



GENERACIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS PARA LA REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN DE COMPUESTOS TRS Y GENERADORES DE OLOR, ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA KRAFT

RESULTADOS FINALES

Estudio solicitado por Subsecretaría del Medio Ambiente

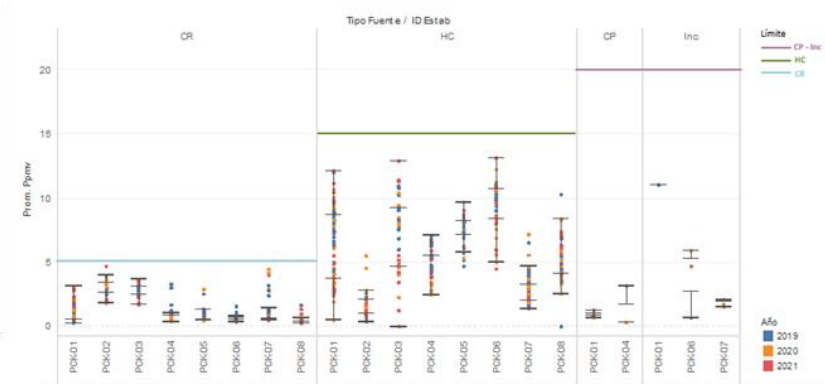
Levantar los **antecedentes técnicos y económicos** para fundamentar una propuesta regulatoria de la revisión del DS37/2013 forma de emisión de compuestos TRS, generadores de olor, asociados a la fabricación de pulpa Kraft, en adelante DS37/2013.

Estudio desarrollado desde octubre/2022 a Mayo/2023

- ☐ Propuestas exigencias norma TRS/olores
- ☐ Análisis de costos y beneficios de propuestas

□ Descripción del proceso de Plantas de Celulosas Kraft

□ Nivel de cumplimiento del DS37/2013



□ Normativas internacionales



□ MTDs

	Área	MTD	Unidad/etapa donde se ha implementado	% aplicación plantas nacional
	Línea de fibra	Separación de condensados sucios	Digestores	12,5%
		Sistema general de recolección y tratamiento de gases concentrados (CNCG)	Unidades generadoras de gases CNCG	100%
		Sistema general de recolección y tratamiento de gases diluidos (DNCG)	Unidades generadoras de gases DNCG	100%
		Aumento de sólidos secos en licor negro	Evaporadores	62,5%
	Sistema de recuperación química y energética	Sistema general de recolección y tratamiento de gases concentrados (CNCG)	Unidades generadoras de gases CNCG	100%
		Sistema general de recolección y tratamiento de gases diluidos (DNCG)	Unidades generadoras de gases DNCG	100%
		Separación de condensados sucios	Evaporadores	100%
		Scrubber	Caldera recuperadora	62,5%
	Ciclo de cal	Incinerador	25%	
		Caldera de poder o biomasa	12,5%	
		Estanque disolvente de licor verde	75%	
		Caustificadores	12,5%	
	Verticeo	Sistema general de recolección y tratamiento de gases diluidos (DNCG)	Caustificadores	100%
		Scrubber (HC)	Horno de cal	25%
		Agentes neutralizantes*	Ventosos	50%
		Scrubber alcalino	Ventosos	62,5%
	Planta de tratamiento de efluentes	Cobertura Lagunas*	Laguna(s) de emergencia	0%
		Oxidación Ozono	N/A	0%
		Oxidación Luz UV/Ozono	Estanque de neutralización	12,5%
		Reemplazo de torres de enfriamiento por intercambiadores de calor	Enfriamiento	25%
		Filtro de carbón activado	Estanque de neutralización	25%
		Biotrickling	N/A	0%
		Bioscrobber	N/A	0%
		Biofiltro	Contenedor de lodos	12,5%
Plasma frío/no térmico	N/A	0%		

PROPUESTAS EXIGENCIAS NORMA TRS/OLORES

La investigación al servicio de una política pública sustentable

Escenarios regulatorios evaluados

Escenario regulatorio	Aspecto a regular				Descripción
	Límites de emisiones de gases TRS	Límite de emisiones odorantes	Tratamiento de venteos	Prácticas operacionales	
Esc 1	✓	—	—	✓	Se modifican solo los límites asociados a los hornos de cal (desde 15 a 10 [ppmv]) y los equipos dedicados, correspondientes a las calderas de poder e incineradores (desde 20 a 10 [ppmv]), incluyendo prácticas operacionales.
Esc 2	—	✓	✓	✓	Se evalúa el componente olor , tratamiento de venteos y prácticas operacionales, manteniendo los límites de las fuentes reguladas por el DS37/2013 del MMA. Se incorpora un límite de emisión de olor asociado a una eficiencia de reducción para las principales fuentes de emisión de olor en el tratamiento de RILes : laguna de emergencia, estanque de neutralización, estanque de lodos y torres de enfriamiento
Esc 3	✓	✓	✓	✓	Se evalúa: modificar los límites asociados a los hornos de cal y equipos dedicados (calderas de poder e incineradores), eficiencia de reducción para las principales fuentes de emisión de olor en el tratamiento de RILes , tratamiento de venteos y prácticas operacionales.

Propuesta límites de emisiones de compuestos TRS

000230

Equipo	DS37/2013	Propuesta	Justificación
	Límite de concentración de Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)		
Caldera recuperadora ²	5 [ppmv] ¹	5 [ppmv] ¹	Las Calderas Recuperadoras suelen operar con bajo margen de cumplimiento
Horno de cal de establecimientos existentes ² Horno de cal de establecimientos nuevos ²	15 [ppmv] ¹ 10 [ppmv] ¹	10 [ppmv] ¹	Existe MTD que permiten cumplir niveles más exigentes en Hornos de Cal
Estanque disolvedor de licor verde	16,8 [mg/kg] de sólidos secos	-	
Incinerador dedicado ³	20 [ppmv] ¹	10 [ppmv] ¹	Durante el período de análisis, de Incineradores y Calderas de Poder, han operado con amplios márgenes (>65%) de sobre cumplimiento.
Caldera de poder dedicado ³	20 [ppmv] ¹	10 [ppmv] ¹	

- Nota 1: Valores de concentración deberán ser corregidos al 8% oxígeno en base seca y expresados en condiciones de presión y temperatura de 1 [atm] y 25 [°C].
- Nota 2: Se establece que se considerará sobrepasada la norma cuando el percentil 98 (P98) de los valores promedios horarios, registrados durante un periodo mensual en alguno de los equipos mencionados, sea mayor a lo indicado en la tabla.
- Nota 3: En caso de que sean equipos dedicados a la combustión de TRS, la norma será considerada sobrepasada cuando el P98 de los valores promedios diarios, registrados durante un período anual en alguno de los equipos sea mayor a lo indicado en la tabla

Propuesta de límite de emisiones de olor

□ Se propone regular olor en la Planta de RILES cuyas principales fuentes emisoras son:

- Lagunas
- Estanques de neutralización
- Estanque de lodos
- Torres de enfriamiento

Unidades Emisoras de Olor en RILES	Tecnologías propuestas para la reducción de olores	% de reducción		
		Min	Max	Prom
Lagunas	Cobertura de laguna	50%	90%	70%
Estanques de neutralización	Filtro de carbón activado	80%	95%	88%
	Biofiltro	50%	99%	75%
	Oxidación luz UV/Ozono	80%	98%	89%
Estanque de lodos	Filtro de carbón activado	80%	95%	88%
	Biofiltro	50%	99%	75%
Torres de enfriamiento	Reemplazo de torres de enfriamiento por I/C	60%	90%	75%

Propuesta para tratamiento de venteos

- Los venteos actualmente se encuentran normados en base al funcionamiento del equipo de combustión, el que debe operar con un porcentaje igual o superior al 98% del tiempo de funcionamiento en base mensual.
- Sólo en el 43% de los puntos de venteo informados, cuentan con un tratamiento previo a la liberación a ambiente.
- Se propone que los establecimientos regulados cuenten con un **sistema tratamiento para los gases de venteo**, previo a su liberación a ambiente.
 - Scrubber alcalino (especialmente en los sistemas CNCG)
 - Agentes neutralizantes

Propuestas Prácticas operacionales – Principales Acciones

Equipos de combustión de TRS

- ☐ Informar las condiciones de operación de fuentes reguladas (CR, HC, INC, CP)

Unidades asociadas	Parámetros asociados
- Caldera recuperadora - Horno de cal - Incinerador D ó R - Caldera de poder D ó R	• Temperatura, • presión, • caudal y • tiempo de residencia del gas

Mediciones continuas

D: Dedicado R: Respaldo

Equipos de abatimiento de Olor

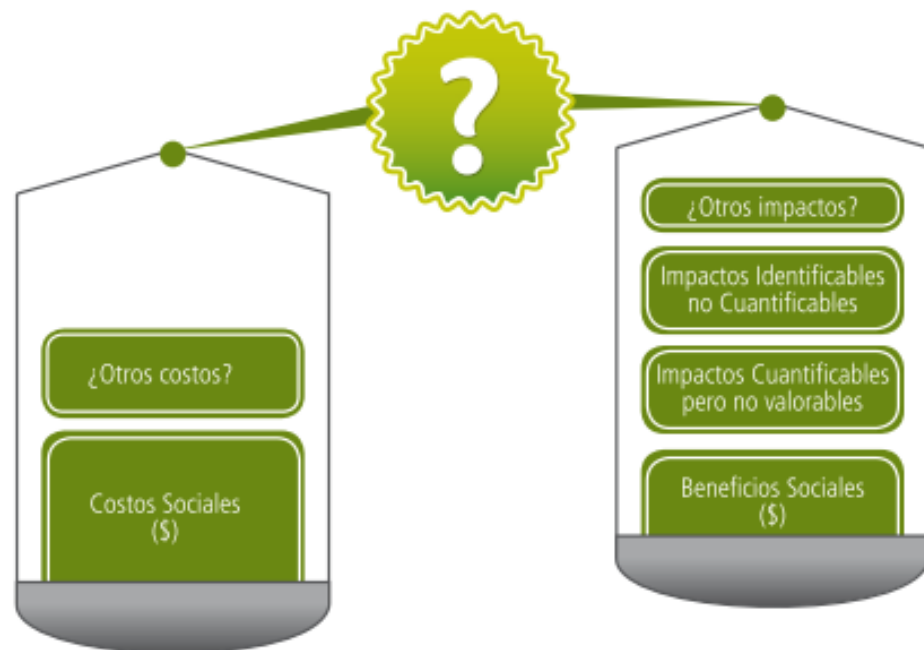
Unidades asociadas	Parámetros asociados
- Oxidación luz UV/ Ozono	- Tiempo de residencia - Humedad - Temperatura
- Intercambiadores de calor (en reemplazo de las torres de enfriamiento)	- Temperatura - Presión del vapor o del fluido de alimentación.
- Filtros de carbón activado	- Tiempo de residencia - Temperatura - Humedad
- Biofiltros	- Humedad - pH - Tiempo de residencia - Temperatura
Equipos de abatimiento de emisiones odorantes	Eficiencia de reducción de olor (<u>Medición Semestral</u>)

Mediciones continuas

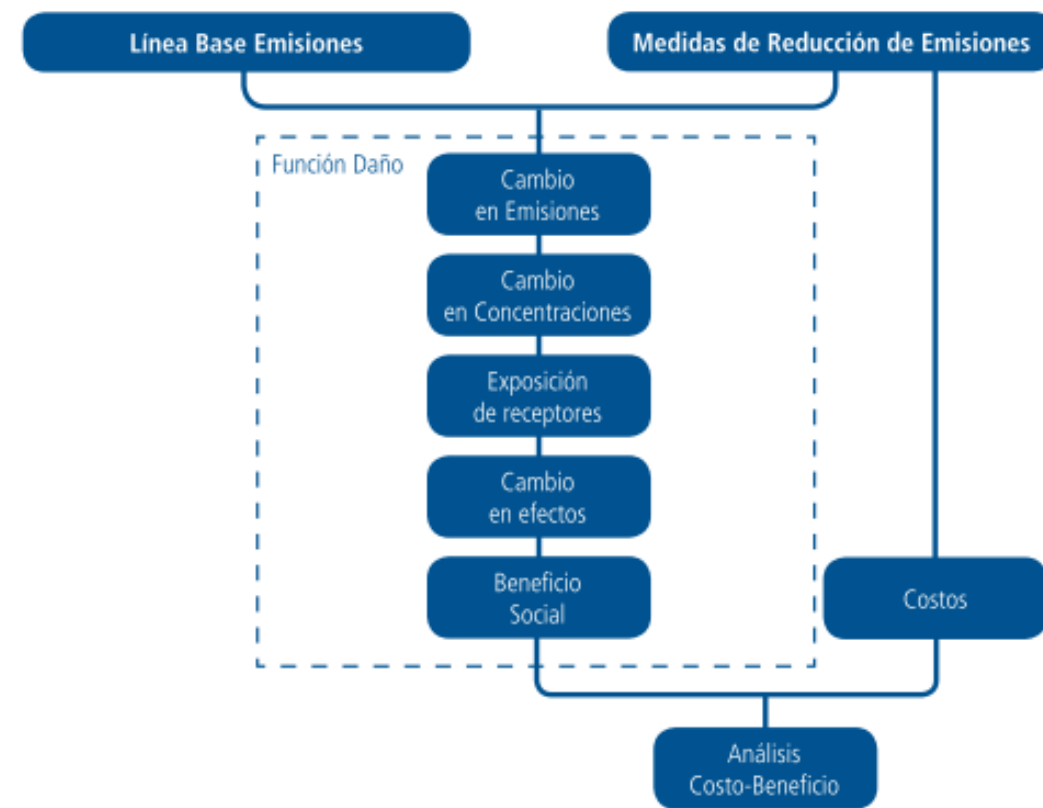
ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

La investigación al servicio de una política pública sustentable

Marco metodológico para la evaluación general de impactos sociales y económicos



Fuente: Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire (MMA, 2013)



Fuente: Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire (MMA, 2013)

- Los costos consideran los costos de inversión, mantención y operación.
 - Cada tecnología se describe según su costo de inversión unitario, vida útil, costo de mantención anual y costos de operación.
 - Los costos totales se estiman “amplificando” los costos unitarios, según las características constructivas y operacionales esperadas.
 - Los resultados anuales consideran el costo de inversión anualizado.

Costo total [UF/año] por planta y escenario regulatorio para el año 2030

Esc. Regulatorio	Escenario 1		Escenario 2					Escenario 3	
Fuente control	Hornos de Cal		Venteo		Lagunas y estanques		Torres de enfriamiento	Todas las anteriores	
Esc. Económico	C	E	C	E	C	E	Único	C	E
PCK-01	134.633	16.852			12.320	731	3.788	150.741	21.371
PCK-02			56.347	9.523	6.117	326		62.464	9.849
PCK-03	26.927	3.370	56.248	6.934	6.117	326		89.292	10.630
PCK-04			28.195	4.611	6.117	326	1.894	36.206	6.831
PCK-05			28.088	3.410	24.209	1.065	2.841	55.138	7.316
PCK-06	84.146	10.533	28.015	1.787	12.234	652	3.788	128.183	16.760
PCK-07			56.841		6.117	326	3.788	66.746	4.114
PCK-08	92.560	11.586	28.925	14.523	12.234	652	1.894	135.613	28.655
Total	338.265	42.341	282.658	40.788	85.464	4.403	17.994	724.381	105.526

Costo de prácticas operacionales

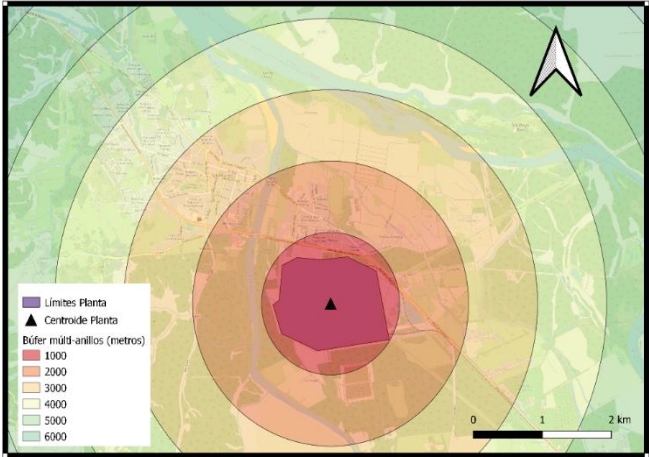
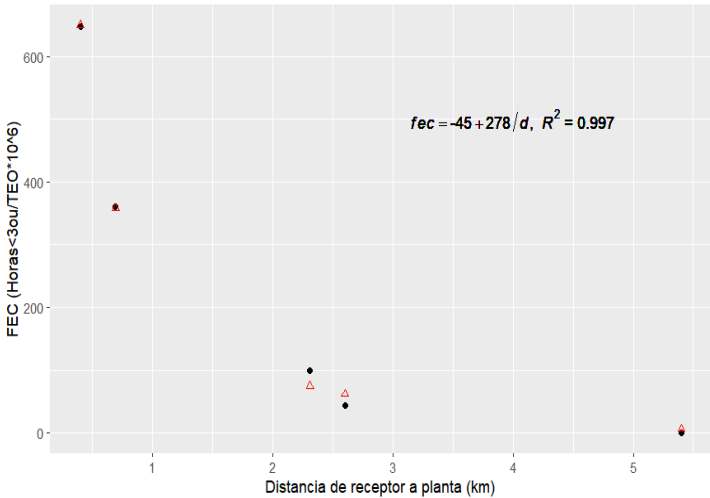
000233 vta

Detalle	Cantidad	Costo unitario [UF/unidad]	Costo total [UF]	Descripción
Plan de contingencia	8 (establecimientos)	60	480	Anualmente los establecimientos deben actualizar su plan de contingencia. Se imputa de PGO (60 UF).
ERO (1)	8 (establecimientos) x 2(semestre) x 3 (equipos)	70	3.360	Semestralmente los establecimientos deben realizar su ERO para las principales fuentes.
EIO	8 (establecimientos)	1500	12.000	Anualmente deben presentar una actualización de su EIO
Reporte mensual con registro de mediciones continuas condiciones de operación de fuentes reguladas	8 (establecimientos) x 5(fuentes) x 1(parámetros) x 12(meses)	7	3.360	Deben mantener un registro de 4 parámetros para, en promedio, 5 fuentes por establecimientos. Se considera que ya tienen en línea 3 de los 4 parámetros.
Programa de monitoreo en línea de parámetros de equipos de abatimiento (1)	8 (establecimientos) x 5 (fuentes) x 2(parámetros) x 12(meses)	7	6.720	Deben mantener un registro de 5 parámetros para, en promedio, 5 fuentes por establecimientos. Se considera que ya tienen en línea 3 de los 5 parámetros.
Reporte de tiempos de residencia	-	7	-	Se considera que ya miden el parámetro indicado.
Reporte de mantención sistema alcantarillado	8 (establecimientos)	10	80	Anualmente deben presentar un reporte respecto a la mantención de sus sistemas de alcantarillados
Reporte de ORP	8 (establecimientos)	40	320	Anualmente deben reportar el estado de sus ORP
Monitoreo en sistemas de recolección de gases	8 (establecimientos) x 12 (meses) x 7 (puntos de monitoreo)	7	4.704	Mensualmente, deben reportar respecto a las condiciones de venteo en cada uno de sus puntos.
Total Escenario 1			20.944	
Total Escenario 2 y 3			31.024	

Salud Humana	Enfermedades y síntomas asociados	Estudios epidemiológicos internacionales sugieren efectos sobre la salud, entre ellos: - Aumento de síntomas de infecciones respiratorias, - Efectos sobre la visión y otros efectos neuropsicológicos.
Productividad Económica de los Sistemas Ecológicos	Agricultura y Silvicultura	Efectos sobre los rendimientos en la agricultura. Ácido sulfúrico puede generar daños al follaje y esto tener efectos en el rendimiento de cultivos específicos.
Productividad Económica Asociada a Actividades Recreativas	Turismo	Reduce la posibilidad de explotar el desarrollo de actividades turísticas y recreativas
Otros efectos en sistemas ecológicos que hacen impacto directamente en actividades humanas no comerciales	Observación de Flora y Fauna	Este beneficio se asocia a las actividades en las que la calidad del aire es parte integral del desarrollo y fortalecimiento de la actividad.
Productores	Daño a los Materiales	Aumento en los costos de mantenimiento y reparación y un reemplazo en las partes más frecuentes.
Residencias Familiares (No comerciales)	Daño a los materiales	Las residencias familiares tienen un impacto semejante respecto al daño en los materiales y reemplazo de elementos de las estructuras.
Viviendas	Mercado	La mejora en la calidad del aire genera un aumento en los precios de las viviendas.

Estimación de beneficios – Disposición a pago

- Se utilizó una metodología consistente con la utilizada por el MMA en el AGIES del anteproyecto de norma de emisión de contaminantes en plantas de aceite y harina de pescado y plantas de alimentos para peces (2022). En grandes rasgos esto es:
- 1. Estimación de la variación de las emisiones
 - 2. Estimación de la variación de tiempo con olores molestos (>3 OUe)
 - 3. Estimación de la población beneficiada
 - 4. Cuantificación de los beneficios considerando estimación de disposición a pago por reducción de olor (Clodinámica, 2021)



Valorización de beneficios [UF/año] según disposición a pago para el año 2030, por escenario.

Escenario regulatorio	Costoso	Económico
Escenario 1	3.401	3.401
Escenario 2	266.314	233.737
Escenario 3	269.814	237.234

Comparación de beneficios y costos [UF/año] para el año 2030

Escenario regulatorio	Costoso				Económico			
	Beneficios	Costos medidas	Costos RMF	Razón B/C	Beneficios	Costos medidas	Costos RMF	Razón B/C
Escenario 1	3.401	338.265	21.804	0,0	3.401	42.341	21.804	0,1
Escenario 2	266.314	386.116	31.884	0,6	233.737	63.185	31.884	2,5
Escenario 3	269.814	724.381		0,4	237.234	105.525		1,7

RMF: Reporte, Monitoreo y Fiscalización

B/C: ratio Beneficio : Costo

- ☐ Cuando $B/C > 1$, los beneficios son superiores a los costos.
- ☐ Esto ocurre cuando:
 - 1. Aquellos escenarios que regulan fuentes adicionales a las ya reguladas: Venteos y Olores en RILes
 - 2. Con medidas costo-efectivas. Se cumple con un margen amplio, lo que sugiere a que incluso con supuestos menos optimistas se lograría un buen ratio B/C.
- ☐ Los resultados pueden variar en el AGIES según supuestos y escenarios regulatorios varíen.

PREGUNTAS

La investigación al servicio de una política pública sustentable

30



ANEXOS

La investigación al servicio de una política pública sustentable

31

