987	-0,71604**	-2,1410	-3,86723	-1,2964
Paseo	-1,129216***	-3,0112	-5,14640**	-2,5857	-0,68365	-0,8442	4,07492	-1,2942
Parque	-7,86245***	-2,7325	-0,80734**	-2,4072	-0,29773*	-1,1565	-5,53155	-1,7236
Plaza	16,24148***	3,0287	6,54851***	3,8306	0,33366**	0,5515	5,90666	1,3233
Arroyo	15,99546***	3,9776	1,61069**	3,3681	0,89662***	2,5526	3,12654	2,5365
Sg. verde	11,95257***	6,5135	0,63275***	7,1853	2,11138	7,4429	3,86295	6,1464
Olor	-4,750191***	-2,1664	-0,13452**	-1,8310	-0,66283	-0,8271	3,13114	-2,9418
R2 Ajustado	0,344318		0,425314		0,439211		0,420311	
Log Likelihood	-2.791.782		-139.2349		-138.412		-229.844	
Estadístico F	1.134.626***		11.952.97***		14.4415		16.41693	

Nota: *, **, *** denotan significancia a niveles de 0,10, 0,05 y 0,01, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

⁷ El detalle de las estimaciones se presenta en el Anexo 1.

CUADRO 6
ESTIMACIONES DE ELASTICIDADES PARA FORMAS FUNCIONALES SENCILLAS

Variable	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog Inv
(ÁreaAim)	0,232917	0,387942	0,838194	0,540888
(ÁreaB)	0,163440	-0,057992	-0,311654	0,021280
(Coser)	-0,218439	-0,399590	-0,231604	-0,189289
(Paseo)	-0,685191	-0,637160	0,084565	-0,210385
Parque	-0,014428	-0,015409	-0,011232	0,010287
Plaza	0,003173	0,003440	0,002174	0,001798
Arroyo	0,044551	0,027925	0,020497	0,038689
(Mediasg)	2,035223	2,230591	2,111438	1,918993
Olor	-0,233934	-0,135366	-0,063673	-0,154208

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 7
EFECTOS DE LOS MALOS OLORES EN
EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS

Precio vivienda	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog-inv
Sin efectos	\$ 25.212.382	\$ 17.531.987	\$ 16.293.364	\$ 23.720.545
Muy leve	\$ 20.462.691	\$ 15.325.284	\$ 15.309.520	\$ 20.589.231
Leve	\$ 15.712.500	\$ 13.396.333	\$ 14.385.085	\$ 17.457.917
Modorado	\$ 10.962.309	\$ 11.710.174	\$ 13.516.469	\$ 14.326.603
Fuerte	\$ 6.212.118	\$ 10.236.247	\$ 12.700.303	\$ 11.195.289
Muy fuerte	\$ 1.361.927	\$ 8.947.839	\$ 11.933.420	\$ 8.063.975
Cajada total	\$ 23.750.955	\$ 8.584.148	\$ 4.359.943	\$ 15.656.570
% Del precio	94,20%	48,96%	26,76%	66,00%

Fuente: Elaboración propia

nal utilizada (en las formas funcionales *semilog* y *log-log* el efecto marginal es decreciente, mientras que en las formas *lineal* y *semilog invertida* es constante).

Los valores de las viviendas caen considerablemente cuando existe percepción de contaminación ambiental en el sector donde se ubica la propiedad. De estos resultados se puede extraer que los beneficios de los planes descontaminadores no son nada despreciables, en términos monetarios, para los propietarios.

Cabe mencionar que no se debería tomar muy seriamente el valor de la vivienda representativa en la categoría olores muy fuertes, debido a que ningún sector fue clasificado con un valor 5 de esta medida subjetiva (el valor obtenido por el sector más contaminado fue sólo 4.33).

5.2. Estimaciones con Forma Funcional Box-Cox Lineal

Se realizaron estimaciones con la regresión Box-Cox lineal con distintas especificaciones para la transformación Box-Cox. Los mejores resultados se obtienen con la especificación en la que el parámetro de transformación Box-Cox es el mismo (lambda) para las variables dependiente e independientes, en este caso la variable olor es significativa (ver el Cuadro 8). Los resultados con la especificación en la que se utilizan transformaciones Box-Cox distintas para la variable dependiente (theta) y para las variables independientes (lambda) no son presentados, ya que con esta forma funcional ninguna variable explicativa resulta ser significativa, sólo el estimador del parámetro de transformación Box-Cox lambda.

Se observa en el Cuadro 8 que el valor de lambda es 0.12495, recordando que cuando lambda tiende a cero las variables adoptan una forma logarítmica, los resultados arrojan que se podría privilegiar la utilización del modelo no lineal, más que uno con forma lineal.

CUADRO 8
ESTIMACIONES DE PARÁMETROS CON FORMA
FUNCIONAL BOX-COX LINEAL

Variable	Lambda variables dependiente e independiente	
	Coefficiente	t-est.
C	43.234549***	17.945
(Areainj)	3.4861447***	18.433
(Areaex)	-1.0595798***	8.812
(Conce)	-0.6484581***	-9.025
(Thno)	-0.4750396***	-5.370
Areaverde	7.0981672***	12.021
Parque	-2.4014753***	-5.102
Plaza	2.9572186***	2.739
(Seguridad)	14.0227577***	26.280
Olor	-0.8402079***	-5.820
Lambda	0.124951009***	92.214
Sigma SQ	4.849083836	33.223
Log likelihood	-2746.50252	
Log likelihood restr.	-23854.1756	

Nota: *, **, *** denotan significancia a niveles de 0.10, 0.05 y 0.01, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9
ESTIMACIONES DE ELASTICIDADES PARA FORMAS BOX-COX

Variable	Lambda variables dependientes e independiente
(Areainj)	0.7762
(Areaex)	-0.2613
(Conce)	-0.2484
(Thno)	0.1944
Areaverde	0.0245
Parque	-0.0115
Plaza	0.0027
(Seguridad)	2.0638
Olor	-0.1074

Fuente: Elaboración propia.

000713

VI. CONCLUSIONES

Esta investigación demuestra la factibilidad de desarrollar estudios de precios hedónicos, para analizar problemas de contaminación. Se determina un efecto negativo significativo sobre el precio de las viviendas en la intercomuna Concepción-Talcahuano, en tres de las cuatro especificaciones funcionales simples (incluyendo aquella con mejor bondad de ajuste). Cabe señalar que debido al método de muestreo y limitaciones sobre la medida de calidad del aire los resultados sólo pueden ser vistos como un ejercicio. A pesar de todo, los hallazgos encontrados en este estudio demuestran la necesidad de seguir investigando en esta área, para ir corroborando y comparando los resultados en diversas ciudades con distintos problemas ambientales.

Finalmente, la metodología seguida en esta investigación puede ser utilizada para análisis costo-beneficio y así calcular el nivel óptimo de contaminación, y además sirve para determinar la magnitud de los efectos redistributivos en la población afectada por actividades económicas que empeoren la calidad del aire.

ANEXO I
REGRESIONES DE FORMAS SENCILLAS
CON MEDIA DE VARIABLES SUBJETIVAS

Lima				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	-6667345	9256756	-0.720290	0.4725
Arealmt	5173109	3703100	1.615095	0.1084
Arealax	1631454	1110199	1.469516	0.1438
Conce	-6132214	4755826	-1.289415	0.1993
Tlmo	-1129426	3750713	-3.011230	0.0031
Parque	7763243	2820401	-2.752332	0.0067
Plaza	10245484	3382842	3.028662	0.0029
Áreas verde	35957654	12076030	2.977606	0.0034
Seguridad	11982579	1840211	6.511525	0.0000
Olor	-4750191	1655484	2.869366	0.0047
R ²	0.514067			20422952
R ² Ajustado	0.484518			16429410
S.E. de regresión	11795841			35.46559
Suma res. cuadrado	2.06E+16			35.65943
Log likelihood	-2791.282			17.39656
Durbin-Watson	1.864887			0.000000

Semilog

Lima				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	15.13978	0.556276	27.21629	0.0000
Arealmt	0.004217	0.001727	2.441813	0.0158
Arealax	-0.000285	0.000685	-0.416430	0.6777
Conce	-5.49E-05	2.30E-05	-2.383729	0.0182
Tlmo	-5.14E-05	1.98E-05	-2.586728	0.0106
Parque	-0.405778	0.168368	-2.407213	0.0173
Plaza	0.543511	0.154820	3.510603	0.0006
Áreas verde	1.103069	0.333445	3.308101	0.0012
Seguridad	0.642728	0.089788	7.158294	0.0000
Olor	-0.134523	0.073468	-1.831048	0.0691
R ²	0.458729			16.54414
R ² Ajustado	0.425814			0.798807
S.E. de regresión	0.605372			1.895252
Suma res. cuadrado	54.23833			2.089087
Log likelihood	-139.7249			13.93654
Durbin-Watson	1.843141			0.000000

000714

Log Log				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-estadístico	Prob.
C	14,69966	1,926880	7,624068	0,0000
Log (Arcaim)	0,838194	0,241101	3,476528	0,0007
Log (Conce)	-0,311654	0,180731	-1,724407	0,0867
Log (Conce)	-0,231604	0,099576	-2,325903	0,0214
Log (Ibmo)	-0,084565	0,133394	0,633947	0,5271
Parque	0,295773	0,150878	1,960349	0,0518
Plaza	0,343460	0,146952	2,337230	0,0208
Arceavde	0,809662	0,107079	7,616657	0,0003
Log (mediaseg)	2,111438	0,302857	6,971728	0,0000
Olor	-0,062283	0,068618	-0,907671	0,3655
R2	0,467644	Media var. dependiente		16,54414
R2 Ajustado	0,435271	Dess. Est. var. dependiente		0,798907
S.E. de regresión	0,600366	Criterio Info Akaike		1,878645
Suma res. cuadrado	53,34503	Criterio Info Schwarz		2,072480
Log likelihood	-138,4130	F-estadístico		14,44550
Durbin-Watson	1,757087	Prob (F-estadístico)		0,000000

Semilog inverso				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-estadístico	Prob.
C	51404,26	42634733	0,001206	0,9990
Log (Arcaim)	11031943	3857029	2,865403	0,0048
Log (Arceavde)	434810,6	2757213	0,157699	0,8749
Log (Conce)	-3867723	2983406	-1,296412	0,1969
Log (Ibmo)	-4707452	2623567	-1,794295	0,0748
Parque	-5535155	3181788	-1,739680	0,0840
Plaza	5806086	4387441	1,323342	0,1878
Arceavde	31226534	12310539	2,516569	0,0122
Log (mediaseg)	39805295	6476181	6,146415	0,0000
Olor	-3131314	1556371	-2,011932	0,0460
R2	0,500690	Media var. dependiente		20432952
R2 Ajustado	0,470231	Dess. Est. var. dependiente		16429410
S.E. de regresión	11958188	Criterio Info Akaike		35,49293
Suma res. cuadrado	2,12E+16	Criterio Info Schwarz		35,68677
Log likelihood	-2293,941	F-estadístico		16,48393
Durbin-Watson	1,869791	Prob (F-estadístico)		0,000000

ANEXO 2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS COMPREVENTAS
DE LA INTERCOMUNA

Sociedad	Comuna	N° ventas	Promedio	Mínimo	Máximo	Dess St
21 de Mayo	Concepción	2	12755300	3500000	22010690	9253291
Barrío Norte	Concepción	10	7471784,9	1400000	13017849	3548784,25
Barrío Universitario	Concepción	2	44527287	31000000	58145374	11523887
Bellavista	Concepción	8	17689075,25	12366000	33441012	3229811,19
Camilo Henríquez	Concepción	3	16096669,7	5700000	27500000	8931716,27
Centenario	Concepción	1	9800000	9800000	9800000	0
Centro Concepción	Concepción	11	33818181,8	16000000	69000000	15590312,7
Collao	Concepción	8	16106556,5	8000000	30193690	7834882,76
Espino	Concepción	1	18000000	18000000	18000000	0
Laguna Recondada	Concepción	1	5000000	5000000	5000000	0
Lomas	Concepción	16	43112697,88	15837946	90000000	19874528,3
Los Lirios	Concepción	4	19925000	15600000	25000000	4179339,06
Los Arenas	Concepción	4	17922387,5	16500000	21000000	18161211,17
Nonguen	Concepción	4	19629548,75	1500000	24318195	9179537,17
Pedro del Río	Concepción	2	50000000	10000000	30000000	10000000
Remolalación	Concepción	1	10000000	10000000	10000000	0
Sra. Sabana	Concepción	3	10652640	7000000	16456120	4149538,81
Villanueva	Concepción	3	21893712,67	52105090	90180100	941629,793
Villa Cap.	Concepción	3	5900000	4780000	7000000	941629,793
Villa Universitaria	Concepción	1	7500000	7500000	7500000	0
Centro Talcahuano	Talcahuano	5	13264000	5000000	30000000	8536672,8
Colem 3000	Talcahuano	13	25844249,9	11000000	42190175	10128720,2
Deceán Sur	Talcahuano	9	20402411,06	7000000	27221000	610781,63
Higuera	Talcahuano	7	14794079	5600000	25000000	7972708,25
Hualpencillo	Talcahuano	2	1299984	6715168	19104300	6194816
Los Lobos	Talcahuano	2	3500000	2600000	5000000	120000
Parque Central	Talcahuano	9	9806521,144	5000000	14616279,3	3699246,998
Pedales	Talcahuano	8	1391708,13	9000000	20000000	4329242,776
Salinas	Talcahuano	11	14759235,45	8000000	27689600	4821849,003
San Vicente	Talcahuano	4	1627113,75	1769255	18000000	690815,844

000715

ANEXO 3
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS RESPUESTAS
DE ENCUESTAS POR SECTOR

Sector	Nº Respuestas	Promedio	Mediana	Desv. st.
Lorenzo Arenas	216	0,1	0	0,25
Laguna Redonda	216	0,0	0	0,19
Consemeto	200	0,1	0	0,26
21 de Mayo	208	0,0	0	0,18
Villmanrique	138	0,0	0	0,09
Los Conquistadores	138	0,0	0	0,09
Villa Universitaria	152	0,0	0	0,08
Los Lirios	200	0,0	0	0,07
Nanguen	192	0,0	0	0,07
Covisú	200	0,0	0	0,10
Barrio Norte	208	0,0	0	0,07
Lomas San Andrés	224	0,0	0	0,07
Santa Sabina	208	0,0	0	0,07
Villa Cap	168	0,0	0	0,08
Bellavista	170	0,0	0	0,09
Pedro de Valdivia	216	0,0	0	0,07
Pedro del Río Zañartu	200	0,0	0	0,07
Costanera	224	0,0	0	0,07
Camilo Henríquez	200	0,0	0	0,07
Agüita de la Perdiz	192	0,0	0	0,07
Barrio Universitario	224	0,0	0	0,07
Remedación Picaesaj	224	0,0	0	0,09
Concepción Centro	232	0,1	0	0,29
Parque Ecuador	224	0,0	0	0,07
Autopista Picaesaj	216	0,0	0	0,07
Ejército	216	0,0	0	0,10
Las Cañuelas	168	1,0	0	1,35
Los Lobos	176	2,0	2	1,26
San Vicente	232	4,3	4	0,79
Thero Centro	248	3,7	4	1,17
Perales	192	2,3	2	1,31
Higuera	240	2,7	3	1,44
Saldinas	208	3,3	3	1,07
Denavi Sur	200	1,9	2	1,07
Parque Central	120	1,1	1	1,02
Colón 9000	168	0,9	0	1,08
Huelpeñillo	176	3,1	3	1,35

REFERENCIAS

Barik, T.J. (1987). "The Estimation of Demand Parameters in Hedonic Price Models", *Journal of Political Economy* 95: 81-88.

Barik, T.J. (1988). "Measuring the Benefits of Amenities: Improvements in Hedonic Price Models", *Land Economics* 64: 172-183.

Barik, T.J., and V.K. Smith (1987). "Urban Amenities and Public Policy", In: E.S. Mills, Ed., *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 2 (North-Holland, Amsterdam) 1207-1254.

Brown, J. and H. Rosen (1982). "On the Estimation of Structural Hedonic Price Models", *Econometrica*, Econometric Society, Vol. 50(2):3pp. 765-68.

Chaturpudhyav, S. (1998). "An Empirical Investigation into the Performance of Ellickson's Random Bidding Model, with an Application to Air Quality Valuation", *Journal of Urban Economics* 43: 292-314.

Chaturpudhyav, S. (1999). "Estimating the Demand For Air Quality: New Evidence Based on the Chicago Housing Market", *Land Economics* 75: 22-38.

Chaturpudhyav, S. (2000). "The Effectiveness of McFadden's Nested Logit Model in Valuing Amenity Improvement", *Regional Science and Urban Economics* 30: 33-43.

Cropper, M., L. Deck, and K. McConnell (1988). "On the Choice of Functional Form for Hedonic Price Functions", *Review of Economics and Statistics* 70(2): 668-675.

Cropper, M.L., L. Deck, N. Kishor, and K.E. McConnell (1993). "Valuing Product Attributes Using Single Market Data: A Comparison of Hedonic and Discrete Choice Approaches", *Review of Economics and Statistics* 75: 225-232.

Ellickson, B. (1981). "An Alternative Test of the Hedonic Theory of Housing Markets", *Journal of Urban Economics* 9:56-79.

Figueras, F. and Lever, G. (1992). "Determinantes del Precio de Mercado de los Terrenos en el área Urbana de Santiago", *Cuadernos de Economía*, N° 86, pp.99-113.

Figueras et al. (1996). "An Estimation of the Economic Value of Air Quality Improvement Program in Santiago de Chile", *Estudios de Economía*, Vol. 23, agosto, pp.001-114.

Freeman, A. M. III (1974). "On Estimating Air Pollution Control Benefits from Land Value Studies", *Journal of Environmental Economics and Management* 1: 74-83.

Freeman, A.M. III (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values (Resources for the Future, Washington DC)*.

Huang, J.C., and R.B. Palmquist (2001). "Environmental Conditions, Reservation Prices, and Time on the Market for Housing", *Journal of Real Estate Finance and Economics* 22: 203-219.

Kanemoto, Y., and R. Nakamura (1986). "A New Approach to the Estimation of Structural Equations in Hedonic Models", *Journal of Urban Economics* 19(2):18-233.

Lerman, S. R., and C.R. Kcm (1983). "Hedonic Theory, Bid Rents, and Willingness-To-Pay: Some Extensions of Ellickson's Results", *Journal of Urban Economics* 13: 358-363.

Mason, C., and J.M. Quigley (1990). "Comparing the Performance of Discrete Choice and Hedonic Models", In: M.M. Fischer, P. Nijkamp, and Y.Y. Papageorgiou, Eds., *Spatial Choices and Processes* (North-Holland,

000716

- Amsterdam), 22:CB35-52.
- McFadden, D. (1978). "Modelling the Choice of Residential Location". In: A. Karlyavist, L. Lundqvist, F. Sniekers and J. W. Weibull, Eds., *Spatial Interaction Theory and Planning Models* (North-Holland, Amsterdam).
- McFadden, D., and K. Train (2000). "Mixed MNL Models for Discrete Response". *Journal of Applied Econometrics* 15: 447-470-72.
- Palmquist, R.B. (1984). "Estimating the Demand for the Characteristics of Housing". *Review of Economics and Statistics* 66: 394-404.
- Palmquist, R.B. (1989). "Land as a Differentiated Factor of Production: A Hedonic Model and its Implications for Welfare Measurement". *Land Economics* 65: 23-38.
- Palmquist, R.B. (1992a). "Valuing Localized Externalities". *Journal of Urban Economics* 31: 59-68.
- Palmquist, R.B., and L.E. Danielson (1989). "A Hedonic Study of the Effects of Erosion Control and Drainage on Farmland Values". *American Journal of Agricultural Economics* 71: 5-62.
- Palmquist, R.B., and A. Isangkura (1999). "Valuing Air Quality with Hedonic and Discrete Choice Models". *American Journal of Agricultural Economics* 81: D1128-1133-74.
- Palmquist, R.B. (2003). "Property Value Models". In: Karl-Göran Mäler and Jeffrey Vincent, Ed., *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 2 (North-Holland, Amsterdam).
- Rosen, R. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". *Journal of Political Economy* 82: 34-55.
- Smith, V.K., and J.C. Huang (1995). "Can Markets Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models". *Journal of Political Economy* 103: 209-227.
- Wilhelmsson, M. (2000). "The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-Family Houses". *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(6), 799-815.

000717

**SOCIAL PREFERENCES FOR
IMPROVING WATER QUALITY:
AN ECONOMIC ANALYSIS OF
BENEFITS FROM WASTE-
WATER TREATMENT**

by

**Areti Kontogianni¹
Ian H. Langford^{2,3}
Andreas Papandreou⁴
and Mihalis S. Skourtos¹**

¹ Department of Environmental Studies, University of the Aegean,
Mytilene, Lesvos, Greece

² Centre for Social and Economic Research
on the Global Environment
School of Environmental Sciences
University of East Anglia
and
University College London

³ Centre for Environmental Risk
School of Environmental Sciences
University of East Anglia, Norwich, UK

⁴ Department of Economics, University of Athens, Greece

Acknowledgements

The Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE) is a designated research centre of the UK Social and Economic Research Council (ESRC).

The authors would like to thank Professor Krestenitis of the University of Thessaloniki for his kind help and assistance with the work presented in this paper.

ISSN 0967-8875

**SOCIAL PREFERENCES FOR
IMPROVING WATER QUALITY:
AN ECONOMIC ANALYSIS OF
BENEFITS FROM WASTE-
WATER TREATMENT**

by

**Areti Kontogianni
Ian H. Langford
Andreas Papandreou
and Mihalis S. Skourtos**

CSERGE Working Paper GEC 01-04

Greece has a large number of waste-water treatment plants (WWTP) under construction or recently completed. However, whilst the European Union provides funds for the capital development of WWTPs, there is often a lack of funding to maintain the full operation of these plants. This study examines the case of a WWTP in Thessaloniki, Greece, which, currently, is only partially operational.

We use the contingent valuation method to examine the willingness to pay of individuals to ensure the full operation of the WWTP, leading to significant improvements in the water quality of Thessaloniki Bay, which is adjacent to Thessaloniki. The average amount pledged of 5189 Greek drachmas due every four months as an incremental increase in water rates matches the funding required to fully operate the plant. By examining the motivations of those willing to pay, we find that a complex combination of consumer and citizen modes of cognition, linked to self-identity and pride in the city as well as moral and ethical concerns, determine individuals' commitment to the water quality improvement scheme. These findings have serious policy implications for gauging public support for environmental improvements.

Keywords: water quality; contingent valuation; consumer behaviour; waste water treatment

1. Introduction

The operation of wastewater treatment plants (WWTP) in Greece is based on the European Union Directive 91/271. Since 1980, when the first plant was constructed, 280 WWTPs are in operation serving a total of 55-60% of the population (Tsayarakis and Aggelakis, 2000). A study of the 241 plants in operation today, reveals that 209 of them are activated sludge systems, 24 are natural systems, 5 use biofilters and only 3 use primary treatment methods. Of these plants, 52.7% are operating, 14.5% are completed but not operating, while the rest face a number of functional problems. Funding for the operation of WWTP is based on EU Cohesion Funds (75-85%) plus central government and interest concessions (OECD, 2000). It is estimated that the full coverage of the Greek population necessitates construction of 2,000 more plants, with a capacity of 500-10,000 p.e. at an estimated total cost of Drs. 170 billions (Aggelakis *et al.*, 1999). Significant funds have already been invested in these plants but an analysis of the cost structure of operating the plants in Greece reveals the fact that high personnel and energy cost are crucial for their economic viability. Conventional activated sludge systems are unexpectedly shown to be the less economical ones, a fact that speaks for the need of improving the design, size and operation schedule of the new plants in the future (Tsayarakis *et al.*, 2000).

One of the main problems with operation of WWTP in Greece is that funds are available for constructing the plant, but are less readily available for operation of the plant. This paper therefore focuses on the willingness to pay and motivations of residents and visitors to Thessaloniki to ensure the full operation of the WWTP that discharges into Thessaloniki Bay. The plant is, currently, only partially operational, and if funds were available to achieve full operation, this would have benefits regarding the quality of water in Thessaloniki Bay.

2. Background to the Study

The Thermaikos Gulf is a semi-closed shallow sea basin, with a southern opening to the Aegean Sea approximately 19 km wide, situated in the northwest Aegean Sea. The Gulf is bordered to the east by the Kassandra peninsula, to the west by the coast of Pieria and to the north by the coastline of the city of Thessaloniki. The northern part of the Thermaikos Gulf constitutes the Gulf of Thessaloniki. Due to the dense population and the concentration of industrial and other activities, the atmosphere, the soil, and the Thermaikos Gulf have been degraded. Environmental systems are overloaded with pollutants, and there is a lack of infrastructure with which to create and control the limitation of emissions, and the reduction of pollutants discharged into the Gulf.

The modern city of Thessaloniki and its urban planning zone is developing into the hill ranges of Asvestohori-Hortiatis, Kedrinos Lofos in the northeast and in the circumference of the gulf up to the fringes of Nea Mihaniona. At the same time, the industrial areas of the Urban Planning Area of Thessaloniki, which has developed gradually as the urban space has expanded, today comprises of 12 municipalities and 3 communities. In the centre of the Urban Planning Area lies the municipality of Thessaloniki with its 750,000 inhabitants (1991), which ranks the city second in terms of population in the Greece. Thessaloniki is therefore the largest concentration of economic, administrative and cultural activity both in Northern Greece, with a high population density of 21,532 to 26,171 inhabitants/km² (compared to the national average of 79 inhabitants/km²). The result is a city with extremely few free spaces and limited urban greenery. The only locations of 'natural environment' - apart from the sea horizon - are found in part of the hill range of Asvestohori-Hortiatis and Kedrinos Lofos, and the last remaining pasturage of eastern and western suburbs.

According to measurements conducted by the Chemical Laboratory of the Department of the Environment, Ministry of Macedonia-Thrace, the water of the Gulf is alkaline with stable conductivity values. A normal temperature range exists throughout the year, with the exception of early spring and late autumn, which is particularly favourable in avoiding any temperature stress of sea organisms - the conditions in early spring and late autumn being due to a greater concentration of nutrients in the surface water layers. The dissolved oxygen is saturated with a tendency to over-saturate during the summer months in the surface water layers, because of intense photosynthesis.

Pollutant categories that contribute to pollution of the Thermaikos are urban sewage, industrial waste, cultivation draining, petroleum-based products and toxic substances. Pollution of the Gulf affects all human activity, which is

directly or indirectly related to the waters, such as recreation, swimming, sports, living along the coast, fishing, shellfish cultivation, and so on.

In this research, we attempt to analyse the influence of the quality of Thermaikos on the attitudes and preferences of a random sample of residents in Thessaloniki. The interest of these residents, in the environmental protection of Thessaloniki, is often accompanied by a lack of confidence in public or private management of natural resources, and by mistrust on whether their use involves appropriate criteria. This is because information on the environment is often quite inaccessible and the process of defining marginal values is opaque. In this research, citizens are given the opportunity to evaluate the quality of the water in the Thermaikos for themselves. Using the contingent valuation method of economically valuing environmental goods, we investigate and quantify the willingness of residents to contribute part of their income towards restoring a socially acceptable quality to the Thermaikos Gulf, in terms of an increase in four-monthly water rates to pay for cleaning up Thermaikos Bay.

In 1994, the Prefecture of Thessaloniki published new emission limits for industrial waste, although it is still not clear whether the authorities have legislated limits which are socially acceptable both for the polluters and the water users, based on the general ecological situation of the area. However, it is also true that there is a new biological treatment works, which received capital funding from the EC, but which is only partly operational due, as stated previously, to a lack of funding towards the running costs.

000719

3. Questionnaire Design and Methodology

The questionnaire survey was designed to elicit responses in three information categories for each respondent, namely:

- (a) Attitudes, knowledge and behaviour;
- (b) Economic valuation questions;
- (c) Socio-economic characteristics.

Each one of these categories incorporated a series of questions, of both closed and open structure. The rationale behind each section of the questionnaire is as follows:

3.1 Attitudes, knowledge and behaviour

The first part of the questionnaire contained questions concerning the respondents' opinions of the importance of different social problems, followed by a question specifically about the environmental problems of Thessaloniki. These questions are important to set the issue in the context of people's general concerns within their own lives (Kontogianni *et al.*, 2001; Langford *et al.*, 1999; 2000). Next, current behaviour was elicited, such as walking, swimming and boating in Thessaloniki Bay. In order to assess the familiarity of the respondents with and knowledge of the subject of the survey, as well as comprehension of the problems with pollution, questions concerning the respondents' knowledge of the municipal and industrial waste disposal in the Bay were asked, together with a question on the sources of these wastes. The respondents were then asked to rate the quality of water in Thessaloniki Bay on a scale ranging from 'poor quality, with untreated waste and garbage' to 'high quality and suitable for swimming', so that they could express their own perceptions of water quality (Georgiou *et al.*, 1998; 2000). Following this, respondents were then asked how important it was to them personally for Thessaloniki Bay to have clean water, and whether they agreed with the statement that the State should invest for better water quality. Respondents were then asked to state their motivations for improving the water quality in the Bay – previous research has shown that assessing prior motivation is important in determining respondents' stated WTP amounts (Langford *et al.*, 1999; Mathieu *et al.*, 2001). Finally, respondents were asked whether they would visit the Bay more often if the water quality were improved, and if they had any knowledge of the waste-water treatment plant which could, if fully operational, help to clean up the Bay.

3.2 Economic valuation questions

This part of the questionnaire comprised a contingent valuation, where respondents are initially asked whether they are willing to pay in principle for cleaning up the Bay. Those who respond positively are then asked how much they are willing to pay, as an increase in four-monthly water rates, as an amount

in drachmas. The methodology for this part of the questionnaire follows that described in Bateman and Willis (1999) using an open-ended elicitation method for payment - i.e. the respondent is given no prompts, but simply asked to state their maximum willingness to pay amount. The information given to respondents before the payment principle question was as follows (translated as faithfully as possible from the original in Greek):

'Nowadays, the situation concerning the pollution loads in Thessalonica Bay is: waste-water and industrial waste are led through the sewage system to Thessalonica Bay. In addition, we have run offs from agricultural activities in the bay (drainage canals) and oil (during transportation and loading procedures). The results are foul smells, visual pollution, eutrophication, biological pollution, toxic pollution and general degradation of the bay. Consequently, the waters are unsuitable for swimming and fishing. In order to address the problem, a waste-water treatment plant was constructed and is partially functioning - it is hoped that the plant will be fully functional in the year 2000. When completed, the plant will treat up to 95% of the city's wastewater that enters Thessalonica Bay. This will result in the upgrading of the bay, no foul smells and the gradual improvement of water quality until it becomes suitable for swimming. For the plant to be fully functional, investment and running costs must be covered.

The cost for the establishing the plant is covered by the state, while the citizens through increased water rates could possibly cover the running costs, which could be paid every fourth months for 5 years through the water rates bill of EYATH. Would you like to participate in this financing program?'

Those who refused the payment principle question were then asked why they had refused, whilst those who responded positively were asked the following payment amount question:

'What is the maximum amount that you would like to give through the water rates bill of EYATH for the next 5 years in order to cover the running costs of the wastewater treatment plant for these years?'

Following this question, respondents were asked to state their reasons for wishing to participate in funding the running costs of the treatment plant. Respondents were then prompted to remember that they only have limited disposable income to fund the project, and asked to reconsider their maximum WTP amount. A number of standard socio-economic questions then completed the survey.

Face to face interviews were conducted on site around Thessaloniki Bay in June and July, 1999. A total of 480 questionnaires were completed of residents and visitors to Thessaloniki, from which 466 we considered usable. A list of variables used in the analyses is given in Table 1.

Table 1: Variables used in the quantitative analysis

Variable name	Description
Knowledge	
KTREAT	knows location of plant
MUNIP	knows where municipal wastes are discharged
INDUS	knows where industrial wastes are discharged
Important issues	
UNEMP	Unemployment
CULT	lack of cultural activities
HEALTH	health and hospitals
ENVPROB	Environmental problems
CRIME	Crime
TRANS	transport services
EDUC	Education
NEIGH	social problems
Behaviour	
FISHR	Recreational fishing
SWIM	Swimming
WALK	walking the White Tower promenade
SAIL	Sailing
Intended behaviour	
FUTVISY	if water quality improves, visit more often in future
Motivations	
STATEINV	believes state should invest for better water quality
R-SWIM	for swimming
R-FISH	to produce shell-fish and for fishing
R-SMELL	to avoid having a dirty sea that smells bad
R-ENV/IMP	to help environmental improvement in general
R-OPTION	to have high quality water to be able to swim, fish, stroll
R-MORAL	it's a moral matter: we should not pollute the environment
R-FUTGEN	to be able to have a beautiful environment for the next generation

Table 1: cont....

Variable name	Description
Environmental problems	
SMELL	smell from the bay
NOISE	noise pollution
ATMOSPOL	Atmospheric pollution
BUILD	building without regulation
WATERQUL	water quality
WATERQUN	water quantity
FLOOD	Flooding
sources of pollution	
SMUNIP	municipal waste and waste water
SINDUS	industrial waste
SAXIO	waste from Axio, Loudia and Aliakmona
beliefs and values	
VERYBAD	water quality in Thermikos Bay perceived as very bad
EXTRIMP	water quality issue values as extremely important
Willingness to pay	
PP	positive response to payment principle question
WTPF	final willingness to pay figure (excluding two outliers)
socio-demographic	
RESIDENT	lives in Thessaloniki
AGE	in years
FEMALE	1 = female, 0 = male
CH<5	has children under 5 years
CH<16	has children under 16 years
EDUHIGH	more than 12 years formal education
LNINCOME	natural logarithm of annual income
EMPLOYEE	employee of private company
RETIRED	retired
NOJOB	unemployed
STATEMP	employee of state institution
HKEEP	housekeeper
STUDENT	student at University of Thessaloniki
HUNTING	member of hunting club
ENVCLUB	member of environmental organisation
SPORTS	member of sports club

Table 2: Willingness to pay amounts for different motivations, with nonparametric bootstrapped confidence intervals

720 VTA

Motivation	number	Percentage	-95%CI	mean WTP	+95%CI	whole sample mean
R-SWIM	26	5.6	2684	4196	5691	234
R-FISH	28	6.0	2447	3845	5253	231
R-SMELL	136	29.2	4525	5197	5859	1516
R-ENVIMP	175	37.6	4742	5317	5894	1997
R-OPTION	104	22.3	3480	4230	4994	944
R-BIODIV	180	38.6	4085	4799	5512	1215
R-MORAL	146	31.3	4655	5317	5947	1666
R-FUTGEN	218	46.8	4931	5252	5938	2457
Total (excluding zero's)	321	68.9	7298	7532	7750	5188
Total (including zero's)	466	100	4843	5189	5546	5189

4. Results and Discussion

In this section, we present results for the willingness to pay questions. This includes a qualitative section on the open-ended statements given by respondents for their main reasons for being willing to pay, plus analyses of the motivations for improving the water quality of Thermaikos Bay, and the knowledge and importance variables. Each sub-section contains some discussion on the possible interpretation of the results.

4.1 Willingness to pay

Table 2 gives the willingness to pay amounts for the whole sample, and the sample broken down by different motivations for wanting an improvement in the water quality of Thermaikos Bay. The first column gives the variable name of the motivation, and the second and third columns the number and percentages of respondents respectively stating each motivation from the whole sample of 466 individuals. The next three columns give the mean WTP for each motivation, with 95% confidence limits, calculated by applying a nonparametric bootstrap to the distribution of WTP values (Efron and Tibshirani, 1993; Langford *et al.*, 1998a). The whole sample mean WTP was 5189 drachmas increase on the standard four-monthly water rates payment, including those who gave zero WTP or refused to pay in the payment principle question. Accounting for the number of respondents stating the motivation, use by future generations gave the highest WTP amount of 2457 drachmas per four months, followed by general environmental improvement, moral concerns and alleviation of the unpleasant smell from Thermaikos Bay. This demonstrates that WTP amounts stated for the improvement of water quality are based on complex concerns that range from the very practical and utilitarian (such as smell) to altruistic and ethical concerns (such as future generations and moral matters).

With regard to the WTP in principle question, 68.9 percent of respondents ($n = 321$) replied positively, that they would, in principle, be willing to pay something to improve the water quality of the Bay. The results of a multiple binary logistic regression analysis of the payment principle question are given in the first column of Table 3. A belief that the state should invest for better water quality was a strong predictor of a positive response, suggesting that people were willing to pay themselves for higher water rates if they believed that the state would invest in better water quality as well. Being a member of an environmental organisation also predicted a positive response, whilst being unemployed or a student predicted a negative response. However, a number of variables which were negatively associated with a positive response (i.e. predicted a refusal to pay in principle) describe an interesting profile, which was confirmed by interviewers at the site. Wanting investment to produce shellfish or for fishing predicted a negative response, as did being older, a private

Table 3: Multiple regression results for payment principle, belief in state intervention and willingness to pay amounts

Variable name	pp	stateinv	lnwtpf
Knowledge			
KTREAT			++
MUNIP		++++	
Important issues			
CRIME		++	
TRANS	--		
Behaviour			
SWIM		--	
Intended behaviour			
FUTVISY		+	
Motivations			
STATEINV	+++		
R-FISH	-		
R-SMELL			+++
R-OPTION	--		
R-ENVIMP		++	
R-MORAL		++	
R-FUTGEN		++	
Environmental problems			
SMELL		++	
NOISE		---	
Sources of pollution			
SAXIO		++	
SINDUS			----
Beliefs and values			
VERYBAD			+
socio-demographic			
AGE	----		
CH<5			+++
LNINCOME			++++
EMPLOYEE	----		
NOJOB	--	---	
STUDENT	--		
HUNTING		--	
ENVCLUB	++		++
SPORTS		--	

employee, option value and being concerned over transportation issues. The interviewers reported that a number of respondents were shellfishermen, or involved in the shellfishing industry in the Bay, and these variables would be indicative of this group. It was not possible to hold stakeholder interviews following the survey due to resource limitations, but at least we appear to have captured the opinions of this section of the population in their refusal to pay in principle (see also section 4.2 on motivations). The fishermen have a strong union, and have been proactive in lobbying the state to provide a cleaner environment and other incentives for shellfishing in the area. A similar analysis of those who gave the reason 'the state should pay' for refusing the payment principle question ($n = 73$) showed similar results to those given above. Stating that the state should pay was predicted by the motivation of fishing/shellfishing in the Bay and option value, as well as by being older and interested in economic issues. Members of hunting clubs were also more likely to say that the state should pay for cleaning up Thermaikos Bay.

The second column of Table 3 shows the results for agreement with the statement that 'investment from the state for better water quality should be increased', one of the main predictors for acceptance of the payment principle question. This variable was, in turn, predicted by a number of different motivations, namely option value, moral issue and future generations. This suggested that belief in state investment and altruistic or ethical motivations are linked – it could be argued that pledging the state's money to the problem is a second-hand form of charitable donation. The variable was also predicted by an interest in the issue of crime. However, respondents who stated 'yes' to this question also had high levels of knowledge of the sources of municipal pollution of the Bay, and this could be indicative of an attitude of 'if the authorities cause the pollution, they should clean it up.'

The final column of Table 3 gives the multiple regression results for the natural logarithm of WTP values, with two extreme outliers excluded from the analysis (Langford *et al.*, 1998b). The overall goodness-of-fit statistic for the model was an R^2 value of 22.4 percent. The main predictors of higher willingness to pay amounts are income, giving the smell an important reason for cleaning up the Bay, and having young children under 5. These latter two variables suggest direct use as being linked to willingness to pay, although being a member of an environmental organisation is also a predictor of higher WTP amounts. Knowledge of the treatment plant is also associated with higher WTP, suggesting that being aware that only an incremental running cost is required for the treatment plant to be operational encourages people to pay for the clean up. Belief that the source of pollution is industrial is negatively associated with WTP amounts because perhaps, in this case, people believe the polluter should pay.

The qualitative information collected on reasons why people were willing to state a positive WTP amount had a number of interesting features. One of the main themes was cleanliness, but this concept was extended from the Bay to include the whole city and the environment in general, for example:

'I want to contribute to the improvement of the environment, a clean environment for my children'
'Improvement of quality of life in the city, and to increase the life in the Gulf'

'For water quality improvement and for protection of the natural environment of the city of Thessaloniki'

'The state is unable to handle such matters, we should at least help'
Many people also referred to their roles as citizens in providing financial and moral support for cleaning up the Bay, such as:

'Citizens must participate in programs concerning the environment'

'As an active and conscientious citizen, I participate because the contribution of the state is not sufficient'

'It is a matter which affects us all and we all have made some contribution to the pollution.'

Others focused more on their role as consumers, in terms of personal consumption of the Bay:

'I want the water quality to improved for health reasons'

'I want to see the Bay clean, without garbage'

'When I walk on the seaside road, I don't want it to smell badly, to see the sea dirty'

and the attractiveness to tourists:

'We must live in a cleaner environment, especially beaches where many people go for entertainment'

'It improves the image of the city, and at the same time the standard of life'

'When the Gulf is cleaned, there will be an increase in tourism'

Many respondents focused on the quality of life in general, and often made reference to moral obligations, or future generations:

'Improvement of Thessaloniki's Bay water quality for a better quality of life, for the present and future generations'

'It's a moral obligation for all of us to keep the environment clean'

'For reasons of ethical and ecological conscience'

'Environmental protection for our children's future'

and as one respondent neatly summed it up:

'I think quality of life is more important than 10,000 Drachmas every 4 months...'

We can see from these statements that the reasons behind respondent's WTP are complex and multidimensional. The most common theme was that concerning cleanliness, but this was very often set in terms of the whole city and feeling good about your home environment. Quality of life was often cited in this respect, and people were quite ready to take moral responsibility and act as citizens as well as consumers (Brouwer *et al.*, 1999; Sagoff, 1988; Kontogianni *et al.*, 2001). People could also see economic possibilities beyond their own personal use value, and saw the Bay as a potentially positive asset for Thessaloniki, which was, at present, of negative value.

4.2 Motivations for cleaning up the Bay

The most popular reason for improving the water quality of Thessalonikos Bay was to be able to have a beautiful environment for the next generation (n = 218), followed by general environmental improvement (n = 175), the moral question of not polluting the environment (n = 146) and to avoid a dirty, smelly sea (n = 136). Maintaining biodiversity (n = 118) and generating the option of having a pleasant experience by walking, swimming or recreational fishing in the area (n = 104) were also popular choices. Table 4 shows the multiple logistic regression results for some of these motivations.

Giving the reason for cleaning up the Bay as being removing the unpleasant smell was predicted by a high degree of knowledge of the sources on both municipal and industrial pollution, suggesting a motivation to acquire information when faced with a strongly unpleasant perception. Not surprisingly, being concerned about the smell was also a strong predictor, but interest in water quality issues and atmospheric pollution were negatively associated with removal of the smell as a motivation, suggesting that some people experiencing the Bay had focused their environmental concerns onto this issue. Belief in state intervention was also positively associated with removal of smell.

Stating the reason for cleaning up the Bay as being increasing local commercial fishing and shellfishing, a predictor of refusal to pay (see section 4.1), was associated with being unemployed, and being a member of a hunting club, suggesting again a subsection of the population concerned with economic problems and earning a living. This motivation was also associated with finding the issue of the cleanliness of the Bay extremely important, and with an interest with the problem of sewerage in Thessaloniki plus use of the Bay for boating activities, which could include commercial fishing.

721 VTA

Table 4: Multiple regression results for selected motivations for cleaning up the Bay

Variable name	r-fish	r-smell	r-moral	r-futgen
important issues				
UNEMP	+			
CULT			+	
HEALTH			+++	
ENVPROB				+
EDUC				+
behaviour				
WALK			++	
SAIL	++			
intended behaviour				
FUTVISY				++
motivations				
STATEINV		+	+	++
environmental problems				
SMELL		++		
ATMOSPOL		---		
SEWERAGE	++			
WATERQUN		--		
sources of pollution				
SINDUS		+++		++
SMUNIP		+++		
beliefs and values				
EXTRIMP	+		++	+
socio-demographic				
FEMALE			-	
RESIDENT				
CH<16				--
LNINCOME			++	++
RETIRED			--	
STATEMP		--		+++
HUNTING	++			

We now look at two of the 'non-use' motivations, namely the moral question of caring for the environment, and providing a good environment for future generations. Stating a motivation as the moral issue of caring for the environment was predicted by being male, going for walks around the Bay and having an interest in cultural and health matters. This supports other research by the authors (Lorenzoni *et al.*, 2001) which suggests that concern for environmental issues is often part of a larger set of beliefs within an individual about social and cultural matters. This moral motivation was also associated with belief in state intervention and considering the issue to be extremely important. For future generations, considering the issue to be extremely important was also a positively associated predictor variable, as was having children under the age of 16. Interestingly, this group of people was less likely to be residents of Thessaloniki, but who would be keen to visit the area again if the pollution is cleaned up. These respondents were also knowledgeable about industrial sources of pollution and believed in state intervention to clean up the Bay. They were also more likely to be employees of the state.

4.3 Perceived quality, importance value, knowledge and intended behaviour

The perception of the water quality of Thermaikos Bay as being 'very bad' (as opposed to bad, average or good) was given by 240 of the respondents. Only 19 respondents replied that the water quality was good enough for fishing. The first column of Table 5 gives the multiple logistic regression results for stating the water quality as being 'very bad'. Considering industrial pollution and run-off from roads as being important sources of harm to the Bay were positively associated with perceiving the water quality as 'very bad', as was being a private employee and a member of an environmental organisation. Being a state employee or a housekeeper were negatively associated with this perception. Interestingly, being interested in unrestricted building developments and flooding were negatively associated with this perception, suggesting that different issues competed for respondents' attention - if a respondent was focused on building and flooding, they were less likely to have such a negative view of pollution in the Bay, perhaps because they did not consider the issue to be so important.

For importance value, 313 respondents replied that the issue of pollution in the Bay is extremely important, whilst 132 considered it to be important. Only 2 respondents replied that they did not care about pollution in the Bay. The second column of Table 5 shows the multiple logistic regression results for comparing those who answered 'extremely important' to the rest. Being a resident of Thessaloniki was not surprisingly a strong positive predictor of believing the issue to be 'extremely important', as was knowledge of the existence of the treatment plant, and being concerned over pollution from the

Axio river entering the Bay. Being motivated by commercial fishing and/or shellfishing in the Bay was negatively associated with finding the issue 'extremely important', supporting the negative association with willingness to pay in principle discussed in section 4.1. There was also a strong positive association with being concerned about unregulated construction and development in the area, supporting the view expressed in the qualitative part of the survey, that many people are concerned about the general environmental problems of Thessaloniki, and want to see the city improved in overall aesthetic quality. There were also positive associations between finding the issue of the Bay extremely important and being motivated by the moral issues of environmental protection, and future generations. Those who considered the issue extremely important were also more likely to state an intention to visit more frequently if the quality of the Bay was improved.

The third column of Table 5 gives the multiple logistic regression results for the behavioural intention to visit the Bay more if the water quality has been improved. Considering the issue to be extremely important, having knowledge of municipal waste discharges into the Bay and being more highly educated were positively associated with this variable, as was an interest in crime as an issue. These variables again suggest a general concern for the environmental quality of the area, although there were negative associations with interest in unregulated building, atmospheric pollution and noise. This could be because the issues are less immediately intrusive than the smell and visual signs of pollution when visiting the bay; giving a motivation of wanting to swim in the Bay was also positively associated with future intended visits.

Having knowledge of the wastewater treatment plant was positively associated with being a resident of Thessaloniki, and having knowledge about the industrial and municipal discharges into the Bay, as well as concern about pollution from the Axio river. This variable was also associated with being older and being motivated by commercial fishing interest in the Bay, finding the issue extremely important and perceiving current water quality to be very bad. In contrast, females, unemployed people and those with children were less likely to know about the treatment plant, suggesting that knowledge may be related to economically active males whose employment may in some way be related to the Bay, such as commercial fishermen. An interest in other issues, such as transport and neighbourhood problems, was negatively associated with knowledge of the treatment plant.

5. General Discussion and Conclusions

The different motivations stated by respondents for their willingness to pay for improved operation of the wastewater treatment plant provide interesting evidence for individuals responding as both citizens and consumers, following the arguments developed, for example, in Sagoff (1988) and Brouwer *et al.* (1999). The highest WTP amounts were given for moral reasons and for future generations: many of the comments in the qualitative answers for reasons for giving WTP amounts supported the view that many respondents were thinking of more philosophical and altruistic topics when responding to the questionnaire. However, we must be aware that they are not actually being asked to pay the increase in water rates, so their actual behaviour in this respect may be very different from their stated behavioural intention. Nevertheless, the results still provide evidence that people are capable of considering wider environmental, social and ethical issues when considering their WTP in contingent valuation survey. Of course, not all motivations could be classified as altruistic or 'citizen-oriented', but even consumer behaviour was seen to be complex. Respondents gave higher WTP to remove the smell and, from the overall results of the survey, it was clear that the immediate visual and olfactory unpleasantness of the Bay provided a strong motivation for wanting the Bay to be cleaned up, including WTP for this to be achieved.

However, in the qualitative responses, people not only looked at their own personal use of the resource, but broadened the issue out to include general improvements to the city of Thessaloniki, with the condition of the Bay being a particularly prominent image of the need for improvement. Whilst people did want to increase their personal options for enjoying the Bay in a number of ways, they were also concerned that the city should be beautiful, and in this way improvement of the Bay was linked to the self-identity of those who lived nearby. A beautiful Thessaloniki would help them feel better about themselves, perhaps in a similar way that pledging money for moral and ethical reasons, and for future generations can also strengthen self-esteem and self identity. Respondents also considered the increased options for tourism and visitors, not just themselves, but again for the 'good of the city'. We can at least state that WTP, whether motivated by citizen or consumer behaviour, was more global and complex than simply responding to the price of a particular good, namely the water quality of the Bay.

Those who refused to pay also comprised an interesting group. They consisted mainly of people who didn't believe in state investment for better water quality, but still believed that, if it was to be done, the state should pay. This included a group of people who were interested in commercial fishing and shellfishing, and therefore had particular vested interests in what happens to the Bay, plus their

422 V1A

own position on who is responsible and accountable for the current poor quality of the water. As mentioned before, resources did not allow for a stakeholder analysis of different user groups to be carried out as part of this study. However, the value of undertaking such a project in the future could be great, as the contingent market for the environmental good could be considered as compartmentalised between different stakeholder groups. Similar results were found by the authors in a study of WTP for wetland conservation at Kalloni Bay on the island of Lesbos (Kontogianni *et al.*, 2001).

Respondents who were willing to pay tended to believe in state investment for better water quality, and this in turn was predicted by motivations for moral reasons, future generations and general environmental improvements. We can speculate that the belief in state intervention and ethical and moral concerns suggest a worldview based around egalitarian views of societal and environmental improvement and equity, as was found in a previous study on coastal bathing water quality (Langford *et al.*, 2000). Moral concern was linked to interest in health and cultural issues, concern for future generations to interest in environmental and educational issues. Those who had these motivations were also more likely to believe that the issue was extremely important, and those who found the issue extremely important were more likely to have acquired knowledge about the treatment plant and sources of industrial and municipal pollution.

The mean WTP amount of 5189 drachmas per four monthly water rates bill is also important, because it represents a moderate and realistic increase on current water charges and is also roughly equivalent to the amount needed to make the treatment plant fully operational (Professor Krestenitis, personal communication, July 1999). Hence, we have demonstrated that the residents of the Thessaloniki region are willing to pay for the operational costs of the treatment plant. However, to conclude, we have shown much more than this – WTP has not been expressed as a simple consideration of consumption of the environmental good in question, but as a complex mixture of citizen-based and consumer-based preferences. These include the environment of Thessaloniki as a whole, and may be linked to issues of self-identity and pride in the city, as well as higher moral and ethical considerations. For policy-makers, this means that an acceptable policy for cleaning up the Bay need not be based solely on considerations of water quality and extended use of the Bay for a variety of activities, but on appealing to citizens about the quality of their local environment and their role in the future environmental quality of Thessaloniki as a whole.

References

- Aggelakis, A.N., Tsaarakis, K.P., Despotakis, B., Papadogiannakis, N. (1999). Technical Report on the Survey of Urban Wastewater Treatment Plants in Greece. Ministry of the Environment, Urban Planning and Public Works, Athens
- Bateman, I.J. and Willis, K.G., (eds.). 1999. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EC and Developing Countries*. Oxford University Press, Oxford.
- Brouwer, R., Powe, N., Turner, R.K., Bateman, I.J. and Langford, I.H. (1999). Public attitudes to contingent valuation and public consultation. *Environmental Values*, 8: 325-347.
- Efron, B., and Tibshirani, R.J. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. London: Chapman and Hall.
- Georgiou, S, Bateman, I.J., Langford I.H., and Day, R.J. (2000). Coastal bathing water health risks: developing means of assessing the adequacy of proposals to amend the 1976 EC Directive. *Risk, Decision and Policy*, 5, 49-68.
- Georgiou, S, Langford, I.H., Bateman IJ and Turner RK (1998). Determinants of individual's willingness to pay for reductions in environmental health risks: a case study of bathing water quality. *Environment and Planning A*, 30, 577-594.
- Kontogianni, A., Skourtos, M.S., Langford, I.H., Bateman, I.J. and Georgiou, S. (2001). Integrating stakeholder analysis in non-market valuation of environmental assets. *Ecological Economics*, 37,1, 123-138.
- Langford, I.H., Georgiou, S., Bateman, I.J., Day, R.J., and Turner, R.K. (2000). Public perceptions of health risks from polluted coastal bathing waters: a mixed methodological analysis using cultural theory. *Risk Analysis*, 20,5, 691-704
- Langford, I.H., Georgiou, S., Day, R.J. and Bateman, I.J. (1999). Comparing perceptions of risk and quality with willingness to pay: a mixed methodological study of public preferences for reducing health risks from polluted coastal bathing waters. *Risk, Decision and Policy*, 4,3: 201-220.
- Langford, I.H., Bateman, I.J., Jones, A.P., Langford, H.D., and Georgiou, S. (1998a). Improved estimation of willingness to pay in dichotomous choice contingent valuation studies. *Land Economics*, 74,1, 65-75.
- Langford, I.H., Kontogianni, A., Skourtos, M.S., Georgiou, S. and Bateman, I.J. (1998b). Multivariate mixed models for open-ended contingent valuation data: a case study on willingness to pay for conservation of Monk Seals. *Environmental and Resource Economics*, 12, 443-456.
- Lorenzoni, L., Langford, I.H., O'Riordan, T. (2001). Climate change? No, thank you. Perceptions and behaviour of citizens in Norwich (UK). Submitted to *Risk Analysis*.

- Mathieu, L.F., Langford, I.H., Kenyon, W. (2000). Valuing Marine Parks in a Developing Country: A Case Study of the Seychelles. Global Environmental Change (GEC) Series 2000-27, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE) University of East Anglia and University College London, UK.
- OECD (2000). Environmental Performance Reviews. Greece, Paris
- Sagoff, M., 1988. The Economy of the Earth. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tsagarakis, K.P., Mara, D.D., and Angelakis, A.N. (2000). Economic Costing of Municipal Wastewater Treatment Plants from Greece. School of Civil Engineering, University of Leeds, UK, and National Foundation for Agricultural research, Institute of Iraklio, Greece (mimeo)
- Tsagarakis, K.P., Aggelakis, A.N., (2000). Experience from Collecting and Evaluating Data on Urban Wastewater Treatment Plants in Greece. National Foundation for Agricultural Research, Institute of Iraklio, Greece (mimeo)

REPÚBLICA DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

JIBM/MFG

AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE ANTEPROYECTO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDROGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA, CONTENIDA EN EL D.S. N° 167, DE 1999, DEL MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 380

SANTIAGO, 26 de abril de ~~2009~~ 2010

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; en la Resolución Exenta N° 3502, de 17 de Diciembre de 2007, publicada en el Diario Oficial el 21 de Diciembre del mismo año, que dio inicio al proceso de revisión de la referida norma; en las Resoluciones Exentas N° 2594, de 30 de julio de 2008; N° 3250, de 5 de junio 2009 y N° 6536, de 30 de octubre de 2009, que amplían plazo para la elaboración del anteproyecto de la norma, todas de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); y en la Resolución N° 1600, de 2008, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

Que, el plazo para la elaboración del anteproyecto de revisión de la norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrogeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada, establecida mediante Decreto Supremo N° 167, de 1999, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, fue ampliado por las resoluciones exentas N° 2594, de 2008; N° 3250, de 2009 y N° 6536, de 2009, todas de esta Dirección Ejecutiva. El plazo fijado en la última resolución mencionada vence el 30 de abril del presente año.

Que, el Departamento de Gestión de Calidad del Aire, mediante Memorandum N° 11, de 22 de abril de 2010, ha solicitado ampliar el plazo para la preparación del anteproyecto de dicha norma, a fin de complementar los antecedentes técnicos con que se cuenta y fundamentar de mejor manera el contenido del anteproyecto de revisión de la norma.

000725

RESUELVO:

AMPLÍESE el plazo para la preparación del anteproyecto de la Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos (Compuestos Sulfuro de Hidrógeno y Mercaptanos: Gases TRS) asociados a la Fabricación de Pulpa Sulfatada, hasta el día 30 de julio de 2010.

Anótese, comuníquese, y archívese.



ÁLVARO SAPAG RAJEVIC
DIRECTOR EJECUTIVO
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE


CRFFACH

Distribución:

- Departamento Jurídico, CONAMA.
- Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Público de la Norma.
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud.
para su conocimiento
saluda atentamente a Ud.
NURY VALBUENA OVEJERC
Oficial de Partes
Comisión Nacional del
Medio Ambiente (CONAMA)

Documento Guía de Consultas

Sobre aspectos técnicos del Anteproyecto de Revisión de Norma TRS
a revisar en reunión con las empresas ARAUCO y CMPC.

Junio 2010

Objetivo de la reunión:

Revisar en detalle de aspectos técnicos de los sistemas de combustión de Gases TRS, monitoreo y otros. Será muy útil que la empresa prepare información que pueda ser relevante para responder a las consultas.

Temas a tratar:

Debido al avance en la elaboración del Anteproyecto y resultados del estudio de la consultora DSS Ambiente 2009¹ en adelante "Informe", es necesario corroborar con las empresas, la siguiente información:

1.- Revisión de los esquemas que se encuentran en el Informe, sobre emisiones y tratamiento de gases TRS en cada Planta. Indicando dónde se muestrea para el monitoreo y cuántos equipos de monitoreo se utilizan.

Material a revisar: Páginas 31 a 43 del Informe.

2.- Cuáles son los principales factores que determinan la selección de un equipo u otro para la combustión de gases TRS. Qué determina que algunos se utilicen como dedicados y de respaldo, de este último cuáles son las condiciones que deben existir para utilizar, por ejemplo la caldera de poder, la caldera recuperadora u otro equipo como alternativo para la quema de gases TRS.

3.- Se cuenta con información de las mediciones realizadas en cada una de las Plantas, sin embargo, es necesario actualizar la información de mediciones de de los equipos normados del año 2009.

4.- Corroborar la estimación de emisiones de gases TRS de los equipos normados y la estimación de emisiones para fuentes fugitivas indicados en el Informe.

Material a revisar: Tabla 6-2 pág. 52 y Tabla 6-6 pág.55 del Informe.

5.- Corroborar la medida para la reducción de emisiones desde el Horno de Cal y su costo estimado en el Informe. El Informe menciona que implica mejorar gestión, ingeniería e implementación de nueva instrumentación para el control y optimización del equipo y del proceso propiamente tal.

Material a revisar: Tabla 10.2 Páginas 66

¹ Estudio: Análisis Técnico económico de Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos (Gases TRS) asociados a la fabricación de Pulpa Sulfatada. Ubicación en la web: <http://www.sinia.cl/1292/article-48157.html>

6.- Corroborar la medida orientada a la eliminación de emisiones desde el Estanque Disolvedor de Licor Verde y su costo. El Informe menciona que considera sólo la construcción de cañerías, recolección de gases y la combustión de éstos en equipos ya normados.

Material a revisar: Tabla 10.3 Páginas 66

7.- Corroborar la medida orientada al sistema de recolección de gases no condensables diluidos y su costo. El Informe menciona que considera nuevas líneas de recolección y la adaptación de la caldera recuperadora para procesar los gases diluidos.

Material a revisar: Tabla 10-6 Páginas 68

8.- Con el fin de establecer las horas de funcionamiento efectivas de la Planta, se solicita obtener información sobre los tiempos que toma la partida y la detención o bien las horas en régimen transitorio de los equipos.

..//DCF

Minuta

Reunión "Aspectos técnicos de la revisión de norma TRS"

Fecha de reunión: Viernes 25 de junio de 2010**Asistentes:**

- Juan Escalona - Superintendente Medio Ambiente y Seguridad, Planta Santa Fe.
- Pedro Navarrete - Empresa CMPC
- Sandra Briceño - Profesional Área Estudios, CONAMA
- Viviana Ubilla - Profesional Depto. Gestión de la Calidad del Aire, CONAMA
- Maritza Jadrijevic - Profesional Depto. Gestión de la Calidad del Aire, CONAMA
- Daniela Caimanque - Profesional Depto. Gestión de la Calidad del Aire, CONAMA

Objetivo de la reunión

El objetivo de la reunión fue dar respuesta de parte de la empresa CMPC a documento de consultas técnicas, realizado por CONAMA con respecto a la información que contiene el Estudio DSS Ambiente 2009.

1) Propuesta Modificaciones de Revisión de Norma TRS

En el inicio de la reunión se realizó una breve presentación sobre la propuesta de modificación de la norma TRS, la cual aún se encuentra en etapa de evaluación, sin embargo, los puntos centrales de esta modificación se presentan a continuación:

1.1 Límites de emisión, metodología de medición y plaza de cumplimiento.

Equipo	Limite de concentración(1) en ppmv de H2S			Sistema de medición			Metodología de medición			Plazo(2) de Cumplimiento	
	Norma Actual	Revisión de Norma		Norma Actual	Revisión de Norma		Norma Actual	Revisión de Norma		Revisión de Norma	
		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos	Equipos Antiguos	Equipos Nuevos
Caldera Recuperadora	5	5	5	Percentil 98, prom. diario periodo anual	Percentil 98, prom. diarios periodo mensual		Continua(3)	Continua(4)		Inmediata	Inmediata
Horno de Cal	20	15	8					Continua(4)		2 años	Inmediata
EDLV	16,8 mg/kg de ss	16,8 mg/kg y posterior Captación de gases	Captación de gases desde el equipo	Percentil 95, periodo anual	Una Medición Discreta cada 3 meses		Discreta, al menos una vez al año	Método 16A o 16B de la EPA		Medición: Inmediata Captación de Gases: 4 años	Inmediata
Inclinerador dedicado y Caldera de Poder	-	20	20	-	Percentil 98, prom. diarios, periodo anual		-	Continua (3)		Inmediata	Inmediata

Equipos Antiguos: Equipos que entraron en operación antes del año 2000.

Equipos Nuevos: Equipos que entraron en operación después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos.

Notas:

(1) Las condiciones estándar será de 25°C y 1 atmósfera.

(2) Tiempo considerado desde la entrada en vigencia de la norma

(3) Equipos anteriores al año 1975 deberán cumplir con los requisitos de emisión al mes 144 (es decir, al año 2012)

(4) Equipos de medición continua que cuenten con la certificación de la EPA, o de la Comunidad Europea, o que cuenten con la certificación de cumplimiento a los estándares de calidad exigidos en el país de origen, entregada por algún ente acreditado por el gobierno de ese país

1.2 Sistema, Recolección y Tratamiento de Gases TRS

Norma Actual		Revisión de Norma	
Establecimientos Existentes	Establecimientos Nuevos	Establecimientos que entraron en operación antes del año 2000	Establecimientos que entraron en operación después del año 2000
Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases TRS		Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases Concentrados	
Aquellos que no cuenten para cada uno de sus procesos, un SRTG TRS deberán implementarlo en un plazo no superior a 75(1) meses. Actualmente debe tener un cumplimiento mensual de funcionamiento del Sistema de Combustión igual o superior al 98%	Deberán contar para cada uno de sus procesos un SRTG TRS en operación y un sistema de monitoreo tipo continuo.	Cumplimiento de la norma actual.	Cumplimiento de la norma actual.
		Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases Diluidos	
		Aquellos que no cuenten para cada uno de sus procesos, un SRT(3) de gases no condensables diluidos, deberán implementarlo en un plazo no superior a 5 años a partir de la entrada en vigencia de la norma.	Deberán contar para cada uno de sus procesos un SRT en operación y un sistema de medición de tipo continuo en aquellos equipos que se emita gases TRS de acuerdo a lo señalado en el art. 3° y 4°
A través de la regulación del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión se reducirá gradualmente las emisiones directas de gases TRS a la atmosfera.		Se regulará a partir del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión, el cual debe tener un cumplimiento mensual de funcionamiento igual o superior a 98%.(2)En caso de venteo, estos deberán ser justificados, indicando la causa en un periodo de 24 horas a la Autoridad Sanitaria y reportarlo en el informe trimestral mencionado en el art. 10°.	

Equipos A: Equipos que entraron en operación antes del año 2000.

Equipos B: Equipos que entraron en operación después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos.

(1) Plazo cumplido en junio del año 2006

(2) Para efectos del cálculo del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión de gases TRS no se considerarán los periodos en que por cualquier razón la planta no se encuentre en funcionamiento, descontando partidas y parada, las que serán reportadas a través del tiempo de estos periodos en el informe trimestral.

(3) La medida considera incluir las fuentes difusas de emisión de TRS al sistema de recolección de gases en las plantas que lo requieran, principalmente fuentes de gases diluidos no condensables. Este sistema en general recolecta los gases de las áreas de lavado y clasificación y estanques en las zonas de digestión, caustificación y evaporación. Esta medida considera la inversión en tuberías de gran diámetro, ya que se requiere transportar grandes volúmenes de gases con bajas concentraciones de gases TRS. También requiere incorporar un Scrubber en algunos casos y conexiones hacia un sistema de combustión que en la mayoría de los casos es la caldera de recuperación.

2) Presentación empresa CMPC con respecto a las respuestas del documento Guía de consultas realizadas por CONAMA.

En la segunda parte de la reunión, se realiza presentación sobre las respuestas realizadas por la empresa, a cada consulta técnica realizada por CONAMA. La empresa entrega copia en carácter de documento preliminar.

3) Comentarios y puntos pendientes sobre antecedentes para la revisión de norma TRS.

Como resultado de la primera presentación y aclaración de las consultas realizada en la segunda presentación, se señalan a continuación los comentarios y puntos pendientes, para completar los antecedentes de la revisión de norma:

a) Al revisar la información expuesta en el informe, se hace necesario mejorar la información entregada por el consultor, con respecto a los niveles de cumplimiento de la normativa internacional, sólo se indican valores y periodo, pero se debe tener mayor claridad si corresponde a percentiles o promedios para que sean comparables.

b) En cuanto a los límites de emisión señalados en el informe, se corrige el valor de la Planta Santa Fe L2 con un valor para el año 2006 de 2,4 ppmv H₂S (P98). Por lo anterior, será necesario chequear los datos del informe DSS Ambiente 2009 y presentar los resultados de emisiones de los últimos tres periodos 2007-2008-2009 para la realización del AGIES¹ institucional, comparando por separado Percentil 98 y Promedios anuales, de esta forma se obtendrá datos comparables y actualizados.

Se realizan dos aclaraciones en la reunión con respecto al AGIES:

1º.- El informe del consultor DSS Ambiente 2009, posee los antecedentes para la elaboración del anteproyecto, pero no corresponde al AGIES institucional, ya que éste último es elaborado por el Depto. de Estudios de CONAMA posterior a la publicación del anteproyecto.

2º.- Para la estimación de costos de las medidas, dentro de los antecedentes para el AGIES no se deberán contabilizar las medidas que ya se han proyectado realizar, debido a que sin la revisión de norma, éstas de igual forma se realizarían. Un ejemplo claro son las medidas que contempla el proyecto aprobado por CONAMA, de la Planta Laja para el año 2012, costos que no se contemplarán en el AGIES.

c) Se corrige emisiones desde la Planta Santa Fe L1 ya que desde septiembre del año 2009 ya no tiene emisiones desde el equipo EDLV.

d) Con respecto a los límites de emisión, en el anteproyecto de norma se diferencian algunos límites para aquellos Equipos que entraron en operación antes del año 2000 y Equipos que entraron en operación después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos. Durante la reunión, se detectó un vacío con respecto a la especificación sobre qué tipo de proyectos de modernización se refiere. Por lo anterior, se propone ser más específicos en esta definición.

e) Con respecto a la medida para el Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases, se detectaron falencias en la información entregada por el consultor, por lo que se deberá mejorar tabla N°6.3 Pág.53 del informe. Por otro lado, los representantes de la empresa CMPC mencionaron que la captura de los gases diluidos debía ser gradual, teniendo en cuenta la concentración de la fuente recolectada y la magnitud de la inversión. Se realizará una propuesta para puntualizar desde qué áreas se priorizará la recolección y tratamiento de gases diluidos, teniendo como antecedentes su costo y principalmente la reducción de sus emisiones.

¹ AGIES: Análisis General del Impacto Económico y Social de la revisión de norma.

f) Para la definición del término fuentes difusas y fuentes fugitivas se aclara que según la norma NCh 3190/10 (Norma homologada de la norma europea UNE EN 13725:2004)², se presentan las siguientes definiciones:

3.1.26 Fuente puntual: fuentes estacionaria discreta, de emisión de gases a la atmósfera a través de conductos, de dimensión y caudal de aire definidos, por ejemplo chimeneas, venteos. UNE EN 13725:2004

3.1.28 Fuentes fugitivas: fuentes esquivas o de difícil identificación que liberan cantidades indefinidas de sustancias olorosas, por ejemplo, fugas de válvula y juntas, aperturas de ventilación pasiva, etc. UNE EN 13725:2004.

3.1.27 Fuentes difusas: fuentes con dimensiones definidas (mayoritariamente fuentes superficiales) que no tienen un flujo de gas residual definido.

Fuentes difusas activas: fuentes difusas con aireación forzada, tales como biofiltros, piscina de aireación extendida, etc.

Fuentes difusas pasivas: fuentes difusas sin aireación forzada, tales como pilas de lodos, estanques de sedimentación, etc.

g) Con respecto a la diferenciación entre un equipo de respaldo y uno dedicado, no es posible diferenciarlo por el tiempo de funcionamiento para el cumplimiento de los niveles de emisión. Los representantes de la empresa señalan que el monitoreo de las emisiones del equipamiento en que se queman permanentemente gases TRS debe ser continuo sobre la temperatura y puntual sobre la emisión.

h) Para efectos del cálculo del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión de gases TRS, la propuesta menciona que: "no se considerarán los periodos en que por cualquier razón la planta no se encuentre en funcionamiento, descontando partidas y parada, las que serán reportadas a través del tiempo de estos periodos en el informe trimestral" al respecto se propone mejorar la definición.

i) Comentarios, con respecto a los niveles de la Caldera recuperadora, se ajusta la evaluación a promedios mensuales en vez de anuales. Percentil 98 de 30 promedios diarios en vez de percentil 98 de 350 promedios diarios. Efecto: la norma puede excederse 14,4 horas en el mes y no 168 (7 días) en el año. Tiene efecto restrictivo en el sentido que los períodos de holgura no se acumulan anualmente como lo es actualmente.

Compromiso de la empresa:

Enviar análisis del Informe DSS Ambiente, y propuestas para mejorar los puntos tratados en la presente reunión, principalmente propuesta de definiciones para establecer con claridad y objetividad los momentos de parada y partida y generar una propuesta para la gradualidad en la medida referente a la captura de los gases diluidos.

Fecha comprometida: Antes del día 12 de julio de 2010.

La empresa se compromete a enviar los datos de la emisión 2009 de PSF y entrega de la información respectiva para las otras plantas de CMPC.

Fecha comprometida: 30 de junio de 2010.

² Nombre de la norma técnica chilena NCh3190/10: Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica. Queda pendiente enviar a la empresa documento oficializado cuando lo envíe INN a CONAMA.

000729



**Respuestas:
Documento Guía de Consultas**

Junio 2010

1 Revisión de los esquemas que se encuentran en el Informe, sobre emisiones y tratamiento de gases TRS en cada Planta. Indicando dónde se muestrea para el monitoreo y cuántos equipos de monitoreo se utilizan.

Respecto a la caracterización de las fuentes emisoras de Santa Fe 1, desaparece el estanque disolvedor, quedando conectado a la CR1 desde septiembre de 2009.

Tabla Nº2: Caracterización de las fuentes emisoras (DS 167/99)

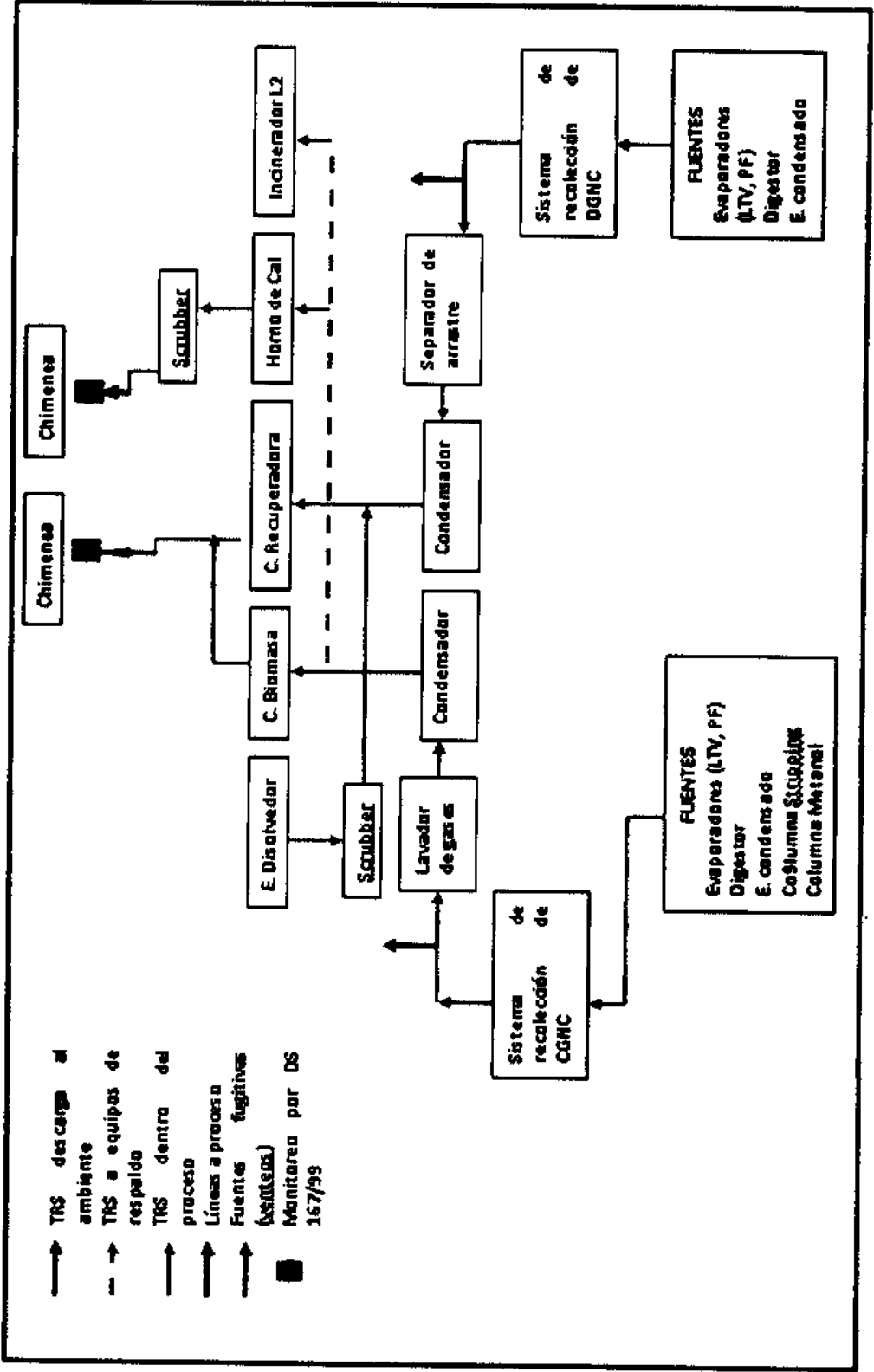
Fuentes de emisión TRS	Caldera Recuperadora Nº1	Horno de Cal
Monitoreo	Si	Si
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo
Método de monitoreo	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16A, mencionado como método de referencia en el DS 167/99	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16A, mencionado como método de referencia en el DS 167/99
Cumple DS Nº 167/99 art 3º	Si	Si
Equipos de mitigación	No ¹	Scrubber
Otras fuentes fijas	No hay	
Fuente fugitivas	Estanques área Caustificación L1 ²	

000730

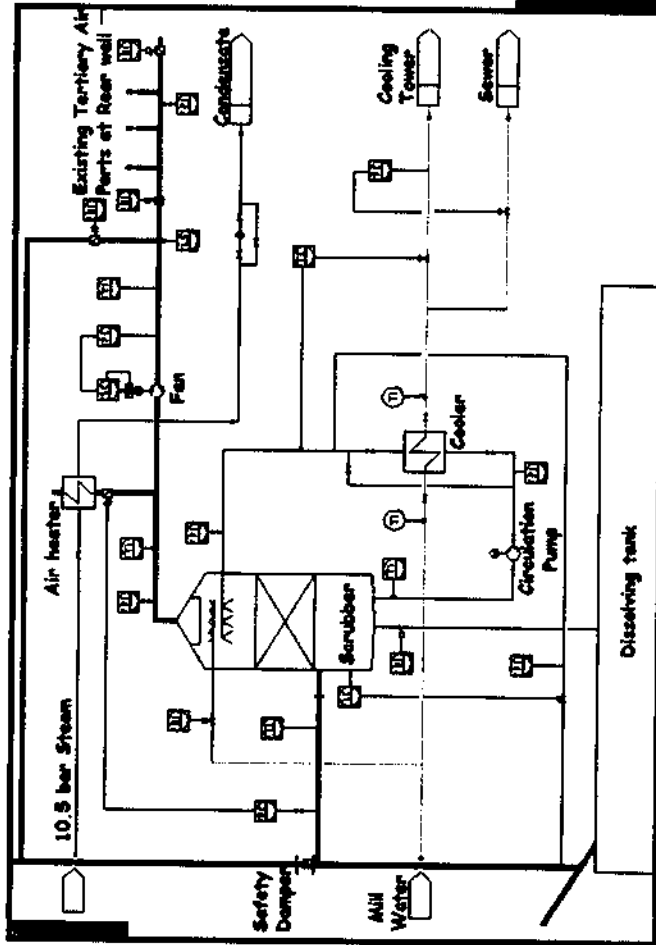
→ Agosto (no vamos)

→ definir este término

Esquema de emisiones de TRS en la línea 1 de Planta Santa Fe.



Modificación del sistema TK. Disolvedor



2 **Cuáles son los principales factores que determinan la selección de un equipo u otro para la combustión de gases TRS. Qué determina que algunos se utilicen como dedicados y de respaldo, de este último cuáles son las condiciones que deben existir para utilizar, por ejemplo la caldera de poder, la caldera recuperadora u otro equipo como alternativo para la quema de gases TRS.**



La definición de un equipo para la quema de gases, en forma dedicada, se basa principalmente en:

1. Tenga una temperatura adecuada, es decir, alta.
2. Tenga un tiempo de residencia lo suficientemente alto para asegurar el quemado.
3. Que el quemado de gases no genere problemas operativos en el equipo.

Bajo estas condiciones las Calderas (recuperadoras y de biomasa) se presentan como los mejores equipos dedicados.

De manera alternativa aparecen:

1. Los hornos de cal. Si bien estos aportan una temperatura y tiempos de residencia suficientes, el quemado continuo de gases y su aporte de humedad incrementan los riesgos de generación de anillos generando detenciones del equipo.
2. Los incineradores standby los cuales aportan Temperatura y no tienen riesgos operacionales, sin embargo sus tiempos de residencia no son siempre el mejor.

000733

3 Se cuenta con información de las mediciones realizadas en cada una de las Plantas, sin embargo, es necesario actualizar la información de mediciones de los equipos normados del año 2009.



Los valores para el año 2009, entregados en el informe trimestral de seguimiento de la resolución 066/2004 son los siguientes:

Fuente	Promedio año	Percentil 98 del año
TK Disolvedor (mg TRS/Kg SS)	9,0	9,0
CR1 (ppmv)	0,4	1,5
CR2 (ppmv)	0,6	1,0
HC1 (ppmv)	4,4	4,8
HC2 (ppmv)	2,2	4,5

4 Corroborar la estimación de emisiones de gases TRS de los equipos normados y la estimación de emisiones para fuentes fugitivas indicados en el Informe.



De la Tabla 6-2, se modifica lo siguiente:

Tabla 6-2: Estimación de emisiones de TRS de los equipos normados en Chile.

Planta	Producción ton/año ^a	Caldera Recuperadora		Horno de Cal		Estanque Disolvedor	
		ppmv	ton TRS/año	ppmv	ton TRS/año	mg TRS/ka SS	ton TRS/año
Santa fe 1	380.000	0,4	1,9	5,06	10,4	8,8	5,4
Santa fe 2	780.000	0,7	7,9	1,66	7,0	0,0	0,0

1. Producción de Santa Fe 1 es. 370.000 Adt/año.
2. Promedio periodo 2007-2008 Horno de Cal SFe1 : 4,2 ppmv
3. Promedio periodo 2007-2008 Horno de Cal SFe2: 1,4 ppmv
4. Promedio periodo 2007-2008 TK Disolvedor : 6,8 mg TRS/Kg SS

Continuación

5. Para el cálculo de las ton TRS/año utiliza un caudal específico (de literatura) de gases en la CR el cual es mayor al promedio real de Santa Fe 1 en aproximadamente un 40%. El volumen para el Horno de cal es aún mayor casi 300% (ver este tema)

Continuación

De la Tabla 6-6, se modifica lo siguiente:

Tabla 6-6: Estimación de emisiones fugitivas de gases TRS por planta de celulosa en Chile.

Producción anual: 370.000 Adt/año	Producción ADT pulpa	Factor de emisión kg TRS/ADt*	ton TRS/año
→ Santa Fe 1	380.000	0,13	48,54
Santa Fe 2	780.000	0,11	82,41

De la RCA 066/2004 se especifica que: (ver si difusas es idem a fugitivas)

1. Las emisiones difusas de TRS para Santa Fe 1 es de 4,3 kg/h (pag 13)
2. Las emisiones difusas de TRS para Santa Fe 1 y 2 es de 11,2 kr/h (pag.41)

De esta forma los factores de emisión son:

1. Santa Fe 1 : 0,10 kg/TRS/ADt
2. Santa Fe 2 : 0,08 KG(trs/ADt

5

Corroborar la medida para la reducción de emisiones desde el Horno de Cal y su costo estimado en el Informe. El Informe menciona que implica mejorar gestión, ingeniería e implementación de nueva instrumentación para el control y optimización del equipo y del proceso propiamente tal.



En base a la tabla 9-1, Pág. 64 del Informe, se puede observar que Santa Fe 1 cae dentro de las plantas que deben incurrir en costos por control de la operación del horno de cal, dado que sus emisiones no son inferiores a 8 ppmv.

Datos de emisión continuada Horno de Cal Santa Fe 1, año 2009	
Promedio	
Promedio concentración medida (ppmv)	5,75
Promedio conc. Medida y corregida al 8% de O2	2,81
Concentración en (ppmv) (Expresado como Percentil 98 % del periodo anual)	4,84

Esta situación ha cambiado desde el año 2009, tal cual puede observarse de la tabla.

Las causas de este cambio son el resultado de una mayor continuidad en la operación al mejorar la condición del filtro de lodos.

000738



6 Corroborar la medida orientada a la eliminación de emisiones desde el Estanque Disolvedor de Licor Verde y su costo. El Informe menciona que considera sólo la construcción de cañerías, recolección de gases y la combustión de éstos en equipos ya normados.

La emisión estimada para Santa Fe 1 en la tabla 10-3 debe ser corregida, utilizando los valores de flujos reales y de sólidos quemados en la caldera recuperadora 1. Sin embargo, desde septiembre de 2009 este valor de emisión es cero, tal cual se comentó en la respuesta a la pregunta 1.

Hasta Septiembre 2009 : 3,1 Ton TRS/año

Desde Septiembre 2009 : 0 Ton TRS/año

Tal cual se señala en la pregunta, este proyecto contempló piping y la combustión de los gases dentro del hogar de la Caldera Recuperadora 1, Sin embargo, adicionalmente contemplo mejoras en demister, nueva instrumentación, nuevo ventilador para llevar los gases al aire terciario, cambio en los interlock y lógicas de control, así como horas de capacitación a los operadores.

000739

7 Corroborar la medida orientada al sistema de recolección de gases no condensables diluidos y su costo. El Informe menciona que considera nuevas líneas de recolección y la adaptación de la caldera recuperadora para procesar los gases diluidos.



No aplica a Planta Santa Fe.

000740

8

Con el fin de establecer las horas de funcionamiento efectivas de la Planta, se solicita obtener información sobre los tiempos que toma la partida y la detención o bien las horas en régimen transitorio de los equipos.



MALLA PARTIDA SF-2	
FECHA	Martes, 01 de Septiembre de 2009
03:13	09:00 12:00 1era Licor
ESP	15:00 3era Boq. Licor
	10:00 Llenando Vapor a Calentadores
	Vacio 15:00 19:00 Concentrando
	08:00 23:00 En Paralelo
	14:00 E/S
	04:50 Inicio curva Calentamiento
	16:00 E/S

La malla de partida se diseña de tal manera que los equipos que generan gases, partan una vez que están operativos los equipos que incineran los gases. En este caso de SFe2. Se observa que el área de evaporadores es puesta en servicio una vez que la caldera tiene la tercera boquilla encendida y está preparada para quemar los gases.



000742



Nacimiento, Julio 12, 2010

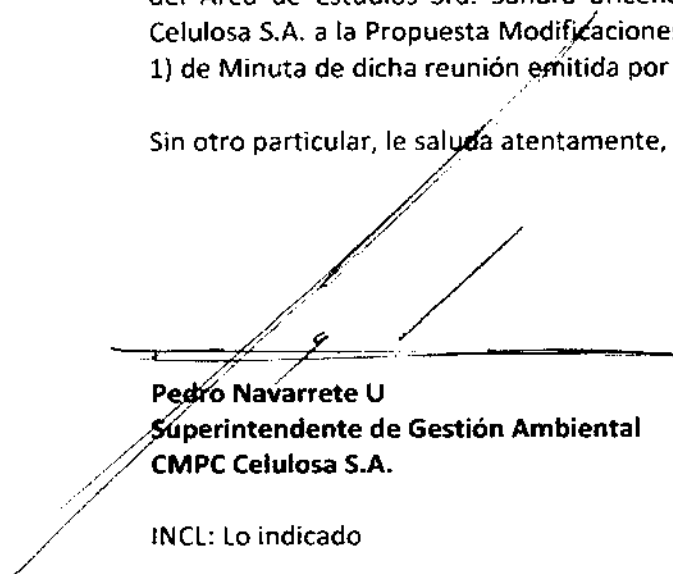
Señor
Hans Willumsen A.
Jefe Dpto Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente
Teatinos 258 – Piso 8°
SANTIAGO

Ref.: Comentarios de CMPC Celulosa S.A. al
proceso de revisión del DS 167/00

De nuestra consideración,

Dando cumplimiento a compromiso asumido en reunión sostenida el pasado 25 de Junio con las profesionales de ese Dpto. Sras. Daniela Caimanque, Viviana Ubilla y Maritza Jadrijevic y del Área de Estudios Sra. Sandra Briceño, adjunto encontrará los comentarios de CMPC Celulosa S.A. a la Propuesta Modificaciones de Revisión de Norma TRS contenida en el punto 1) de Minuta de dicha reunión emitida por Conama.

Sin otro particular, le saluda atentamente,



Pedro Navarrete U
Superintendente de Gestión Ambiental
CMPC Celulosa S.A.

INCL: Lo indicado

CMPC CELULOSA S.A.

Av. J. Hemmelmann 198, Casilla 1795, Nacimiento - Chile, Fono (56-43) 403930 Fax (56-43) 403914

**Revisión de Norma de Emisión de Gases TRS
Comentarios a Minuta CONAMA de reunión del 25/6/2010**

I. ANTECEDENTES

La revisión del DS 167/00 "Norma de Emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada" reconoce el comportamiento y los avances implementados en la industria nacional, como la permanente reducción de la emisión desde las Calderas de Recuperación, los mejoramientos de los equipos anteriores a 1975 (reconocidos en dicho DS), la operación de los sistemas de monitoreo continuo y la recolección e incineración de gases TRS de alta concentración. Sobre dicha base, CONAMA propone los siguientes ajustes:

- a) Reducción de la base de referencia, desde anual a mensual, para determinar el cumplimiento de las emisiones de las Calderas Recuperadoras y los Hornos de Cal.
- b) Mantención del límite de 5 ppmv en las Calderas Recuperadoras y reducción de 20 a 15 ppmv en los Hornos de Cal (existentes, antiguos y en operación después del año 2000, respectivamente), en un plazo de 2 años, y definiéndose en 8 ppmv el máximo admisible en Hornos nuevos.
- c) Incrementar la frecuencia de monitoreo de anual a trimestral en los Estanques Disolvedores de Licor Verde. No se ha especificado la referencia de cumplimiento.
- d) Eliminar venteo atmosférico del ED Licor Verde existentes en un plazo de 4 años.
- e) Definir como fuentes emisoras los incineradores dedicados a la destrucción térmica de los gases TRS y las Calderas de Poder en las que éstos se incineran. Establecer en 20 ppmv el límite máximo de emisión.

sólo levemente superior al límite de la normativa europea (IPPC-BAT) de 7 ppmv en circunstancias que las normas de países con tradición de productores de celulosa y papel (Canadá, Finlandia, Suecia y Brasil) lo han definido en valores superiores que oscilan entre 11 y 21 ppmv. En consecuencia, se propone que este límite sea de 12 ppmv, similar al considerado para la UE, según la Tabla 2-4 del Informe de DSS que referencia informe AMEC 2004.

4. La reducción del límite de emisión para los Hornos de Cal existentes es razonable a la luz de los mejoramientos tecnológicos del equipamiento antiguo (anterior a 1975) considerados en el actual DS 167/00. Sin embargo, 2 años es un plazo exiguo para realizar la respectiva inversión dado que su dinámica de aprobación, la adquisición de equipamiento (filtros, quemadores y otros que se requieran), las pruebas de puesta en marcha y los ajustes operacionales involucran, a lo menos, 4 años. En consecuencia, se estima que el plazo de ajuste debe ser de 5 años.
5. No se divisa la razón técnica del incremento de la frecuencia de monitoreo en el EDLV dado que éste no es una fuente en si misma ya que su operación no es de combustión sino que está directamente relacionada con la de la Caldera Recuperadora pudiendo ser considerado como un venteo de dicho equipo. Desde esta perspectiva, incluso superando definiciones internacionales que la establecen en una frecuencia anual, se está disponible para incrementarla al doble, es decir, 1 medición puntual semestral ya que incrementos superiores son innecesarios significando sólo gasto de recursos económicos que no redundan en mejores resultados.
6. Es necesario definir el criterio de cumplimiento normativo para evaluar desempeño en el EDLV. Se propone utilizar criterios similares a los de otras normas, adaptándolos al caso de esta emisión en particular. Se propone admitir hasta un 10% de superación en cada una de las mediciones semestrales puntuales, es decir, se consideraría incumplimiento normativo a una emisión mayor que 18,5 ppmv.
7. La emisión de TRS desde el EDLV, no obstante su directa relación con la de la Caldera Recuperadora, puede ser mitigada sin que su completa eliminación (es decir, su reducción a cero) sea exigida imponiendo una determinada

opción tecnológica y en un solo paso normativo. Sugerimos sea tenida en cuenta una reducción intermedia como opción tecnológica que considere, por ejemplo, la instalación de equipamiento de mitigación como un Lavador de Gases o mejoramientos en la operación de los existentes. Nuestra propuesta es que la emisión del EDLV sea ajustada en 2 escalones de 50% cada uno (de 16,8 a 8,4 y luego a 0 mg/kgss) con plazos de 5 años para cada etapa. Este plazo se justifica por lo señalado en 4).

8. Los equipos destinados a la incineración de los gases TRS, sean éstos dedicados, de proceso (Caldera Recuperadora, Horno de Cal) o auxiliares (Calderas de Petróleo, Biomasa, Otros) aprovechan 2 condiciones técnicas: su temperatura de operación y el tiempo de residencia. La combinación de ambos garantiza la destrucción térmica u oxidación de los gases TRS. Los incineradores dedicados única y exclusivamente a esta función el 100% del tiempo así como las Calderas de Biomasa, Petróleo u Otras, aprovechan como se dijo estas condiciones técnicas que son las que deben ser monitoreadas para determinar la efectividad del tratamiento térmico. No es técnicamente correcto definir límites de emisión ya que estos equipos NO son emisores de TRS. Lo que corresponde es definir una temperatura mínima de operación y un cierto tiempo de residencia, tal como está establecido en el DS 167/00, 650°C como mínimo y 0,5 segundos de TR. Adicionalmente, y sólo como seguimiento estadístico podría ser razonable un monitoreo puntual con frecuencia anual. El criterio de cumplimiento debe ser el mismo estipulado en el DS 167/00.
9. Es razonable que se exija la recolección e incineración de los gases TRS diluidos o HVLC en 5 años. Esta exigencia debe ser para los establecimientos existentes y no sólo para los que entraron en operación antes del año 2000. Los establecimientos nuevos deben tener esta tecnología incorporada desde su entrada en operación. Sobre el sistema de monitoreo, cuya definición no está clarificada, consideramos que es razonable seguir en forma continua la temperatura de operación determinando la satisfacción del criterio del tiempo de residencia, por una sola vez, en función de las características físicas del equipo. Este monitoreo continuo de la temperatura se complementaría con el puntual de TRS aludido en el numero 8), anterior.

10. Sin perjuicio de lo señalado en 9), los 5 años deben tener en consideración el impacto relativo de las emisiones a recolectar e incinerar. En efecto, es muy poco común que se considere en igual orden de importancia, y como tal asignárseles el mismo plazo de implementación, las emisiones de gases TRS HVLC provenientes de Caustificación a los de otras fuentes, como son los emitidos desde las áreas de Evaporadores y Fibra. Tanto la inversión como el efecto de la recolección son extremadamente diferentes. En atención a ello se propone la siguiente gradualidad:

- HVLC de Línea de Fibra, Blanqueo y Otras fuentes: 5 años
- HVLC de Evaporadores: 7,5 años
- HVLC de Caustificación: 10 años.

Minuta

Reunión "Aspectos técnicos de la revisión de norma TRS"

Fecha de reunión: Viernes 9 de julio de 2010**Asistentes:**

- Miguel Osses- Subgerente Medio Ambiente Planta Valdivia, empresa ARAUCO
- Sandra Briceño - Profesional Área Estudios, CONAMA
- Viviana Ubilla - Profesional Depto. Gestión de la Calidad del Aire, CONAMA
- Daniela Caimanque - Profesional Depto. Gestión de la Calidad del Aire, CONAMA

Objetivo de la reunión

El objetivo de la reunión fue dar respuesta de parte de la empresa ARAUCO a documento de consultas técnicas, realizado por CONAMA con respecto a la información que contiene el Estudio DSS Ambiente 2009.

1) Propuesta Modificaciones de Revisión de Norma TRS

En el inicio de la reunión se realizó una breve presentación sobre la propuesta de modificación de la norma TRS, la cual aún se encuentra en etapa de evaluación, sin embargo, los puntos centrales de esta modificación se presentan a continuación:

1.1 Límites de emisión, metodología de medición y plaza de cumplimiento.

Equipo	Limite de concentración(1) en ppmv de H2S			Sistema de medición			Metodología de medición			Plazo(2) de Cumplimiento	
	Norma Actual	Revisión de Norma		Norma Actual	Revisión de Norma		Norma Actual	Revisión de Norma		Revisión de Norma	
		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos		Equipos Antiguos	Equipos Nuevos	Equipos Antiguos	Equipos Nuevos
Caldera Recuperadora	5	5	5	Percentil 98, prom. diario período anual	Percentil 98, prom. diarios período mensual		Continua(3)	Continua(4)		Inmediata	Inmediata
Horno de Cal	20	15	8							Continua(4)	2 años
EDLV	16,8 mg/kg de ss	16,8 mg/kg y posterior Captación de gases	Captación de gases desde el equipo	Percentil 95, período anual	Una Medición Discreta cada 3 meses		Discreta, al menos una vez al año	Método 16A o 16B de la EPA		Medición: Inmediata Captación de Gases: 4 años	Inmediata
Incinerador dedicado y Caldera de Poder	-	20	20	-	Percentil 98, prom. diarios, período anual		-	Continua (3)		Inmediata	Inmediata

Equipos Antiguos: Equipos que entraron en operación antes del año 2000.

Equipos Nuevos: Equipos que entraron en operación después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos.

Notas:

(1) Las condiciones estándar será de 25°C y 1 atmósfera.

(2) Tiempo considerado desde la entrada en vigencia de la norma

(3) Equipos anteriores al año 1975 deberán cumplir con los requisitos de emisión al mes 144 (es decir, al año 2012)

(4) Equipos de medición continua que cuenten con la certificación de la EPA, o de la Comunidad Europea, o que cuenten con la certificación de cumplimiento a los estándares de calidad exigidos en el país de origen, entregada por algún ente acreditado por el gobierno de ese país

1.2 Sistema, Recolección y Tratamiento de Gases TRS

Norma Actual		Revisión de Norma	
Establecimientos existentes	Establecimientos nuevos	Establecimientos que entraron en operación antes del año 2000	Establecimientos que entraron en operación después del año 2000
Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases TRS		Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases Concentrados	
Aquellos que no cuenten para cada uno de sus procesos, un SRTG TRS deberán implementarlo en un plazo no superior a 75(1) meses. Actualmente debe tener un cumplimiento mensual de funcionamiento del Sistema de Combustión igual o superior al 98%	Deberán contar para cada uno de sus procesos un SRTG TRS en operación y un sistema de monitoreo tipo continuo.	Cumplimiento de la norma actual.	Cumplimiento de la norma actual.
		Sistema de Recolección y Tratamiento de Gases Diluidos	
		Aquellos que no cuenten para cada uno de sus procesos, un SRT(3) de gases no condensables diluidos, deberán implementarlo en un plazo no superior a 5 años a partir de la entrada en vigencia de la norma.	Deberán contar para cada uno de sus procesos un SRT en operación y un sistema de medición de tipo continuo en aquellos equipos que se emita gases TRS de acuerdo a lo señalado en el art. 3º y 4º
A través de la regulación del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión se reducirá gradualmente las emisiones directas de gases TRS a la atmosfera.		Se regulará a partir del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión, el cual debe tener un cumplimiento mensual de funcionamiento igual o superior a 98%.(2)En caso de venteo, estos deberán ser justificados, indicando la causa en un periodo de 24 horas a la Autoridad Sanitaria y reportarlo en el informe trimestral mencionado en el art. 10º.	

Equipos A: Equipos que entraron en operación antes del año 2000.

Equipos B: Equipos que entraron en operación después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos.

(1) Plazo cumplido en junio del año 2006

(2) Para efectos del cálculo del porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión de gases TRS no se considerarán los periodos en que por cualquier razón la planta no se encuentre en funcionamiento, descontando partidas y parada, las que serán reportadas a través del tiempo de estos periodos en el informe trimestral.

(3) La medida considera incluir las fuentes difusas de emisión de TRS al sistema de recolección de gases en las plantas que lo requieran, principalmente fuentes de gases diluidos no condensables. Este sistema en general recolecta los gases de las áreas de lavado y clasificación y estanques en las zonas de digestión, caustificación y evaporación. Esta medida considera la inversión en tuberías de gran diámetro, ya que se requiere transportar grandes volúmenes de gases con bajas concentraciones de gases TRS. También requiere incorporar un Scrubber en algunos casos y conexiones hacia un sistema de combustión que en la mayoría de los casos es la caldera de recuperación.

2) Comentarios con respecto a la propuesta de revisión de Norma y compromisos adquiridos por la empresa.

Se realizan dos aclaraciones de parte de CONAMA, con respecto al AGIES:

1º.- El informe del consultor DSS Ambiente 2009, posee los antecedentes para la elaboración del anteproyecto, pero no corresponde al AGIES institucional, ya que éste último es elaborado por el Depto. de Estudios de CONAMA posterior a la publicación del anteproyecto.

2º.- Para la estimación de costos de las medidas, dentro de los antecedentes para el AGIES no se deberán contabilizar las medidas que ya se han proyectado realizar, debido a que sin la revisión de norma, éstas de igual forma se realizarían. Un ejemplo claro son las medidas que contempla el proyecto aprobado por CONAMA, de la Planta Laja para el año 2012, costos que no se contemplarán en el AGIES.

Como resultado de la presentación, la empresa ARAUCO expone sus observaciones, con respecto a la propuesta de revisión y se refiere a los siguientes puntos:

- a) La forma en que se realizarán las pruebas para el sistema continuo de medición y el método de cálculo de la Exactitud Relativa y el Corrimiento de la Calibración, deben ser establecidos por el Ministerio de Salud para no crear desigualdades en la verificación de este requisito, entre una Seremi de Salud de una región y otra.
- b) Cabe destacar que la comparación del método actual de medición se dificulta al medir concentraciones muy bajas y porque los métodos de comparación son distintos. Por ello, se hace necesario, realizar las consultas pertinentes tanto a profesionales del área a nivel nacional e internacional (EPA y fabricantes) para mejorar el método de comparación.
- c) En cuanto a la revisión del informe DSS Ambiente 2009, se presentan deficiencias en cuanto a la estimación de emisiones, debido a que la estimación de flujos típicos de las plantas se obtuvieron de bibliografía internacional, no acercándose a la realidad nacional, tema que será mejorado con la información que enviará la empresa y que se incluirá en el AGIES Institucional.
- d) Como comentario, los representantes de la empresa señalan su conformidad en las exigencias de la revisión de norma en cuanto a la inclusión del Incinerador dedicado y Caldera de Poder en el caso de quemar Gases TRS desde estas fuentes, sin embargo, las mediciones mensuales exigidas en CR y HC podrían ser exigidas en primera instancia semestralmente. Para evaluar esta medida se solicita a la empresa las mediciones diarias por mes de cada Planta desde el año 2007 al año 2009, para corroborar la factibilidad de cumplimiento de esta medida, en cada Planta.
- e) Los representantes de la empresa destacan que las principales medidas para la reducción de olores deben estar focalizadas tanto a las emisiones en el EDLV y en el Sistema de Tratamiento de Gases Diluídos (STGD), debido a la ubicación de los equipos a baja altura y la baja temperatura en la que salen estos gases, alrededor de 70° C, lo que provoca una mayor percepción de los olores cercanos a las Plantas. Al contrario, para el caso de los equipos regulados, CR y HC presentan chimeneas a una altura considerable y una temperatura de salida de los gases alrededor de 200° C lo que favorece la dispersión y la disminución en la percepción de los olores molestos.
- f) Por lo anteriormente expuesto, se propone incluir en la revisión de norma, que Plantas que no posean un STGD deberán presentar un Plan de Implementación de este sistema en un periodo de 4 años.
- g) En cuanto al reporte de los venteos, debe señalarse el tiempo mínimo que se considerará, para ser informado a la Autoridad Sanitaria, en una primera instancia se propone 5 minutos, tiempo que debe ser evaluado si es el más indicado para informar.

Compromiso de la empresa:

Envío concentraciones diarias de las Plantas de Celulosa año 2009

Fecha comprometida: Antes del día 13 de julio de 2010.

Envío concentraciones diarias de las Plantas de Celulosa año 2007 - 2008

Fecha comprometida: 15 de julio de 2010.

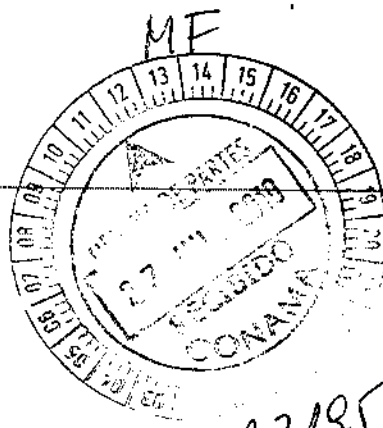
Envío de respuesta a documento Guía de Consultas Técnicas de Revisión de Norma, observaciones al informe DSS Ambiente y propuesta para mejorar algunos puntos de la revisión de norma.

Fecha comprometida: Antes del día 22 de julio de 2010



ARAUCO

000750



Santiago, Julio 26 de 2010
GCMASO/017-2010

Señor
Ignacio Toro
Director Ejecutivo
Comisión Nacional de Medio Ambiente
Teatinos 254
Santiago

Ref.: Envía Informe con Observaciones y Comentarios Proceso de Revisión de la Norma de Emisión de Compuestos TRS

De nuestra consideración:

Por intermedio de la presente hacemos llegar a usted nuestras observaciones y comentarios, solicitados por Conama en reunión de trabajo efectuada el pasado 9 de julio del 2010, en el marco del proceso de revisión de esta norma de emisión de TRS.

Los comentarios se han centrado básicamente en los siguientes aspectos:

- a) Al informe preparado por la empresa consultora DSS
- b) Al borrador de propuesta de modificaciones a la actual norma e implicancias
- c) Cálculos de concentración de perfil 98, en un escenario anual y mensual
- d) Cálculo de las emisiones de TRS
- e) Diagramas actualizados de los sistemas de recolección y tratamiento de TRS


En resumen, el mencionado informe adolece de varias imprecisiones, que afectan el estado de cumplimiento de la normativa actual, así como también da una imagen distorsionada del nivel de emisiones de TRS por las diferentes Plantas.

Al evaluar la aplicación eventual de las propuestas de modificaciones, se encuentra que contrariamente a lo que podría haberse evaluado, hay varias plantas, incluso nuevas, que no están en condiciones de cumplirlas.

Se recomienda revisar las propuestas de modificaciones a la norma, en base a la realidad actual e incorporar una gradualidad en su implementación, como también revisar los procedimientos de verificación de las calibraciones.

Finalmente, es necesario modificar el Manual de Aplicación y Verificación del Cumplimiento de la Norma, con suficiente detalle, de modo de disminuir la discrecionalidad en su aplicación.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,



Andrés Camaño M.
Gerente Corporativo de Medio Ambiente,
Seguridad y Salud Ocupacional
Arauco

c.c.: Sr. Marcelo Stocker, Gerente MASSO Celulosa
Sr. Emilio Uribe, Gerente de CORMA VIII Región

Celulosa Arauco y Constitución S. A.

Observaciones a Informe

“Análisis Técnico - Económico de Revisión de la
Norma de Emisión preparado por la Consultora DSS.

Comentarios e implicancias

Borrador propuesta de modificación de la norma



Introducción

El presente documento revisa en detalle el Informe preparado, en el marco de la revisión de la norma de TRS (DS 167/99) para Conama, por la Consultora DSS y analiza las implicancias de adoptar las propuestas de modificaciones de la norma.

Ha sido preparado con la colaboración de representantes de cada una de las Plantas de Celulosa, así como también con la ayuda de Tania Besnier de la Gerencia MASSO, Área Celulosa, de Celulosa Arauco y Constitución S. A.

En resumen, el mencionado informe adolece de varias imprecisiones, que afectan el estado de cumplimiento e la normativa actual, así como también da una imagen distorsionada del nivel de emisiones de TRS por las diferentes Plantas.

Al evaluar la aplicación eventual de las propuestas de modificaciones, se encuentra que contrariamente a lo que podría haberse evaluado, hay varias plantas, incluso nuevas, que no están en condiciones de cumplirlas.

Se recomienda revisar las propuestas de modificaciones, en base a la realidad actual e incorporar una gradualidad en su implementación, como también revisar los procedimientos de verificación de las calibraciones.

Finalmente, es necesario modificar el Manual de Aplicación y Verificación del Cumplimiento de la Norma, con suficiente detalle, de modo de disminuir la discrecionalidad en su aplicación.

Indice

	pág
1 Observaciones Generales a Informe de Consultora DSS	3
2 Observaciones relacionadas con Planta Arauco al Informe de DSS	10
3 Comentarios de Planta Nueva Aldea "Propuesta Modificaciones de Revisión de Norma de TRS"	13
4 Comentarios a la "Propuesta de Modificaciones de Revisión de Norma de TRS"	15
5 Respuestas a Consultas de Conama "Documento Guía de Consultas"	18
6 Calibración de Instrumentación y Norma de Referencia	25
7 Manual de Aplicación de la Norma (DS 167/99)	25
8 Cumplimientos de Percentiles anual y mensual	27
Anexos	
Diagramas Instalaciones de Tratamiento de TRS	
Planta Arauco	30
Planta Constitución	36
Planta Licancel	42
Planta Valdivia	44
Planta Nueva Aldea	47
Concentraciones de Emisiones de TRS	
Planta Arauco	51
Planta Constitución	63
Planta Licancel	71
Planta Valdivia	79
Planta Nueva Aldea	91
Cálculos de Percentiles Anuales y Mensuales	
Planta Arauco	103
Planta Constitución	104
Planta Licancel	105
Planta Valdivia	106
Planta Nueva Aldea	107
Planta Nueva Aldea	108

1 Observaciones Generales a Informe de Consultora DSS

"Análisis Técnico-Económico de Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos (Compuestos de Sulfuro de Hidrógeno, Mercaptanos: Gases TRS) Asociados a la Fabricación de Pulpa Sulfatada

Pág	Item	Comentarios Generales
27	Tabla 3-1	Planta Licancel también produce pulpa cruda (sin blanquear) que se abrevia como UKP, entonces lo correcto es poner en la columna "Tipo de pulpa": BSKP/BEKP/UKP
30	Tabla 3.2	La capacidad de producción de la Planta Licancel es de 140.000 ton/año y no 145.000 ton/año como allí se señala
30	Tabla 3.3	En el Informe se señala que Planta Licancel, tiene pendiente el cumplimiento del art 3° del DS 167/99. Actualmente lo está cumpliendo.
44	Tabla 3.20	Para Planta Licancel, se clarifica que la metodología de medición fue homologada y tanto los equipos de medición de TRS continuos de la C Recuperadora como el H de Cal tiene su Resolución Sanitara que aprobó su funcionamiento. Lo mismo sucede con la información entregada en las tablas 3.21, 3.22 y 3.23
44	Tabla 3-19	Planta Laja no está en incumplimiento de la norma, porque fue construida antes del año 1975 y por tanto tiene otro plazo de cumplimiento de la norma.
45	Tabla 3-21	Planta Arauco, línea 1, al igual que Planta Laja tiene un plazo diferente para cumplir la norma.
52	6.1	Al usar los valores máximos que establece la norma para estimar las emisiones de Planta Licancel, aparece como una arbitrariedad, sin una fundamentación técnica, porque esta Planta tiene un sistema completo para quemar los gases TRS concentrados. Información hay, porque se han

		<p>efectuado mediciones externas en los diferentes puntos de emisión con empresas certificadas y los equipos de medición ya cuentan con autorización sanitaria, desde abril y septiembre del año 2008 para la caldera recuperadora y horno de cal respectivamente, para su funcionamiento.</p>
52	Tabla 6-2	<p>La producción de Planta Valdivia es de 550.000 ton/año y no la que se señala de 685.000 ton/año. Este error además influye en que sobredimensiones las emisiones de TRS.</p> <p>En la misma tabla no se indica cómo se hicieron las estimaciones de emisiones. Si se usó los flujos de gases que se indican en la tabla 6-1, estaría incorrecto porque cada planta de celulosa, debido a sus propias particularidades de diseño, de operación y posteriores modificaciones tienen flujos de gases de combustión, muchas veces muy diferentes.</p>
52	Tabla 6-1	<p>Usar estas cifras de flujos de gases de combustión, provenientes de la industria de celulosa canadiense, no es correcto porque esta industria es mucho más antigua que la chilena por lo que esos flujos con mucha seguridad son más grandes que los chilenos.</p>
53	Tabla 6-3	<p>Usar factores de emisión de la industria canadiense o de EE.UU. para estimar emisiones de la industria chilena es incorrecto. Nuestra industria es mucho más moderna, con excepción de las Plantas de Laja y Línea 1 de Arauco.</p>
54	Tabla 6-5	<p>Los factores de emisión de gases diluidos o emisiones fugitivas no corresponden en las Plantas de Nueva Aldea, Valdivia y Constitución porque tienen sistemas de combustión de gases diluidos. En Nueva Aldea y Valdivia el Sistema es completo; mientras que en Constitución es</p>

		parcial, pero sólo falta los estanques del área de Caustificación
55	Tabla 6-7	Las emisiones fugitivas en Plantas Nueva Aldea y Valdivia muy bajas, porque tiene sistemas completos de recolección de gases diluidos en toda la Planta. Los datos de RCA o EIA de ambas plantas son sólo estimaciones efectuadas durante el diseño.
55	Tabla 6-6	Nuevamente se clarifica que la producción de Planta Licancel es de 140.000 ton/año y no el valor que allí aparece.
56	Tabla 7-1	No se indica cómo se estimó el % de población afectada por cada una de las comunas señaladas.
57	8.1	<p>Revisando la información resumida en tabla 6-2 sobre las concentraciones de las emisiones de TRS en la Caldera Recuperadora, no se ven razones para proponer modificar la norma, ya que la mayoría de las calderas está cumpliendo la norma en valores bastante bajos, con excepción de algunas. En otras palabras las plantas de celulosa no se "están aprovechando" de la posibilidad de emitir TRS en valores cercanos al límite de la norma.</p> <p>Planta Laja no está en incumplimiento de la norma, porque tiene otro plazo para cumplimiento.</p> <p>En lo que se refiere a Medidas a considerar, la caldera recuperadora tiene exigencia de monitoreo continuo de sus emisiones de TRS con un cumplimiento de percentil 98 en un escenario anual y no mensual como se propone en este punto 8.1</p>
58	8.2	Bajar el límite de emisión de TRS en el Horno de Cal desde

		<p>20 a 15 ppmv, sería sólo efectivo para las Plantas Licancel y Constitución, las que aún cumpliendo la norma están por sobre los valores de emisión de las demás Plantas. Porqué ahogar más a estas Plantas con nuevas exigencias, si cumplir la norma actual ya les es difícil?</p>
58	8.3	<p>La propuesta de eliminar al Estanque Disolvedor como fuente de emisión, mediante la exigencia de recolección y tratamiento de los gases generados en este equipo no es algo simple, como podría pensarse. Por el contrario, estos gases por ser tan diluidos, sólo pueden enviarse a combustión en una caldera recuperada; la que para la mayoría de las Plantas de Celulosa es el equipo cuello de botella y que además requiere modificaciones mayores y eventualmente una disminución de la producción de celulosa, al bajar la capacidad de combustión del licor negro.</p> <p>Adicionalmente a este problema, la combustión de estos gases en calderas recuperadoras no diseñadas originalmente para hacerlo podría traer implicancias negativas para otros equipo; como por ejemplo a los precipitadores electrostáticos.</p>
58	8.4	<p>En relación a la propuesta de normar la Caldera de Poder, en el caso que allí se realice la combustión de los TRS en forma permanente, con valores de 5 a 10 ppmv como señala el informe (similar a la Caldera Recuperadora) no parece racional por varias razones, entre las que se destacan a) la eficiencia de combustión de gases TRS en mucho menor que en la caldera recuperadora, b) el combustible biomasa que se usa preferencialmente en la caldera de poder es un combustible de características variables, debido a las diferentes granulometrías y a los</p>

	<p>cambios de humedad, especialmente en época de invierno; y como consecuencia la temperatura de combustión es variable. Para mejorar la operación de combustión y subir la temperatura de combustión sería necesario adicionar petróleo a la combustión; Situación que se opone al diseño mismo de la caldera de poder, en el sentido de que sea una instalación que ha diseñado precisamente para dar un uso noble a la biomasa combustible forestal que se genera en los procesos de transformación mecánica (producción de madera aserrada, tableros de chapas, partículas, etc.) y transformación química como es la industria de pulpa y papel.</p> <p>Adicionalmente a lo anterior, no existe mucha información respecto a emisiones de TRS en calderas de poder, cuando se combustionan en forma rutinaria en ella, como para sin más análisis proponer que se regulen sus emisiones en valores cercanos a los de la caldera recuperadora.</p> <p>Siendo la caldera de poder una instalación en que no se generan gases TRS, desde el punto de vista del proceso de producción, sino que es una instalación de incineración en este caso, parece más razonable formar una base de datos confiable y en base a esta información proponer el valor de emisión. Actualmente no hay literatura técnica que permita sustentar la fijación de un valor de emisión de TRS en estas calderas.</p> <p>En concreto se propone a) fijar una temperatura mínima de combustión, como promedio diario b) medir las emisiones de TRS en forma discreta para ir formando una base de datos, c) informar periódicamente a la Autoridad correspondiente todos estos parámetros.</p>
--	---

		<p>Un propuesta como ésta, además permite a los industriales ir generando conocimiento de la incidencia que tienen algunos parámetro propios de la operación de la caldera, sobre la combustibilidad de los TRS en las Calderas de Poder, cuando sea ésta la forma de hacerlo. Posteriormente y en base a la información recopilada incorporar un valor de concentración a cumplir.</p>
58	8.4	<p>Respecto del aumento de monitoreo del estanque disolvedor desde 1 a 4 veces al año, parece razonable.</p>
59	8.6	<p>En relación con la incorporación de un sistema de recolección e incineración de gases diluidos, parece razonable pero debe considerarse una gradualidad en su exigencia, dado que son inversiones importantes y muchas veces significa modificaciones mayores no sólo en la instalación misma, sino que también en los equipos de combustión.</p>
60	8.8	<p>La Planta de tratamiento de efluentes, en si misma no genera gases TRS.</p> <p>No parece razonable, que dada la situación específica de Planta Arauco donde aparentemente, como señala el informe, se ha reconocido la emisión de TRS en su Planta de Tratamiento de Efluentes, se deba regular a todas las Plantas del país.</p> <p>La situación de Planta Arauco es un caso específico y seguramente se debe a la tecnología de aireación superficial que usa su sistema de tratamiento de efluentes, mediante una laguna de aireación.</p>

		<p>Todas las demás plantas de celulosa usan el sistema de lodos activados, donde la aireación para el crecimiento bacteriano se efectúa desde el fondo del reactor.</p> <p>Por ejemplo en las Plantas de Celulosa de Nueva Aldea y Valdivia, que tiene sistemas de lodos activados en el tratamiento secundario no hay problema con los olores desde ésta instalación. Entonces nuevamente no parece razonable que por un caso específico se establezcan exigencias a otras plantas</p>
61	Tabla 8.1	<p>En lo que respecta a la propuesta de evitar el envío de los venteos a la atmósfera debe señalarse que actualmente la norma establece la incineración de los TRS en un 98 % del tiempo, valor que las Plantas han cumplido a cabalidad. Debe recordarse que los venteos se producen en situaciones de anomalía operacional asociadas a aspectos de seguridad del Sistema, entonces nace la pregunta de porqué querer regular aún más estos venteos, cuando hay otras actividades que pueden efectuarse y con resultados de disminución de emisiones de TRS a la atmósfera muy superiores.</p>

2 Comentarios de Planta Arauco a la “Propuesta de Modificaciones de Revisión de Norma de TRS”

1. **Página 29**, último párrafo, señala que las unidades que emiten TRS en una Planta son, entre otras, la Caldera de Poder, ante lo que sería conveniente precisar que esto sólo es válido si se queman los GNC en dicha caldera. Además se señala que se generan en el digestor sólo con producción de pino, cuando también ocurren con producción de eucaliptus. Revisar concepto de emisor v/s generador para el caso del Digestor.
2. **Página 33**: En tabla 3-7, se indica que estanque disolvedor de L1 y L2 son medidos en forma discreta. **A partir de octubre 2009, ambos estanques disolvedores no tienen emisiones al ambiente. Los gases de las chimeneas de dichas fuentes son quemados en las Calderas Recuperadoras 1 y 2 respectivamente.**
3. **Página 34**, se envían diagramas actualizados. (Diagramas TRS para estudio nueva norma Actualizado.XLS)
4. **Página 43**, tabla 3-19, en relación a Planta Arauco, en Línea 2, segunda viñeta, dice “Horno de cal los valores están cerca a 15 ppmv **para las dos líneas**” estas 4 palabras están demás.
5. **Página 44**, tabla 3-20, en relación a Planta Licancel y Constitución, se indica “la metodología para el caso de medición discreta no ha sido homologada”, esto debe estar errado, dado que la metodología (EPA 16A) y el laboratorio son los mismos que utiliza Planta Arauco. No se entiende a qué homologación se refiere.
6. **Página 45**, tabla 3-21, Planta Arauco, dice “El horno de cal de la línea 1 se realiza monitoreo discreto, siendo que en la norma aparece que debe ser continuo”, esta afirmación es equivocada dado que según el DS 167/99, al horno de cal de la línea 1, sólo le corresponde tener sistema de medición continua a partir del año 2012.
7. **Página 51**, sexta viñeta, señala “Programa de monitoreo para la medición de olores (TRS) mediante un cromatógrafo de gases móvil/espectrómetro de masas (GC-MS)”. Esto implica ¿cambiar los sistemas de medición? ¿cambiar el método de referencia?

8. Página 52, tabla 6-1, se observa que el valor de caudal utilizado para la estimación de emisiones del Horno de Cal es muy alto, en Planta es de alrededor de 800 m³N/ADT
9. Página 52, tabla 6-1, se observa que el factor de sólidos quemados por ADT, también es diferente, en Línea 1, es de 1225 kg ss/ADT y Línea 2, 1930 kg ss/ADT.
10. Página 52, tabla 6-2, los valores medios de concentración de TRS para las fuentes señaladas considerando la media 2007-2008, son: CR1 = 0.85 ppmv, CR2 = 0,33 ppmv, HC1= 4.7 ppmv, HC2 = 10.4 ppmv, TKD1 = 9.1 mg/kg ss, TkD2 = 3.7 mg/kg ss
11. Página 54, tabla 6-5, en caso de Planta Arauco, debe decir:
Arauco 1
Existe sistema parcial de recolección de gases diluidos donde se incluyen todas las áreas excepto caustificación. Se incluye el quemando de los gases de venteo del estanque disolvedor.
Arauco 2
Existe sistema parcial de recolección de gases diluidos donde se incluyen todas las áreas excepto caustificación. Se incluye el quemando de los gases de venteo del estanque disolvedor.
12. Página 55, los factores de emisión son sobreestimados, dado que se está considerando que Planta Arauco no tiene implementado sistema de gases diluidos.
13. Página 58, análisis del horno de cal, se señala reducción del límite de emisión de 20 a 15 ppmv, pero no se indica el periodo de la evaluación del percentil. Adicionalmente se debe considerar las dificultades adicionales que involucra el quemado de la trementina y el metanol en el control operacional del Horno.
14. Página 59, ítem 8.4, tiene sentido incorporar otro sistema de medición continuo en las calderas de poder, dado que se considera también normar en función de la temperatura, siendo este último una medida de menor costo? En general el valor propuesto con las condiciones actuales se ve difícil de cumplir por el incinerador de la Planta.

15. Página 59, ítem 8.5, quizás es importante precisar cuándo se deben realizar estas mediciones discretas? Además se contradice con el ítem 8.3.
16. Página 63, ítem 9.2.2., se debe revisar el concepto de tecnología considerada para recolectar y quemar los gases de un estanque disolvedor.
17. Página 63, ítem 9.2.1., creemos que los costos aquí señalados sólo consideran los estudios preliminares, dado que se requeriría seguramente inversión en áreas adyacentes al Horno de Cal (filtro de lodos, etc.) la cual no estaría considerada.
18. Página 64, tabla 9-1, dice que Planta Arauco debe considerar eliminar estanque disolvedor como fuente emisora, situación que ya se ha implementado (octubre 2009).
19. Página 65, continuación tabla 9-1, similar situación para recolector de gases no condensables diluidos, lo cual está parcialmente resuelto por Planta Arauco. Además se señala que se debe implementar un sistema de medición continua de TRS en el incinerador dedicado situación ya concluida.
20. Página 69, tabla 10-7, el valor ahí señalado para una medición discreta de TRS EPA 16-A, de 8 MM\$ es muy alto, se sugiere corregir a ~~2 MM\$~~.
21. Página 70, tabla 10-8, costo de inversión de un CEMS de TRS sólo considera valor de un equipo, pero no considera instalación. Este valor alcanzó aproximadamente US\$ 150.000. En la misma tabla al parecer existe un error al poner a Arauco, cuando abajo en la nota se hace referencia a que sólo corresponde Planta Laja.
22. Página 71 y 73, tabla 11-2, respecto de la gradualidad, creemos que para el caso de las mejoras en el Horno de Cal, donde seguramente se requerirán estudios e inversiones, ~~el plazo debiera ser de 48 meses.~~
23. Comentario adicional. No se observa nada respecto de los protocolos de homologación y validación de los sistemas de monitoreo continuo de TRS en las Plantas. Temas como requisitos, condiciones, frecuencias, etc.

AMR/MSP/CIR/FSM/RAS

3 Comentarios de Planta Nueva Aldea "Propuesta de Modificaciones de Revisión de Norma de TRS"

Adjuntamos comentarios sobre norma TRS, en la cual los principales cambios son propuestos para los Límites del Horno de Cal. En el caso de la Caldera Recuperadora se mantiene el límite actual de 5 ppmv y sólo cambiaría el periodo de evaluación de anual a mensual para el percentil 98 de los promedios diarios.

HORNO DE CAL

1.- Límites de Emisión

Límite actual :	20 ppmv
Límite Propuesto:	15 ppmv
Límite Propuesto:	08 ppmv

2.- Considera:

Equipo Antiguo: Equipos que entraron en operación antes del año 2000
 Equipo Nuevo: Equipos que entraron después del año 2000, nuevos o proyectos de modernización de estos equipos

3.- Plazo de Cumplimiento:

Equipo Antiguo: 2 años
 Equipo Nuevo : Inmediata

4.- Evaluación de Cumplimiento

Actual: Percentil 98 de los promedios diarios, periodo Anual
 Propuesta: Percentil 98 de los promedios diarios, periodo Mensual

1.- El límite propuesto de 8 ppmv para equipos nuevos, aparentemente fue obtenido a partir del **promedio** de la información solicitada, la cual consideró en caso de Nueva Aldea hasta el primer trimestre del 2008. Debiera completarse el análisis utilizando los percentiles 98 de la información actualizada (los valores promedio no son representativos del límite cuando la evaluación es en base a un percentil)

2.- En cuanto al concepto de *equipos nuevos*, se consideran los que entraron en operación después del año 2000, por lo que Nueva Aldea cae en esta categoría y debe cumplir de inmediato con los límites y periodo de evaluación (no se respeta de esta forma el **concepto de gradualidad** de la aplicación de la norma)

En relación a la emisión en el horno de Cal, ésta depende del nivel de lavado que se realice al lodo blanco, con el cual se busca disminuir la soda residual a un nivel óptimo, no tan alto como para generar anillos e incrustaciones, ni tan bajo que no permita peletizar adecuadamente la Cal. Esto último provoca un nivel excesivo de polvo lo que descontrola la operación del Horno

Por otro lado, para la dilución y manejo de los Lodos Blancos se utiliza condensado del proceso de evaporadores (tipo B), el cual contiene un nivel menor de TRS. Lo anterior permite un menor consumo de agua en el proceso y a su vez una menor carga al tratamiento de efluentes, que sería su destino si no fuese utilizado en los lodos blancos

Por lo expuesto no se ve conveniente, ni ambiental ni operativamente disminuir el límite hasta 8 ppmv, que como se indicó anteriormente sería el segundo más restrictivo del mundo

En la siguiente tabla, se muestran las concentraciones para el percentil 98 mensual, donde se puede confirmar que al establecer el límite en 8 ppmv para el horno de cal, Planta Nueva Aldea que es nueva no podría cumplir.

Tabla 1 Concentraciones de percentil 98 para N Aldea

Año	Meses	Percentil 98	
		CR	HC
2009	Enero	0.58	5.37
2009	Febrero	0.37	6.06
2009	Marzo	0.44	4.10
2009	Abril	0.43	5.97
2009	Mayo	0.37	6.07
2009	Junio	0.43	5.12
2009	Julio	0.40	6.51
2009	Agosto	0.46	14.17
2009	Septiembre	0.55	12.00
2009	Octubre	0.52	11.90
2009	Noviembre	0.54	9.01
2009	Diciembre	0.52	8.61

4 Comentarios a la "Propuesta de Modificaciones de Revisión de Norma de TRS"

<p>Caldera Recuperadora</p>	<p>Como antecedente, se comenta que en una caldera recuperadora con chimeneas que tienen alturas superiores a los 60 a 70 mts, con temperaturas de descargas cercanas a los 200 °C se produce una dispersión muy buena, que hace que a cortas distancias se llegue a niveles de concentración en el aire inferiores a los límites de percepción de los TRS.</p> <p>Por lo que exigir más a la caldera recuperadora no tiene un fundamento técnico.</p> <p>Por otra parte, es necesario aplicar un criterio de la gradualidad en la aplicación de las normativas. En particular en este caso, se está proponiendo aumentar la exigencia de cumplimiento desde una exigencia anual a una mensual, sin explicar las razones de ello, ni menos los beneficios ambientales esperados.</p> <p>Recomendación: no introducir cambios en la exigencia actual al cumplimiento de la caldera recuperadora o en un extremo, pasar del cumplimiento anual a uno semestral y por ninguna razón a una exigencia mensual, sin una previa evaluación de su efecto ambiental. No se debe estar exigiendo cosas sólo por hacerlo o por mostrar una mejor gestión ambiental.</p> <p>Y por otra parte, los valores dados en la tabla 6-2 que se ha usado como referencia, son valores promedios que no consideran la variabilidad de las emisiones, como ocurre en cualquier proceso. Esta tabla entrega una información que induce -suponemos involuntariamente- a creer que las emisiones son así de bajas.</p>
<p>Horno de Cal</p>	<p>En las Plantas Nuevas (construidas después del año 2000), Similarmente a lo que sucede con la caldera recuperadora, no se visualiza el efecto ambiental de bajar los estándares de cumplimiento de TRS a proyectos recientemente puestos en operaciones. Los valores que están entregando en las concentraciones son las que la tecnología permite.</p> <p>Como se ha visto, a pesar de estar cumpliéndose la norma en forma holgada, las Plantas no se han "aprovechado" para emitir más TRS; sin embargo al igual que en el caso de los datos dados</p>

	<p>para la caldera recuperadora en la tabla 6-2, la variabilidad de las concentraciones de TRS en el horno de cal también son altas. Los valores de esta tabla son valores promedio, que no muestran las variaciones.</p> <p>En las Plantas antiguas, aumentar la exigencia de bajar el límite de 20 a 15 ppmv, no es algo fácil ni menor o de bajo costo. Favor ver documento con respuesta a consultas específicas de CONAMA, donde se entregan más antecedentes al respecto.</p> <p>Estimamos que debe aplicarse el concepto de gradualidad nuevamente en el sentido de establecer la nueva exigencia en un valor intermedio como 12 ppmv, para las plantas nuevas.</p> <p>Propuestas: usar valores de 12 ppmv, similarmente a lo que ocurre en Canadá y U.E.</p> <p>Tal como sucede con el cambio de exigencia desde un cumplimiento anual a uno mensual. Cuál es el beneficio ambiental?</p> <p>Propuesta: Evaluación semestral. Para Planta nuevas establecer la exigencia 2 años después de entrada en vigencia de la norma. Para Planta antiguas exigir los 15 ppmv después de 3 años, porque necesariamente hay que hacer proyectos e inversiones y todos los equipos deben fabricarse especialmente. No son equipos de stocks.</p>
EDLV	<p>Es razonable incrementar el monitoreo de emisiones de TRS desde uno anual a uno trimestral, como también exigir la captación e incineración de los TRS que se emiten en este estanque, sin embargo la aplicación del concepto de gradualidad es fundamental, dado que las inversiones son importantes y porque deben hacerse además modificaciones en la caldera recuperadora, para su combustión, dado que este es el equipo de proceso que puede hacerlo de mejor forma; aunque si hay una caldera recuperadora con su capacidad al límite, esta incineración puede afectar claramente el nivel de producción de la Planta.</p> <p><u>Ver antecedentes técnicos adicionales en informe de respuestas a Consultas específicas de Conama.</u></p> <p>Propuesta: dado que las modificaciones que debe hacer son</p>

	<p>complejas (no es sólo un proyecto de cañerías) otorgar un tiempo de 5 años es razonable. Hay que tener en consideración que todos los equipos son de importación y deben fabricarse en forma especial para cada instalación.</p>
<p>Gases diluidos</p>	<p>Es razonable la exigencia de instalar un sistema de recolección de gases diluidos completo, que incorpore las áreas producción de pulpa y del circuito de recuperación.</p> <p>Se recuerda, que contrariamente a lo que señala el informe de DSS, tampoco este es un proyecto sólo de cañerías: Es bastante más complejo.</p> <p><u>Ver antecedentes técnicos adicionales en informe de respuestas a Consultas específicas de Conama.</u></p> <p>Cinco años de plazo nos parece razonable.</p>
<p>Venteos</p>	<p>Dado que los venteos son episodios involuntarios y obedecen a aspectos de seguridad en el sistema de recolección, transporte e incineración, nos parece acertado que la Autoridad haya entendido los conceptos que se explicaron en torno a la inconveniencia de restringir aún más los venteos.</p> <p>Nos parece adecuado que cuando se producen de cierta magnitud, se explique a la autoridad, pero es recomendable establecer una duración mínima de estos para ser informados. Hay muchos venteos que no duran siquiera 1 minuto y no parece razonable estar informado por estas situaciones menores a la autoridad.</p> <p>Propuesta: Informar a la Autoridad cuando el venteo es superior a 5 minutos. Llevar un registro de los venteos y sus causas, independiente de la duración informado periódicamente.</p>

5 Documento Guía de Consultas

Sobre aspectos técnicos del Anteproyecto de Revisión de Norma TRS a revisar en reunión con las empresas ARAUCO y CMPC.

Junio 2010

Objetivo de la reunión:

Revisar en detalle de aspectos técnicos de los sistemas de combustión de Gases TRS, monitoreo y otros. Será muy útil que la empresa prepare información que pueda ser relevante para responder a las consultas.

Temas a tratar:

Debido al avance en la elaboración del Anteproyecto y resultados del estudio de la consultora DSS Ambiente 2009¹ en adelante "Informe", es necesario corroborar con las empresas, la siguiente información:

1.- Revisión de los esquemas que se encuentran en el Informe, sobre emisiones y tratamiento de gases TRS en cada Planta. Indicando dónde se muestrea para el monitoreo y cuántos equipos de monitoreo se utilizan.

Se adjuntan diagramas

Material a revisar: Páginas 31 a 43 del Informe.

2.- Cuáles son los principales factores que determinan la selección de un equipo u otro para la combustión de gases TRS. Qué determina que algunos se utilicen como dedicados y de respaldo, de este último cuáles son las condiciones que deben existir para utilizar, por ejemplo la caldera de poder, la caldera recuperadora u otro equipo como alternativo para la quema de gases TRS.

Respuesta:

La selección de un equipo determinado para la combustión de gases TRS, está determinado básicamente por consideraciones de seguridad tanto para la conducción, como para la combustión de los gases. Debe tenerse en consideración que estos gases TRS cuando provienen de la producción de **pulpa de coníferas** también tiene algo de **trementina** que está clasificada como inflamable y cuando los TRS provienen de la producción de **pulpa de**

¹ Estudio: Análisis Técnico económico de Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos (Gases TRS) asociados a la fabricación de Pulpa Sulfatada. Ubicación en la web: <http://www.sinia.cl/1292/article-48157.html>



eucaliptus, contienen algo de **metanol** que también es inflamable. De modo que la selección de un equipo de combustión en particular depende de la experiencia acumulada y del desarrollo de la tecnología.

Por ejemplo, originalmente se aceptaba como normal la combustión de los gases TRS en el horno de cal o caldera de poder y alternativamente en un incinerador. Con el tiempo se fue descartando la incineración en el horno, porque se comprobó que en algunas instalaciones esta ocasionaba la formación de anillos en su interior por enfriamiento en el horno y porque le cambia la calidad a los pellets de cal viva que se están formando. Específicamente se produce un endurecimiento de éstos y pierden porosidad superficial, haciendo que la cal producida sea menor reactiva en el proceso de caustificación del licor verde, para producir licor blanco de la cocción.

La combustión de los TRS en un incinerador dedicado tiene un costo de operación adicional, porque la combustión de los gases debe mantenerse mediante el uso de un combustible adicional. Por esta razón los incineradores en general se usan sólo como respaldo; aunque si se le incorporar una caldera para recuperar el calor y generar vapor, un incinerador es una buena opción también.

Modernamente, con el desarrollo de la tecnología y mejores sistemas de control, se ha logrado quemar los gases directamente en la caldera recuperadora, que es el mejor equipo donde quemarlos, por la captura del dióxido de azufre que se produce en su interior, evitando de este modo que sea evacuado a la atmósfera.

3.- Se cuenta con información de las mediciones realizadas en cada una de las Plantas, sin embargo, es necesario actualizar la información de mediciones de de los equipos normados del año 2009.

Información ya fue enviada



4.- Corroborar la estimación de emisiones de gases TRS de los equipos normados y la estimación de emisiones para fuentes fugitivas indicadas en el Informe.

Material a revisar: Tabla 6-2 pág. 52 y Tabla 6-6 pág.55 del Informe.

Para hacer la estimación de emisiones de TRS en Caldera recuperadora y Horno de Cal, que aparecen en la tabla 6-2, en el informe de DSS se usaron flujos típicos de gases de combustión reportados en un informe de la provincia de Alberta en Canadá, lo que supone que las tecnologías son similares a la chilena. Sabemos que esto no es así porque en Canadá no se han construido Plantas nuevas desde hace varias décadas, de modo que estas estimaciones es probable que estén sobredimensionadas.

5.- Corroborar la medida para la reducción de emisiones desde el Horno de Cal y su costo estimado en el Informe. El Informe menciona que implica mejorar gestión, ingeniería e implementación de nueva instrumentación para el control y optimización del equipo y del proceso propiamente tal.

Las emisiones de TRS en el Horno de Cal están relacionadas preferencialmente con el ingreso de compuestos azufrados con el lodo – principalmente carbonato de calcio- que ingresa al horno, desde el que se produce la cal viva; mientras que los compuestos azufrados ingresan debido a dos factores. Por un lado, debido a un lavado insuficiente del lodo por subdimensionamiento del filtro lavador del lodo o por un contenido de humedad demasiado alto. A mayor contenido de humedad, mayor ingreso de compuestos azufrados.

De lo anterior, es fácil comprender entonces que para mejorar el lavado e incrementar el porcentaje de sólidos de los lodos no es sólo es un tema de mejor control o gestión. Hay que hacer inversiones, de modo que la información de la tabla 10-2 es incorrecta.



Finalmente es necesario señalar que cada Planta de celulosa es una realidad propia, con sus individualidades propias y relacionadas con la capacidad de producción, grado de sub-dimensionamiento y con el año de construcción. Esto último está asociado a la tecnología usada para lavar los lodos, previo al ingreso al horno. Por ejemplo, uso de filtros lavadores al vacío, filtros de mangas o modernamente filtros de discos.

Material a revisar: Tabla 10.2 Páginas 66

6.- Corroborar la medida orientada a la eliminación de emisiones desde el Estanque Disolvedor de Licor Verde y su costo. El Informe menciona que considera sólo la construcción de cañerías, recolección de gases y la combustión de éstos en equipos ya normados.

Material a revisar: Tabla 10.3 Páginas 66

En lo que respecta a la eliminación de olores desde el estanque disolvedor de licor verde, la implementación no es sólo una cuestión de cañerías. Si así fuera ya todas las plantas la tendrían implementadas.

Una instalación típica para recuperar los gases TRS desde el estanque disolvedor considera los siguientes componentes:

- Scrubber con relleno, en la chimenea del estanque (lavador de gases con licor verde diluido)
- Enfriador de los vahos que contienen los compuestos TRS a la salida del scrubber (intercambiador de calor de contacto indirecto)
- Separador de gotas desde los vahos, para evitar golpes de ariete en su transporte
- Calentador de los vahos, con una mayor concentración de TRS, hasta aproximadamente unos 130 a 140 °C.
- Instrumentación asociada

Si los gases TRS se queman en la caldera recuperadora, equipo usado normalmente en la actualidad, hay que hacer algunas modificaciones en las calderas antiguas, como:

- Modificación de las cajas de ingreso de aire terciario
- Ampliar la capacidad del ventilador de aire terciario (aumento de velocidad o sencillamente cambio del ventilador)
- Ajustes de la distribución del aire de combustión en la caldera.

Es decir, la combustión de los gases TRS provenientes del estanque disolvedor, es bastante más compleja que lo que señala el informe de DSS

7.- Corroborar la medida orientada al sistema de recolección de gases no condensables diluidos y su costo. El Informe menciona que considera nuevas líneas de recolección y la adaptación de la caldera recuperadora para procesar los gases diluidos.

Material a revisar: Tabla 10-6 Páginas 68

Similarmente a lo que sucede con la combustión de los gases TRS desde el estanque disolvedor, es necesario hacer una preparación previa de los gases que consulte en extraerles el máximo contenido de humedad, ya que están disueltos en vapores de agua y aire a unas muy bajas concentraciones.

Para concentrar un poco estos gases llamados diluidos, debe extraerse la humedad mediante condensación del vapor de agua y posterior ajuste de la temperatura para su inyección a la caldera recuperadora, junto con el aire secundario.

En una instalación típica para quemar los gases diluidos se tiene los siguientes componentes, además de las cañerías de conducción los gases.

- Instalar protecciones contra vacío en todos los estanques que formarán parte del circuito de recuperación de gases

- Instalación de un scrubber con bombas de recirculación y de envío de los condensados que se producen hacia el sistema de stripping
- Intercambiador de calor de contacto indirecto para ajuste de Temperatura
- Ventilador para succionar los gases desde todos los estanques
- Instalación de un separador de gotas
- Intercambiador de calor de contacto indirecto, previo al envío de los gases a combustión
- Sistema de derivación para envío de los gases a la atmósfera en caso de que éstos no puedan quemarse por alguna razón, que normalmente está relacionada con aspectos de seguridad en la caldera recuperadora

En la caldera recuperadora, las modificaciones que es necesario incorporar son:

- Modificación de las cajas de aire secundario
- Instalación de un colector para evacuar condensados y evitar que éstos puedan ingresar a la caldera recuperadora (seguridad). Estos condensados se envía al sistema stripping para su limpieza.
- Ajustes de la distribución de los aires de combustión, 1^{ro}, 2^{ro} y 3^{ro} de la caldera recuperadora.
- Sistemas de control

Nuevamente, la recolección de los gases diluidos no es un proyecto sólo de instalación de cañerías.

8.- Con el fin de establecer las horas de funcionamiento efectivas de la Planta, se solicita obtener información sobre los tiempos que toma la partida y la detención o bien las horas en régimen transitorio de los equipos.

No hay un estándar de tiempo para la detención ni para puesta en marcha de una Planta, de celulosa kraft. El proceso de producción es complejo por la gran

cantidad de operaciones unitarias; por lo que tampoco es posible hacer una definición de él. Cada Planta es una realidad propia de acuerdo con la tecnología que disponga.

Después de cada detención y partida es posible disponer de la estadística de los tiempos que cada una de las áreas productivas usó. Debe recordarse que en una Planta de celulosa las áreas de producción van deteniéndose o poniéndose en servicio en forma secuencial. Nunca una Planta se detiene en forma simultánea de todas las áreas, a menos que haya sucedido algún problema, por ejemplo de una falta de energía eléctrica que afecte a toda la Planta.

6 Calibración de Instrumentación y Norma de Referencia

Es conveniente señalar que la norma debe ser mejorada en lo que respecta al procedimiento de verificación de los instrumentos de monitoreo continuo. Como se sabe, las plantas de celulosa incorporaron la mejor tecnología disponible para el monitoreo continuo de las emisiones de compuestos TRS, de la empresa Thermo Andersen de USA, que justamente los desarrolló en conjunto con la USEPA y que producen una medición de mucho mejor calidad, exactitud y precisión que el método químico de EPA 16-A. Proponemos a Conama que se revise esta situación, porque no parece razonable usar una metodología tan antigua para verificar el funcionamiento de un equipo mucho más preciso.

Por otro lado, es también conveniente señalar que el método EPA 16-A es un método discreto y con el cual se comente el error de estar verificando un método de medición continua. Sugerimos concretamente contactar a la empresa Thermo Andersen para obtener su recomendación, dado que los equipos de medición de su fabricación y operando en Chile, tienen incorporados protocolos de auto-calibración, los que curiosamente en Chile, la Autoridad no los está reconociendo. Es más, incluso sin que la actual norma lo señale, además de los ensayos de verificación que se han efectuado con el método EPA 16-A, se ha exigido a las empresas cancelar una nueva verificación con un gas de protocolo EPA, a través del Instituto de Salud Pública; lo que parece casi una arbitrariedad.

Porque el DS 167/99 nunca lo señaló, ni menos su Manual de Aplicación.

7 Manual de Aplicación de la Norma (DS 167/99)

Si bien es cierto que actualmente existe una Manual de Aplicación de la Norma, éste lamentablemente no fue lo suficientemente explícito, lo que a nuestro juicio se tradujo en algunos casos en aplicaciones discrecionales de las exigencias y se llegó casi al extremo de cada el mismo Servicio, dependiendo de la Región, tenía

diferentes formas de evaluar, para entregar la Autorización Sanitaria para el funcionamiento de los Sistemas de Medición Continua de TRS en los puntos de emisión. Hubo incluso una situación en que la Autoridad quería detener la fuente de emisión (en otras palabras detener la Planta) porque no se podía hacer los ensayos de verificación.

En concreto solicitamos que la modificación del Manual de Aplicación de la norma sea sumamente explícito en la forma de fiscalizar el cumplimiento de la norma, de modo de evitar la discrecionalidad en su aplicación; más aún en un tema complejo con éste.

8 Cumplimientos de Percentiles anual y mensual

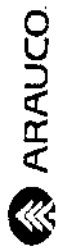
La propuesta de norma señala pasar desde un escenario de cumplimiento anual del percentil 98, a uno mensual para la Caldera Recuperadora y bajar la concentración máxima permitida para los Horno de Cal desde un valor único actual de 20 ppmv a 15 ppmv para equipos instalados antes del año 2000 y a 8 para instalaciones posteriores al año 2000.

Para analizar las implicancias de estos cambios se ha efectuado el análisis de eventual cumplimiento de estas nuevas exigencias, de lo que se ha concluido lo siguiente: (ver detalles de los percentiles anuales y mensuales en Anexo)

Tabla N° 2: Cumplimiento de nuevas exigencias propuestas

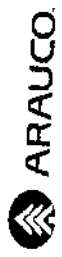
Planta	C Recuperadora	H de Cal
Licancel	Cumpliría pero en el límite de la norma. Alto riesgo de incumplimiento	[REDACTED]
Constitución	Cumpliría pero en el límite de la norma. Alto riesgo de incumplimiento	[REDACTED]
Arauco	[REDACTED]	[REDACTED]
Nueva Aldea	[REDACTED]	[REDACTED]
Valdivia	[REDACTED]	[REDACTED]

Como resumen de la Tabla anterior, las Calderas Recuperadoras de las Plantas Licancel y Constitución estarían en el límite del cumplimiento de la norma, mientras que los Hornos de Cal de las Plantas Licancel, Arauco línea 2 y Nueva Aldea no podrían cumplir las nuevas exigencias.



Anexos

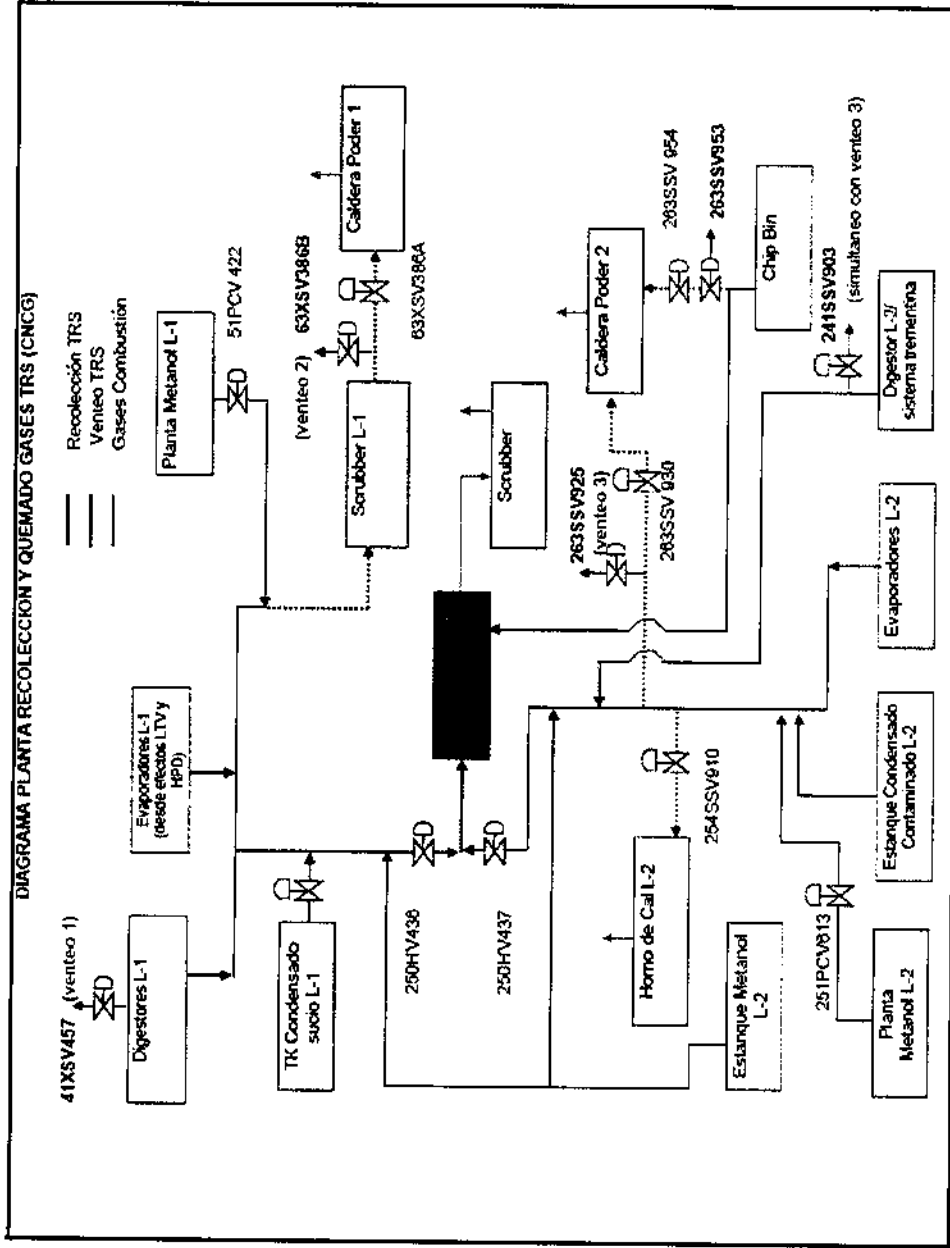
- Anexo 1** Diagramas de las Instalaciones de Recolección y Tratamiento de TRS
- Anexo 2** Concentraciones de TRS
- Anexo 3** Cálculo de Percentiles 98 anual y mensual



766 VTA

Anexo 1 Diagramas de las Instalaciones de Recolección y Tratamiento de TRS

DIAGRAMA PLANTA ARAUCO



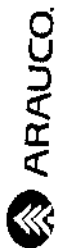
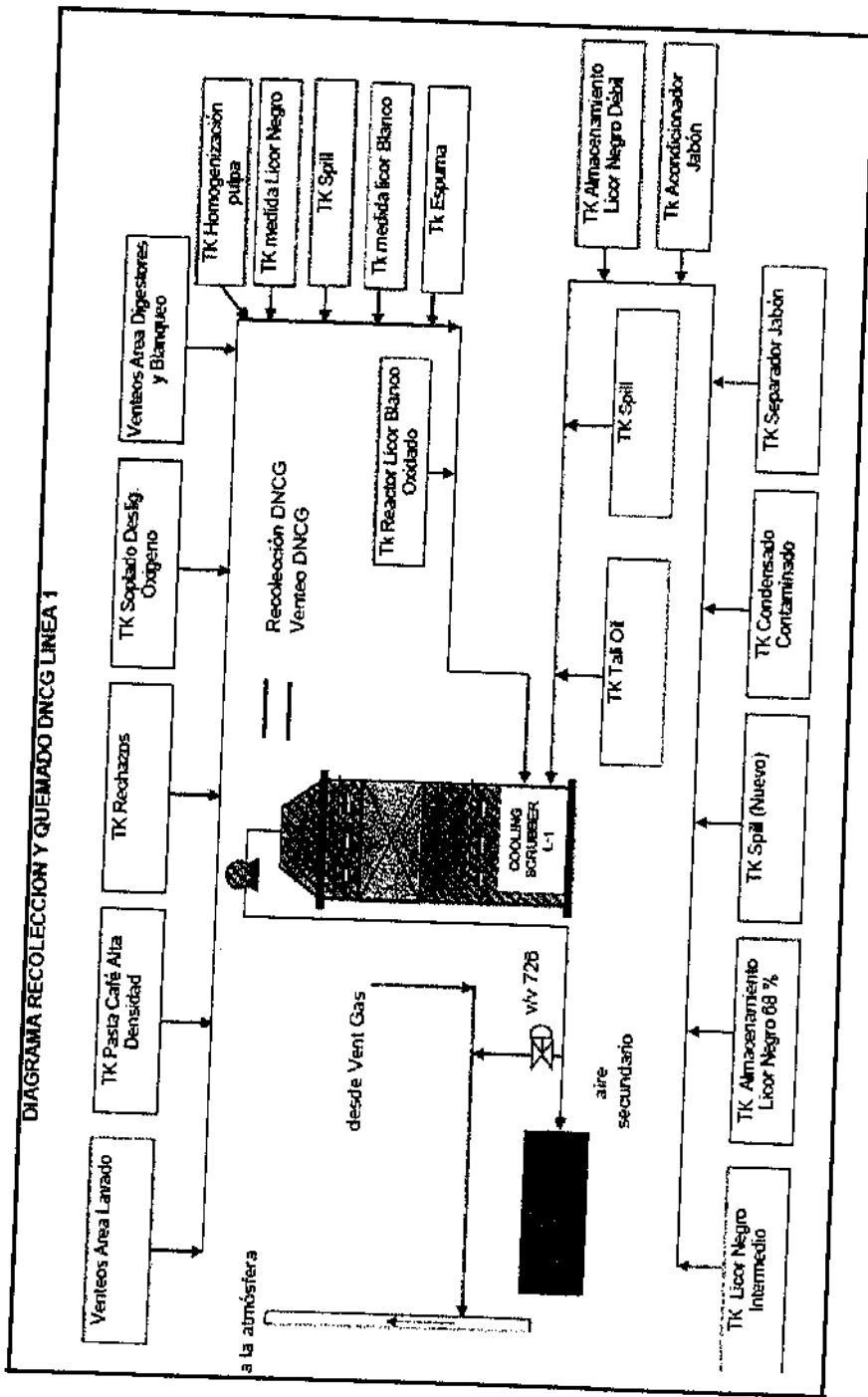


DIAGRAMA PLANTA ARAUCO



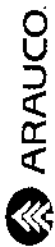
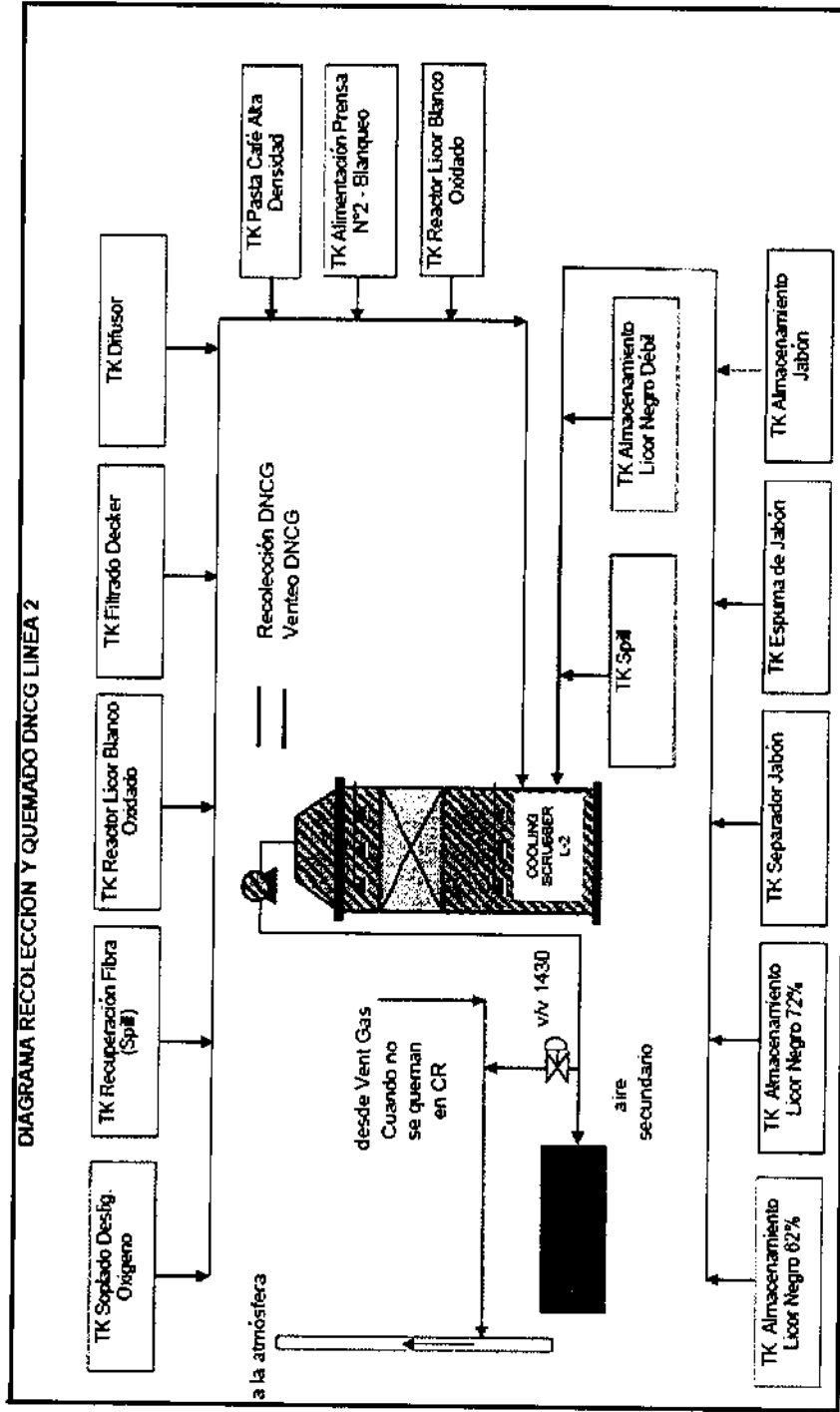


DIAGRAMA PLANTA ARAUCO



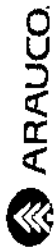


DIAGRAMA PLANTA ARAUCO

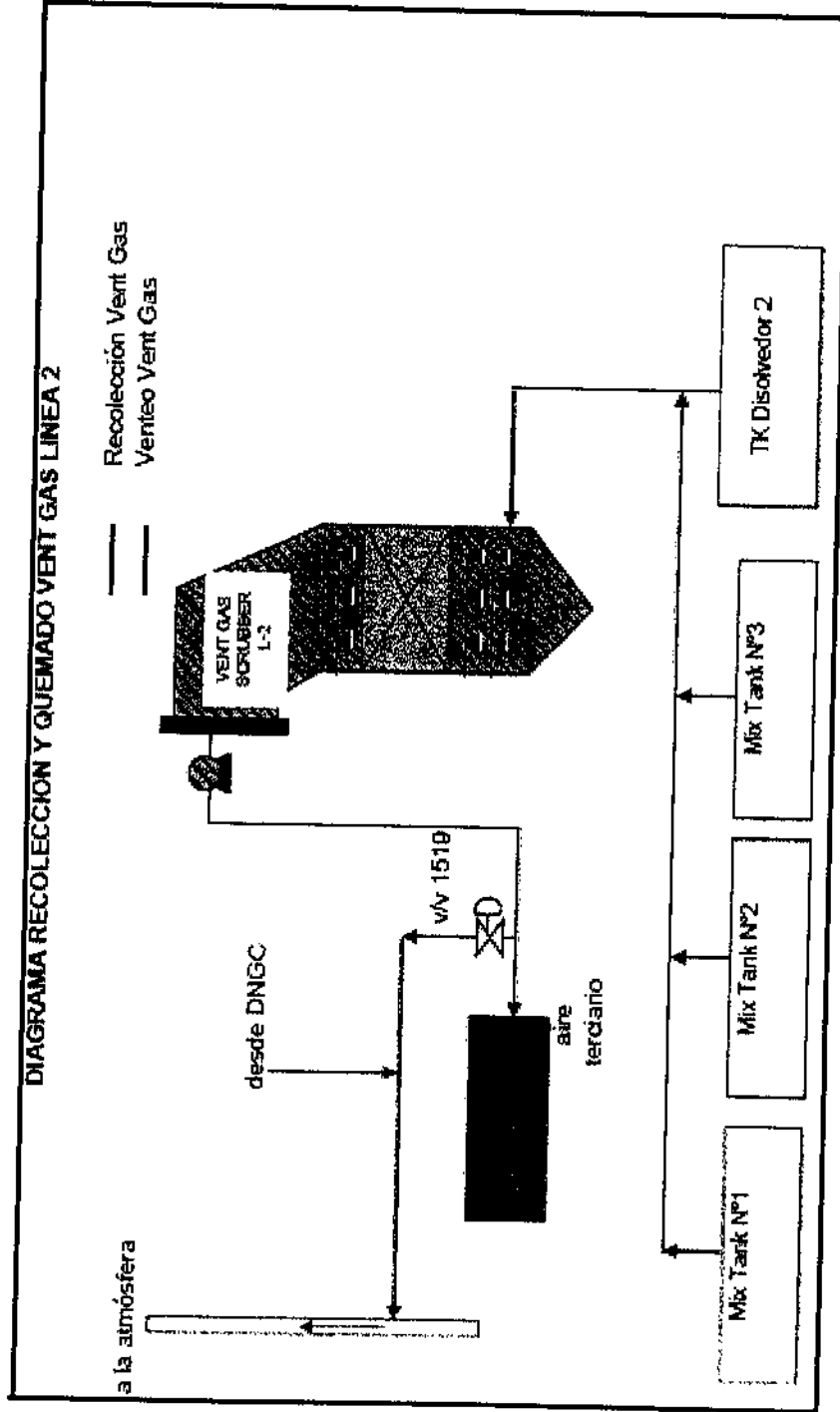
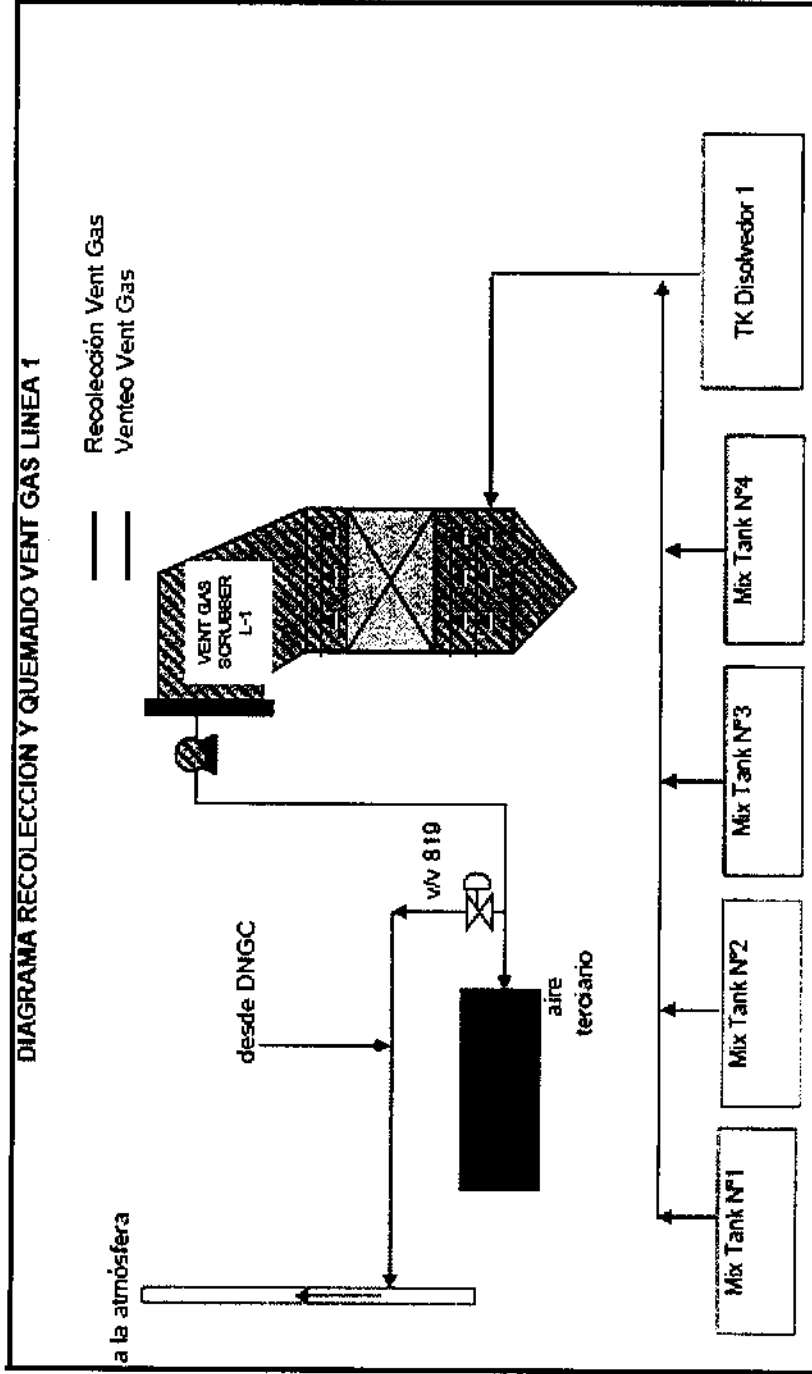


DIAGRAMA PLANTA ARAUCO



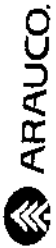


DIAGRAMA PLANTA ARAUCO

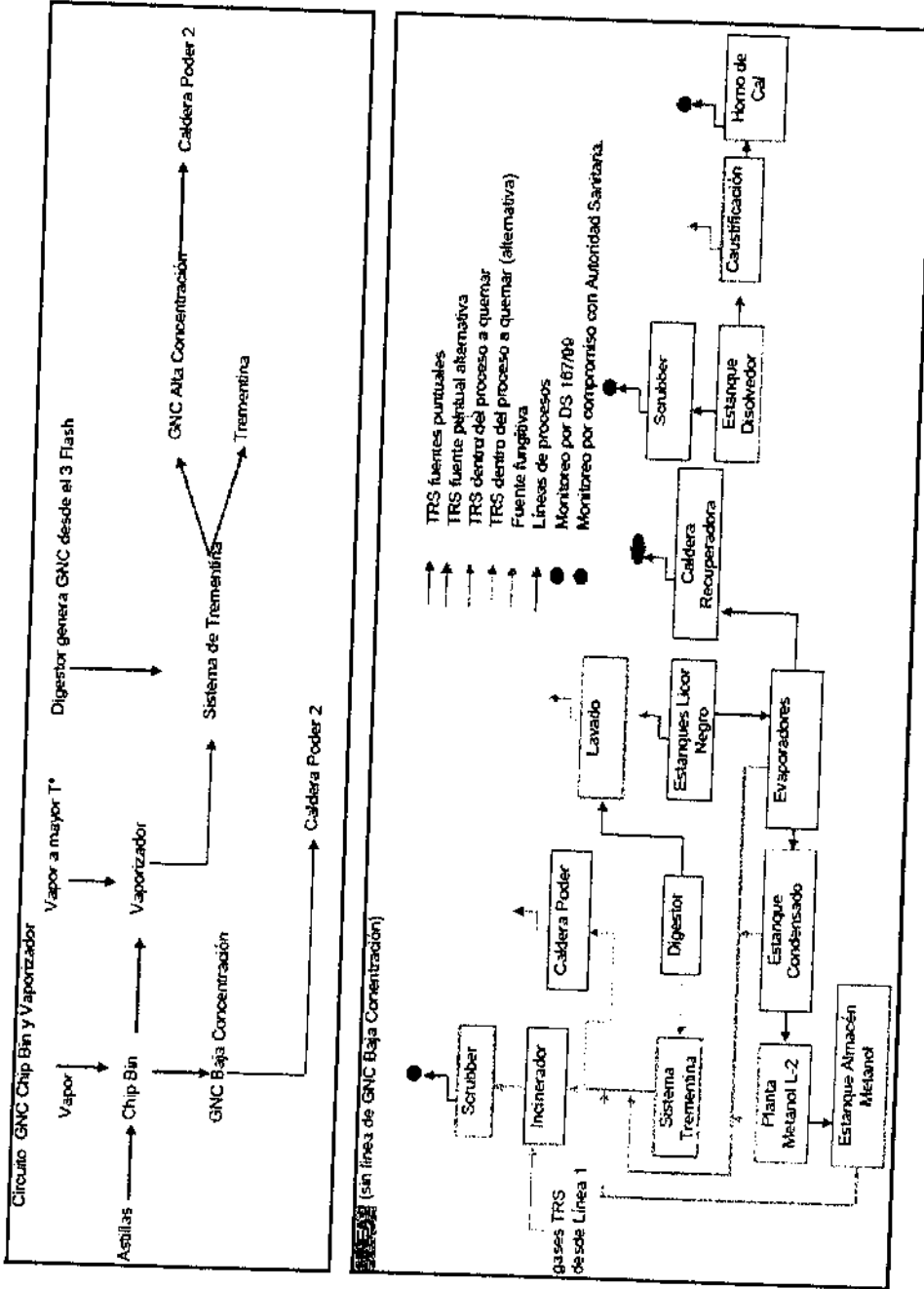
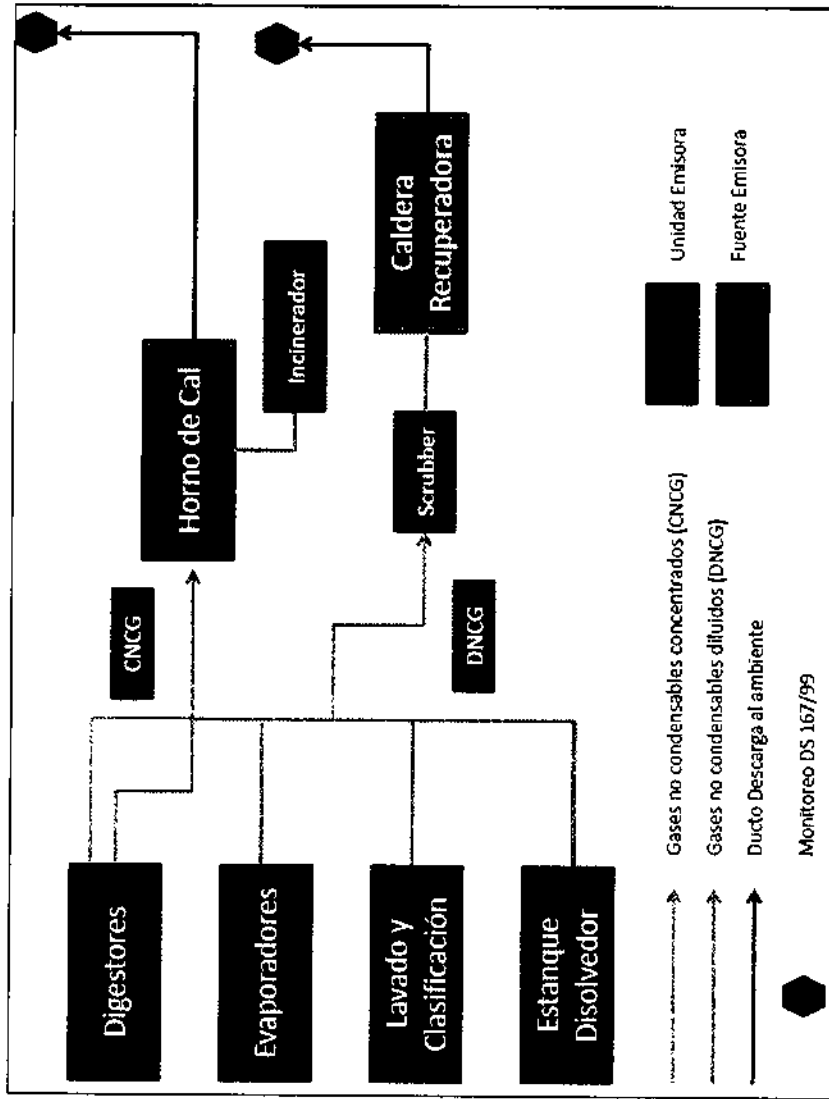


DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN

FLUJO DE GASES TRS



000770

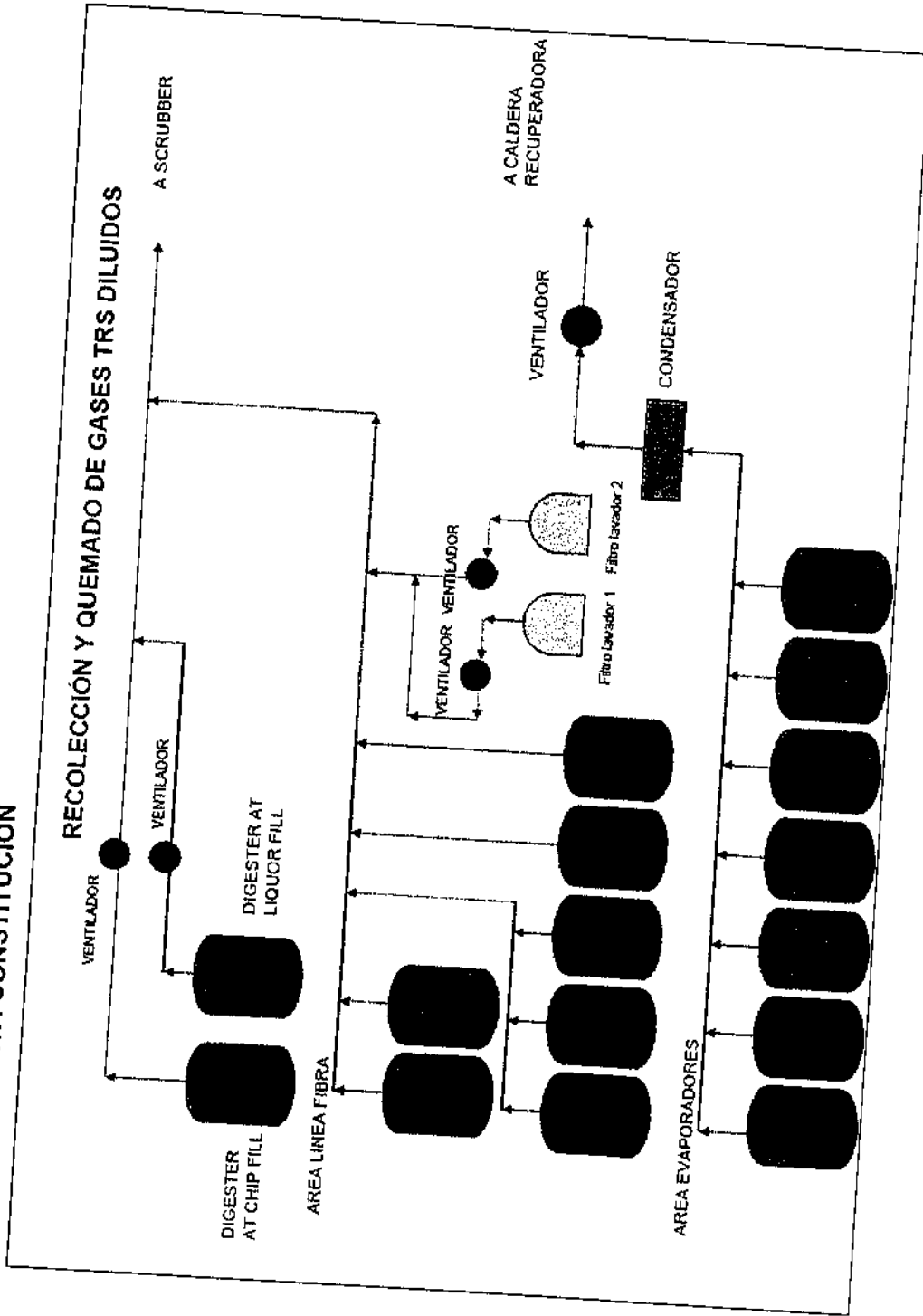
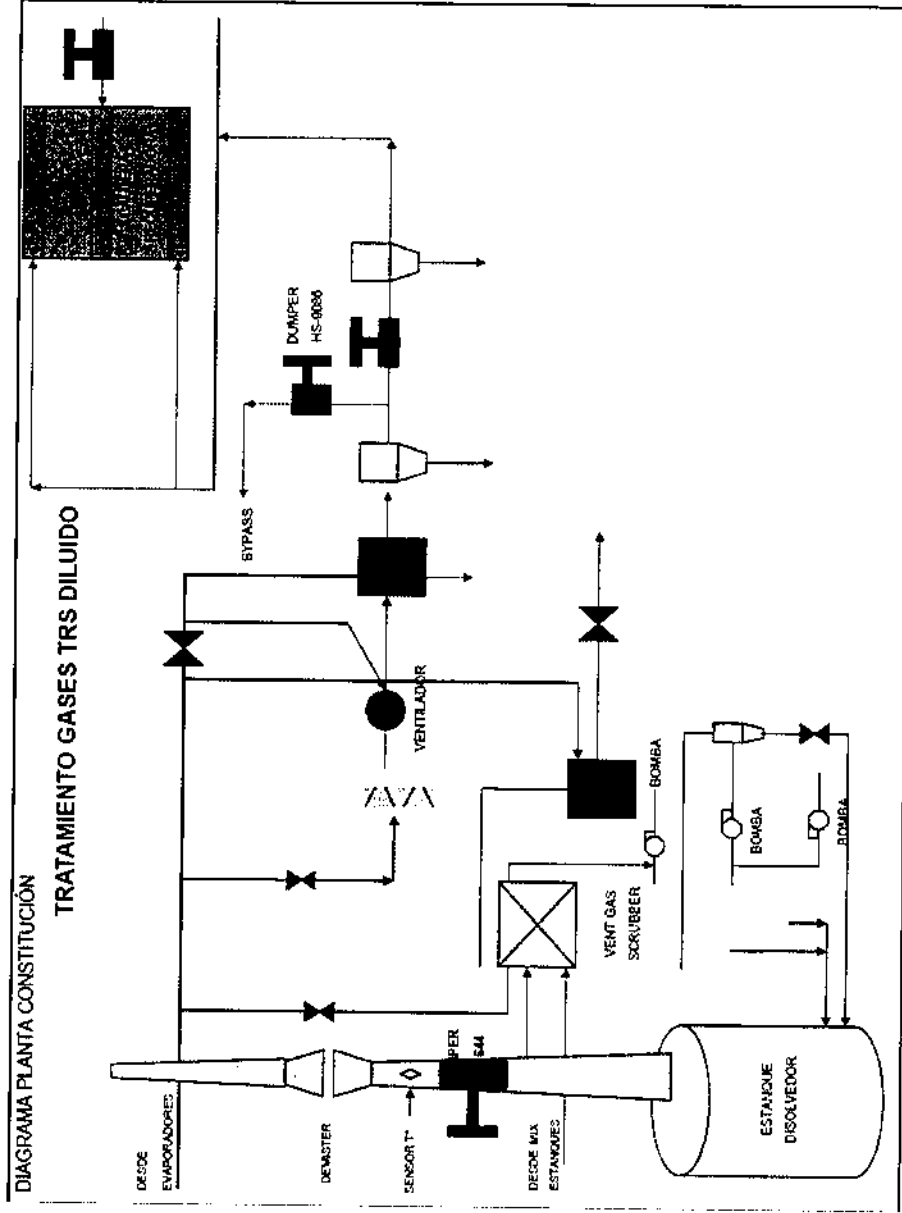
DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN


DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN



000771

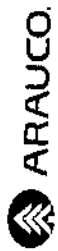


DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN

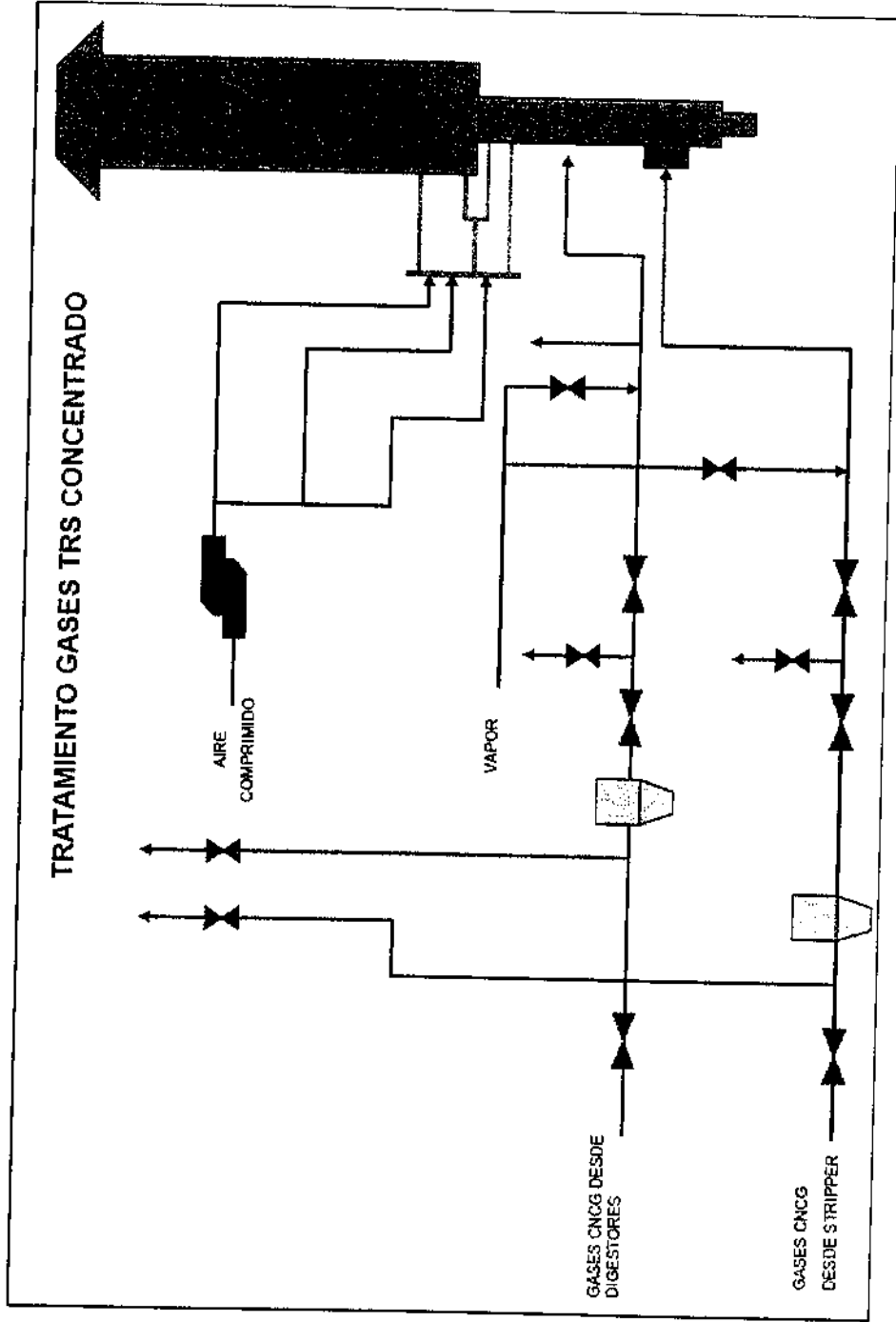
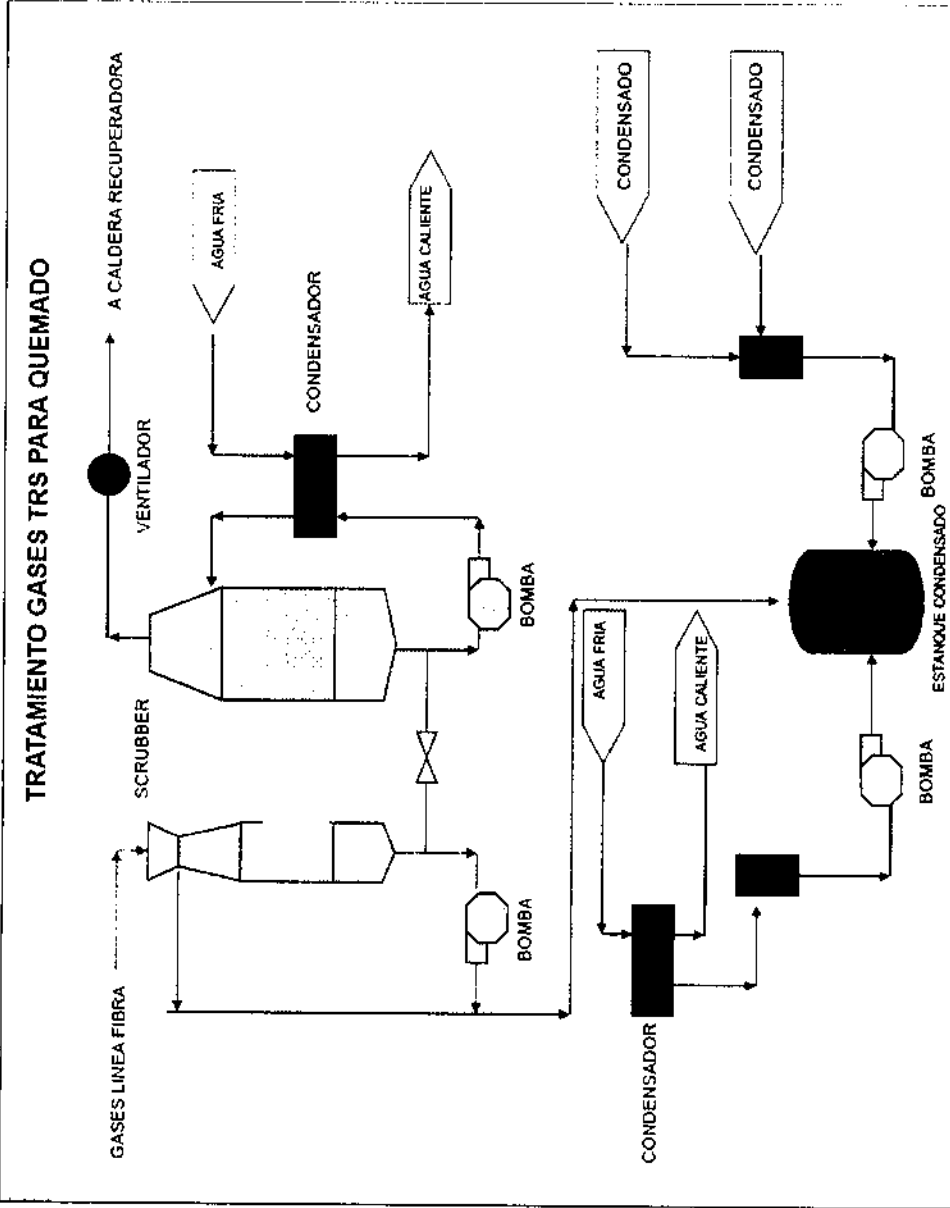


DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN



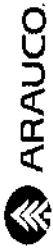


DIAGRAMA PLANTA CONSTITUCIÓN

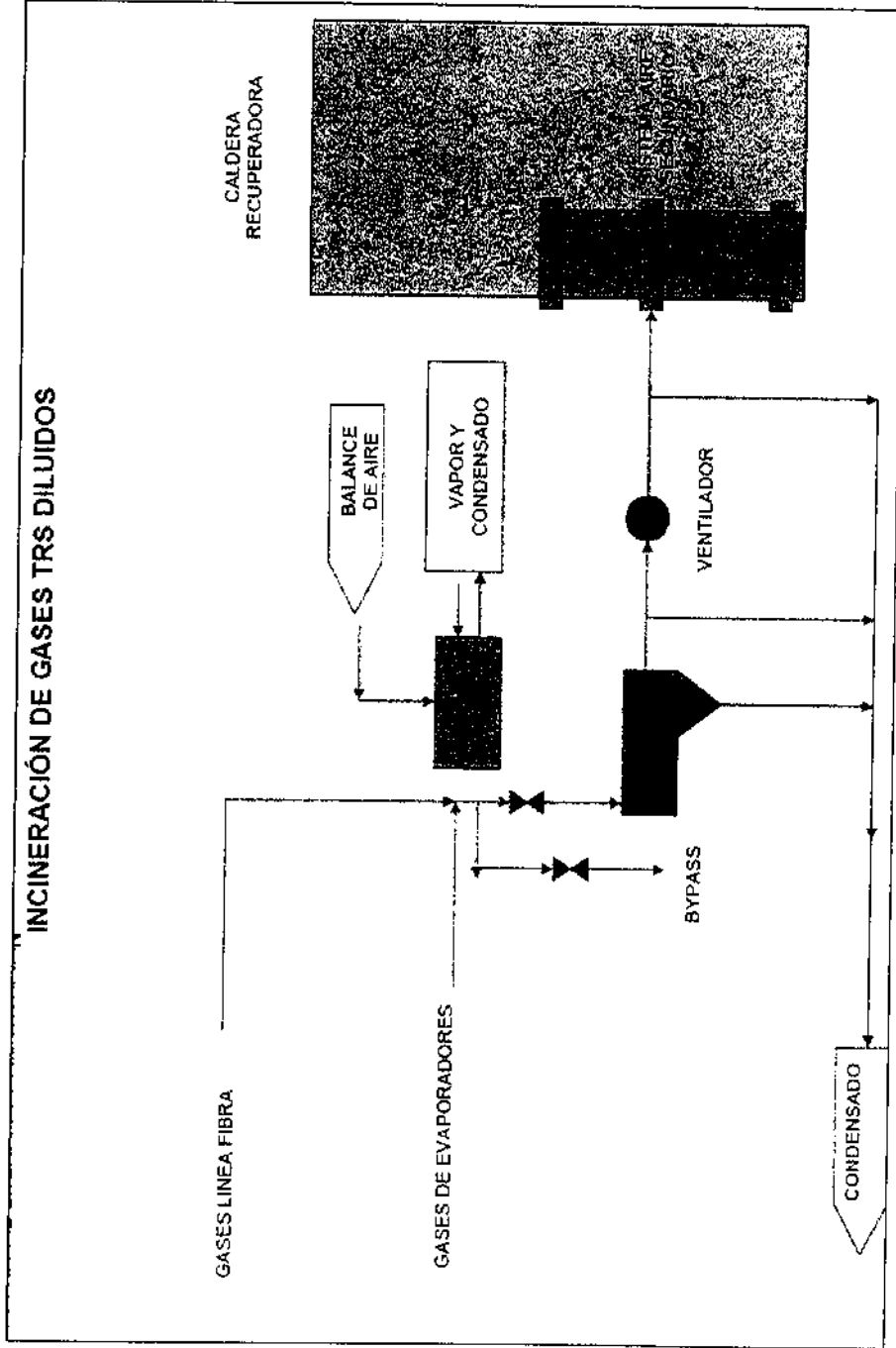
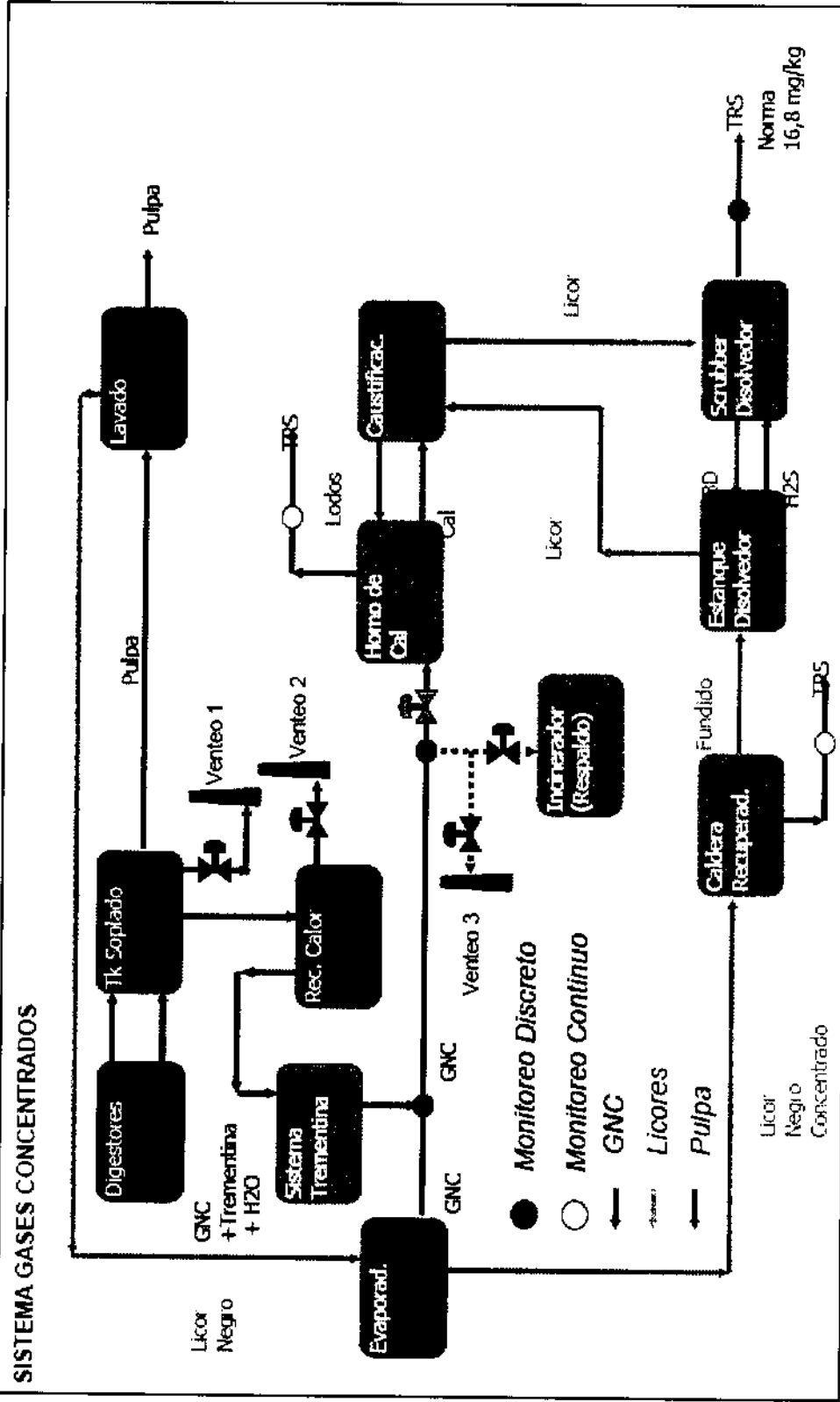


DIAGRAMA PLANTA LICANCEL



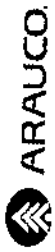
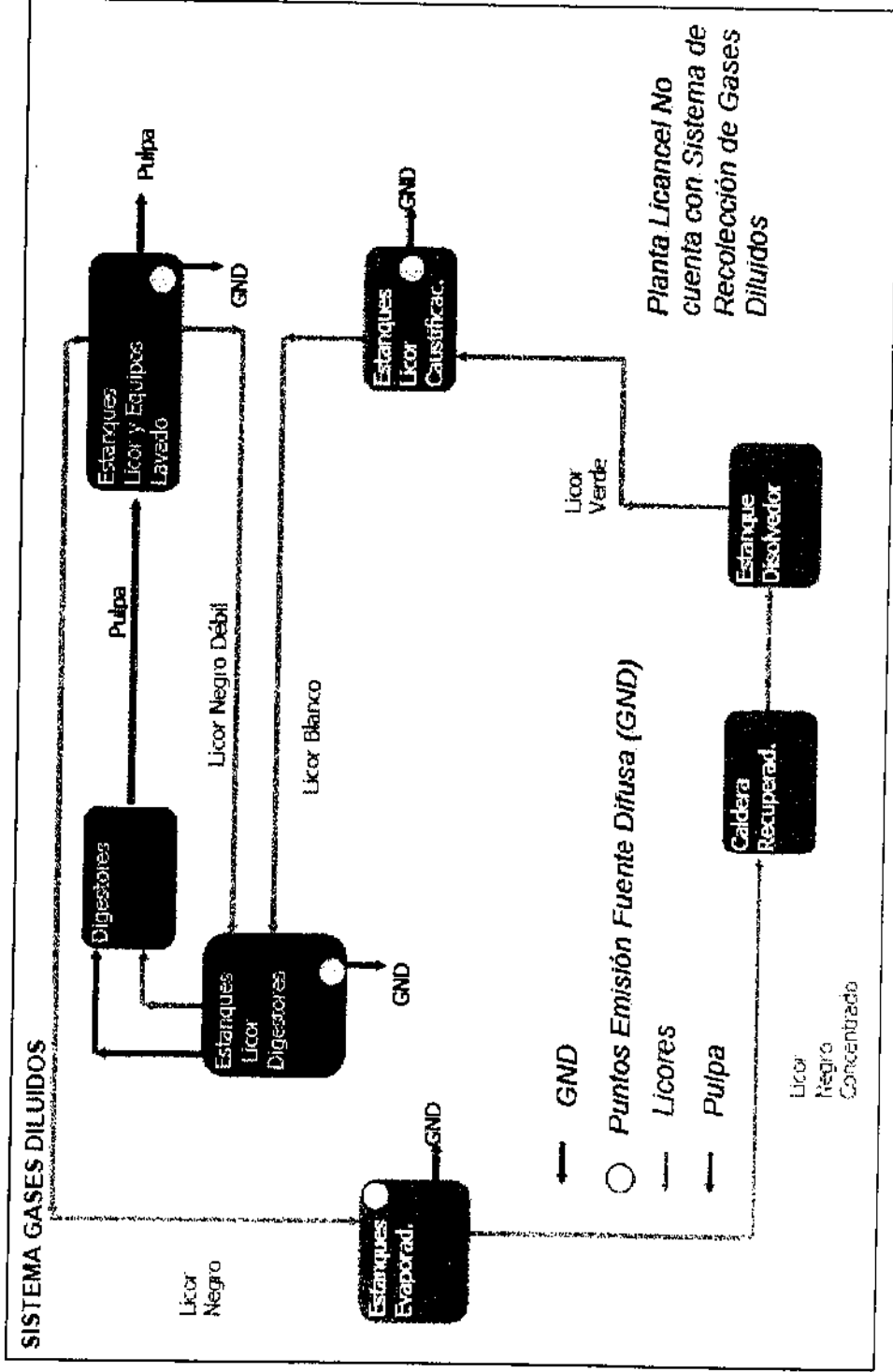


DIAGRAMA PLANTA LICANCEL



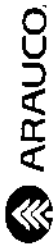
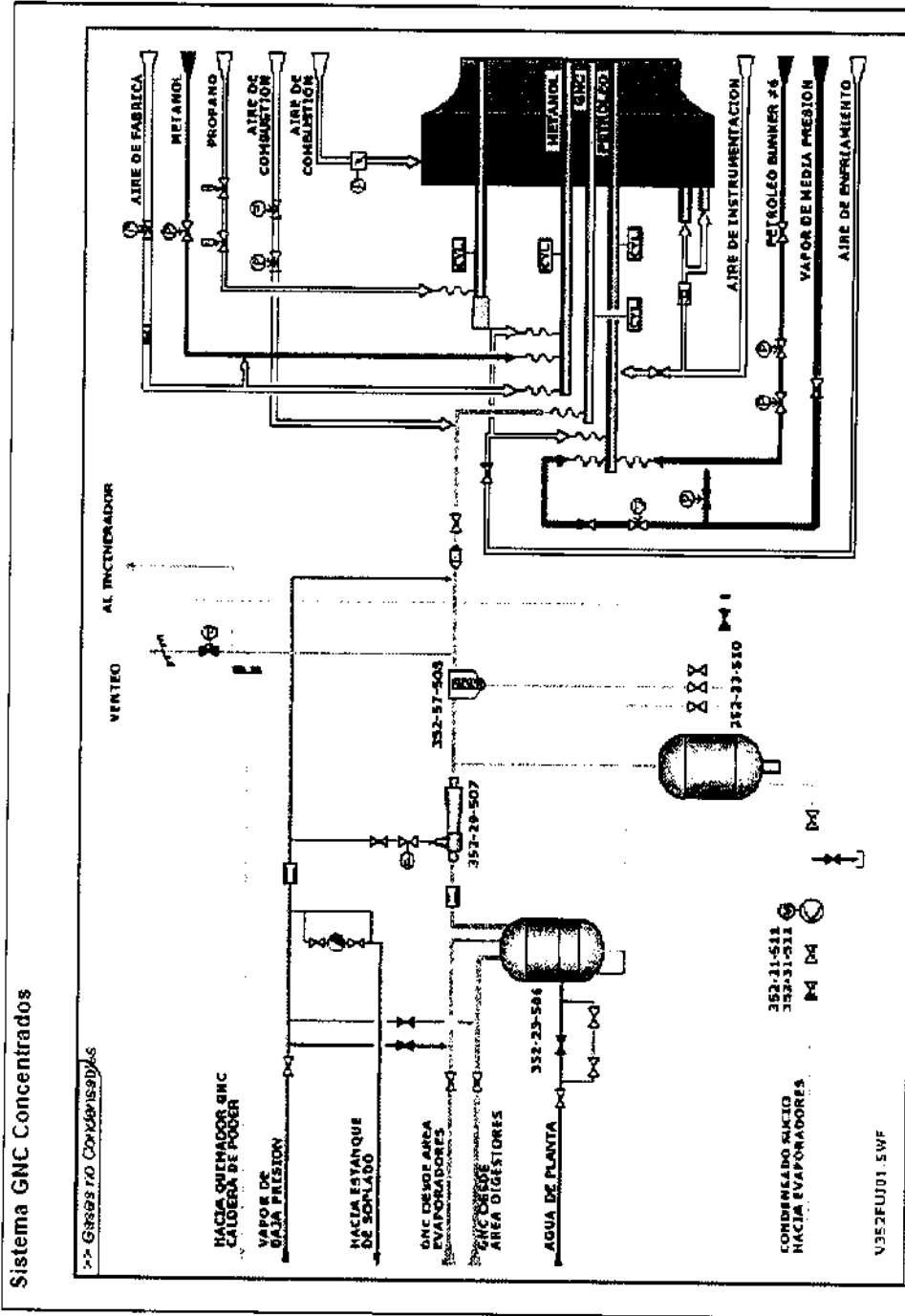


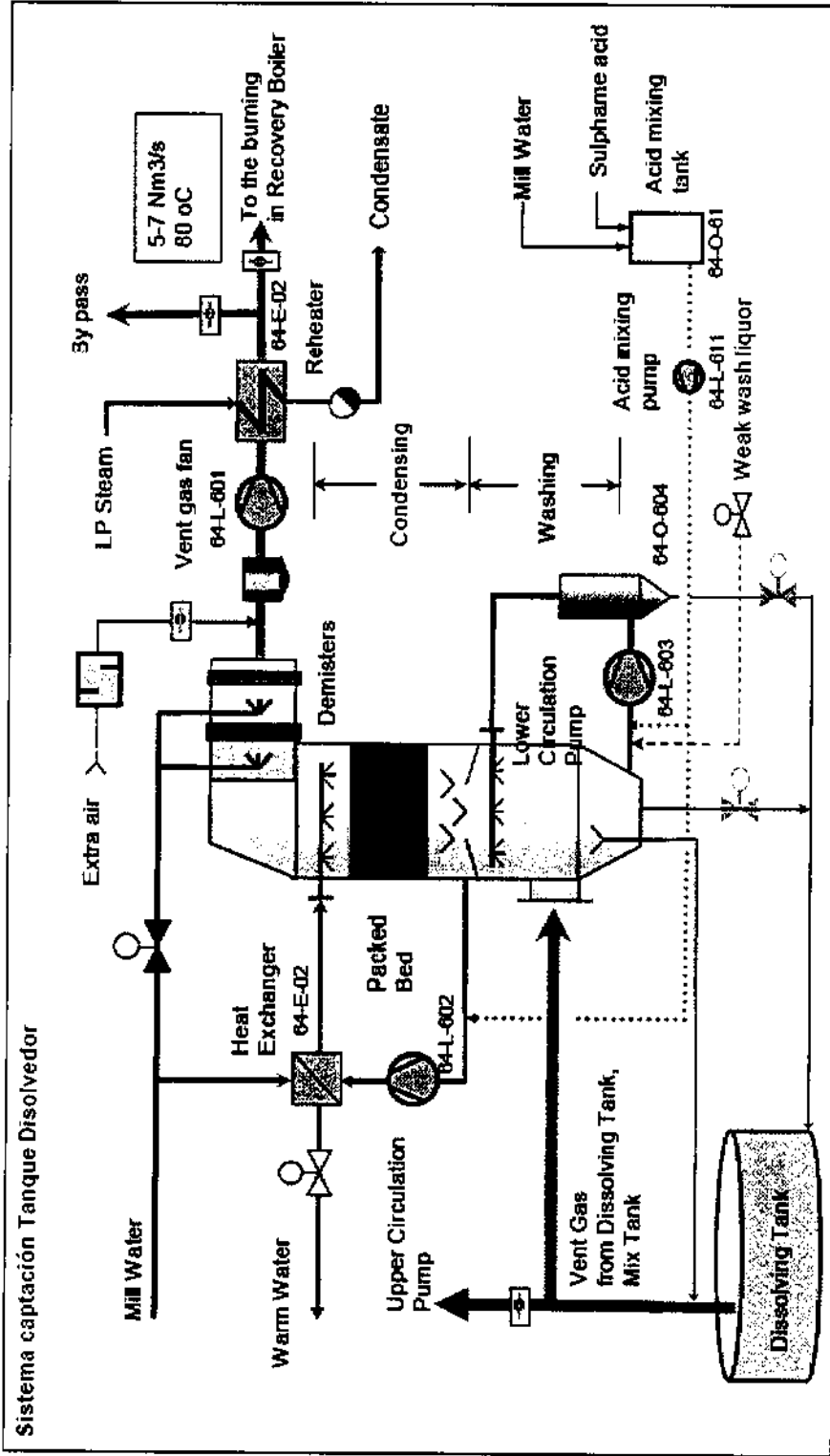
DIAGRAMA PLANTA VALDIVIA

Sistema GNC Concentrados



000774

DIAGRAMA PLANTA VALDIVIA



000775

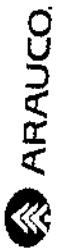


DIAGRAMA PLANTA NUEVA ALDEA

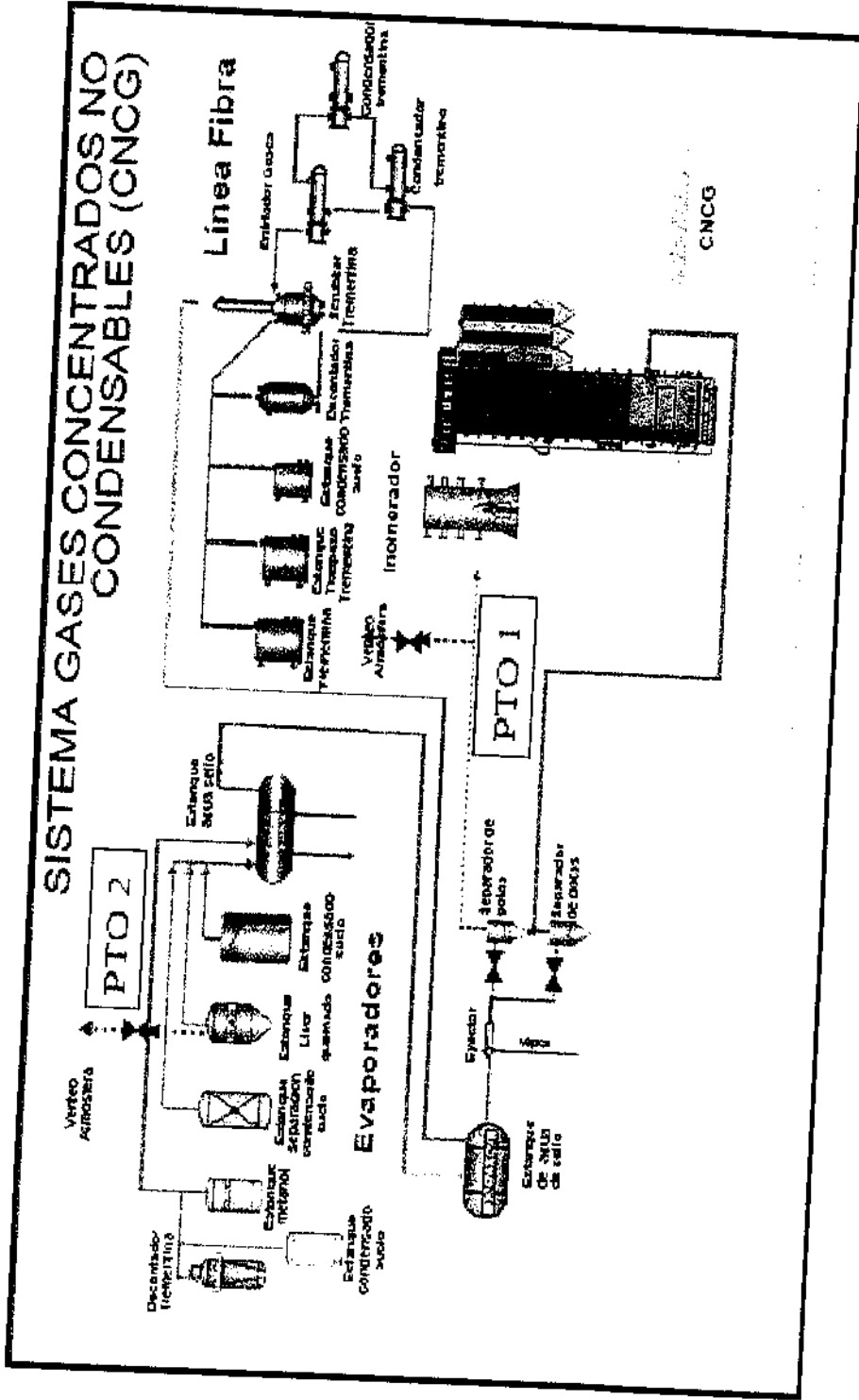
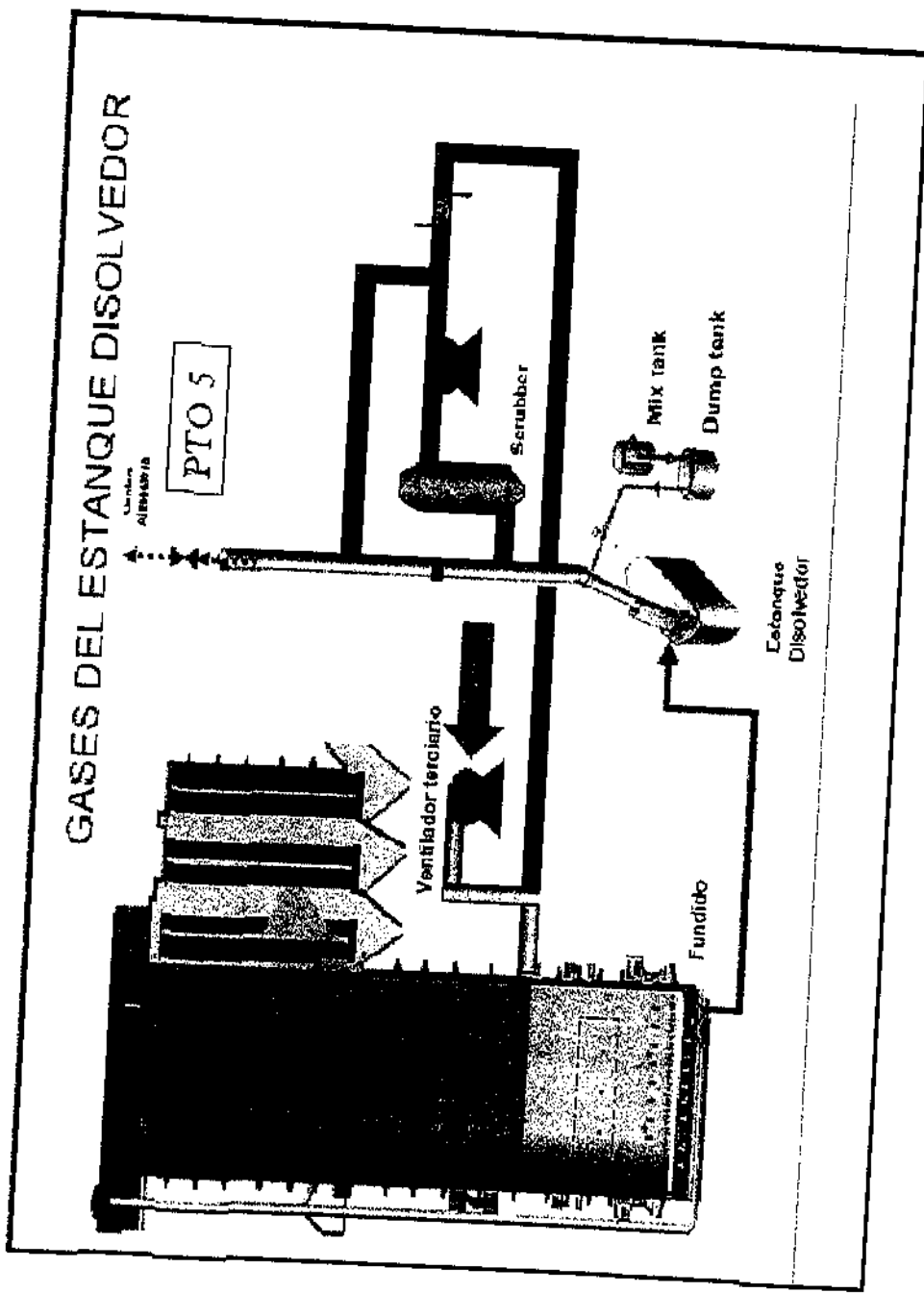


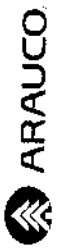


DIAGRAMA PLANTA NUEVA ALDEA



MOM/Julio -2 010/rev2 - 200710

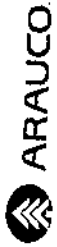
Y76 VTA



Anexo 2 Concentraciones de TRS

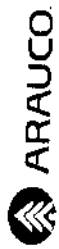
000777

444 VTA



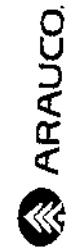
**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 CALDERA RECUPERADORA LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2007**

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	0,30	0,27	0,29	0,22	0,28	0,28	0,25	0,31	0,23	0,23	0,24	0,25
2	0,31	0,27	0,32	0,22	0,28	0,27	0,26	0,29	0,22	0,28	0,25	0,28
3	0,31	0,24	0,30	0,23	0,27	0,27	0,29	0,28	0,22	0,27	0,23	0,34
4	0,27	0,24	0,42	0,23	0,27	0,30	0,32	0,27	0,22	0,24	0,25	0,32
5	0,25	0,25	0,31	0,22		0,31	0,26	0,27	0,22	0,26	0,28	0,32
6	0,24	0,27	0,32	0,22		0,26	0,31	0,27	0,22	0,26	0,22	0,32
7	0,23	0,28	0,27	0,23		0,27	0,32	0,26	0,22	0,25	0,23	0,31
8	0,25	0,26	0,25	0,23		0,29	0,32	0,28	0,22	0,27	0,24	0,34
9	0,24	0,27	0,25	0,23		0,22	0,31	0,28	0,21		0,28	0,34
10	0,24	0,28	0,24	0,23	0,28	0,24	0,28	0,28	0,22		0,30	0,31
11	0,26	0,27	0,26	0,22	0,26	0,26	0,29	0,25	0,22		0,25	0,32
12	0,25	0,27	0,27	0,23	0,29	0,27	0,27	0,25	0,24		0,26	0,36
13	0,26	0,26	0,27	0,23	0,27	0,30	0,26	0,34	0,26		0,28	0,33
14	0,25	0,26	0,25	0,22	0,27	0,28	0,29	0,30	0,24		0,27	0,33
15	0,23	0,25	0,25	0,21	0,26	0,26	0,28	0,29	0,24		0,30	0,33
16	0,28	0,26	0,27	0,22	0,30	0,25	0,28	0,27	0,25		0,30	0,33
17	0,30	0,27	0,25	0,23	0,28	0,27	0,25	0,25	0,27		0,30	0,33
18	0,29	0,27	0,24	0,26	0,25	0,29	0,28	0,24	0,27		0,30	0,30
19	0,26	0,26	0,26	0,27	0,26	0,27	0,24	0,24	0,26		0,32	0,29
20	0,28	0,26	0,27	0,29	0,26	0,27	0,30	0,22	0,30		0,31	0,28
21	0,27	0,28	0,26	0,29	0,27	0,28	0,28	0,22	0,30		0,37	0,29
22	0,28	0,37	0,25	0,27	0,27	0,26	0,26	0,24	0,30		0,36	0,30
23	0,27	0,30	0,25	0,28	0,27	0,25	0,25	0,21	0,31		0,27	0,31
												0,30



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
24	0,27	0,29	0,25	0,27	0,28	0,27	0,26	0,22	0,31		0,29	0,24
25	0,27	0,28	0,25	0,27	0,27	0,25	0,26	0,23	0,33		0,23	0,21
26	0,28	0,29	0,25	0,27	0,28	0,25	0,29	0,24	0,29		0,30	0,21
27	0,29	0,29	0,25	0,30	0,31	0,27	0,35	0,23	0,24		0,30	0,20
28	0,29	0,29	0,23	0,29	0,30	0,36		0,23	0,23	0,28	0,32	0,22
29	0,26	0,28		0,27	0,28	0,35		0,22	0,22	0,25	0,28	0,20
30	0,26	0,29		0,28	0,28	0,27	0,22	0,20	0,23	0,25	0,23	0,21
31	0,27	0,29			0,29		0,28	0,22		0,26		0,22

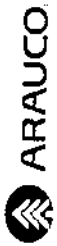
000778



778 VTA

**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 CALDERA RECUPERADORA LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2008**

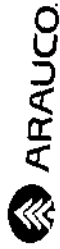
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	0,23	0,37	0,22	0,22	0,21	0,20	0,21	0,18	0,29	0,24		0,56
2	0,22	0,44	0,22	0,22	0,21	0,19	0,19	0,18	0,29	0,12	0,31	0,62
3	0,22	0,28	0,21	0,21	0,19	0,22	0,21	0,17	0,30	0,10		0,63
4	0,24	0,28	0,25	0,25	0,20	0,17	0,21	0,18	0,30	0,10		0,52
5	0,25	0,34	0,26	0,25	0,34	0,17	0,21	0,18	0,28	0,11	0,44	0,52
6	0,27	0,31	0,42	0,24	0,22	0,19	0,21	0,18	0,27	0,09	0,28	0,90
7	0,31	0,29	0,29	0,20	0,21	0,17	0,21	0,19	0,29	0,09	0,42	0,85
8	0,29	0,15	0,35	0,18	0,22	0,21	0,24	0,20	0,29	0,14	0,43	0,34
9	0,29	0,17	0,28	0,20	0,19	0,22	0,23	0,20	0,29	0,19	0,25	0,37
10	0,30	0,25	0,27	0,20	0,20	0,21	0,20	0,21	0,27	0,19	0,27	0,46
11	0,28	0,22	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20	0,22	0,26	0,19	0,28	1,76
12	0,28	0,25	0,23	0,22	0,22	0,20	0,20	0,22	0,29	0,20	0,25	0,66
13	0,30	0,25	0,19	0,21	0,41	0,19	0,21	0,22	0,29	0,20	0,22	0,18
14	0,27	0,24	0,23	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,29	0,19	0,26	0,20
15	0,29	0,45	0,20	0,22	0,21	0,22	0,22	0,21		0,19	0,27	0,21
16	0,31	0,34	0,21	0,22	0,22	0,26	0,20	0,20	0,28	0,20	0,29	0,35
17	0,31	0,37	0,21	0,22	0,22	0,29	0,19	0,21	0,28	0,22	0,29	0,27
18	0,29	0,29	0,20	0,22	0,20	0,29	0,19	0,22	0,26	0,22	0,32	0,24
19	0,28	0,28	0,21	0,22	0,20	0,26	0,19	0,22	0,32	0,23	0,28	0,26
20	0,27	0,26	0,23	0,20	0,19	0,26	0,21	0,22	0,30	0,24	0,28	0,39
21	0,29	0,26	0,21	0,25	0,21	0,28	0,19	0,26	0,29	0,34	0,31	0,20
22	0,29	0,25	0,19	0,28	0,20	0,17	0,15	0,22	0,28		0,52	0,18
									0,26		0,40	0,25



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	0,34	0,22	0,21	0,30	0,22	0,19	0,15	0,28	0,30		0,63	0,36
24	0,31	0,23	0,22	0,27	0,20	0,21	0,17	0,25	0,31		0,80	0,21
25	0,34	0,22	0,20	0,18	0,22	0,20	0,15	0,27	0,29		0,39	0,30
26	0,28	0,21	0,20	0,19	0,21	0,22	0,18	0,26	0,24		0,44	0,27
27	0,35	0,23	0,20	0,20	0,23	0,21	0,17	0,27	0,31		0,47	0,29
28	0,35	0,21	0,22	0,22	0,26	0,19	0,18	0,29	0,28		0,53	0,29
29	0,29	0,22	0,22	0,22	0,27	0,19	0,21	0,34	0,31		0,50	0,27
30	0,28		0,24	0,22	0,24	0,21	0,18	0,32	0,30		0,53	0,45
31	0,30		0,24		0,22		0,19	0,28				0,49

000779

779 VTA



**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 CALDERA RECUPERADORA LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2009**

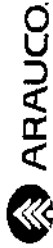
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	0,25	0,35	0,23	0,20	0,24	0,25	0,26	0,18	0,32	0,66		1,22
2	0,23	0,42	0,21	0,16	0,30	0,25	0,64	0,09	0,49	0,63		1,46
3	0,27	0,58	0,22	0,08	0,22	0,18	0,65	0,09	0,33	0,69		0,97
4	0,33	0,65	0,20	0,13	0,27	0,17	0,15	0,07	0,34	0,73		1,18
5	0,38	0,56	0,25	0,06	0,29	0,24	0,46	0,13	0,85	0,50		0,95
6	0,35	0,58	0,29	0,21	0,26	0,17	0,29	0,07	0,51	0,46		0,92
7	0,60	0,52	0,31	0,25	0,23	0,16	0,15	0,19	0,44	0,82		0,88
8	0,55	0,50	0,51	0,18	0,24	0,18	0,13	0,20	0,42	0,45	0,47	0,89
9	0,43	0,56	0,26	0,15	0,23	0,18	0,28	0,26	0,42	0,35	0,54	0,97
10	0,39	0,62	0,32	0,65	0,25	0,18	0,24	0,14	0,75	0,28	0,63	0,95
11	0,57	0,77	0,53	0,17	0,22	0,19	0,33	0,16	0,36	0,30	0,60	0,92
12	0,64	0,87	0,45	0,19	0,21	0,16	0,36	0,16	0,61	0,54	0,68	1,02
13	0,60	0,98	0,37	0,28	0,24	0,55	0,33	0,21	0,51	0,56	1,11	1,12
14	0,82	1,72	0,59	0,39	0,23	0,21	0,28	0,17	0,75	0,92	1,01	0,96
15	0,64	1,00	0,24	0,10	0,22	0,22	0,37	0,17	0,89	1,35	0,98	0,97
16	0,62	0,84	0,24	0,45	0,21	0,20	0,44	0,13	0,42	0,74	0,95	0,94
17	0,56	0,74	0,54	0,20	0,21	0,40	0,40	0,18	0,74	1,57	0,91	1,16
18	0,43	0,86	0,55	0,28	0,21	0,21	0,50	0,14	0,58	1,03	0,81	1,22
19	0,58	0,86	0,45	0,49	0,21	0,20	0,43	0,24	0,78	0,68	0,88	1,24
20	0,70	0,83	0,23	0,67	0,24	0,18	0,28	0,31	0,70		0,81	1,19
21	0,56	0,95	0,18	0,73	0,26	0,18	0,34	0,18	0,69		0,97	1,18
22	0,65	1,03	0,16	0,56	0,21	0,17	0,25	0,30	0,51		0,91	1,08



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	0,86	1,28	0,58	0,26	0,21	0,20	0,24	0,29	0,58		0,91	1,09
24	0,56	1,17	0,22	0,32	0,23	0,19	0,42	0,42	0,58		0,83	1,00
25	0,67	1,09	0,20	0,43	0,20	0,20	0,23	0,23	0,48		0,88	1,10
26	0,77	1,37	0,59	0,60	0,19	0,21	0,28	0,34	0,47		1,04	1,16
27	1,15	1,64	0,53	1,01	0,21	0,21	0,24	0,72	0,44		1,13	1,33
28	1,36	0,95	0,14	0,37	0,20	0,22	0,23	0,52	0,46		1,23	1,19
29	1,76		0,31	0,35	0,21	0,23	0,21	0,45	0,49		1,09	1,07
30	1,03		0,22		0,24	0,60	0,18	0,49	0,38		1,09	0,99

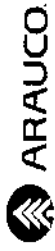
000780

780 VTA



**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 HORNO DE CAL LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2007**

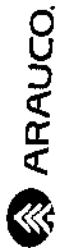
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	4,81	6,75	12,63	5,49	10,54	9,96	10,09	8,23	8,71	5,73	5,14	4,23
2	4,48	7,55	9,34	6,91	14,06	10,73	9,51	10,10	11,16	6,73	7,31	5,11
3	3,47	6,36	8,24	7,27	12,32	7,08	11,89	10,02	5,95	10,19	3,22	6,42
4	4,75	4,39	6,93	8,77	9,44	9,40	9,65	5,39	10,60	3,93	7,23	5,56
5	3,44	5,78	6,27	6,93	8,08	10,40	6,63	9,84	10,53	4,89	4,14	7,63
6	1,82	6,62	6,48	10,46		9,55	4,70	9,09	9,64	5,52	5,73	8,84
7	2,59	5,88	6,89	6,47		12,43	5,58	9,88	6,10	3,89	11,30	5,78
8	3,60	6,38	12,82	7,54		15,59	13,82	11,01	7,96	3,81	7,22	4,30
9	4,07	4,34	9,53	6,70		12,43	14,00	15,29	7,92		5,05	6,71
10	7,70	4,51	6,46	12,69	8,14	8,20	16,00	11,71	5,49		7,46	3,79
11	7,18	8,69	8,10	8,24	23,42	5,43	8,15	15,25	5,49		11,17	4,71
12	4,96	8,30	11,20	15,34	18,84	1,31	9,90	12,76	10,84		7,81	4,42
13	9,74	10,76	10,20	10,21	11,24	8,12	7,69	5,65	5,40		6,85	3,47
14	6,42	8,52	10,59	6,73	12,58	7,95	2,76	11,91	8,57		2,70	5,61
15	4,07	10,08	11,99	5,09	15,92	6,19	3,32	14,02	5,14		5,68	4,69
16	7,77	17,11	9,54	3,38	5,56	10,50	4,03	15,00	4,13		7,66	6,99
17	6,86	12,21	8,92	10,76	6,71	8,97	5,33	9,79	4,67		5,91	8,91
18	8,17	11,02	5,42	12,80	8,85	7,68	10,61	8,58	6,24		7,90	7,55
19	3,89	8,63	5,88	9,95	7,60	7,58	9,17	9,93	7,08		11,03	11,33
20	3,15	2,69	7,36	13,59	10,34	10,01	4,33	10,83	8,63		11,38	11,36
21	3,63	2,48	6,09	8,93	11,84	10,00	11,46	13,84	11,84	1,88	11,00	8,78
22	2,95	6,67	3,49	6,84	15,92	6,66	14,14	13,76	5,77	1,04	5,45	7,40



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	3,29	8,24	4,37	4,57	13,66	12,07	14,73	14,27	4,06	1,11	6,37	6,50
24	4,98	7,42	6,16	9,20	8,05	8,29	15,41	16,75	4,42	0,70	6,24	6,97
25	7,89	9,83	4,51	10,23	6,62	5,75	14,42	16,53	4,51	0,90	4,97	9,66
26	4,90	10,10	2,40	3,95	6,00	4,98	12,68	14,24	4,08	2,20	6,60	7,86
27	3,10	8,65	1,86	6,80	7,17	12,55	15,91	11,32	3,18	2,23	5,51	7,58
28	4,49	7,04	3,16	11,02	5,81	5,62	10,21	9,67	8,62	3,41	8,39	12,05
29	3,70		2,34	5,10	10,11	7,33	6,71	7,42	6,80	5,22	9,16	8,10
30	7,54		2,05	7,78	7,78	3,19	6,66	5,72	9,11	5,81	6,27	7,55
31	5,52		8,81		9,06		9,10	9,54		4,17		6,69

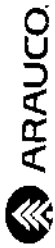
000781

781 VTA



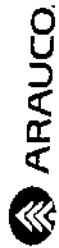
**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 HORNO DE CAL LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2008**

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
1	7,77	11,18	7,10	6,98	4,64	7,18	5,09	8,77	7,75	7,27	3,57	12,50
2	9,02	10,59	7,82	8,92	3,85	5,54	7,56	9,34	7,65	7,39	8,49	10,31
3	12,02	10,04	8,20	6,42	5,01	5,10	5,70	6,18	5,68	8,96	9,84	10,66
4	12,36	10,42	6,85	8,89	4,38	5,34	5,37	6,16	6,28	9,95	4,57	8,97
5	13,00	9,73	3,44	9,85	6,88	3,78	7,85	6,42	10,57	8,44	13,87	9,20
6	9,11	11,28	7,86	9,02	3,89	7,29	6,26	7,68	12,81	7,28	13,63	11,02
7	11,87	13,76	10,36	11,89	6,26	6,25	5,55	6,83	11,47	8,17	13,42	12,82
8	9,27	7,87	8,34	5,80	7,43	7,93	8,94	9,92	9,87	10,70	8,74	10,85
9	12,96	12,13	6,36	8,86	7,09	6,01	7,58	10,10	10,81	9,09	5,46	12,12
10	9,24	12,25	5,58	8,07	6,97	7,79	9,01	10,15	8,99	11,78	7,09	10,85
11	8,10	11,10	7,63	9,32	4,61	5,76	7,46	9,97	11,48	9,85	4,86	6,87
12	9,13	9,67	10,81	10,50	7,70	5,17	10,83	8,26	7,46	10,17	8,65	9,95
13	9,50	9,87	10,86	8,25	5,67	8,67	10,44	8,66	5,40	9,77	5,46	11,81
14	9,81	12,91	9,21	7,00	9,23	4,63	10,83	7,85	2,11	9,98	7,91	8,22
15	6,22	9,44	8,55	8,37	8,49	4,98	11,25	8,46	2,80	10,59	10,06	8,69
16	10,78	13,28	12,46	7,22	11,36	5,91	6,67	10,64	7,90	10,65	8,74	10,01
17	12,18	12,89	10,83	10,41	6,47	8,38	6,22	10,78	8,54	8,25	5,33	8,95
18	10,66	13,27	9,19	11,38	7,09	7,37	7,35	7,53	7,15	10,14	6,72	9,99
19	7,16	16,54	12,28	4,98	6,75	7,29	6,72	8,81	9,11	7,07	4,80	10,70
20	13,90	13,16	6,85	3,98	10,90	10,77	6,05	10,61	10,00	2,36	8,09	6,78
21	12,28	11,99	11,29	3,78	10,23	11,77	3,71	7,24	9,31		9,23	8,42
22	15,06	6,09	12,86	6,16	10,96	12,02	4,59	10,40	7,09		9,72	8,89



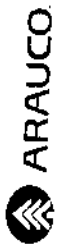
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	12,17	8,01	10,85	3,19	8,88	7,01	6,02	11,32	7,74		7,05	10,46
24	11,05	10,27	12,55	4,12	6,48	5,90	6,22	11,20	6,67		7,76	10,25
25	6,82	9,42	11,70	8,60	6,96	7,23	6,37	7,40	6,77		9,43	11,72
26	8,55	9,10	9,96	3,75	6,01	6,77	4,46	5,97	11,24		10,46	9,39
27	12,16	10,32	11,29	3,38	7,73	6,81	5,07	2,12	11,15		11,19	9,54
28	11,05	10,18	8,63	3,47	4,68	10,05	5,49	1,90	10,46		13,62	9,22
29	9,59	10,07	7,84	3,45	8,87	7,93	4,53	1,93	9,59		11,46	8,17
30	7,87		4,53	4,09	4,88	5,91	3,96	8,29	9,78		13,16	12,04
31	12,61		3,47		4,16		9,37	6,57				11,00

000782



**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 HORNO DE CAL LÍNEA 2
PLANTA ARAUCO 2009**

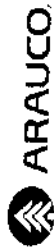
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	12,67	9,74	4,36	8,99	9,63	12,23	15,08	10,28	6,93	7,22		12,42
2	10,32	4,57	7,37	10,79	4,08	5,32	12,90	11,85	9,15	10,31		12,37
3	11,44	7,06	4,93	8,39	2,48	13,43	10,69	12,79	8,03	11,74		13,31
4	9,90	5,72	6,66	7,10	4,95	12,48	10,20	11,96	8,35	11,22		14,89
5	11,26	8,78	6,44	9,76	11,37	10,96	12,00	11,31	9,34	8,58		14,13
6	9,70	10,35	9,10	11,90	9,84	8,18	10,03	7,49	8,31	10,57		15,19
7	8,44	10,19	8,19	8,09	12,61	8,50	8,48	8,78	9,49	11,00	15,02	13,87
8	9,69	10,25	5,48	9,28	11,52	10,38	13,17	11,71	4,83	10,55	5,88	11,61
9	8,15	7,43	7,04	14,35	9,99	9,12	12,83	12,37	7,31	12,03	8,62	12,76
10	10,02	9,76	6,83	15,87	14,88	10,14	12,41	10,46	5,94	10,21	11,18	13,28
11	11,78	10,34	10,22	10,05	12,88	10,61	10,77	11,15	7,78	10,52	6,95	15,63
12	7,48	10,09	9,03	8,14	9,62	9,17	13,81	7,81	8,38	8,52	11,03	17,27
13	9,60	10,72	8,12	10,07	11,00	13,20	12,20	8,06	10,08	7,85	10,09	13,09
14	10,08	12,13	8,67	6,27	10,42	11,17	11,03	8,82	8,67	7,67	8,80	14,50
15	10,50	10,59	11,74	5,27	9,34	7,26	13,32	8,37	5,58	9,25	10,49	12,74
16	13,48	10,27	9,14	5,48	11,91	10,93	15,71	9,72	6,15	9,72	7,70	12,88
17	11,19	11,07	7,09	12,58	7,97	13,34	14,26	7,72	7,09	8,16	9,84	11,40
18	9,43	10,34	7,40	13,73	14,17	15,09	13,40	10,76	7,11	7,08	8,93	9,48
19	11,35	3,10	11,41	13,14	14,79	8,48	14,44	10,00	8,01		12,76	12,85
20	10,15	6,30	11,05	11,98	12,88	10,90	13,21	11,97	9,21		13,18	7,67
21	12,90	5,66	6,16	9,84	12,78	10,27	15,37	9,97	7,65		11,98	6,84
22	9,77	5,36	9,53	9,19	13,04	12,72	10,45	11,33	5,76		10,51	8,71



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	7,24	7,65	9,98	14,04	12,28	11,84	14,94	9,10	9,06		10,00	10,42
24	6,12	7,98	4,71	13,42	12,78	8,17	12,65	8,54	9,05		11,09	10,76
25	8,03	4,42	4,16	15,24	12,73	11,50	13,16	9,22	8,72		11,83	7,98
26	8,90	9,59	7,56	10,23	12,59	11,13	14,28	9,20	9,30		12,92	8,46
27	6,65	9,37	5,17	10,95	12,71	11,57	13,96	11,16	7,34		13,11	10,37
28	6,65	6,72	7,74	13,27	12,04	12,41	14,32	8,82	3,81		11,12	8,68
29	4,83	6,77	11,74	12,63	13,12	13,05	14,78	8,37	3,60		9,66	7,51
30	5,78		8,31	13,11	13,96	12,82	12,33	7,14	8,54		11,41	4,69
31			5,37		13,88		12,79	7,06				8,58

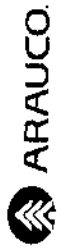
000783

783 VTA



**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 CALDERA RECUPERADORA
PLANTA CONSTITUCIÓN 2008**

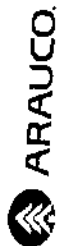
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	2,15	2,86	3,09		1,40	1,87	1,39	1,78	2,13	0,66	2,41	3,35
2	1,24	3,76	1,85		1,49	3,48	1,54	0,99	0,93	1,14	2,75	2,80
3	0,62	4,64	3,15		1,54	1,63	0,90	1,12	1,18	0,80	3,41	4,21
4	2,61	3,24	2,58		1,64	0,89	2,11	1,72	1,99	1,25		2,60
5	2,35	2,53	2,17		1,56	0,85	1,91	1,52	0,85	1,31		2,48
6	0,66	1,53	2,12		1,64	0,40	2,09	2,60	1,13	2,14		2,13
7	2,17	1,62	2,21	3,14	0,80	0,75	0,98	1,27	1,87	1,19		1,77
8	2,39	2,00	2,41	0,57	0,64	0,57	1,62	1,22	2,22	1,79		1,91
9	2,22	2,32	2,46	1,04	0,63	0,44	1,87	2,22	1,88	1,96		2,71
10	1,20	1,11	2,82	1,01	0,76	1,26	2,75	1,69	2,52	1,96		2,45
11	1,35	3,21	1,63	0,99	0,79	0,92	1,63	1,72	2,17	2,10		1,82
12	1,39	2,83	2,17	0,81	1,15	1,61	0,82	1,77	3,12	1,82		2,53
13	2,21	2,69	2,51	2,28	1,13	1,62	1,38	0,98	2,19	2,31		4,16
14	3,88	1,74	2,51	1,51	1,70	1,94	2,56	1,69	2,08	2,67		2,28
15	2,95	1,00	3,56	1,52	1,24	1,39	0,84	1,11	2,63	2,97		0,97
16	2,41	0,88	1,28	1,61	1,25	0,91	1,88	2,66	2,54	3,72		2,83
17	4,63	1,27	0,63	2,46	2,03	0,86	2,36	1,94	2,53	3,45		1,90
18	1,08	1,33	0,76	2,20	1,18	0,79	1,44	1,04	4,03	0,98		2,16
19	1,80	2,15	1,70		1,14	1,16	1,69	2,00	3,50	1,50		2,02
20	1,76	2,50	1,43	1,56	1,63	1,01	2,50	2,40	3,91	1,82		0,65
21	2,80	2,21	1,59	1,83	1,18	0,67	0,57	2,38	4,25	1,31	3,24	0,00
22	3,06	1,32	1,82	3,25	2,40	0,94	0,88	7,86	1,70	1,17	3,68	0,40



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	2,79	1,04	1,33	1,85	0,84	1,02	1,19	1,18	1,14	2,51	3,07	3,63
24	3,39	1,53	0,98	1,45	0,54	0,55	0,58	0,82	2,14	2,84	4,12	2,85
25	4,92	1,23	1,07	1,83	0,70	0,53	0,93	1,29	1,43	3,75	2,46	1,59
26	2,65	1,82	2,03	1,60	0,72	1,13	1,82	2,41	2,78	3,34	2,22	2,29
27	2,54	1,03		1,67	0,92	1,07	1,21	2,70	2,38	3,40	2,73	3,40
28	3,97	1,25		2,20	0,96	0,84	1,12	1,13	2,92	1,52	1,82	1,43
29	2,93	2,30		1,82	0,97	1,09	0,87	1,87	2,82	1,63	2,75	3,36
30	3,89		0,78	1,05	1,40	1,59	1,12	3,07	1,08	2,54	2,72	3,58
31	2,76		1,22		0,82		1,70	2,42		3,66		2,10

000784

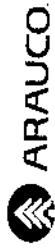
784 VTA



ARAUCO

**CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 CALDERA RECUPERADORA
PLANTA CONSTITUCIÓN 2009**

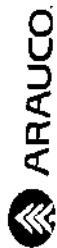
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1,21	3,24	3,39		0,24	3,88	1,14	2,51	1,67	3,06	2,30	2,65
2	1,54	3,91	3,80		1,04	2,94	2,36	2,89	2,11	2,68	2,53	2,94
3	2,00	4,29	4,84		1,05	2,74	2,56	2,07	1,88	2,49	3,02	3,13
4	1,63	4,43	1,12		2,13	2,14	2,24	2,10	2,30	2,31	2,75	3,51
5	1,95	4,37	1,86		1,28	1,84	1,47	2,04	2,02	3,13	1,50	2,66
6	2,56	2,45	1,70		1,50	1,20	1,71	2,77	1,68	3,69	2,27	2,41
7	1,94	1,89	1,20		1,91	2,07	2,70	2,12	0,96	2,45	1,83	3,25
8	3,86	1,80	1,07		1,47	2,00	1,69	1,47	0,61	2,21	1,73	4,04
9	3,04	3,10	1,76		1,34	1,64	3,12	1,67	0,58	3,13	2,70	4,14
10	2,80	3,31	1,70		1,41	2,99	1,55	2,91	0,95	3,18	2,88	3,82
11	1,63	3,11	1,90	0,99	3,45	1,55	2,95	2,83	1,06	2,47	2,86	3,43
12	2,46	3,77	1,34	0,93	1,93	2,17	2,38	3,43	3,08	2,54	2,97	4,69
13	1,32	2,18	1,52	1,65	2,06	2,41	1,72	3,92	1,41	1,28	2,84	3,04
14	1,57	2,67	2,26	1,29	3,13	0,92	1,01	2,05	1,79		2,58	4,03
15	3,86	3,09	2,32	1,96	1,37	1,74	1,15	3,41	2,28		2,01	2,01
16	2,95	3,19	2,47	1,03	1,94	2,05	1,29	2,79	2,31		2,91	2,41
17	3,42	3,85	1,80	1,32	2,29	1,69	1,78	2,96	2,07		2,92	1,91
18	1,69	4,02	1,33	1,22	2,68	2,39	2,25	2,77	3,53	1,28	3,01	2,43
19	4,02	5,01	1,16	0,61	2,52	1,78	4,34	3,41	3,16	1,12	1,54	1,73
20	2,68	2,90	1,34	2,25	1,68	1,27	3,99	2,56	3,59	0,89	1,95	2,30
21	3,16	2,13	2,00	3,56	2,44	0,34	1,69	2,80	2,48	1,62	2,36	2,91
22	3,59	3,52	2,03	2,40	2,34	0,62	0,43	1,57	2,17	2,80	1,86	1,76



DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
23	4,01	3,55	2,25	1,78	2,13	0,61	1,22	0,80	3,14	2,48	3,56	2,17
24	3,68	4,24	2,17	2,81	2,99	0,75	3,29	1,44	3,89	1,64	4,11	3,00
25	1,93	3,00	2,52	2,30	1,16	7,82	2,91	1,10	2,00	2,71	2,21	2,28
26	2,89	3,37	2,33	1,01	1,35	1,80	5,26	1,78	2,29	4,21	2,27	2,05
27	3,22	3,78	1,35	1,11	2,63	1,85	0,28	3,13	2,40	2,30	3,45	3,56
28	4,50	8,66	2,65	1,11	1,99	2,47	1,33	2,85	1,20	2,10	2,34	3,60
29	4,26		0,93	0,84	2,72	1,87		2,35	0,54	1,37	2,79	3,24
30	4,16		1,65	1,15	2,44	1,51	2,37	1,92	2,49	2,78	3,65	3,43

000785

785 VTA



ARAUCO

CONCENTRACIÓN DE TRS
RESUMEN PROMEDIO DIA TRS en ppmv H2S @ 8% O2 HORNO DE CAL
PLANTA CONSTITUCIÓN 2008

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1,28	1,41	1,29		1,76	1,13	1,09	8,14	1,55	1,45	14,82	1,54
2	1,76	1,36	1,40		1,47	1,15	1,11	1,31	2,19	1,88	17,65	1,43
3	1,54	1,62	1,44		1,49	1,11	1,14	1,12	3,76	1,67		1,41
4	1,41	1,35	1,74		1,64	1,28	1,06	1,18	1,36	1,46		1,40
5	1,36	2,03	1,50		1,49	5,34	1,11	1,31	1,57	1,36	1,61	2,58
6	1,93	7,90	1,36	2,20	1,72	0,96	1,35	1,74	1,58	1,43	2,59	1,33
7	1,37	1,21	1,37	1,73	1,83	1,29	1,11	1,31	1,40	1,61	1,75	1,33
8	1,61	1,49	1,40	1,55	1,49	1,23	1,14	2,11	1,36	1,67	2,31	1,37
9	1,51	1,45	1,42	1,40	1,42	1,16	1,18	3,59	1,45	1,42	2,09	1,35
10	1,55	1,27	1,41	1,47	1,71	1,20	0,91	1,27	1,56	1,61	2,29	2,23
11	1,59	1,24	1,36	1,56	1,36	2,11	1,43	2,08	1,27	1,52	1,85	1,67
12	1,32	1,40	1,47	1,63	2,31	1,24	1,27	1,27	1,23	2,29	2,86	2,13
13	1,42	1,79	1,38	1,45	3,77	1,32	1,96	1,11	1,57	1,59	1,89	1,64
14	1,42	1,42	1,46	1,65	3,63	1,36	1,19	1,51	5,85	1,44	2,01	1,58
15	1,27	1,25	1,46	1,59	1,44	1,50	1,04	1,28	1,39	2,01	2,14	1,25
16	1,46	1,30	1,36	1,97	1,81	1,48	0,83	1,13	1,68	1,42	2,13	1,83
17	1,81	1,20	2,32	1,43	2,44	1,45	1,97	1,21	1,60	1,64	2,09	1,63
18	2,06	1,18	1,60	2,31	1,22	1,44	0,99	2,74	1,30	2,94	1,99	3,51
19	1,50	1,22	2,47	1,08	1,55	1,73	0,82	1,64	1,47	4,02	3,33	1,55
20	1,63	1,43	1,38	1,36	1,63	1,90	0,88	6,11	1,22	4,34	3,57	1,77
21	1,51	1,20	1,07	1,15	1,90	1,80	1,30	1,29	1,28	3,01	3,99	1,30
22	1,69	1,18	1,18	1,53	1,89	4,29	1,25	1,45	1,29	2,00	2,05	1,43