

El cumplimiento con el nuevo PEL para cadmio y otros requisitos de la norma final de cadmio debe evitar la necesidad continuada de remover empleados. El número de empleados con pasadas exposiciones relativamente altas que tendrían mayor probabilidad de ser removido debe declinar por atrición. Sin embargo, según los criterios para remoción se vuelven más amplios en años futuros (niveles de cadmio en sangre y orina causaran remoción mandatoria), empleados adicionales pueden ser sometidos a remoción. Los costos asociados con las disposiciones de remoción médica son aproximadas asumiendo que en promedio, 3% de la fuerza laboral expuesta puede ser removida cada cinco años.

El número de empleados removidos debería ser lo suficientemente pequeño para capacitar a los establecimientos a proveer a los empleados removidos de posiciones alternativas. Los costos a los patronos incluirían el pago de posibles diferenciales de salario y el reclutamiento y adiestramiento de empleados en nuevas posiciones. OSHA estima que el costo promedio por empleado removido no sería mayor de \$5,000. Un estimado de 45 empleados puede ser removido cada cinco años en promedio, en la industria de baterías de níquel-cadmio, y el costo anual promedio para la industria sería \$45,000.

El costo anual total para las disposiciones de vigilancia médica y remoción médica se estima que sea \$387,500.

Otras disposiciones de la norma revisada que envuelven costos de cumplimiento incluyen aquellos relacionados a las facilidades de higiene y al registro de expedientes adicional. Según descrito previamente, la mayoría de las plantas ya cumplen con los requisitos para ropa de trabajo, áreas reguladas, información, y adiestramiento. Algunos de estos requisitos están cubiertos en la actualidad por otras normás.

Los patronos en la industria de las baterías de níquel-cadmio indicaron que aunque los cuartos de comedor y duchas ya están provistos, se incurriría en algunos costos para aumentar la capacidad y/o modificar las facilidades según requerido por la norma. Los patronos también tendrán que pagar salarios a los empleados adicionales que se requiere que se duchen y cambien. Los estimados de costo de las modificaciones de facilidad alcanzan de cero a sobre \$2 millones. El alto estimado fue sometido por la Compañía B que no detalló los costos. OSHA cree que un promedio de \$200,000 en costos capitales y \$5,000 en costos anuales de operación sería representativo de la mayoría de las firmás. Estas cifras están apoyadas por estimados de una firma [17, anejo 3] y generalmente son consistentes con otros comentarios en el expediente. Los costos estimados de ducharse en el trabajo son \$900 por empleado anualmente (basado sobre 15 minutos por día por 240 días por año a \$15 la hora) y aplicaría a un estimado de 300 empleados adicionales. Este estimado de costos asociado con los requisitos de higiene se estima que sean \$1.2 millones en costos capitales y \$300,000 en costos anuales; el costo estimado anualizado es \$495,000.

Los comentarios que trataron el archivo de expedientes usualmente señalaron que los requisitos son

cargos e innecesarios. Los comentarios no contradijeron los costos, los cuales fueron estimados en \$5 por empleado anualmente; este estimado fue confirmado por un comentarista de la industria [17, Anejo 3]. Este estimado de costos incluye la necesidad de equipo adicional y tiempo de personal. Para la industria de baterías de níquel-cadmio, el costo total incremental anual sería \$7,500.

Se presenta un resumen de estimados de costo de cumplimiento para la industria de baterías de níquel-cadmio en la Tabla VIII-C12. El costo anualizado total se estima en \$1.95 millones. Sobre la mitad de los costos es para controles de exposición y respiradores; la mayor parte del resto esta asociado con vigilancia médica y facilidades de higiene.

*Factibilidad económica de 50-15µg/m3 SECALs y 5 µg/m3 PEL.* El estudio MBS sometido por NEMA concluyó que los costos de cumplimiento anualizados adicionales de \$2.25 millones sería económicamente factible para la industria. Estos costos fueron calculados para un PEL de 50 µg/m3.

NEMA subsiguientemente urgió a OSHA a adoptar un PEL de 40 µg/m3, indicando que los costos a este nivel serían económicamente factibles. Los argumentos sobre limitaciones de factibilidad sometidos por la industria en general enfocaron sobre la infactibilidad económica de alcanzar 5 µg/m3, se genero estimados de costo extremadamente altos a este nivel.

OSHA ha determinado que los costos asociados con la norma de cadmio revisada son económicamente factibles para la industria de baterías de níquel-cadmio. Aunque el impacto de estos costos puede no ser insignificante y puede esperarse que incluya ganancias reducidas, los efectos de la norma de cadmio no deben ser substanciales en comparación a las fuerzas de mercado general que afectan a esta industria.

**TABLA VIII-C12. Costos estimados de cumplimiento con la norma de cadmio para la industria de baterías de níquel-cadmio**

Disposiciones	Costos anualizados (\$miles)
Control de exposición.....	861.0
Uso de respirador.....	180.0
Monitero de exposición.....	16.2
Vigilancia médica.....	387.5
Higiene facilidades/ práctica.....	495.0
Archivo de expedients e informes.....	7.5
Total.....	1,947.2

Nota: Costos no incluyen gastos acutales.

Fuente: Office of Regulatory Analysis, OSHA, U.S. Department of Labor.

Demanda de baterías de níquel-cadmio continúa siendo fuerte y creciente en los EEUU y en todo el mundo. Las baterías de níquel-cadmio ofrecen la mejor ejecución general para almacenado y recuperación de energía; las ventajas sobre otras celdas incluyen una alta capacidad amperio hora, capacidad de ejecución en un amplio alcance de temperatura, larga vida de servicio, seguridad, alta densidad de energía, eficiente capacidad de recargado y bajo costo. Las celdas de níquel-cadmio son usadas en la mayoría de los aviones, aeronaves, satélites y barcos. Las celdas recargables de níquel-cadmio tienen una gran variedad de usos. El equipo que actualmente depende de esta tecnología incluye teléfonos, numeradores, juguetes, herramientas, radios navales y de comunicación de emergencia, transceptores de policía y bomberos, cámaras, computadoras, monitores cardíacos, equipo quirúrgico portátil, luces de emergencia, alarmas y energía de apoyo.

Las ventas anuales de baterías de níquel-cadmio en los EEUU son aproximadamente \$350 millones. Las importaciones en la actualidad suplen alrededor de 45% de la demanda doméstica, en aumento desde alrededor de 18% en 1985. La industria doméstica de baterías de níquel-cadmio en la actualidad tiene rentas de alrededor de \$185 millones. Las ganancias se estiman en \$7.4 millones anualmente, resultando en un retorno sobre las ventas de 4% y un retorno sobre equidad de 7%. [5, p. 3 y Exhibit 2].

Las posibilidades de recuperar los costos de cumplimiento elevando los precios son limitadas. La competencia extranjera es fuerte y se informa que hay suficiente capacidad de producción fuera de los EEUU para llenar toda la demanda global. [16, p. 10-81]. Un alza en los precios es probable que vaya acompañada por una declinación alterante en las ventas. La elasticidad de demanda que afrontan los establecimientos individuales puede ser tan alta como 1, basado sobre la experiencia del intento de un productor doméstico de elevar los precios en respuesta al aumento en el precio del cadmio en 1988. Este productor en la actualidad está operando a alrededor de 50% de su capacidad. [16, p. 10-167 y p.10-171].

Asumiendo que todos los costos de cumplimiento fueran absorbidos de las ganancias, los costos estimados pueden reducir el retorno sobre las ventas a alrededor de 3% y el retorno sobre equidad a alrededor de 5%. La máxima reducción en ganancias sería aproximadamente 26%. Alternativamente, un aumento en rentas de alrededor de 1% desbalancearía completamente los costos de cumplimiento sin reducción en las ganancias. Esto sería posible si el nivel de demanda aumentara. Aunque las importaciones han aumentado su parte en el mercado de EEUU, la expansión en la demanda mundial ha hecho que la industria doméstica mantenga niveles de producción.

La promulgación de esta norma no se espera que resulte en cierres de plantas y cualquier efecto sobre las decisiones de inversión o creación de empleos son inciertas. Los efectos incrementales de esta norma no se espera que produzcan cambios de producción general substantivos.

## **REFERENCIAS**

1. Exhibit 65. Testimony of Douglas Bannerman, on behalf of the National Electrical Manufacturers Association, July 19, 1990.
2. Exhibit 19-37, Comments of the National Electrical Manufacturers Association, May 11, 1990.
3. Exhibit 13, "Economic Impact Analysis of de Proposed Revision to the Cadmium Standard', Final Report, JACA Corporation, March 15, 1988.
4. Exhibit 19-43, Attachment L, "Feasibility and Cost Study of Engineering Controls for Cadmium Exposure Standard". PACE Incorporated, April 30, 1990.
5. Exhibit 19-37 B, "The Cadmium Rule-Destroying Worker's Jobs to Protect Them?" Multinational Business Services, Inc., September, 1989.
6. Exhibit 96, Comments of the National Electrical Manufacturers Association, September 14, 1990.
7. Exhibit 124, Comments of the National Electrical Manufacturers Association, October 9, 1990.
8. Exhibit 128, Attachment 3, "Health Hazard Evaluation 88-199", National Institute for Occupational Safety and Health, October, 1990.
9. Exhibit 121, Comments from 'Company B', October 11, 1990.
10. Exhibit 26, Comments of Robert D. Soule, CIH, CSP, PE, May 9, 1990.
11. Exhibit 27, Testimony of Leslie Ungers, CIH, Ungers and Associates, Inc. May 18, 1990.
12. Exhibit 57, Testimony of NIOSH, July 17, 1990.
13. Exhibit 19-43, Attachment M, "Analysis Concerning the Technological Feasibility of Achieving a 5 or a 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Permissible Exposure Limit for Cadmium Fume and Dust", PACE, Inc., May 10, 1990.
14. Hearing Transcript, Tuesday, July 17, 1990.
15. Exhibit 130, Comments from NEMA, October 17, 1990.
16. Hearing Transcript, Thursday, July 19, 1990.
17. Exhibit 19-30, Comments from Big River Zinc, April 3, 1990.

18. Exhibit 123, Comments of the Public Citizen Health Research Group and the International Chemical Workers Union, October 17, 1990.

19. Exhibit 106, Comments of NIOSH, September 18, 1990.

### *Refinado de zinc/producción de cadmio*

*Revisión industrial.* El cadmio es primordialmente producido como un subproducto del refinado de zinc y también es recuperado de desechos y desperdicios que contienen cadmio. El cadmio no es extraído independientemente porque ocurren suficientes depósitos naturalmente en las menas de zinc. Los concentrados de zinc en EEUU tienen un contenido de cadmio relativamente alto y pueden contener entre 0.3 y 1.0% de cadmio.

Hay en la actualidad cuatro fundiciones principales de zinc en los EEUU con una capacidad anual combinada de 300,000 toneladas métricas [13, p. 2-2]. Tres de estas plantas producen cadmio terminado, así como productos de zinc; una refinería de zinc embarca sus concentrados de cadmio para procesarse en otra facilidad. Aunque la producción mundial ha ido aumentando, la minería y refinado de zinc en los EEUU ha disminuido consistentemente en los pasados 20 años. La producción doméstica de zinc ha bajado a alrededor de 30% del nivel pico en 1969. La reducción en la producción doméstica ha resultado del exceso de capacidad mundial, costos de control ambiental, y costos de producción más altos.

El cadmio se produce actualmente en cuatro facilidades en los EEUU. En adición a las tres fundiciones de zinc principales que operan circuitos de refinado de cadmio, una planta produce cadmio de materiales suplidos por otras refineries y fuentes secundarias. La producción de cadmio en los EEUU ha declinado consistentemente, y los niveles actuales son alrededor de 30% del nivel pico alcanzado a finales de los '60. La declinación en producción de cadmio en los EEUU es en general el resultado de la declinación doméstica en producción de zinc debido al enlace naturalmente cercano de estos minerales. En 1979, ocho facilidades refinaban metal de cadmio; la mitad de estas han cerrado debido a la disminución en demanda y las pobres condiciones de mercado. [1, pp. 2-2 a 2-5].

El empleo total para facilidades de refinado de zinc y producción de cadmio es alrededor de 1,800 trabajadores. De estos, aproximadamente 75% (1,350) son empleados de producción y mantenimiento. Las cuatro plantas de zinc tienen un total de 300 a 600 empleados cada una y la planta de cadmio tiene alrededor de 45 empleados. El número total de trabajadores directamente envueltos en la producción de cadmio en las cuatro facilidades refinadoras de cadmio es alrededor de 200. [11, p.VII-59 a VII-97, p. 10-194].

*Procesos de producción.* Las fundiciones de zinc convierte el concentrado de zinc y los materiales que contienen zinc a zinc metálico. Los dos métodos básicos usados para conseguir esto son el proceso electrolítico y el proceso electrotérmico. En ambos tipos de proceso tipos de proceso las

corrientes alimentarias contienen varios metales en adición a zinc. Según el zinc es separado, los otros metales también son separados y se convierten en materiales crudos para otras fundiciones. El cadmio es uno de los metales que es separado del alimentaje durante la producción de zinc. El concentrado de cadmio entonces se vuelve un insumo para el proceso de refinado de cadmio. La Figura VIII-C6 presenta un diagrama de una fundición de zinc típica.

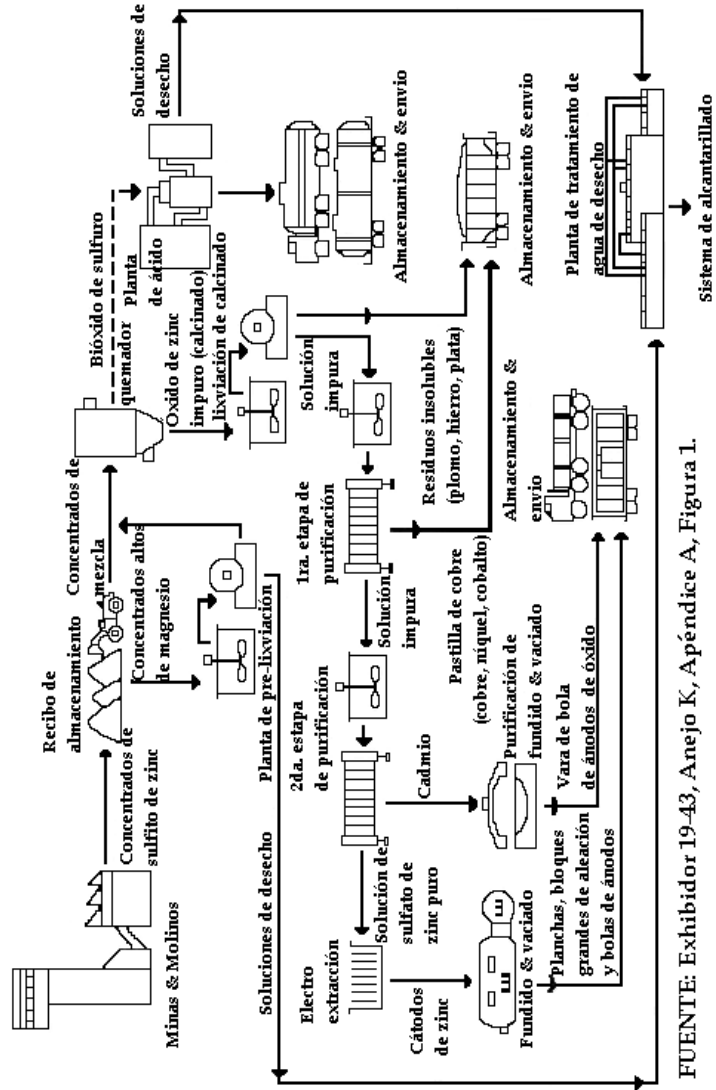
En ambos procesos electrotérmico y electrolítico, el concentrado de zinc es convertido de sulfito de zinc a óxido de zinc en hornos de fundición fluida. El óxido caliente es separado del gas del canal de humos del horno es llamado calcina.

**BILLING CODE 4510-26-M**



FIGURA VIII-C6

FLUJOGRAMA CARÁCTERÍSTICO DE FUNDICIONES DE ELECTROLÍTICAS DE ZINC



FUENTE: Exhibidor 19-43, Anejo K, Apéndice A, Figura 1.

BILLING CODE 4519-26-C



En el proceso electrolítico la calcina es lixiviado y el producto de cadmio disuelto es precipitado y filtrado. En el proceso electrotérmico la calcina es alimentada a la máquina sinterizadora con otros materiales, y el cadmio es concentrado en el polvo contenido en el escape de gas de la máquina sinterizadora. El cadmio es lixiviado del retenedor del precipitador de polvos, y luego precipitado y filtrado. El concentrado de cadmio obtenido en ambos procesos de refinado de zinc es adicionalmente procesado mediante fundición y refinado en una operación independiente. El cadmio es recuperado ya sea como esponja mediante una precipitación final con polvo o electrolizando la solución y causando que el cadmio sea depositado en el cátodo. En ambos casos, el cadmio es derretido y moldeado o convertido a polvo de cadmio u óxido de cadmio.

*Exposiciones de empleados.* Los datos sobre exposiciones a cadmio en las industrias de refinado de zinc y producción de cadmio han sido sometidos al expediente de varias fuentes. El perfil de exposición usado para el análisis preliminar fue desarrollado por JACA Corporation. [1, tabla 3-3]. Este perfil estuvo basado sobre siete años de resultados de muestreo de la base de datos del Sistema de Información de Manejo Integrado (IMIS) de OSHA hasta agosto de 1986 y sobre Evaluación de Riesgo de Salud (HHE) informado por NIOSH en una refinería en 1977. JACA también visitó una planta de producción de cadmio para facilitar la interpretación y categorización de los datos.

El perfil de exposición de JACA representó a empleados envueltos en refinado de cadmio solamente; otras operaciones en la industria de refinería de zinc fueron analizadas separadamente como parte de las ocupaciones genéricas entrecruzadas. En respuesta a las preocupaciones traídas por varios comentaristas, el siguiente análisis cubre las industrias de refinado de zinc y producción de cadmio como entero. Los datos de exposición de JACA para operaciones de producción de cadmio están presentadas en la Tabla VIII-C13. Tres de seis categorías de trabajo tienen exposiciones medias sobre  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A petición del Consejo del Cadmio, PACE Incorporated condujo un estudio sobre exposiciones a cadmio en la industria primaria de zinc [2] y también analizó exposiciones a cadmio en una planta de producción de cadmio primaria como parte de otro informe [3]. La Tabla VIII-C14 muestra el perfil de exposición de PACE para empleados envueltos en el refinado de cadmio únicamente (como en el perfil de exposición de JACA). [3, Tabla A2-1]. De las 14 categorías de trabajo listadas, seis tienen exposiciones medias bajo  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y tres tienen exposiciones medias sobre  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La planta de refinería de cadmio sometió datos de monitoreo de exposición detallados al expediente que generalmente son consistentes con los perfiles de exposición de JACA y PACE. [7, Anejo I]. Se presenta un resumen de estos datos en la Tabla VIII-C15. Aproximadamente la mitad de las categorías de trabajo tienen exposiciones medias bajo  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En su informe sobre la industria del zinc, PACE proveyó perfiles de exposición para el refinado de zinc electrolítico y electrotérmico (incluyendo operaciones de refinado de cadmio). [2, Apéndice A, Tabla 1 y Apéndice B, Tabla 1]. La Tabla VIII-C16 presenta los datos de exposición para refinado electrolítico de zinc, y la Tabla VIII-C17 presenta los datos de exposición para refinado electrotérmico de zinc. Las exposiciones en los dos tipos de proceso de refinado son generalmente similares.

**TABLA VIII-C13 Datos sobre exposición a cadmio para producción de cadmio basado sobre JACA**

Categoría de tarea	Concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Medida geométrica	Mediano	Alcance
Operador de solución.....	123.6	155.0	10.0-580.0
Operador de cemento.....	105.7	185.0	10.0-780.0
Operador de horno.....	189.3	310.0	20.0-1,650.0
Manejador de materiales.....	0.3	0.1	0.1-49.0
Supervisor de proceso.....	1.4	1.1	0.7-7.0
Técnico de mantenimiento ....	146.8	110.0	30.0-1,560.0

Fuente: Exhibidor 13, JACA, Tabla 3-3.

**TABLA VIII-C14 Datos sobre exposición a cadmio para producción de cadmio basado sobre PACE**

Categoría de tarea	Medida geométrica de exposiciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Cargador de solución.....	226
Operador de solución.....	54
Operador de esponja.....	34
Exprimidor de esponja.....	65
Operador de neutralización.....	17
Pesado y embalaje.....	41
Operador de profundición.....	302
Operador de torcido.....	1,396
Mantenimiento.....	55
Laboratorio.....	7
Equipo mecánico.....	23
Operador de tulío.....	17
Operador de almartaga.....	13
Utilidad y extraordinario.....	19

Fuente: Exhibidor 19-43, Anejo L, Table A2-1

**TABLA VIII-C15 Datos sobre exposición a cadmio para refinado de cadmio basado sobre datos de la compañía**

Proceso	Niveles de exposición ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Alcance	Meida geométrica
General (Lab. de utilidades, tintorería.....)	1-125	12

Transporte/descarga.....	6-2,957	32
Mecánica/mantenimiento.....	1-379	16
Refinado de cadmio.....	5-230	34
Vaciado de cadmio.....	4-1,07	117
Departamento de torcido.....	80-9,425	653
Operador de talío.....	12-21	16
Operador de almartaga.....	4-1,373	15

Fuente: Exhibidor 19-32, Anejo I.

**TABLA VIII-C16 Datos sobre exposición a cadmio para refinado electrolítico de zinc basado sobre PACE**

Proceso	Niveles de exposición ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Alcance	Media geométrica
Departamento de patio:		
Operador de equipo.....	1-9	3
Cargador de concentrados.....	1-7	3
Jornalero.....	2-45	13
Encargado de cornea de concentrado.....	3-51	16
Probador.....	6-12	9
Conserje.....	4-4	4
Camionero de almacén.....		
Pre-lixiviación:	ND-2	2
Operador de Pre-lixiviación.....		
Departamento de pre-calcinado:		
Operador de calcinado.....	1-19	6
Ayudante de calcinado.....	1-18	7
Planta de ácido:	2-2	2
Operador de planta de ácido.....		1
Ayudante de planta de ácido.....	.	1
Cargador de ácido.....		
Planta de calcinado/purificación:	.	2
Director de calcinado.....		2
Operador de 1etapa.....	ND-3	3
Operador de 2 etapa.....	ND-2	5
Secador de residuos.....	2-5	17
Jornalero, de 2 etapa.....	3-8	8
Otras áreas.....	5-96	6
Escariador de línea.....	4-14	12
Prensita (ambas etapas).....	5-6	10
Operador de ZMCS/Cd.....	5-19	8
Ayudante de calcinado de cadmio.....	4-27	
Departamento de cadmio:	4-11	56
Operador de acabado fundido.....		220
Operador de acabado de ácido.....	17-198	23
Vaciado de plomo.....	46,600	12
Purificado de plomo.....	14-35	
Departamento de cuarto de celdas: (representa sobre 40% de total de los trabajadores)....	12-12	1
	< 1-2	

ND: No detectable.

Fuente: Exhibidor 19-43, Anejo K, Apéndice A, Tabla I.

**TABLA VIII-C17 Datos sobre exposición a cadmio para refinado electrotérmico de zinc basado sobre PACE**

Proceso	Niveles de exposición ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Alcance	Media geométrica
Planta de ácido:		
Operador de planta de ácido.....	1-1	1
Turno de utilidad.....	1-1	1
Utilidad diaria.....	1-1	1
Planta de calcinado:		
Capataz.....	1-1	1
Alimentador de mineral.....	1-16	6
Operador de planta de calcinado.....	ND-2	1
Turno de utilidad.....	1-36	10
Reparador mecánico.....	1-1	1
Planta sínter:		
Capataz.....	ND-111	19
Hombres de utilidad.....	4-116	24
Operador de máquinas sínter.....	7-70	24
Pesador de planta sínter.....	10-216	95
Manejador de materiales.....	3-373	57
Jornaleros.....	ND-319	64
Reparador mecánicos.....	1-118	20
Planta de desecho:		
Operador de planta de desecho.....	ND-24	5
Planta de coque & residuos:		
Operador de coque & residuos.....	3-31	11
Planta de horno:		
Capataz.....	.....	.....
Líder del grupo de horno.....	1-7	2
Operadores de horno.....	1-5	1
Hombres de utilidad.....	2-29	4
Turno de hombre de utilidad.....	1-18	5
Operadores de tragante.....	1-29	13
Asistente de operadores de tragante.....	3-47	14
Operadores de residuos.....	1-10	2
Operadores de vaciado.....	.....	.....
Operadores e compresor.....	.....	.....
Jornaleros.....	1.8	3
Reparadores mecánicos.....	ND-37	6
Planta de sulfato de zinc:		

Supervisor.....	17-21	19
Operador.....	10-42	23
Plantas de material secundario:		
Manejador de materiales.....	1-32	8
Operador de equipo pesado.....	1-14	4
Planta de polvo de zinc:		
Todos los operadores.....	ND-5	1
Refinería:		
Todos los operadores.....	ND-2	1
Mantenimiento:		
Utilidad mecánica (no en el área de producción).....	2-3	2
Reparadores eléctricos.....	1-50	7
Albañiles.....	1-5	2

Notas: Los datos de utilidad/mantenimiento excluyen a los recolectores de polvo.

ND: No Detectable.

Fuente: Exhibidor 19-43, Anejo K, Apéndice B, Tabla I.

En el refinado electrolítico, 25 de 27 categorías de trabajo tienen exposiciones medias bajo 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y 18 categorías de trabajo tienen exposiciones medias menores de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la refinación electrónica, 32 de 35 categorías de trabajo tienen exposiciones medias menores de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y 23 categorías de trabajo tienen exposiciones medias menores de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los datos de exposiciones a cadmio durante refinado de zinc y cadmio también fueron provistas para el expediente por una compañía refinadora de zinc [5, Anejo I, p.5] y están resumidas en la Tabla VIII-C18. La compañía emplea 385 personas de quienes 162 se consideran expuestas. Entre los trabajadores de producción expuestos, solo cuatro empleados tienen exposiciones promedio sobre 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 21 de 27 categorías de trabajo tienen exposiciones promedio bajo 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para esta compañía sobre 85% de las muestras de monitoreo fueron menores de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en cada área excepto la planta de cadmio. [5, Anejo I, Tabla I].

*Controles adicionales existentes y factibles.* El informe JACA describió capuchas conectadas por ductos a las cámaras de recuperación de polvo como parte de los controles existentes para el operador de solución, operador de horno, y manejo de materiales en la planta de refinado de cadmio que visitaron. JACA recomendó la instalación de ventilación de educación local adicional y mejorado para el operador de solución y el operador de horno. JACA también recomendó correas transportadoras en espiral recintadas como alternativa a transferir los materiales manualmente entre tanques. Se implantarían sistemas mecanizados de cemento de cadmio del tanque de cementación a las bóvedas de oxidación y para la transferencia de cemento seco a los tanques de lixiviado.

**TABLA VIII-C18. Datos sobre exposición a cadmio para refinado electrolítico de zinc asado sobre datos de la compañía.**

Proceso	Niveles de exposición ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Medias aritméticas <sup>1</sup>
Trabajadores de patio.....	8.37

Operadores de tostadoras.....	6.30
Operadores de planta de ácido.....	1.50
Operadores de calcinado/purificación.....	7.06
Asistente de cuarto de celdas.....	0.50
Terminado de cadmio (4 trabajadores).....	102.35
Vaciado.....	1.55
Analista de laboratorio (cuando es planta de Cd).....	57.00
Técnico de prueba de planta (para nuevos proyectos de Cd).....	93.50

<sup>1</sup>Generalmente mayor que la media geométrica.  
Fuente: Exhibidor 19-30, Anejo I, página 5.

JACA también recomendó medidas de orden y limpieza mejoradas tales como aspiración al vacío, limpieza en mojado y limpieza mejorada antes del mantenimiento. [1. pp. 4-4 a 4-7].

PACE proveyó un análisis más detallado sobre la planta de refinado de cadmio. PACE identificó 14 categorías de trabajo separadas en la planta que tenían un total de 45 trabajadores expuestos en dos turnos. Los controles adicionales existentes y recomendados fueron descritos. Controles adicionales fueron recomendados para la mayoría de las categorías de trabajo e incluían sistemás de ventilación de educción local, sistemás de manejo de materiales recintados, islas de aire limpio y sistema de limpieza por aspiradora al vacío. [3, pp. 2-3 a 2-13].

La planta refinadora de cadmio proveyó descripciones de los controles existentes para cada uno de ocho departamentos. [7, Anejo III]. La compañía estableció que todos los controles factibles y métodos de orden y limpieza fueron utilizados para controlar la exposición a arsénico y plomo y que estos mismos controles también reducen la exposición a cadmio. [7, p. 4].

PACE proveyó el análisis más detallado de los controles existentes y adicionales para plantas refinadoras de zinc [2]. En el departamento de estación, la vía pudiera ser relocalizada y la barredora en seco pudiera ser sustituida por una barredora en mojado. Los operadores de equipo pudieran estar protegidos mediante la previsión de cabinas recintadas, ventiladas. Una estación de trabajo recintada, una isla de aire limpio, y un sistema de ventilación de corriente lateral pudieran proveerse para el operador de la correa de concentrado. Para el departamento de calcinado, PACE describió varios controles específicos, resumidos por "orden y limpieza mejorados, ventilación en fuentes específicas y cambios en las prácticas de trabajo reducirán las exposiciones." [2, apéndice A, página 17]. Para la planta de lixiviación/purificación PACE recomendó aislamiento de las tolvas de calcina por medio de una pared de la lámina de metal con ventilación adicional dentro del recinto, la instalación de dos sistemás de limpieza de aspiración al vacío, ventilación de educción en el alimentador de la ciclona, ventilación mejorada para presión negativa en el área de la torre de residuo, recintado y ventilación de la prensa de ladrillos, y una isla de aire limpio para el operador de la prensa de ladrillos. Para bajar las exposiciones en la planta de cadmio, el análisis de PACE describió sistemas de ventilación de educción significativamente revisados y recintos de hornos mejor ajustados.

*Limite tecnológicamente factible para un SECAL.* Con el propósito de determinar el nivel SECAL

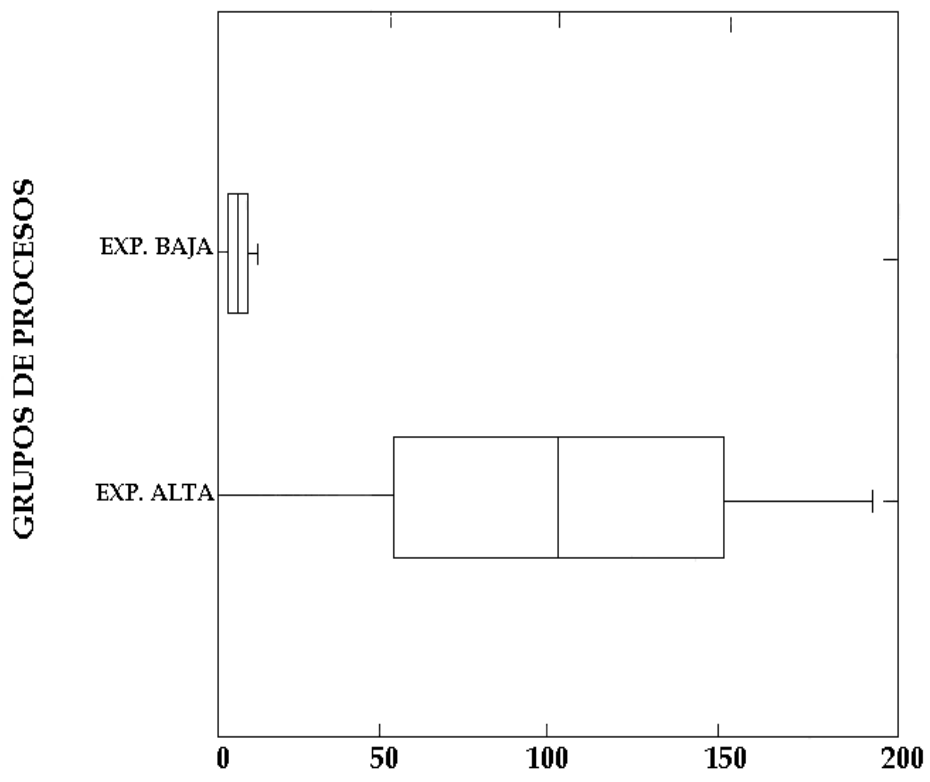
apropiado para este sector de la industria, OSHA separo las exposiciones en grupos de ocupación/proceso de alta y baja exposición para facilitar el análisis (ver la sección B para una descripción más completa de este enfoque). Los datos fueron divididos en un límite que maximizó las diferencias entre los valores medios para dos series separadas de datos.

La segregación de los datos resulto en la identificación de un grupo de ocupación/proceso de alta exposición que incluía refinado de cadmio, moldeado de cadmio, producción de óxido de cadmio y operaciones de planta sinterizadora, que envuelven alrededor de 202 trabajadores. Todas las otras operaciones de planta, incluyendo operaciones de lixiviado de zinc, departamento de vías, cuarto de celda, etc., fueron incluidos en el grupo de baja exposición que envuelve alrededor de 1,148 empleados. La Figura VIII-C7 presenta gráficamente los datos segregados. La línea vertical dentro de cada cuadro muestra los valores medianos para la distribución.

**BILLING CODE 4510-26-M**

FIGURA VIII-C7

REFINADO DE ZINC/CADMIO



NIVEL DE EXPOSICIÓN EN UG/M3



### VIII-C67

Los datos de medias de exposición para las dos series fueron como sigue:

	Grupo alto	Grupo bajo
Número de observaciones.....	39	51
Media.....	91.4	5.8
Desviación estándar.....	141.7	5.3

Para verificar que los dos grupos dentro de esta industria eran distintos, se realizó una prueba *t* en la diferencia en medias. La hipótesis nula de que las medias de los datos de exposición eran iguales fue rechazada y la conclusión de que fueron obtenidos de distribuciones estadísticas separadas fue aceptada.

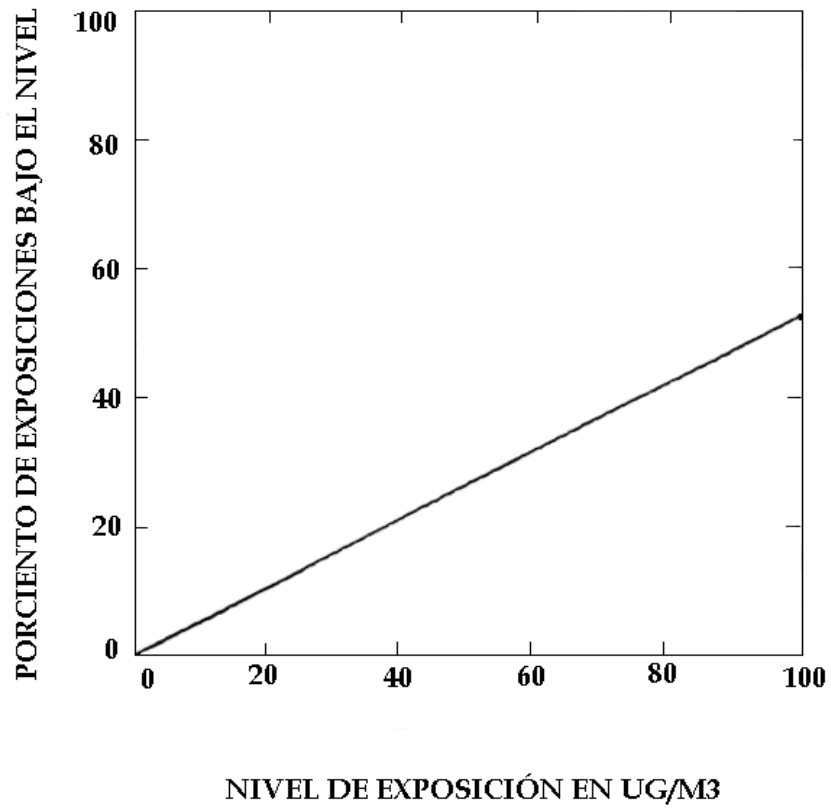
Después de que la diferencia estadística entre grupos de alta y baja exposición fueron verificados, los datos fueron analizados separadamente. En las Figuras VIII-C8 y VIII-C9, se obtuvieron valores de exposición media de procesos separados de cada fuente de datos disponible. Todos los datos de proceso en cada grupo fueron ajustados a una línea recta usando metodología cuadrática ordinaria. Para el grupo de alta exposición a cadmio, más de la mitad de las exposiciones estaban en o bajo  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figura VIII-C8).

Para cada grupo se desarrollo un modelo para mostrar gráficamente el efecto sobre la distribución de exposición después de que las exposiciones actuales son reducidas usando factores de eficiencia de controles de ingeniería de 80% hasta 20%, en incrementos de 20 por ciento. Cuanto más alto el nivel de eficiencia, más bajo el nivel de exposición proyectado y más cerca se mueve la línea de exposición proyectada al eje vertical. Las Figuras VIII-C10 y VIII-C11 muestran la reducción y cambio en la distribución de exposiciones para los grupos alto y bajo en operaciones de refinado de zinc/producción de cadmio.

**BILLING CODE 4510-26-M**

FIGURA VIII-C8

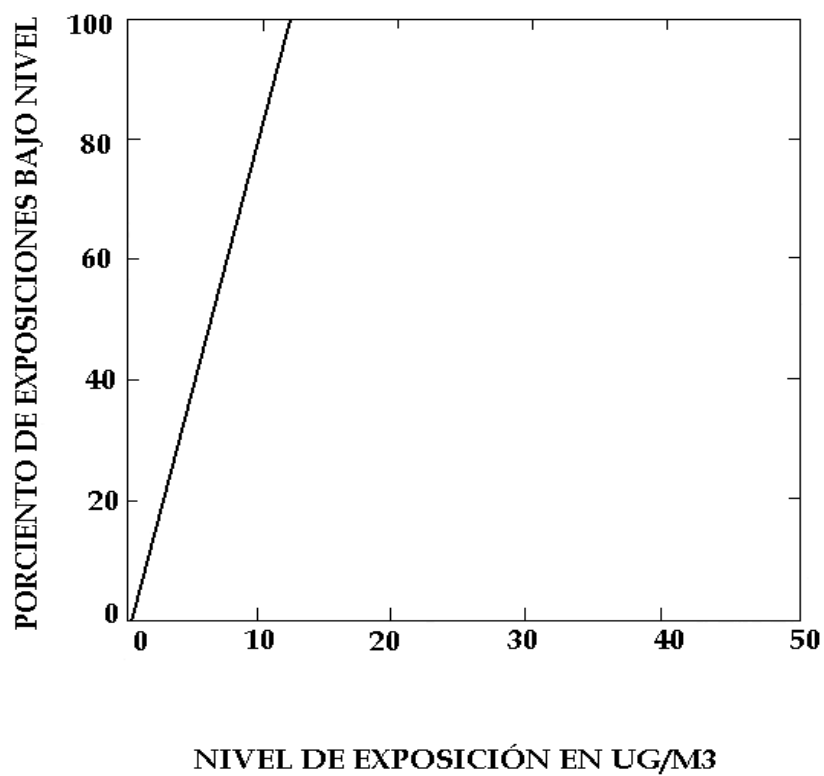
ZINC/CADMIO (EXP. ALTA): ACTUAL



VIII-C69

FIGURA VIII-C9

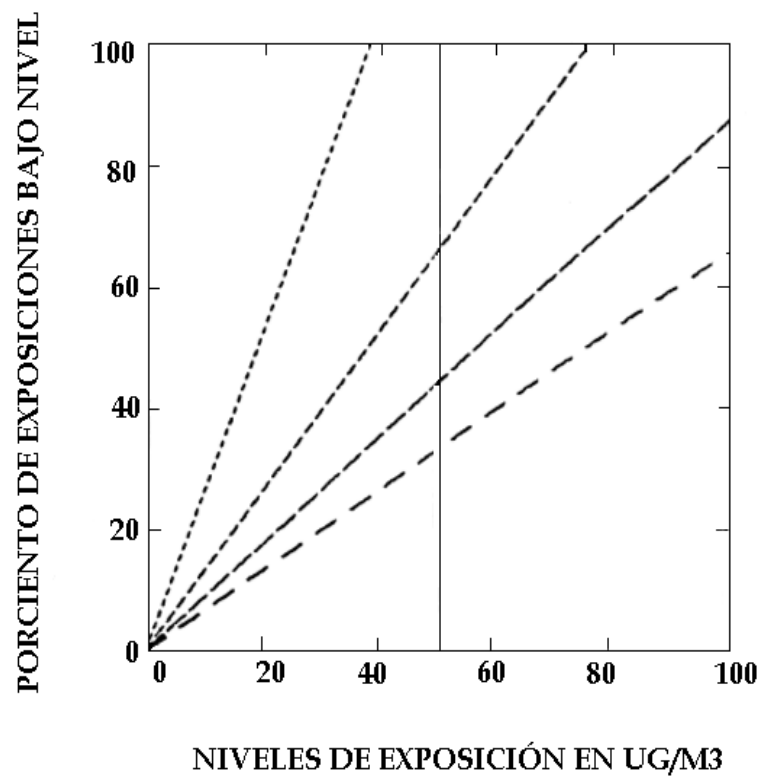
ZINC/CADMIO (EXP. BAJA): ACTUAL



VIII-C70

FIGURA VIII-C10

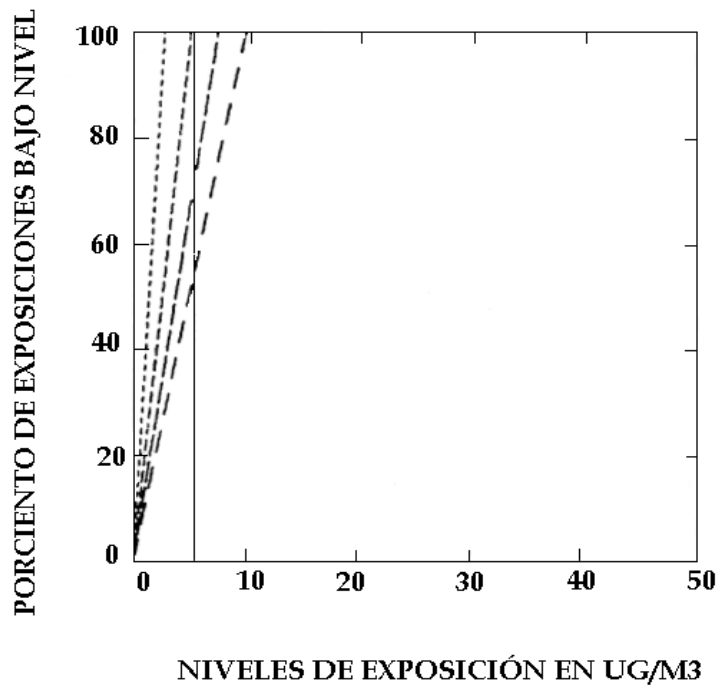
ZINC/CADMIO (EXP. ALTA): 80% - 20% CONTROLADA



VIII-C71

FIGURA VIII-C11

ZINC/CADMIO (EXP. BAJA): 80% - 20% CONTROLADA



VIII-C72

La selección de un factor de reducción de control de ingeniería estuvo basado sobre la evidencia y testimonio en el expediente y consideraciones de factibilidad económica. La única base para seleccionar una solución de control de ingeniería con una eficiencia más baja que una estrategia alternativa con un factor más alto, fue la infactibilidad económica del ultima.

La evidencia en el expediente substancia el hallazgo de que hay controles de ingeniería adicionales disponibles y pueden ser implantados para reducir adicionalmente los niveles de exposición. La extensión de los controles actuales ya colocados y la aplicabilidad de los controles adicionales específicos variara dependiendo de la planta individual, pero los comentarios relevantes en el expediente concuerdan básicamente en que existe una multitud de opciones de control para limitar las concentraciones de cadmio aerosuspendidas. Estas son tecnologías generalmente convencionales que son comúnmente conocidas, fácilmente disponibles, y en algún grado actualmente usadas en la industria, según descrito anteriormente.

Los controles pueden ser usados individualmente o en combinación. Si un control no es suficiente, pueden usarse controles adicionales. Es la interacción de varios controles de ingeniería y prácticas de trabajo como parte de un sistema integrado de controles lo que puede producir la reducción general necesaria en los niveles de exposición. OSHA no especifica que control debe ser implantado. Antes bien, OSHA permite al patrono la selección que mejor se adapte a las características particulares del lugar de trabajo.

JACA estimó que la eficiencia esperada de nuevos o mejorado sistemás de ventilación de educación para exposiciones en la industria de refinado de cadmio sería sobre 90% en situaciones donde es posible una alta eficiencia de capucha. [1, Tabla 4-2]. PACE proveyó un análisis detallado de la efectividad esperada de controles de ingeniería para refinado de zinc y refinado de cadmio. [2, 3]. Para cada categoría de trabajo PACE determinó el porcentaje de la exposición atribuible a fuentes de exposición diferentes y luego aplicó estimados de efectividad de control a cada fuente. Los estimados de la efectividad de controles específicos no fue dada, pero pueden ser derivados comparando descripciones de los controles recomendados en una sección con las reducciones esperadas en los niveles de exposición presentados en tablas suministradas por PACE.

En operaciones de producción de cadmio, la reducción de porcentaje esperada por PACE debida a los controles en fuentes específicas vario de 75 a 95%. Las reducciones de exposición general para operadores alcanzo de 75 a sobre 90% (60% para mantenimiento). En operaciones de refinado de zinc, donde las exposiciones son mucho más bajas, los controles en fuentes individuales se espera que alcancen reducciones de hasta 80%. El trasfondo y variabilidad de niveles de exposición serían significativamente reducidos. En general, las exposiciones medias de empleado serían consistentemente menos de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  excepto en áreas de refinado de cadmio.

Esta revisión y análisis del expediente necesitaba ser suplementada con consideraciones de factibilidad económica antes de tomar una determinación en relación a controles de ingeniería

apropiados y sus niveles de efectividad. De acuerdo con PACE, las soluciones de ingeniería para alcanzar una reducción de 80% o mayor en la producción de cadmio requeriría mayores expendios de capital y la reconstrucción y sustitución de las facilidades existentes. Los costos capitales para alcanzar este margen de reducción pudiera alcanzar sobre 3 millones por planta afectada de acuerdo con PACE [3, p. 2-3]. Alcanzar una reducción de 80% en niveles de cadmio no parece ser económicamente factible en este tiempo. (Las rentas anuales totales en este sector promedian menos de \$50 millones por planta. Si el margen de ganancia sobre esta cantidad fuera cinco por ciento, las ganancias por planta serían \$2.5 millones. Desde 1979, cuatro facilidades de refinado de cadmio han cerrado, dejando cuatro productores domésticos en toda la nación). En vez, controles de ingeniería menos caros con una expectativa de eficiencia más baja (60%), fueron identificados. Basado sobre evidencia en el expediente, OSHA cree que un nivel de reducción de control de ingeniería de 60% es razonable para este segmento de la industria es técnica y económicamente factible.

Siguiendo la selección de este factor de eficiencia, el nivel de control de ingeniería apropiado para cada grupo de exposición fue identificado en el punto alcanzable para 60-80% de las exposiciones. Para procesos de alta exposición incluyendo refinado de cadmio, moldeado de cadmio, producción de óxido de cadmio y operaciones de planta sinterizadora, se identificó un SECAL de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para todos los procesos de baja exposición, OSHA cree que un nivel PEL de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  es factible por medio de controles de ingeniería. Para grupos de alta exposición el cumplimiento con el PEL de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con controles de ingeniería y prácticas de trabajo no es factible en este tiempo y puede solo alcanzarse mediante el uso de respiradores. Los respiradores están fácilmente disponibles con un amplio alcance de factores de protección que pueden proteger adecuadamente a los trabajadores de exposiciones potenciales en esta industria. La protección respiratoria estará requerida para muchos de los empleados de mantenimiento y producción a tiempo completo. Este resultado fue anticipado en el análisis preliminar y fue consistentemente apoyado por la evidencia substancial en el expediente.

*Costos de cumplimiento con el SECAL de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y PEL de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .* Los costos de cumplimiento con la norma revisada de cadmio consiste en costos para controles de ingeniería adicionales, uso aumentado de respirador, programas de monitoreo de exposición más comprehensivos, disposiciones de higiene (cuartos de ducha, ropas de trabajo, etc.), y requisitos de adiestramiento y archivo de expedientes.

Los estimados de los costos de instalación de nuevos o mejorados sistemas de ventilación de educación fueron provistos por JACA. En dólares corrientes, los costos de estos sistemas varían de \$51,000 a \$112,000. [1, Tabla 6-1]. Los costos de operación y mantenimiento anuales fueron estimados ser 10% del costo capital.

PACE proveyó costos estimados para varios tipos de controles en su análisis de la industria de producción de cadmio, [3, Tabla A2-41]. Un sistema de correa transportadora neumática se

estimó que cueste \$60,000 con costos anuales de operación y mantenimiento de \$4,000; los sistemas de ventilación de educación con capuchas y ductos se estimó que cuesten \$24,000 a \$254,000; los costos para islas de aire limpio alcanzaron de \$6,000 a \$27,000; separar un área del resto del edificio se estimó que cueste \$9,000; el recintado complejo de una máquina se estimó que cueste \$5,000; el costo de instalar un sistema de limpieza de aspiración al vacío se estimó que cueste alrededor de \$25,000; y una cabina de descontaminación para trabajo de mantenimiento, con un sistema de educación, monorraíl y montacarga, y facilidades de limpieza al vacío y por vapor se estimó que cueste \$47,000. Estos estimados fueron consistentes con la evidencia en el expediente para costos de controles de ingeniería similares.

JACA recomendó controles de ingeniería adicionales para tres de seis categorías de trabajo identificadas en la producción de cadmio. PACE recomendó medidas de control significativas adicionales para diez de quince categorías de trabajo. En su análisis de una planta refinadora de zinc (incluyendo operaciones de producción de cadmio), PACE recomendó medidas de control en cuatro de siete departamentos, representando alrededor de 20 categorías de trabajo. Los análisis de PACE y JACA estuvieron basados sobre el intento de alcanzar  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para propósitos de estimar los costos de controles de ingeniería adicionales en esta industria, OSHA desarrollo estimados del número de diferentes tipos de controles que se espera que se instalen. Los controles factibles adicionales recomendados y descritos en el expediente para esta industria son generalmente métodos comunes de controlar exposiciones aerosuspendidas. Cada planta elegiría los métodos de control que representan la mejor solución para su situación particular, dependiendo de la configuración de la operación, la extensión a los controles corrientes, y la aplicabilidad de controles adicionales.

Por ejemplo, en algunas situaciones la ventilación puede ya estar presente y las exposiciones pueden ser más efectivamente controladas instalando cajas de manipulación con guantes o equipo de transferencia de material mecanizado, o mediante la relocalización de la operación en lugar de mejorar la ventilación. Los costos para estas alternativas serían comparables a los costos para los métodos de control identificados. Así, los estimados de OSHA de los números de controles sirven para identificar estaciones de trabajo donde las exposiciones necesitan ser reducidas; los controles adicionales proveen la base para estimar el total de costos. Según señalado, estos costos de controles pueden servir como sustitución a las soluciones alternativas en algunas operaciones, en algunas firmas.

Basado sobre una revisión de los comentarios relevantes sometidos al expediente, la Tabla VIII-C19 presenta los controles adicionales y sus costos potenciales, necesarios para cumplimiento con el SECAL de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PEL. Las tres plantas con operaciones de refinado de cadmio y zinc se estima que necesiten nueva o mejorada ventilación de educación en seis operaciones, islas de aire limpio, dos sistemas de limpieza por aspiración al vacío adicionales, y recintos o divisiones para siete operaciones. Controles adicionales para operaciones de refinado de cadmio debe incluir



cuatro sistemas de ventilación de educación locales, tres islas de aire limpio, un sistema de limpieza por aspiración central, y un recinto para cuatro operaciones. Las operaciones de refinado de zinc se estima que necesiten dos sistemas de ventilación de educación local, dos islas de aire limpio, un sistema de limpieza de aspiración al vacío, y el recintado de tres áreas.

**TABLA VIII-C19.-Costos estimados de controles de ingeniería para cadmio en la industria de refinado de zinc/producción de cadmio**

Tipos de control	Controles por plantas según el tipo de planta <sup>1</sup>			Total de controles de la industria <sup>2</sup>	Costo por control (\$miles)			Costo de la industria (\$miles)				Costo total de la industria anualizado (\$miles)
	A	B	C		Capital	Capacidad anual y mantenimiento	Labor Anual	Capital	Capital anualizado	Capacidad anual y mantenimiento	Labor Anual	
Ventilación por educación local.....	4	6	2	24	80	8	0	1,920	312	192	0	504
Islas de aire limpio...	3	5	2	20	18	2	0	360	59	40	0	99
Sistemas de aspiración central.....	1	2	1	8	15	1	7	120	20	8	56	84
Recintos.....	4	7	3	28	9	0	0	262	41	0	0	41
Total.....	...	.....	.....	80	.....	.....	.....	2,652	432	240	56	728

<sup>1</sup>Planta tipo A: solo refinado de camio; Planta tipo B: refinado de zinc y refinado de cadmio; Planta tipo C: solo refinado de zinc.

<sup>2</sup>Basado en un tipo A, tres tipos de planta B y un tipo de planta C.

Fuente: Office of Regulatory Analysis, OSHA, U.S. Department of Labor.

La Tabla VIII-C19 muestra los costos capitales de controles adicionales, \$2.65 millones, y los costos anuales, \$296,000. Los costos anualizados totales son calculados amortizando los costos capitales durante diez años con un índice de interés de 10% y añadiendo los costos anualizados resultantes a los otros costos anuales. Los costos anualizados de controles de ingeniería en la industria de refinado de zinc/producción de cadmio se estima que sean \$728,000.

Tres compañías sometieron abarcadores comentarios y testimonios sobre la extension de los programas actuales para uso de respirador, monitoreo de exposición, vigilancia médica, información y adiestramiento, y archivo de expedientes [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. La industria generalmente ya provee programas extensos en estas áreas, pero la norma revisada aun requiere que algunos de estos programas sean expandidos.

Las plantas envueltas en refinado de zinc y cadmio en la actualidad han establecido programas de respiradores para empleados en áreas de alta exposición. Con el propósito de cumplir con el PEL de 5 µg/m<sup>3</sup> es probable que alrededor de 80% de los empleados de producción y mantenimiento en la industria requieran el uso de respiradores a tiempo completo aun después de la implantación de controles factibles adicionales. Los empleados en áreas de refinado de cadmio ya están provistos de respiradores, pero muchos empleados con exposiciones bajo 20 µg/m<sup>3</sup> no usan respiradores. Un

refinador de zinc estimó que el uso regular de respirador tendría que ser expandido de 20 empleados en la actualidad a 289 empleados que trabajan en la planta. [11, p. VII-30]. Otro comentario de un refinador de zinc indicó que casi todos los 120 empleados expuestos en o sobre  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la actualidad usan respiradores. [5, Anejo I, pp. 5 - 7].

Los costos incrementales asociados con uso de respirador como resultado de la norma revisada de cadmio están basados sobre la provisión de respiradores para un estimado de 500 empleados adicionales en la industria. La industria en la actualidad emplea alrededor de 1,800 trabajadores, de los cuales alrededor de 75% son empleados de producción y mantenimiento [11, p. VII-59]. Dado que todos los empleados en las operaciones de refinado de cadmio ya usan respiradores, los 500 empleados representan alrededor de la mitad de los trabajadores restantes a quienes se requeriría usar respirador bajo la norma revisada.

El costo anual por empleado por la provisión de un respirador, cambios de filtros HEPA, y una prueba de ajuste fue estimado por un patrono de la industria del zinc ser alrededor de \$300. [5, Anejo III, p.1]. Así, el costo anual para la industria por uso adicional de respirador se estima que sea \$150,000.

Según es evidente de las submisiones de resultados de monitoreo al expediente, las facilidades de refinería de zinc y cadmio ya conducen monitoreo de exposición regularmente. La norma revisada requiere monitoreo de exposición semianual de "cada turno para cada clasificación de trabajo en cada área de trabajo. "Las plantas de refinado de zinc y cadmio tienen un promedio de alrededor de 20 categorías de trabajo, y solo plantas de refinado de zinc o cadmio que tienen un promedio de 10 categorías de trabajo afectadas por este requisito. Contando cada turno separadamente, un total de 240 categorías de trabajo tendrían que ser monitoreadas semianualmente. Ya que la mitad de este monitoreo se conduce actualmente, aproximadamente 240 muestras adicionales tendrían que ser tomadas anualmente en esta industria.

El análisis de laboratorio de cada muestra se estima que cueste \$40. Los servicios de un higienista industrial que ejecute el monitoreo para cada planta costaría en promedio alrededor de \$1,500 [1, p.6-23]. Así que el costo anual estimado para el aumento en exposición es de \$17,100.

Los requisitos de vigilancia médica de la norma revisada envuelven una compleja combinación de diferentes categorías de empleados y una serie de activadores y diferentes agendas de varios exámenes y pruebas. La norma básicamente requiere monitoreo biológico anual, incluyendo pruebas para cadmio en orina, cadmio en sangre, y  $\beta 2$ -microglobulina en orina, y un examen médico completo cada dos años.

La mayoría de los empleados en refinерías de cadmio ya están provistos de exámenes médicos anuales y monitoreo biológico incluyendo análisis de cadmio en sangre y orina y analysis de proteína en la sangre. [8]. Alrededor de la mitad de los empleados expuestos en refinерías de zinc

están incluidos en programas de monitoreo biológico, y aquellos con alta exposición a cadmio (menos de 10% de todos los trabajadores expuestos) se administran exámenes físicos anuales. [11, pp. VII-49 a VII-51]. Expandir los programas de vigilancia médica en esta industria para cumplir los requisitos básicos de la norma de cadmio revisada envolvería aproximadamente 600 exámenes físicos adicionales (1,200 empleados cada dos años) y unos 600 de cada una de las tres pruebas de monitoreo biológico.

Puede que se requiera exámenes médicos y monitoreo biológico más frecuente para algunos empleados, incluyendo empleados que pueden ser médicamente removidos. Se estima que 50 exámenes médicos adicionales y 150 series de monitoreo biológico adicionales puedan ser necesarios anualmente para este propósito.

El costo de un examen físico, incluyendo los salarios pagados durante el examen, se estimó que sean alrededor de \$250. El costo del análisis de laboratorio para una muestra de  $\beta$ 2-microglobulina fue citado por un grupo de investigación pública como \$80. [4, p.4]. Los análisis de muestras de cadmio en orina y en sangre se estiman que sean \$60 cada uno. Se añade \$5 adicionales al costo de cada una de las muestras de monitoreo biológico para los costos asociados con la recolección de muestras. Así, los costos totales incrementales anuales de cumplimiento con los requisitos de vigilancia médica se estima que sean \$323,750 ( $650 * \$250 + 750 * (\$65 + \$65 + \$85)$ ).

Los requisitos para remoción médica pueden envolver costos de cumplimiento en adición a aquellos para exámenes médicos y monitoreo más frecuente (estimado anteriormente). Los criterios para remoción mandatoria afectarían a los empleados con los niveles de monitoreo biológico más extremos. Los criterios para remoción también permiten para discreción considerable del médico. Un estimado de 3% de la fuerza de trabajo expuesta puede ser removida inicialmente sobre las bases de estos criterios y la discreción de los médicos.

El cumplimiento con el nuevo PEL para cadmio y otros requisitos de la norma final de cadmio debe evitar la necesidad continuada de remover empleados. El número de empleados con exposiciones pasadas relativamente altas quienes tendrían mayor probabilidad de ser removidos, debe declinar por agotamiento. No obstante, según los criterios para remoción se hagan más amplios en años futuros (niveles más bajos de cadmio en sangre y orina causaran la remoción mandatoria), empleados adicionales pueden estar sujetos a remoción. Los costos asociados con las disposiciones de remoción médica son aproximados asumiendo que en promedio 3% de la fuerza de trabajo expuesta puede ser removida cada cinco años.

El número de empleados removidos debe ser lo suficientemente pequeño para capacitar a los establecimientos a proveer a los empleados removidos de posiciones alternas. Los costos al patrono

incluirían el pago de salarios subsidiados de salarios a los empleados movidos a trabajos de salarios más bajos, y reclutar y adiestrar nuevos empleados. El costo promedio por empleado removido se estima en \$5,000. Un estimado de 40 empleados puede ser removido cada cinco años, en promedio, en la industria de refinado de zinc y cadmio, y el costo anual para la industria sería \$40,000.

El costo anual total para las disposiciones de vigilancia médica y remoción médica se estima que sea \$363,750.

Las plantas refinadoras de cadmio generalmente han establecido programas de higiene que incluyen cuartos de cambio sucio/limpio, ropas de trabajo, y comedores separados. [11, p. 10-216]. Un refinador de zinc en la actualidad provee duchas y cuartos de cambio pero estableció que las modificaciones necesarias para cumplir los requisitos de la norma de cadmio costaría alrededor de \$200,000. Este comentarista también estableció que las ropas de trabajo desechables tendrían que ser provistas para alrededor de 200 empleados adicionales a un costo anual de \$104 por empleado. [5, Anejo III, p. 1].

Basado sobre el expediente, OSHA ha concluido que para la industria por entero los costos de las disposiciones de higiene incluirán alrededor de \$300,000 para modificaciones de cuartos de duchas y/o comedor con \$50,000 en gastos anuales para ropas de trabajo y costos de operación. En adición, los costos estimados anuales de ducharse en tiempo de trabajo es \$900 por empleado (basado sobre 15 minutos al día por 240 días al año a \$15 la hora) y aplicaría a un estimado de 400 empleados. Los costos totales anualizados de cumplimiento con las disposiciones de higiene se estima así que sea \$450,000.

Los costos incrementales por archivo de expedientes y otros requisitos relacionados con información se estima que sean \$5 por empleado anualmente. Hasta 1,000 empleados adicionales pueden estar afectados por estos requisitos que pudieran resultar en un costo de cumplimiento anual de alrededor de \$5,000.

Los costos totales anualizados de cumplimiento con la norma de cadmio para esta industria se estima que sean \$1.72 millones. Estos costos están resumidos por disposición en la Tabla VIII-C20.

*Factibilidad económica del SECAL de 50 µg/m<sup>3</sup> y el PEL de 5 µg/m<sup>3</sup>* Los precios del cadmio han variado generalmente de \$1 a \$4 por libra durante los pasado 25 años. [14,p. 6]. Desde 1983 hasta 1987 los precios promedio estuvieron bajo \$2 por libra. En 1988, el precio promedio por libra se elevo a sobre \$7, y para agosto de 1989 el precio había vuelto a bajar a alrededor de \$4 por libra. [13, p. 8].

**TABLA VIII-C20.-Costos estimados de cumplimiento con la norma revisada de cadmio para la industria de refinado de zinc/producción de cadmio**

Provision	Costos anualizados (\$miles)
Control de exposición.....	728.0
Uso de respirador.....	150.0
Monitoreo de exposición.....	17.1
Vigilancia médica.....	363.8
Facilidades de higiene/prácticas.....	459.0
Registro de expedients e información.....	<u>5.0</u>
Total.....	1,722.9

Nota: Los costos no incluyen los gastos corrientes.

Fuente: Office of Regulatory Analysis, OSHA, U.S. Department of Labor.

Desde 1984 hasta 1987 la producción de cadmio en los EEUU se mantuvo relativamente estable, alcanzando desde 1,486 a 1,686 sugiere que el cadmio de EEUU (la producción aumentó a casi 1,900 toneladas métricas como resultado de la producción aumentada y en respuesta a precios de zinc y cadmio más altos. [13, p. 2-2].

Ya que el cadmio es un subproducto necesario de refinado de zinc, las decisiones en relación a su producción no están hechas independientemente de las condiciones en el mercado de zinc. Desde 1984 a 1987 la producción de zinc de EEUU fue alrededor de 260,000 toneladas métricas mientras el precio del zinc fue alrededor de 40 centavos por libra [13, Tabla 2-3]. Así, las rentas de la producción de zinc han sido alrededor de \$230 millones.

A un precio de \$2 por libra, las rentas totales de la producción de cadmio sería menos de \$7 millones. Basado sobre el precio de distribuidor de Nueva York de \$6.28 por libra en 1989, el valor de la producción de metal de cadmio doméstico fue \$21.5 millones. [14, p.10].

Las rentas de cadmio y otros subproductos son usualmente considerados créditos (costos negativos) por refinadores de zinc. [14, p.9]. Estas rentas desequilibran parcialmente los costos de producción del producto principal (zinc). La magnitud del crédito fluctúa de acuerdo a los precios de subproducto, pero tiende a ser una porción relativamente pequeña de las rentas totales.

Es improbable que los refinadores de zinc discontinúen la producción de cadmio a menos que los costos totales de producir zinc y cadmio prepondere las rentas totales. Los refinadores de zinc y cadmio no discontinuaron las operaciones cuando el precio del cadmio permaneció bajo \$2 por libra de varios años en los '80. Para productores de cadmio y zinc, los costos estimados de cumplimiento con esta norma sería completamente desequilibrado por un aumento en el precio del cadmio de menos de cincuenta centavo por libra. Ya que el precio del cadmio ha subido recientemente por dos a cinco dólares por libra sobre los precios de hace unos años, los refinadores estarían ganando las suficientes rentas para cubrir los costos de cumplimiento.

Para refinadores de zinc los costos estimados de cumplimiento representan una fracción de 1% de las rentas. Dadas las fluctuaciones inherentes en el precio del zinc, los costos de esta magnitud no pudieran solos causar que los refinadores de zinc cesen la producción. Un estudio independiente por el Departamento del Interior de EEUU, Negociado de Minas, concluyó que los costos anualizados para controles de ingeniería para la industria de \$983,000 representó "un costo razonable". [14, Anejo I, p.1]. Algunos comentarios trajeron preocupaciones de que el impacto de la norma pudiera estorbar la capacidad de recobrar el cadmio de desechos y otras formás de reciclado. A los precios actuales la producción de cadmio es financieramente viable. Los residuos que contienen cadmio están clasificados como desperdicios peligrosos y su desecho se estima que cueste \$0.50 por libra de cadmio. Así, "el precio del metal de cadmio tendría que bajar a alrededor de \$0.50 por debajo de los costos de operación antes de los productores primarios de cadmio tuvieran que en la actualidad cerrar sus circuitos de cadmio y disponer de los residuos en

vez". [13, p.4-2]. Debido a los altos costos asociados con el desecho de desperdicios que contiene cadmio, los refinadores de cadmio deben ser capaces de obtener suministros a precios relativamente bajos.

Las operaciones de refinado de cadmio en la actualidad son conducidos con uso extenso de protección respiratoria y tendrían que seguir haciéndolo así con o sin la norma revisada de cadmio. La factibilidad de los esfuerzos de reciclado de cadmio dependerían del precio del cadmio y de otros factores en el ambiente de negocio. Los costos incrementales de cumplimiento asociados con esta norma sería un factor menor en decisiones de inversion en esta escala.

Debido a la reglamentación ambiental, costos laborales, y otros factores, los costos de refinado de cadmio doméstico puede ser más alto que en otros países. Antes de 1974, los Estados Unidos era el principal refinador de cadmio con 11 plantas produciendo cadmio. La producción de cadmio bajo de 82% para 1982 aunque la demanda permanece fuerte. Para 1989 los Estados Unidos habían cambiado de ser casi autosuficiente en cadmio a un importe neto de 62%. [14, p. 9].

Los impactos de la norma revisada de cadmio están completamente oscurecidos por circunstancias y desarrollos más fundamentales en esta industria. Las operaciones de refinado de cadmio pueden continuar en este país bajo la norma revisada de cadmio. La supervivencia de, o inversion en tales plantas depende de muchos factores. La norma revisada tendría una influencia insignificante en esta área porque (1) los costos incrementales representan una pequeña fracción de rentas y retornos en equidad y (2) la naturaleza básica de las operaciones de refinado de cadmio con la necesidad de protección respiratoria no sería cambiada.

OSHA concluye que la norma revisada de cadmio es económicamente factible para la industria de refinado de zinc/producción de cadmio. Esta determinación esta basada sobre la evidencia sometida

al expediente, incluyendo los costos impuestos por la norma y la capacidad de absorber estos costos.

## NOTAS

1. Exhibit 13, "Economic Impact análisis of the Proposed Revision to the Cadmium Standard". Final Report, JACA Corporation, March 15, 1988.
2. Exhibit 19-43, Attachment K, "Technical Feasibility of a Workplace Standard for airborne Cadmium in the Primary Zinc Industry", PACE Incorporated, December 5, 1989.
3. Exhibit 19-43, Attachment L, "Feasibility and Costo Study of Engineering Controls for Cadmium Exposure Standard", PACE Incorporated, April 30, 1990.
4. Exhibit 123, "Comments of Public Citizen Health Research Group and the International Chemical Workers Union on OSHA's Proposed Standard Governing Occupational Exposure to Cadmium", Public Citizen, October 17, 1990.
5. Exhibit 19-30, "Comments on OSHA Proposed Cadmium Regulation", Big Rivera Zinc Corporation, May 10, 1990.
6. Exhibit 19-31, "Statement of Zinc Corporation of America on the OSHA Proposed Rulemaking on Occupational Exposure to Cadmium", Zinc Corporation of America, Thomás E. Janeck, May 11, 1990.
7. Exhibit 19-32, Comments of ASARCO Incorporated, May 9, 1990.
8. Exhibit 107, Comments of ASARCO Incorporated, September 18, 1990.
9. Exhibit 111, Comments of ASARCO Incorporated, September 26, 1990.
10. Exhibit 125, Comments of Big River Zinc Corporation, October 16, 1990.
11. Hearing Transcript, pages VII-29 through VII-10 and pages 10-204 through 10-216.
12. Exhibit 106, Comments of NIOSH, September 18, 1990.
13. Exhibit 19-43, Attachment I, "Economic and Technological Feasibility of a 5 Microgran per Cubic Meter Workplace Standard for Airbone Cadmium", Putman, Hayes & Bartlett, Inc., april 30, 1990.
14. Exhibit 105, Studies submitted by Bureau of Mines, U.S. Department of Interior,

September 18, 1990.

## Producción de pigmento

*Revisión de industria.* Los pigmentos de cadmio son manufacturados en cuatro plantas en los EEUU. Aproximadamente 600 toneladas de cadmio son usadas en la producción de pigmentos con base de cadmio. Un total de alrededor de 100 empleados están expuestos a cadmio en estas facilidades. [1, p.5].

Los pigmentos de cadmio son compuestos inorgánicos que varían en color de amarillo a rojo. Son usados para colorear plástico, pinturas, cerámicas, y tintas de imprimir. Los pigmentos son usualmente producidos como polvos pero también están disponibles en otras formas, como pastas y líquidos. Para aplicaciones en la industria del plástico, los pigmentos de cadmio están disponibles en píldoras de tanda maestra, que incorpora el pigmento en píldoras de resinas de polímero compuestas.

Comparado a otros pigmentos inorgánicos, los pigmentos de cadmio son relativamente caros. Los pigmentos de cadmio son preferidos y esenciales para muchos usos porque otros pigmentos carecen de las cualidades que proveen los pigmentos de cadmio. Las ventajas de usar pigmentos de cadmio incluyen estabilidad de calor para manufacturar plásticos a altas temperaturas o revestimiento de superficies de alta temperatura; el polvo colorante es fuerte y brillante; y resistente a despintarse debido a envejecimiento o luz del sol.

*Procesos de producción.* El proceso para manufacturar pigmentos de cadmio difieren entre compañías, y los manufactureros pueden usar diferentes combinaciones de clases de trabajo dependiendo del proceso. En general, el proceso conlleva la adición de metal de cadmio a un tanque que contiene una solución ácida. Dependiendo del color deseado, se añade sulfito de sodio y sulfito de selenio o zinc. El precipitado resultante es filtrado, lavado y secado. El precipitado seco es entonces calcinado, formando el pigmento de cadmio deseado. El pigmento es adicionalmente bocarteado o mezclado para cumplir con las especificaciones del cliente. Finalmente es empacado, usualmente en tambores de fibra.

El proceso de manufactura en general envuelve las siguientes clases de trabajo en adición a los supervisores: mecánicos de mantenimiento y técnicos de laboratorio; operadores de solución, operadores de sólidos mojados, operadores de calcina, y operadores de sólidos secos. [1, p.6].

El operador de solución está a cargo de añadir hojuelas de metal de cadmio al tanque de preparación y también puede estar envuelto en la operación de electrodeposición, la cual es un proceso mojado. Dependiendo del manufacturero, esta posición puede ser dos trabajos diferentes, un operador y un empleado de electrodeposición. El operador de sólidos mojados transfiere la torta de prensa mojada ya sea manualmente o automáticamente al departamento de secado. En algunas



plantas de pigmento el material es manualmente transferido de las bandejas de secado a la operación de triturado donde es empacado en tambores y mandado al departamento de calcinado. En otras facilidades, el pigmento es secado en un sistema cerrado usando ya sea un secador de correa o de batea. Dependiendo de la facilidad, el pigmento es añadido a la calcina manualmente por el operador de calcina o es transferido a la calcina mediante aire de un envase portátil. Los operadores de sólidos secos son responsables del molido, triturado, o mezclado subsiguiente del pigmento de cadmio. Cuando se cumplen las especificaciones, el pigmento es empacado.

*Exposición de empleados.* El análisis preliminar que acompaña la regla propuesta se basó sobre el perfil de exposición desarrollado por JACA Corporation. [2 Tabla 3-6] Basado sobre los resultados de JACA de siete años de muestreo de base de datos del sistema de Información de Gerencia Integrado (IMIS) de OSHA hasta agosto de 1988. JACA también visitó una planta manufacturera de pigmentos para mejor comprender e interpretar los datos de exposición. Su perfil de exposición esta presentada en la Tabla VIII-C21. Cuatro de las seis categorías de trabajo identificadas tienen medias geométricas de menos de 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , las restantes categorías de trabajo que tienen exposiciones medias entre 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

PACE Incorporated desarrolló un perfil de exposición para la industria de manufactura de pigmento a petición del Consejo del Cadmio. [3, Tabla A10-1]. Esta información esta resumida en la Tabla VIII-C22. Los estimados de PACE fueron calculados de los datos suplidos por una planta. Tres de ocho categorías de trabajo listadas tienen exposiciones medias de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , o más.

Una planta manufacturera de pigmentos sometió datos de monitoreo personal al expediente como parte de su comentario post-vista, incluyendo muestras tomadas durante 1990. [4, Sección D-1]. Estos datos están resumidos en la Tabla VIII-C23. Las exposiciones de ocho horas promedio tiempo ponderado varían de menos 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en algunas categorías de trabajo a sobre 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en otras.

**TABLA VIII-C21.-Datos de exposición a cadmio para producción de pigmentos de cadmio basado sobre JACA**

Categoría de trabajo	Concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Media geométrica	Mediana	Alcance
Operador de solución.....	4.62	28.0	22.0-160.0
Operador de sólidos mojados.....	5.6	17.5	0.1-470.0
Operador de caldinado.....	40.3	243.0	0.1-1,020.0
Operador de sólidos secos.....	3.9	2.0	0.1-1,200.0
Supervisor de proceso.....	1.1	1.1	0.1-7.0
Técnico de mantenimiento.....	3.5	3.0	0.1-1,560.0

Fuente: Exhibidor 13, JACA, Tabla 3-6.

**Tabla VIII-C22 Perfil de exposiciones ocupacionales a cadmio en la industria de pigmentos de cadmio basado sobre PACE Incorporated**

Categoría de trabajo	Media geométrica de exposiciones [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Operador de acometida.....	79
Operador de impato.....	29
Prensista.....	43
Operador de trituradora.....	140
Operador de calcinado.....	100
Operador de sistema mojado.....	44
Molinero.....	222
Operador de mezclado.....	145

Fuente: PACE Incorporated, Exhibidor 19-43, Anejo L, Tabla A10-1.

**Tabla VIII-C23 Exposición ocupacional a cadmio durante la producción de pigmentos de cadmio basado sobre datos de la planta SCM**

Categoría de trabajo	Media aritmética de exposiciones <sup>1</sup> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Operador de acometida.....	27
Operador de impato.....	12
Prensista.....	56
Operador de trituradora.....	276
Operador de calcinado.....	50
Operador de sistema mojado.....	43
Molinero.....	348
Operador de mezclado.....	53
Operador de mezcladora.....	163
Mecánico de mantenimiento.....	24
Supervisor.....	9

<sup>1</sup>Generalmente mayor que la media geométrica.

Nota: Basado en datos de monitored personal de promedio de tiempo ponderado de 8 hrs. para todas la categorías excepto operator de acometido y prensista, pero los cuales los datos de 1990 no estaban disponibles y se usaron datos de 1968-1989.

Fuente: SCM Chemicals, Post-Hearing Documentary Evidence, Exhibit 112, Par D-1.

*Controles adicionales existentes y factibles.* Las descripciones de los controles existentes y factibles adicionales fueron provistos al expediente de tres fuentes principales.

JACA Corporation describió el uso limitado de sistemas de ventilación observados durante una visita de sitio a una planta; la mayoría de los operadores no estaban protegidos por controles de ingeniería [2, páginas 4-10]. JACA recomendó una extensa expansión y mejora del sistema de ventilación, incluyendo capuchas de ventilación de educación local de alta eficiencia adicional en cuatro estaciones de trabajo .

La planta visitada por JACA subsiguientemente implantó un proyecto de reducción de exposición, los detalles de los cuales están descritos en el exhibit 112. El proyecto fue completado para principios de 1989. Las mejoras y modificaciones listadas como parte de este esfuerzo incluyen una variedad de controles y estuvieron basadas sobre un acercamiento comprehensivo a la reducción de niveles de exposición a través de la planta.

El diseño del proyecto de reducción de exposición envolvió un número de componentes, incluyendo mejoras al sistema de ventilación existente, instalación de equipo de ventilación nuevo, instalación de equipo de aspirador central, instalación de equipo de transferencia mecánica, y otras mejoras a los procesos y prácticas de trabajo. [4, Sección D-2, p.3].

PACE Incorporated evaluó los controles existentes y las posibilidades de controles adicionales en la industria de la manufactura de pigmentos [3]. La planta visitada por PACE y considerada representativa de la industria fue la misma planta visitada por JACA. Para el tiempo de la visita de PACE al sitio, la planta había completado su proyecto de reducción de exposición según señalado anteriormente. Los controles adicionales recomendados por PACE incluyeron el recintado de la operación de abertura de cajas y depósito en los "attack tanks" y la adición de ventilación de educación de contrario. Junto con las prácticas de trabajo mejoradas y las concentraciones de trasfondo reducidas de cadmio aerosuspendido, las concentraciones medias de los trabajadores en los "attack tanks" se espera que se reduzcan por sobre 80% a  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [3, p. 10-4].

PACE sugirió que las exposiciones en los tanques de fijación proveyendo ventilación de educación más efectiva para los tanques y estableciendo el lavado frecuente de superficies en esta área para evitar la acumulación de contaminación.

Las recomendaciones de PACE para transferencia y calcinado de pigmentos incluyeron la ventilación mejorada y el establecimiento de equipo dedicado y canaletas para múltiples líneas de producción, las cuales también envuelven modificaciones de edificio.

PACE identificó la ventilación y el recintado mejorados como controles adicionales factibles para operaciones de molido y mezclado. El uso de líneas de producción paralelas también pueden reducir las exposiciones en estas operaciones, asumiendo que un número suficiente de líneas de producción pudieran construirse y que las líneas permanezcan dedicadas a un color particular sin necesidad de limpieza.

De acuerdo con PACE, las exposiciones durante las operaciones de prensado y lavado pudieran reducirse sustituyendo las prensas de filtro de lamina ranurada por filtros de presión automática. El manejo manual de materiales sería eliminado ya que la descarga de los filtros de la correa serían mantenidos en recintados. Sin embargo, la implantación de equipo de producción paralela para acomodar suficientemente las necesidades de manufactura puede no ser factible y también crearía exposiciones adicionales durante la limpieza y mantenimiento de las canaletas y recintados.

PACE propuso adicionalmente que los controles para la operación de secado incluye una extensión de procesado semi-automático de los filtros de presión, eliminando el manejo manual de bandejas, rejillas de secado de bandejas, y el uso de hornos de secado estáticos. El secado se llevaría a cabo con secadores de tornillo continuo de la descarga del filtro de presión en un sistema cerrado. Se requeriría secadores dedicados para cada una de las líneas de filtro de presión.

Los manufactureros de pigmentos contunden que establecer líneas de producción dedicadas no sería factible dada la necesidad de hacer una variedad de productos. Para competir efectivamente, las plantas ofrecen una amplia variedad de productos y necesitan mantener la flexibilidad para cambiar las especificaciones frecuentemente produciendo mezclas a la orden usando un proceso de tanda. La naturaleza de tanda del proceso de producción requiere la limpieza frecuente del equipo.

La capacidad de producción de tandas parece necesaria y es probable que continúe en plantas que compiten globalmente en esta industria; y el número total de salidas limpias no es probable que sean reducidas. OSHA concluye que los controles factibles están disponibles para minimizar las exposiciones a cadmio durante la manufactura de pigmentos. Estos incluirían sistemas de ventilación, recintados, y medidas de orden y limpieza. La industria parece haber implantado algunos controles ya, aunque mejoras adicionales son posibles basado sobre el análisis del informe PACE.

*Limites de factibilidad tecnológica para un SECAL.* Con el propósito de determinar los límites apropiados para este segmento de la industria, las exposiciones de ocupación/proceso fueron separadas en categorías de alta y baja (ver la sección B para una discusión más completa de este enfoque). En general, las ocupaciones/procesos de alta exposición tienen lecturas promedio de sobre  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el grupo de exposiciones bajas tienen un promedio de exposición de ó bajo  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Datos separados indican que los procesos de exposición alta incluyen calcinado, triturado, molido, y operaciones de mezclados (con un total de 60 trabajadores expuestos mientras ocupaciones de baja exposición/incluye procesos de sistemas mojados, ataque y fijación, mantenimiento y supervisión (alrededor de 40 empleados expuestos). La Figura VIII-C12 muestra gráficamente los datos separados.

Los datos de exposición media para las dos series de datos fueron como sigue:

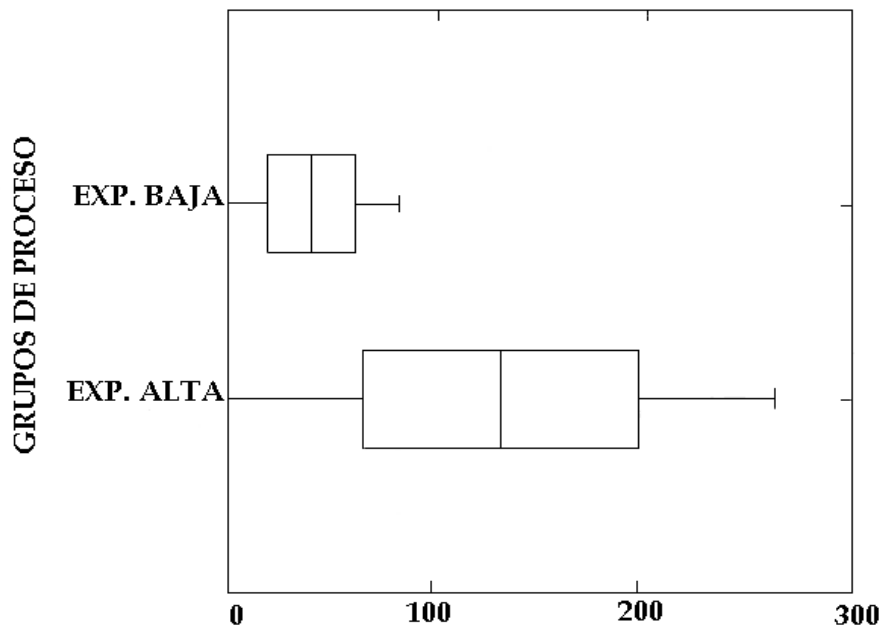
	Grupo alto	Grupo bajo
Número de observaciones.....	13	12
Media.....	129.6	23.4
Desviación estándar.....	100.3	23.1

Para verificar que los dos grupos dentro de la industria fueran distintos, se realizó una prueba *t* sobre la diferencia en medias. La hipótesis nula de que las medias de datos de exposición eran iguales, fue rechazada y la conclusión de que eran obtenidas de distribución de estadísticas separadas, fue aceptada.

**BILLING CODE 4510-M-26**

FIGURA VIII-C12

PIGMENTOS



### **VIII-C102**

Después que se verificó la diferencia estadística entre los grupos de alta y baja exposición, los datos fueron analizados separadamente. Se obtuvo valores medios de procesos separados de cada fuente de datos disponible. Todos los valores de exposición en cada serie fueron "ajustados" a una línea recta usando la fórmula cuadrática de entrecruzamiento rectilíneo. El resultado se muestra en las Figuras VIII-C13 y VIII-C14.

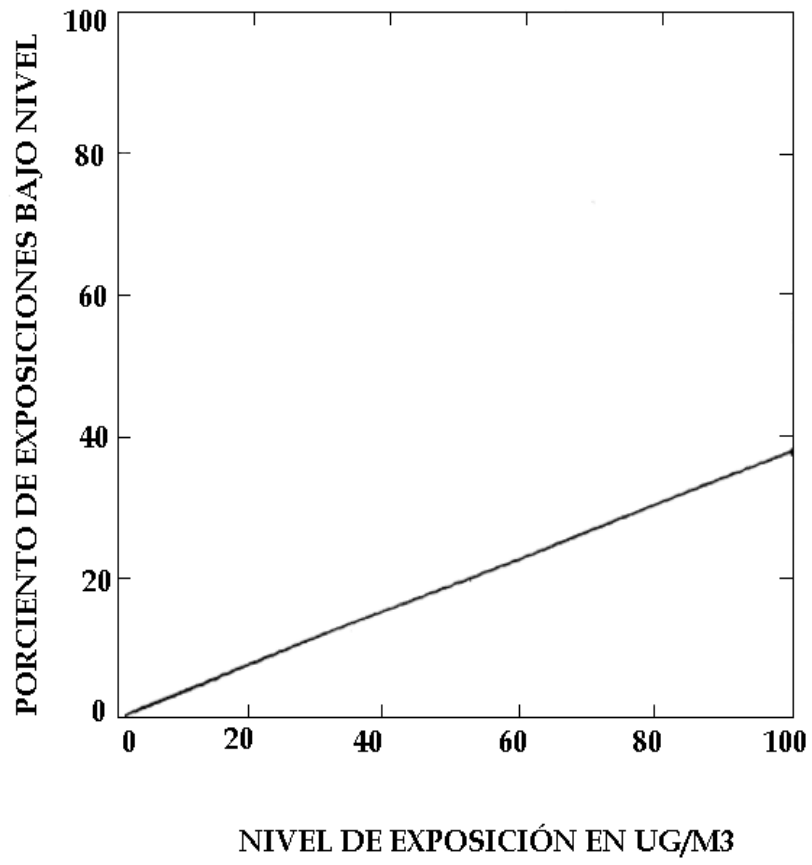
Se desarrolló un modelo para identificar el nivel de SECAL apropiado para cada grupo de exposición. Las exposiciones actuales para cada grupo fueron reducidas basadas sobre niveles de eficiencia de controles de ingeniería alternativos de 80, 60, 40, y 20%. A más alto el nivel de eficiencia, más bajo el nivel de exposición proyectado, y más cercano al eje vertical. Las Figuras VIII-C15 y VIII-C16 muestran las reducciones y cambio en la distribución de exposiciones para los grupos altos y bajos en la manufactura de pigmentos.

La selección de un factor de reducción de eficiencia apropiado estuvo basado sobre el avalúo de la capacidad anticipada de controlar las exposiciones a cadmio en esta industria según dispuesto por JACA, PACE y fuentes de la industria. JACA proyectó que una reducción en niveles de exposición de 90-95% era alcanzable mediante ventilación y mejoras adicionales en orden y limpieza y prácticas de trabajo [2, p. 4-12]. De acuerdo con PACE, las reducciones de 80% en niveles de exposición sería alcanzable pero requeriría expendios de capital mayores y nuevos sistemas de producción que fueron considerados no factibles por fuentes industriales. La factibilidad económica de la estrategia de control fue una consideración importante en este sector ya que las ganancias totales del sector fueron solo \$1.5 millones.

**BILLING CODE 4510-26-M**

FIGURA VIII-C13

PIGMENTOS (EXP. ALTA): ACTUAL

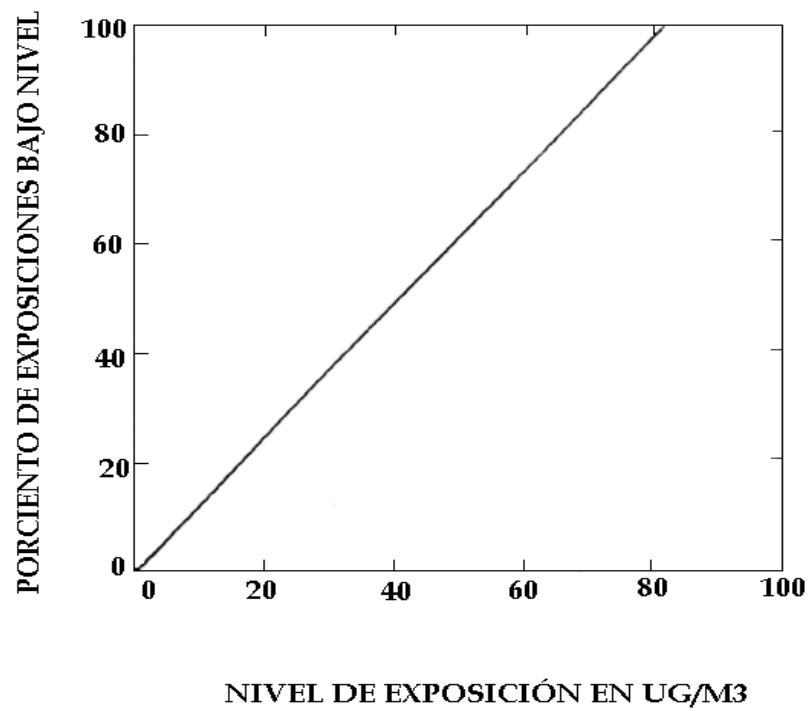


VIII-C104



FIGURA VIII-C14

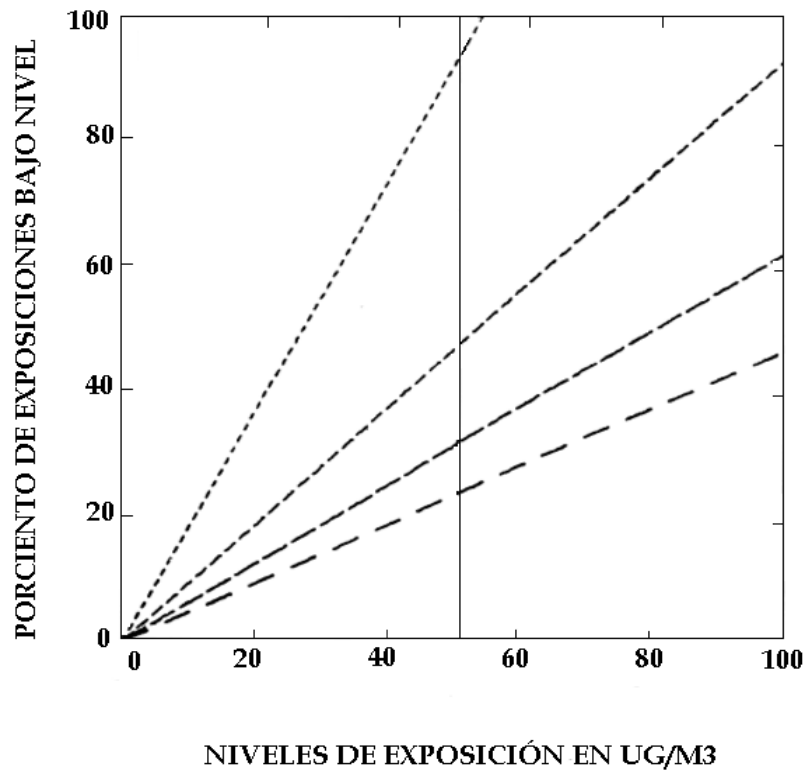
PIGMENTOS (EXP. BAJA): ACTUAL



VIII-C105

FIGURA VIII-C15

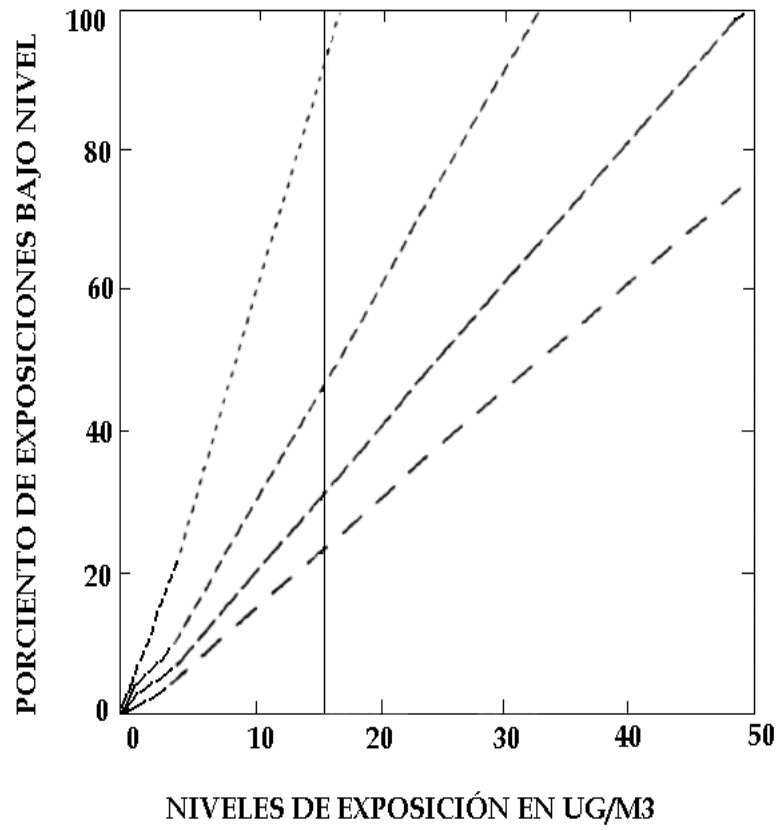
PIGMENTOS (EXP. ALTA): CONTROLADA



VIII-C106

FIGURA VIII-C16

PIGMENTOS (EXP. BAJA) CONTROLADA 80% - 20%



VIII-C107

En el análisis final se determinó que los constreñimientos de factibilidad pueden evitar que los establecimientos en este sector alcancen un nivel de reducción de exposición de más de 80%. Un alcance de factor de reducción de 60-80% fue seleccionado basado sobre la efectividad esperada de los controles de ingeniería adicionales que pueden implantarse en estos establecimientos. OSHA cree que este alcance de reducción es tecnológicamente y económicamente factible para esta industria .

Siguiendo a la selección de alcance de factor de eficiencia, los SECALs apropiados para cada grupo de exposición fueron identificados al nivel alcanzable para alrededor de 60-80% de las observaciones de exposición. Para las operaciones de alta exposición se identificó un SECAL de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y para las operaciones de baja exposición, se identificó un SECAL de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La norma de cadmio autoriza la confianza suplementaria en respiradores después de que todos los controles de ingeniería factibles hayan sido implantados. Cuando los niveles de exposición no estén lo suficientemente reducidos mediante los controles de ingeniería solamente, el cumplimiento con la norma puede alcanzarse en esta industria mediante el uso de protección respiratoria.

*Costos de cumplimiento con los SECALs de 50-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PEL de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .* Los costos de cumplimiento incluyen costos para controles de ingeniería adicionales, uso aumentado de respirador, programas de monitoreo de exposición más comprehensivos, requisitos de vigilancia médica, disposiciones de higiene y requisitos de adiestramiento y archivo de expedientes. Los costos de cumplimiento estimados representan los costos incrementales necesario para alcanzar el cumplimiento con la regla final de una línea de base de las prácticas actuales; estos costos no incluyen expendios actuales o pasados.

JACA proveyó estimados de los costos de instalación de nuevos o mejorados sistemas de ventilación de educación. En dólares corrientes, los costos de estos sistemas alcanzan de \$51,000 a \$112,000. [2, Tabla 6-1]. Los costos anuales de operación y mantenimiento fueron estimados en 10% de los costos capitales. JACA proyecto que los sistemas de ventilación nuevos o mejorados pueden ser instalados en cuatro estaciones de trabajo por planta.

PACE proveyó costos estimados para varios tipos de controles en su análisis de la industria de producción de cadmio [3]. Los controles para "attack tanks" incluyeron recintados y ventilación de educación de contratiro, con un costo capital de alrededor de \$30,000 y un costo anual de alrededor de \$1,500. Los controles en los tanques de adherencia incluyen ventilación mejorada y lavado aumentado de superficies para evitar la acumulación de contaminates; el costo capital sería \$25,000 y el costo anual sería \$4,000. Los controles sugeridos por PACE para otras operaciones requeriría modificaciones a edificios y el establecimiento de líneas de producción dedicadas. OSHA no requiere expendios mayores de capital para plantas en esta industria basado sobre consideraciones de factibilidad económica.

Los detalles de un programa de reducción de exposición recientemente completado fueron sometidos al expediente por una planta manufacturera de pigmentos [4, sección D-2]. El programa incluyó un sistema de ventilación mejorado con sistemas de ventilación local adicionales en tres áreas, dos sistemas de aspiración de central, nuevos sistemas de transferencia neumáticos, dos unidades de pérdida de aire calentadas por vapor, la sustitución de seis balanzas mecánicas, nuevas y más grandes mezcladoras, unidades de aspiración al vacío mojadas portátiles, y una mejora completa del sistema eléctrico.

El proyecto envolvió \$1.1 millones en costos capitales y alrededor de \$140,000 en costos anuales de mantenimiento y energía. Parece, sin embargo, que estos costos no estuvieron enteramente dedicados a la reducción de riesgos. Parte del costo envolvió la compra de nuevo equipo más eficiente que no debe atribuirse a costos de cumplimiento. El ajuste para este factor resultaría en estimados de costo consistentes con los de JACA y PACE. (los costos totales de cumplimiento de JACA fueron más bajos debido a la recomendación de menos controles: los costos totales de PACE fueron más altos debido al costo mayor por las líneas dedicadas y modificaciones de edificios.)

Las otras plantas en la industria parecen no haber implantado programas de control de exposición extensos. A estas plantas se requeriría instalar controles de ingeniería adicionales, pero no se les requeriría rediseñar los sistemas de producción o invertir en nuevos edificios.

Los manufactureros de pigmentos enfatizaron que cada planta es diferente y requiere diferentes soluciones de control. OSHA reconoce que cada planta desarrollaría controles de ingeniería basado sobre circunstancias individuales y que la combinación de controles apropiada en una planta puede diferir de la de otra. OSHA asume que los costos de los controles identificados a continuación se aproximaría a los costos actuales para la industria.

La fuerza de trabajo combinada en las cuatro plantas es alrededor de 100 trabajadores. La mayoría de estos trabajadores con probabilidad necesitarían protección respiratoria para cumplir con el PEL de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no empece el número de controles instalados.

La Tabla VIII-C-24 presenta los números estimados de controles adicionales que las plantas necesitan implantar, los costos de unidad de los controles, y el costo total de los controles de ingeniería para la industria. OSHA estima que en promedio cada planta instalaría tres nuevos sistemas de ventilación de educación local, proveería recintos para tres operaciones, e instalaría un sistema de limpieza de aspiradora al vacío adicional, o usaría una combinación diferente de controles con un costo equivalente. El costo total anualizado de controles de ingeniería adicionales para la industria se estima que sea \$312,000.

En adición a los controles de ingeniería, el cumplimiento con la norma revisada requeriría el uso de respirador, monitoreo de exposición, vigilancia médica, facilidades de higiene, programás de información y adiestramiento, y archivo de expedientes. La industria manufacturera de pigmentos

ya provee programas extensos en estas áreas, pero la norma revisada puede requerir que algunos de estos programas sean expandidos. Los costos estimados de cumplimiento representan el expendio incremental necesario para cumplir los requisitos y no incluyen los costos de los programas actuales.

El testimonio de la industria indico que las compañías en la actualidad proveen exámenes médicos para cada empleado anualmente o cada dos años, conducen monitoreo biológico y monitoreo de exposición anualmente o con mayor frecuencia y que ocurre algún uso de respirador entre toda la fuerza de trabajo [5].

**TABLA VIII-C-24-Costos estimados de controles adicionales en la industria manufacturera de pigmentos.**

Tipo de control	Controles por planta	Total de controles industriales	Costo por control (\$miles)			Costos industriales (\$miles)				Total de costos industriales anualizados (\$miles)
			Capital	Capacidad anual y mantenimiento	Labor anual	Capital	Capital anualizado	Capacidad anual y mantenimiento	Labor anual	
Ventilación de educación local...	3	12	80	8	0	960	156	96	0	262
Sistema central de vaciado.....	1	4	15	1	7	60	10	4	28	42
Recinto.....	3	12	9	0	0	108	18	0	0	18
Total.....	.....	28	.....	.....	.....	1,128	184	100	28	312

<sup>1</sup> Basado en cuatro plantas con necesidad de controles adicionales.  
 Nota: Los totales pueden no aparecer exactos por el redondeo.  
 Fuente: Office of Regulatory Analysis, OSHA, U.S. Department of Labor.

Para propósitos de calcular los costos de cumplimiento para la industria, OSHA estima que 80% de los 100 empleados expuestos tendrían que usar un respirador, y que alrededor de la mitad de este uso de respirador ocurre en la actualidad. Así, la protección respiratoria adicional sería necesaria para alrededor de 40 empleados. Con un costo promedio anual por empleado de \$300 por proveer un respirador, cambios de filtros HEPA, y una prueba de ajuste, el costo anual para la industria sería \$12,000.

La norma revisada requiere monitoreo de exposición semianual para "cada turno para cada clasificación de trabajo, en cada área de trabajo". En promedio, seis categorías de trabajo durante tres turnos de trabajo en cuatro plantas requeriría que se tomara 144 muestras anualmente en la industria. Si una cuarta parte de este muestreo ya se hace, el costo de analizar cada muestra es \$40, y el costo promedio es \$1,500 anualmente, entonces el costo anual adicional a la industria por esta disposición sería alrededor de \$10,300.

El cumplimiento con las disposiciones de vigilancia médica de la norma revisada parecer estar parcialmente cumplida por los productores de pigmentos [5]. Sin embargo, OSHA cree que algunos empleados pueden no estar provistos de todas las pruebas y exámenes requeridos. Se requiere exámenes y pruebas más frecuentes para empleados bajo ciertas condiciones y para empleados que puedan ser médicamente removidos.

Expandir los programas de vigilancia médica en esta industria para cumplir los requisitos de la norma revisada puede envolver 30 exámenes físicos anualmente y unas 100 adicionales de cada una de las tres pruebas de monitoreo biológico. Los exámenes físicos se estima que cuesten \$250 cada uno, los análisis de laboratorio para una muestra de  $\beta$ 2-microglobulina se estima que cueste \$80, los análisis de laboratorio para cadmio en sangre y orina se estima que cuesten \$60 cada uno, y el costo de recoger muestras de monitoreo biológico se estima que sea \$5 por muestra. Los costos incrementales para exámenes médicos y pruebas para la industria se estima que sean \$29,000 anualmente ( $30 * \$250 + 100 * \$215$ ).

Los requisitos para remoción médica pueden envolver costos de cumplimiento en adición a aquellos de exámenes médicos más frecuentes en adición a aquellos para exámenes médicos y monitoreo más frecuentes estimados anteriormente. Los criterios para remoción mandatoria afectarían a los empleados con los niveles de monitoreo biológico más extremos. Los criterios para remoción también permiten para considerable discreción del médico. Se estima que 6% de la fuerza de trabajo expuesta puede ser removida inicialmente sobre las bases de estos criterios y la discreción de los médicos.

El cumplimiento con el nuevo PEL para cadmio y otros requisitos de la norma final de cadmio debe evitar la necesidad continuada de remover empleados. El número de empleados con exposiciones pasadas relativamente altas debe declinar por atrición. Sin embargo, según los criterios para remoción se vuelvan más amplios en años venideros (niveles más bajo de cadmio en orina y sangre causando la remoción mandatoria), empleados adicionales pueden estar sujetos a remoción. Los costos asociados con las disposiciones de remoción médica son aproximados asumiendo que en promedio, 6% de la fuerza de trabajo expuesta puede ser removida cada cinco años.

El número de empleados removido debe ser lo suficientemente pequeño para que los establecimientos sean capaces de proveer a los empleados removidos de posiciones alternativas. Los costos al patrono incluirían el pago de posibles subsidios de salario a los trabajadores removidos, y el reclutamiento y adiestramiento de nuevos empleados. El costo promedio por empleado removido sería un estimado de \$5,000. Un estimado de seis empleados pueden ser removidos cada cinco años en promedio en la industria de pigmentos de cadmio, y el costo anual promedio para la industria sería \$6,000.

El costo anual total para las disposiciones de vigilancia y remoción médica se estima así en \$35,000.

Alcanzar el cumplimiento con las disposiciones de higiene de la norma revisada puede envolver costos adicionales en algunos establecimientos. PACE estimó que la expansión necesaria de facilidades de duchas costaría alrededor de \$14,650. En adición, los costos estimados anuales por

empleado asociados con ducharse es \$900 y aplicaría a unos 50 empleados adicionales. El costo total anual a la industria asociado con las disposiciones de higiene se estima así en \$103,600.

Los costos incrementales para archivo de expedientes se estima ser alrededor de \$5 por empleado anualmente. Hasta 100 empleados pueden ser afectados por estos requisitos, lo que reultaría en un costo de cumplimiento anual de alrededor de \$500. Los requisitos de adiestramiento y otros requisitos relacionados con información no se espera que envuelvan costos de cumplimiento adicionales.

Los costos anualizados de cumplimiento con la norma de cadmio para esta industria se estima que sean \$473,400. Estos costos están resumidos por la disposición en la Tabla VIII-C25.

*Factibilidad económica de los SECALs de 50-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PEL de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .* La factibilidad económica de la norma revisada de cadmio para la industria de pigmentos de cadmio fue analizada sobre las bases del analistas de factibilidad económica y los costos de cumplimiento proyectados presentados anteriormente. El proceso de producción en tandas usado para manufacturar pigmentos de cadmio limita la aplicabilidad de algunos tipos de controles de ingeniería. El uso de respiradores esta autorizado por la regla final donde los controles de ingeniería hayan sido implantados a la extension factible y la exposición del trabajador permanezca sobre 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La determinación de factibilidad económica esta basada sobre un analistas de los impactos financieros y económicos del cumplimiento con la norma de cadmio revisada. El foco principal envuelve impactos sobre los precios y lucro, incluyendo un avalúo de la elasticidad de demanda para el producto de la industria. En adición, se da consideración a los efectos sobre la competencia, empleo, requisitos de capital, rendimiento de industria y comercio internacional.

La determinante más importante de la flexibilidad de precio de una industria regulada es la elasticidad de demanda. La extension a la cual las firmás reguladas puedan pasar los costos de cumplimiento a sus clientes aumentando los precios depende grandemente de la elasticidad de la demanda. Los costos de cumplimiento que no pueden ser recuperados mediante aumentos de precio tendrían que ser absorbidos de las ganancias. Una demanda relativamente inelástica disminuye la capacidad de los productores de aumentar los precios sin perder ventas.

**TABLA VIII-C25-Costos estimados de cumplimiento con la norma revisada de cadmio para la industria de producción de pigmentos.**

Provisión	Costos anualizados (\$miles)
Control de exposición.....	312.0
Uso de respirador.....	12.0
Monitoreo de exposición.....	10.3
Vigilancia médica.....	35.0
Facilidades higienicas/prácticas.....	103.6
Archivo de expedients e información.....	0.5
Total.....	473.4



Nota: Los costos no incluyen los gastos actuales.

Fuente: Office of Regulatory Analysis, OSHA, U.S. Department of Labor.

Los factores que influyen la elasticidad de demanda incluyen la disponibilidad de sustitutos para el producto, la importancia del producto en los presupuestos de los clientes, el grado de dependencia tecnológica o contractual de los clientes, y la importancia de los atributos de precio versus no precio del producto.

El productor de pigmentos de cadmio típico en los EEUU gana alrededor de \$7.5 millones en rentas anualmente [8, p.4-7]. Las ganancias se estiman en cinco por ciento de las rentas [2, p. 7-8], o \$375,000 anualmente. De acuerdo con las fuentes de industria, "los productores de EEUU utilizan facilidades con procesos y economías de escalas similares, de modo que el cumplimiento con la norma no es probable que resulte en diferencias en costos entre los productores de EEUU." [8, p.4-7].

Con el propósito de evaluar el impacto potencial del cumplimiento con la norma revisada de cadmio, se determinó el máximo efecto sobre los precios y ganancias. Bajo condiciones de demanda inelástica, los costos de cumplimiento pueden pasarse a los clientes a través de precios más altos. Un aumento de precio de menos de 1.6 sería suficiente para desequilibrar completamente los costos de cumplimiento. Si ninguno de los costos de cumplimiento pudiera ser recuperados mediante el alza de precio, entonces los costos resultarían en una reducción de ganancias de 31%. El resultado actual probablemente envolvería una combinación de una pequeña alza en precios y una reducción en ganancias.

La demanda general para pigmentos de cadmio parece ser relativamente inelástica debido a sus características de color superiores y sus propiedades químicas. El pigmento de cadmio inhibe el envejecimiento, evita la friabilidad, resiste a la migración e interacción con otros químicos, y soporta temperaturas de procesamiento de hasta 600 grados Celsius. La suma de estas propiedades permite a los pigmentos de cadmio usarse para colorear todo tipo de plástico y no es obtenible mediante cualquier otra clase de colorante.

Los pigmentos de cadmio también son más caros que otros tipos de pigmentos. En algunas aplicaciones, tales como la producción de polietileno de alta densidad, las propiedades de los pigmentos de cadmio no son requeridas y pueden usarse sustitutos menos caros. Las reglamentaciones ambientales en los EEUU y fuera también han provisto incentivos para sustituir a los pigmentos de cadmio. Donde sus propiedades únicas no sean esenciales, el uso de pigmentos de cadmio ha ido declinando.

La industria de plásticos es en la actualidad el principal consumidor de pigmentos de cadmio, usando alrededor de 80 a 90% del consumo total. Otras aplicaciones pueden hallarse en las industrias de pinturas, cerámicas y esmaltes. En general, los límites de sustitución parecen haber sido alcanzados [4, Parte D4, p.1]. El crecimiento en la demanda general de cadmio es probable que permanezca relativamente inelástica bajo las condiciones actuales de tecnología.

Los pigmentos justifican solo un pequeño porcentaje del costo de los productos finales. Por ejemplo, solo alrededor de 1.5% de plástico por peso es atribuible a pigmentos de cadmio. Ya que las resinas plásticas son relativamente caras, el costo de pigmentos de cadmio contenido en las resinas asciende a menos de 1% de los costos del producto final.

Aunque la demanda total para la industria es inelástica en una escala global, la demanda por el producto de firma individual o una subserie de firmas sería más elástica debido a las fuerzas competitivas del mercado. Ya que la regla revisada afecta a todas las firmas en EEUU, la demanda total para estas firmas debe ser evaluada en el contexto de la presencia de la competencia extranjera.

En la actualidad cada productor doméstico tiene una participación de mercado de sobre 15% [8, p. 2-21]. (Una facilidad de producción mayor de EEUU, que producía 5.5 millones de libras anuales cerro recientemente, permitiendo a los competidores aumentar sus participaciones en el mercado y sus rentas [ibid.] ) Las fuentes de industria indican que las importaciones justifican de 20 a 30% del mercado de EEUU. Los pigmentos importados que se informa que se venden entre 15 y 30% menos que los pigmentos domésticamente producidos [8, p.4-7], significando que los productores domésticos son capaces de mantener los volúmenes de ventas a través de alguna forma de diferenciación de producto que posiblemente envuelve servicios al cliente o control de calidad de producto. No está claro si los precios más altos están asociados con sistemas de producción menos eficientes, costos de producción más altos, o márgenes de ganancia mayores.

Los costos de cumplimiento con la norma de cadmio aumentarían los costos de producción para productores de EEUU. No obstante, la magnitud de estos costos no es probable que causen un impacto significativo sobre la industria doméstica debido a los cambios relativamente pequeños en precios y ganancias que resultarían. Estos cambios eclipsarían los desarrollos más fundamentales y substanciales en la industria, incluyendo cambios de precios por materiales crudos y labor, regulaciones ambientales restrictivas en los EEUU y otros países, y cambios en la demanda.

El cumplimiento con la norma revisada de cadmio se considera ser económicamente factible para la industria manufacturera de pigmentos. Una planta de EEUU recientemente completó un proyecto de reducción de exposición que envolvió sobre \$1 millón en costos capitales. (Los costos anualizados se estima que sean alrededor de \$320,000 [4, sección D-2].) Esta inversión indica una expectativa de ganancia y una voluntad de permanecer en la industria a pesar de los costos de producción aumentados.

## NOTAS

1. Exhibit 19-40, Dry Color Manufacturers Association, Comments "Re: Occupational Exposure to Cadmium", May 11, 1990.
2. Exhibit 13, "Economic Impact Analysis of the Proposed Revision to the Cadmium Standard,"

Final Report, JACA Corporation, March 15, 1988.

3. Exhibit 19-43, Attachment L, "Feasibility and Cost Study of Engineering Controls for Cadmium Exposure Standard," PACE Incorporated, April 30, 1990.

4. Exhibit 112, "Post-Hearing Documentary Evidence Submission by SCM Chemicals, Inc.," Gottlieb, Steen, & Hamilton, September 18, 1990.

5. Hearing Transcript, p. 5-55, p. 5-56, p. 5-158, p. 5-214, p. 5-221; June 11, 1990.

6. Exhibit 106, Attachments.

7. Exhibit 112, Attachment E.

8. Exhibit 19-43, Attachment I, "Economic and Technological Feasibility of a 5 Microgram per Cubic Meter Workplace Standard for Airborne Cadmium, Putnam, Hayes & Bartlett, Inc., April 30, 1990.

#### Estabilizador de producción

*Revisión de industria.* Los estabilizadores de cadmio son usados principalmente en la producción de cloruro de polivinilo (PVC). Los estabilizadores están disponibles en forma sólida y líquida y son añadidos a las resinas plásticas para proveer estabilidad de calor y protección contra los rayos ultravioleta. El contenido de cadmio de los estabilizadores puede variar desde 1 a 15% por peso, y los estabilizadores constituyen de 0.2 a 2.5 por ciento del compuesto de PVC final [1, p. 2-18].

Los estabilizadores de cadmio en la actualidad son suplidos por cuatro compañías que operan en cinco plantas en los EEUU [2, Anejo I, p.3; y 1, p. 4-6], y emplean 200 trabajadores con exposición a cadmio. La escala de producción es similar en las cinco plantas. Tres de los cuatro manufactureros son compañías químicas grandes y diversas, y los estabilizadores de cadmio representan un "muy pequeño porcentaje" de sus rentas totales. El consumo de cadmio en esta industria ha permanecido bastante constante desde 1978, que alcanza desde alrededor de 500 a 650 toneladas métricas por año [1, p. 2-18 y 4-6].

*Procesos de producción.* La producción de estabilizadores de cadmio envuelve varios pasos. Se hace referencia al primer paso como de reacción. Se añade óxido de cadmio a un recipiente de reacción con uno o más ácidos orgánicos.

Para estabilizadores en polvo, el paso de reacción es seguido por secado, hojuelado, y remolido. Los estabilizadores químicos son filtrados y bombeados a tanques de mezclado. Ambos tipos de estabilizadores pueden ser mezclados con otras substancias antes de ser empacados en envases al

grueso [3, p.8-1].

*Exposiciones de empleados.* El perfil de exposición en análisis estuvo basado la investigación conducida por JACA Corporation, usando datos de siete años de resultados de muestreo en la base de datos del IMIS de OSHA [4, Tabla 3-4 y 3-5]. JACA desarrolló perfiles de exposición separados de trabajadores en los procesos secos y mojados y estos están presentados en la Tabla VIII-C26. En los procesos secos, los trabajadores de producción tienen exposiciones medias estimadas entre 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en los procesos mojados, las exposiciones medias para los trabajadores de producción son menos de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los supervisores y técnicos de mantenimiento durante ambos procesos se estima que tengan exposiciones medias de menos de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero las muestras individuales pueden variar ampliamente.

El perfil de exposición desarrollado por PACE [3, p. 8-2] está presentado en la Tabla VIII-C27. Hay siete categorías de trabajo listadas para producción de sólidos, y seis de estas tienen exposiciones medias estimadas de 139  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un manufacturero de estabilizadores sometió datos de monitoreo de exposición para procesos secos y mojados [2. Anejo III]. Las muestras fueron recogidas en áreas de con y sin los productos corriendo. En adición, los datos fueron divididos en categorías que indican los niveles de exposición antes y después de la instalación de controles de ingeniería adicionales, tales como ventilación y recintado mejorados.

**TABLA VIII-C26.-Datos sobre exposición a cadmio para producción de estabilizadores de cadmio basado sobre JACA**

Categoría de trabajo	Concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Media geométrica	Media	Alcance
Proceso seco:			
Operador de soluciones.....	46.2	28.0	22.0-160.0
Operador de sólidos seco.....	63.0	140.0	1.0-936.0
Supervisor de proceso.....	1.1	1.1	0.1-7.0
Técnico de mantenimiento.....	3.5	3.0	0.1-1,560.0
Proceso mojado:			
Operador de soluciones.....	46.2	28.0	22.0-160.0
Técnico de mantenimiento.....	3.5	3.0	01.-1.560.0

Fuente: Exhibidor 13, JACA, Tablas 3-4 and 3-5.

**TABLA VIII-C27.-Perfil de exposiciones ocupacionales a cadmio en la industria de estabilizadores de cadmio basado sobre PACE Incorporated**

Categoría de trabajo	Media geométrica de exposiciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Producción de sólidos:	
Cargado de óxido de cadmio.....	126
Descargador de hojuelas.....	10
Triturador.....	45
Moedor.....	85
Secador rotativo.....	224
Desecar de recipiente de tolva.....	91
Meclador y empacador.....	214
Producción líquida	139
Cargado de óxido de cadmio.....	

Fuente: PACE Incorporated, Exhibidor 19-43, Anejo L, Tabla A8-1

**TABLA VIII-C28.-Datos de exposición a cadmio para producción de estabilizadores de cadmio basado sobre datos de la Compañía**

Categoría de trabajo	Media geométrica de concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Controles antes	Controles después	Sin cadmio en proceso
Operador de proceso seco.....	174.8	.....	2.9
Mezclado de proceso seco.....	.....	36.6	7.0
Proceso líquido.....	117.4	24.4	1.2

Fuente: Exhibidor 19-46, Anejo III, Synthetic Products Company.

La Tabla VIII-C28 resume los datos sometidos. Los niveles de exposición media durante ambos tipos de procesos que envuelven estabilizadores de cadmio son menores de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  después de mejorar los controles. Los niveles de exposición media para productos de cadmio que no estén corriendo son  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o menos para los procesos secos y bajo  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el proceso líquido.

Las exposiciones de los empleados durante la producción de estabilizadores de cadmio están generalmente asociados con tareas específicas que ocurren intermitentemente. El proceso seco envuelve producción en tandas; en promedio las exposiciones a cadmio ocurren una semana al mes. Las exposiciones potenciales durante los procesos líquidos están más limitados y ocurren

alrededor de dos horas por semana por turno [2, Apéndice I, p. 4].

*Controles existentes y factibles adicionales.* El análisis preliminar de OSHA, basado sobre el informe JACA [4], describió los controles existentes en las áreas de mezcladora y empaçado del proceso seco consistente en capuchas de ventilación de educación local conectadas a las cámaras de recuperación de polvos. Los operadores de solución no tenían controles.

Para la producción de estabilizadores de proceso seco, JACA recomendó la instalación de un sistema adicional de ventilación de educación con una cámara de recuperación de polvos para disolver las operaciones de cargado de disolvedor, y sistemas de ventilación expandidos y mejorados para las áreas de mezclado y empaçado. Los recintos y otras medidas para sellar emisiones fugitivas fueron recomendadas para las áreas de cargado, mezclado y empaçado. También se recomendó mejoras en orden y limpieza y prácticas de trabajo, incluyendo la aspiración o limpieza en mojado.

Para producción de estabilizadores de proceso mojado se recomendó controles adicionales para la operación de cargado. Estas incluirían una capucha muy ajustada en el recipiente de disolución conectada a una cámara de recuperación de polvos, así como mejoras en las prácticas de orden y limpieza y trabajo.

PACE Incorporated también proveyo descripciones de los controles existentes y factibles adicionales para la producción de estabilizadores de cadmio de proceso seco y mojado [3, p. 8-1].

Para el proceso seco, PACE recomendó que todo reactor en la operación de cargado de óxido de cadmio puede ser provista de una estación recintada de depósito de tambores automatizada que maneje y cargue el óxido de cadmio y después lave, enjuague y seque automáticamente los tambores vacíos. La ventilación de educación local existente en esta operación sería retenida para ventilar la estación de depósito de tambores y cualquier agua de desecho generada sería manejada en las facilidades de tratamiento existentes. PACE señaló posibles dificultades en aplicar esta tecnología en esta industria y que las reducciones de exposición proyectadas de sobre 85 % "pueden no ser alcanzables." [3, p. 8-4].

Para la operación de hojuelado, PACE recomendó recintos mejorados en el extremo de alimentación y un recinto de tambor ventilado para la descarga de hojuelas. La atención aumentada al orden y limpieza y prácticas de trabajo también se consideró necesario para reducir los niveles de exposición.

De acuerdo con PACE, las exposiciones se reducirían en la operación de trituración recintando la mesa de alimentación y proveyendo ventilación de retrotiro, sellando fuentes de emisiones fugitivas y mejorando la ventilación para el recinto de tambor. La operación de molido fue considerada apta para recintado total en un área de presión negativa usando un sistema de ventilación de educación adicional. Las operaciones de secado rotativo y descargado de recipiente de transporte pudieran mejorarse sellando varias fuentes de emisiones fugitivas y proveyendo recintos que hicieran más efectivos los sistemas de ventilación.

Los niveles de exposición durante las operaciones de mezclado y empaque también pudieran reducirse. La estación de llenado de tambor analizada por PACE fue descrita como "recintada por tres lados y provista con ventilación de educación. [3, p. 8-9]. La exposición promedio en esta estación se estimó ser 214  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , incluyendo contribuciones de otras fuentes.

PACE presentó recomendaciones de controles adicionales para esta operación de controles adicionales para esta operación que incluyó una estación de depósito de tambores automatizada con facilidades de lavado, enjuague y secado. Estas tecnologías "han sido usadas exitosamente en otras industrias" [3, p. 8-4], están disponibles a costo razonable, y su implantación parece ser factible en esta industria.

En adición a controles específicos de operación, PACE recomendó otras medidas para reducir las exposiciones durante la producción de sólidos. Todas las superficies interiores del edificio serían limpiados y pintados para reducir la presencia de materiales residuales. Se añadiría filtración secundaria de alta eficiencia a la descarga de educación de todos los filtros de tejido nuevos y existentes para reducir las emisiones de cadmio al ambiente (y posiblemente las concentraciones de entrada). Una facilidad de producción limpia con un buen programa de limpieza puede contribuir a mantener las exposiciones bajas.

Un manufacturero sometió comentarios indicando que los controles existentes en el proceso mojado incluyen un sistema de ventilación recientemente mejorado, prácticas de trabajo estandarizadas, y el uso de un sistema de aspirador al vacío central. La compañía "no visualiza que los niveles puedan reducirse mucho bajo" de los niveles de exposición actuales (bajo 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el proceso mojado. En el proceso seco, las operaciones de mezclado y empaquetado recientemente han sido completamente rediseñadas e incluyen sistemas de ventilación mejorado, tornillos para la transferencia de material, compactadores de bolsa recintados, y el uso de una limpiadora de aspiradora al vacío. [2, Apéndice I, p. 7]. El testimonio de un productor de estabilizadores de cadmio indicó que puede esperarse exposiciones más bajas para el operador de proceso seco como resultado de controles de ingeniería adicionales [11].

*Límite de factibilidad tecnológica para un SECAL.* Siguiendo al procedimiento señalado en la sección B, OSHA separó las exposiciones en grupos de proceso/ocupación de alta o baja exposición para facilitar el análisis. Los datos de exposición fueron divididos en manera tal que la diferencia entre los valores medios para las dos series de datos separadas, fue maximizada.

La segregación de datos resultó en la identificación de un grupo de alta exposición de ocupación/proceso que incluyó cargado de óxido de cadmio, secado, operaciones de triturado y mezclado (categorías de trabajo en la producción de estabilizadores de cadmio sólidos y líquidos). Estas operaciones envuelven alrededor de 25% de las exposiciones de empleados, representando alrededor de 50 empleados a tiempo completo equivalentes (FTE). Las restantes ocupaciones/procesos en este sector, que envuelven 150 trabajadores FTE, estaban en la categoría

de baja exposición . La Figura VIII-C17 presenta las categorías de alta y baja exposición en una gráfica de "caja y bigote

Los datos de exposición media para las dos series de datos fueron como sigue:

	Grupo alto	Grupo bajo
Número de observaciones.....	13	6
Media.....	116.3	3.2
Desviación estándar.....	67.4	2.15

Para verificar que los dos grupos dentro de esta industria fueran distintos, se realizó una prueba *t* en la diferencia en medias. Aún con la muestra pequeña y la desviación estándar grande para el grupo alto, la estadística *t* sería mayor fue 3.7. En este caso, había una probabilidad menor de seis por ciento de que la estadística *t* sería mayor de 2.0 si las medias eran iguales. Por lo tanto, la hipótesis nula de que la media de los datos de exposición eran iguales fue rechazada, y la conclusión de que fueron obtenidas de distribución estadística separada fue aceptada.

Después de que la diferencia estadística entre los grupos de alta y baja exposición fue verificada, los datos fueron analizados separadamente. En las Figuras VIII-C18 y VIII-C19, los valores de exposición media para cada grupo fueron "ajustadas" a una línea recta usando metodología cuadrática ordinaria. Para el grupo de alta exposición, sobre la mitad de los valores de exposición media están sobre 100 µg/m<sup>3</sup> (Figura VIII-C18). Todas las exposiciones en el grupo bajo están bajo 10 µg/m<sup>3</sup>.

**BILLING CODE 4510-26-M**